

Lífríki Sogs  
Samantekt og greining á gögnum  
frá árunum 1985–2008

*Magnús Jóhannsson*  
*Guðni Guðbergsson*  
*Jón S. Ólafsson*

**Selfossi, september 2011**

VMST/11049; LV-2011/089

Unnið fyrir Landsvirkjun



**Veiðimálastofnun**

Veiðinýting • Lífríki í ám og vötnum • Rannsóknir • Ráðgjöf



*Ljósmyndin er af útfalli Þingvallavatns og sér niður Efra-Sog fyrir gerð stíflu árið 1959. Myndina tók Pétur Thomsen.*

## Sogið

Við Sogið sat ég í vindi,  
sækdri norðanátt,  
og þótti þurrleg seta.  
Þar var af lifandi fátt.  
En sólin reis in sæla,  
sveipaði skýjum frá.  
Upp komu allar skepnur  
að una lífinu þá.  
Og svo er margt af mýi,  
- mökk fyrir sólu ber -  
að Þórður sortnaði sjálfur  
og sópaði framan úr sér.

*Jónas Hallgrímsson*

*Kvæðið orti Jónas sumarið 1840.*

# Efnisyfirlit

Bls.

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÁGRIP.....</b>                                     | <b>1</b>  |
| <b>1. INNGANGUR.....</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>2. STAÐHÆTTIR .....</b>                            | <b>7</b>  |
| <b>3. AÐFERÐIR.....</b>                               | <b>9</b>  |
| 3.1. EÐLIS- OG EFNAPÆTTIR .....                       | 9         |
| 3.1.1. Hiti.....                                      | 9         |
| 3.1.2. Uppleyst efni í vatni.....                     | 9         |
| 3.1.3. Vatnshagur Sogs og Þingvallavatns.....         | 9         |
| 3.2. LANDNÝTING.....                                  | 10        |
| 3.3. SMÁDÝR .....                                     | 10        |
| 3.3.1. Smádýr á botni .....                           | 11        |
| 3.3.2. Tilbúið undirlag á botni .....                 | 11        |
| 3.3.3. Smádýr á reki .....                            | 11        |
| 3.3.4. Fljúgandi skordýr.....                         | 12        |
| 3.4. FISKUR .....                                     | 12        |
| 3.4.1. Seiðabúskapur .....                            | 12        |
| 3.4.2. Veði á laxfiskum .....                         | 13        |
| 3.4.3. Stærð hrygningarstofns .....                   | 14        |
| 3.4.4. Samband hrygningar og nýliðunar .....          | 15        |
| 3.4.5. Aldur göngulaxa.....                           | 16        |
| 3.4.6. Hrygningarblettir .....                        | 16        |
| 3.5. TÖLFRÆÐILEG ÚRVINNSLA .....                      | 17        |
| <b>4. NIÐURSTÖÐUR .....</b>                           | <b>17</b> |
| 4.1 EÐLIS- OG EFNAPÆTTIR .....                        | 17        |
| 4.1.1. Hiti.....                                      | 17        |
| 4.1.2. Uppleyst efni í vatni.....                     | 20        |
| 4.1.3. Vatnshagur Sogs og Þingvallavatns.....         | 23        |
| 4.2. LANDNÝTING.....                                  | 31        |
| 4.3. SMÁDÝR .....                                     | 33        |
| 4.3.1. Smádýr á botni .....                           | 33        |
| 4.3.2. Tilbúið undirlag á botni .....                 | 41        |
| 4.3.3. Smádýr á reki .....                            | 42        |
| 4.3.4. Fljúgandi skordýr.....                         | 45        |
| 4.4. FISKUR .....                                     | 46        |
| 4.4.1. Seiðabúskapur .....                            | 46        |
| 4.4.2. Stangveiði.....                                | 65        |
| 4.4.3. Stærð hrygningarstofns laxa .....              | 69        |
| 4.4.4. Hrygning og seiðapétteleiki .....              | 70        |
| 4.4.5. Seiðasleppingar og heimtur seiða í veiði ..... | 71        |
| 4.4.6. Aldur göngulaxa.....                           | 72        |
| 4.4.7. Hrygningarblettir .....                        | 77        |
| <b>5. UMRÆÐA .....</b>                                | <b>79</b> |
| 5.1. HITI, EFNI OG LANDNÝTING .....                   | 79        |
| 5.2. SMÁDÝR .....                                     | 80        |
| 5.3. FISKUR .....                                     | 81        |
| 5.3.1. Seiðabúskapur .....                            | 81        |
| 5.3.2. Hrygningarblettir .....                        | 84        |
| 5.3.3. Laxveiði .....                                 | 84        |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3.4. Hrygning og nýliðun.....                                          | 86         |
| 5.3.5. Aldur göngulaxa.....                                              | 88         |
| 5.3.6. Heimtur sleppiseiða.....                                          | 88         |
| 5.4. ÁHRIF RENNSLISSTÝRINGA Á VISTKERFI SOGS.....                        | 89         |
| 5.5. STYRKLEIKAR OG VEIKLEIKAR VÖKTUNAR VATNALÍFS Í SOGI 1985–2008 ..... | 91         |
| 5.5.1. Smádýr.....                                                       | 92         |
| 5.5.2. Fiskur .....                                                      | 94         |
| 5.6. LOKAORÐ .....                                                       | 96         |
| <b>6. ÞAKKARORÐ.....</b>                                                 | <b>99</b>  |
| <b>7. HEIMILDIR .....</b>                                                | <b>100</b> |
| <b>8. VIÐAUKAR.....</b>                                                  | <b>108</b> |

# Ágrip

Rannsóknir á laxfiskum í Sogi hófust 1985 og rannsóknir á smádýrum frá 1997. Megináhersla rannsóknanna hefur verið að fá upplýsingar um vísitölu á þéttleika laxaseiða, ásamt útbreiðslu þeirra í Sogi en auk þess hefur verið fylgst með aldursdreifingu á fullvöxnum laxi. Frá 2004 hefur verið gerð könnun á umfangi hrygningar laxa í efri hluta Sogs. Samhliða hafa farið fram rannsóknir á fæðu seiða ásamt reglulegum mælingum á magni botndýra, með sérstakri áherslu á bitmý. Markmið þessarar skýrslu er að taka saman gögn úr þessum rannsóknum, þau ásamt öðrum aðgengilegum gögnum um umhverfi og vistkerfi Sogs, greina þau gögn og prófa tilgátur um hvort sveiflur í lífríki Sogs tengist umsvifum mannsins m.a. rennslisstýringu vegna virkjana. Þá er leitast við að varpa ljósi á styrkleika og veikleika fyrirbyggjandi rannsóknaniðurstöðna um lífríki Sogs og gæði gagna metin.

Miklar breytingar hafa orðið innan vatnasviðs Sogs á undanförunum áratugum. Þar má nefna breytingar sem orðið hafa á landnotkun, búskaparháttum, fjölda sumarhúsa, breyttri stýringu á rennsli vegna virkjana, svo eitthvað sé nefnt. Breytingar á umræddum þáttum voru skoðaðar nánar í tengslum við gögn um magn smádýra og laxfiskaseiða í Sogi síðustu áratugi. Frá árinu 1979 hefur orðið hæg hækkun á lofthita og öll ár eftir 2001 hefur lofthiti verið yfir meðaltali árána 1949–2008. Ætla má að sú hækkun hafi komið fram í vatnshita í Sogi. Styrkur kísils í Sogi hækkaði töluvert yfir árabilið 1998–2008, einkum eftir 2002, sem gæti hugsanlega tengst áhrifum frá jarðhitavatni í fráveitum frá orkuverum og/eða frá aukinni heitavatnsnotkun samfara aukinni sumarhúsabyggð á vatnasviði Sogs.

Bitmý er ríkjandi tegund dýra á botni Sogsins. Miklar sveiflur í stofnstærð bitmýs milli ára voru áberandi í Efra-Sogi, þar sem sveiflurnar voru allt að þrettánfaldar á milli mesta og minnsta þéttleika. Þéttleiki bitmýs var mun minni neðar í Sogi og minnstur var þéttleiki bitmýs við Alviðru. Hlutfall rykmýs af heildarfjölda botndýra var mest við Sakkarhólma. Mikill munur var á milli einstakra sýna (steina) sem sést m.a. á háu staðalfrávik fyrir meðaltalsgildi hverrar stöðvar innan hvers árs. Í ljósi þess ber að taka niðurstöður á þéttleika og breytingar þar á með fyrirvara. Veði á bitmý í flugugildrum við Bíldsfell var að jafnaði mun meiri en í Efra-Sogi þrátt fyrir að þéttleiki bitmýslirfa á botni á síðarnefndu stöðinni væri mun meiri. Þetta vekur spurningar um hversu góður mælikvarði gildruveiðin er á þéttleika bitmýslirfa á botni. Magn smádýra á reki í Sogi var marktækt meira við Sakkarhólma en við Alviðru.

Allt frá árinu 1986 hefur þéttleiki laxaseiða verið afar lágur í efri hluta Sogs. Þetta á jafnt við um laxaseiði sem silungsseiði. Við Sakkarhólma hafa laxaseiði vart fundist eftir árið 2000. Þéttleiki laxaseiða, einkum 1<sup>+</sup> (eins árs) seiða, hefur minnkað verulega á þeim tíma sem mælingar hafa staðið yfir og hefur þéttleiki þessa aldurshóps verið undir meðaltali árána 1986–2008, frá 1996. Þéttleiki eins árs seiða hefur einnig minnkað í nálægum ám, en meira í Sogi en öðrum ám á svæðinu og sker Sogið sig þar frá. Marktækt jákvætt samband var á milli vatnshita á vaxtartíma laxaseiða (maí–ágúst) og meðallengdar eins árs laxaseiða að hausti. Neikvætt samband var á milli

meðallengdar eins árs laxaseiða og þéttleika seiða af sama árgangi við Alviðru, sem gæti bent til að vöxtur sé háður þéttleika seiða. Smádyr á botni, einkum skordýralirfur, eru þýðingarmikil fæða laxfiskaseiða í Sogi. Lirfur bitmýs hafa mest vægi, einkum meðal laxaseiða á fyrsta ári. Eftir því sem seiðin eldast virðast þau leita í stærri fæðu, s.s. vorflugulirfur og fullorðin skordýr.

Aðalhrygningarsvæði laxa í Sogi er á Bíldsfellsbreiðu, ofar og neðar í Sogi er hrygning að jafnaði mun dreifðari. Dýpi niður á hrauka þar sem hrogn eru grafin, var 15–90 cm en flestir þeirra voru á um 50 cm dýpi. Við Sakkarhólma var stór hluti hrauka á innan við 40 cm dýpi. Samanburður á dýpi niður á hrygningarhrauka laxa og lækkun vatnsborðs í Sogi benda til þess að hluti hrauka í Sogi geti farið á þurrt við lága vatnsstöðu, einkum virðist svæðið við Sakkarhólma viðkvæmt fyrir lágri vatnsstöðu.

Greinileg tengsl voru á milli veiðitalna úr neta- og stangveiði, bæði í Ölfusá, og í Hvítá og við stangveiði í Sogi. Árin 2006 og 2007 skáru sig þó úr í þessari greiningu sem skýra má með leigu á netaveiðirétti í Ölfusá og Hvítá sem dró úr veiði í net þar sem færri net veiddu en áður. Sleppingar laxaseiða í Tungufljót þau ár gætu hafa haft áhrif til aukningar á veiði í Ölfusá og Hvítá. Við samanburð á meðalfjölda veiddra laxa í netaveiði í Ölfusá síðustu fimm ár fyrir netaleigu (2002–2006) og meðaltal netaveiðinnar 2007–2008 í Ölfusá má sjá að veiðin minnkaði um 660 laxa sem væntanlega má rekja til fækkunar neta þó ekki sé hægt að útiloka einhver áhrif annarra þátta. Ef gert er ráð fyrir að veiðihlutfall í Sogi sé 50%, gefa þessar niðurstöður til kynna að ganga laxa í Sog hafi aukist um 354 laxa milli tímabilanna 2002-2006 og 2007-2008. Líklegt er að þetta megi rekja að mestu til þess að dregið hafi verið úr sókn í netaveiði þótt breytingar á endurheimtum geti þar einnig skipt máli.

Gögn um tengsl hrygningar og nýliðunar í Sogi benda til þess að hrygning hafi verið takmarkandi þáttur fyrir nýliðun og framleiðslu lax í Sogi á síðustu árum og að seiðaframleiðsla þar hafi verið undir framleiðslugetu allt frá 1970. Þessi niðurstaða kemur fram bæði með greiningu á niðurstöðum á fjölda hrogn og seiðapétteleika. Af þessu má draga þá ályktun að hrygning hafi verið takmarkandi fyrir framleiðslu laxa í Sogi og að veitt hafi verið umfram veiðipól stofnsins. Fækkun hefur orðið á fjölda stórlaxa (laxa sem dvelja tvö ár í sjó) í Sogi á síðustu áratugum líkt og annars staðar í laxveiðiám landsins. Fækkun stórlaxa leggst á sveif með veiði og öðrum þáttum til minnkunar á nýliðun þar sem hver stórlaxahrygna hefur um tvöfalt fleiri hrogn en hver smálaxahrygna.

Aldursgreining göngulaxa sýnir að mikill meirihluti laxa í Sogi hafði verið eitt ári í sjó (72%) en allstór hluti hafði verið í tvö ár (25%) og aðrir enn lengur. Göngulax úr Sogi hafði oftast dvalið þrjú ár í fersku vatni (58%) sem seiði, nokkur hluti var tvö ár (25%) en lítill hluti í fjögur ár (5%). Hluttur laxa uppruninn úr gönguseiðasleppingum var að jafnaði 12%. Að meðaltali dvöldu laxar úr Sogi 2,76 ár í ferskvatni (fiskar úr gönguseiðasleppingum undaskildir). Ferskvatnsdvöl er breytileg milli ára og virðist hafa styst á því tímabili sem rannsóknin nær yfir það gæti tengst meiri vaxtarhraða vegna minni seiðapétteleika og/eða hækkandi lofthita sem skilar sér í hlýrra árvatni.

Samkvæmt örmerkingum hafa heimtur gönguseiða verið á bilinu 0–1,8 % í veiði en að jafnaði 0,4%. Um helmingur þessara laxa hefur komið fram í veiði í Sogi en aðrir hafa veiðst í Ölfusá. Rannsóknir hafa sýnt að yfirleitt hafa seiði úr sleppingum kviðpokaseiða verið að finna í ágætum þrifum þar sem þeim hefur verið dreift á ófiskgeng svæði í þverár Sogs, sem bendir til þess að þau svæði geti nýst til framleiðslu laxaseiða.

Rekstur virkjana í Sogi nær aftur til ársins 1937. Við byggingu Írafossstöðvar stýttist laxgengi kafla Sogs um tæpan einn kílómetra og er talið að þar hafi tapast góð uppeldissvæði fyrir laxfiska. Við byggingu Steingrímsstöðvar fór farvegur Efra-Sogs á þurrt og bitmýið sem þar var í miklum mæli hvarf og þá tók fyrr hrygningu og uppeldi á stórvöxnum urriða úr Þingvallavatni. Skoðun á áhrifum rennslissveiflna vegna reksturs virkjana á seiðapétteleika gaf neikvæða fylgni samanlagðs fjölda fyrirvaralausra útleysinga í Ljósafossvirkjun og Írafossvirkjun á árunum 1990–2006 við seiðapétteleika (meðaltal Alviðra/Álftavatn) eins árs laxaseiða ári síðar sem og tveggja ára laxaseiða tveimur árum síðar. Þetta bendir til þess að sveiflur í rennsli vegna fyrirvaralausra útleysinga í Sogsvirkjunum, sem valda snöggum breytingar á rennsli, kunni að hafa áhrif á pétteleika laxaseiða og að þau áhrif séu mest á fyrsta ári.

Þegar litið er til rannsókna í Sogi frá 1985–2008 má í stuttu máli segja að megin styrkleiki gagnanna liggja í samfellu þeirra í tíma. Auk þess styrkja rannsóknir á fiskum með sambærilegum hætti annars staðar á vatnasvæðinu þá gagnaröð sem fyrir liggur í Sogi og túlkun niðurstaðna. Helstu veikleikar liggja í því hve endurteknar mælingar eru oft á tíðum fáar í ljósi mikils breytileika einkum er varðar mælingar á smádýrum. Í lok skýrslunnar er frekar gerð grein fyrir styrkleikum og veikleikum rannsókna og bent á frekari rannsóknir og með hvaða hætti megi auka áreiðanleika rannsókna á vöktun lífríkis í Sogi.

# 1. 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 síðan síðframleiðendum í vötnunum sjálfum og einnig í útföllum þeirra. Þar berst því hluti frumframleiðslunnar úr vatninu, t.d. sem lifandi þörungar, eða sem rotnandi lifrænt efni (grot) og nýtist m.a. 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. 2004 og 2005). Auk bitmýs eru lirfur og púpur rykmýs auk vorflugulirfa algeng fæða laxaseiða.

Samfelldar fiskrannsóknir hófust árið 1985 í Sogi og hefur Veiðimálastofnun haft þær með höndum frá árinu 1986. Frá árinu 1997 hafa þær að mestu verið unnar fyrir Landsvirkjun. Rannsóknirnar hafa einkum beinst að fiskum og smádyrum. Reglulegar mælingar hafa verið gerðar á árgangaskiptingu, útbreiðslu og vísitölu á þéttleika laxaseiða. Auk þess hefur verið fylgst með aldursdreifingu á fullvöxnum laxi. Frá 2004 hefur verið gerð könnun á umfangi hrygningar laxa í efri hluta Sogs. Samhliða hafa farið fram rannsóknir á fæðu seiða ásamt reglulegum mælingum á magni botndýra, með sérstakri áherslu á bitmý frá 1997. Byrjað var að taka botndýrasýni 1995 á þremur sýnatökustöðum í Efra-Sogi. Kerfisbundnar sýnatökur hófust tveimur árum síðar á alls fimm sýnatökustöðum í Sogi. Talið er að umtalsverður hluti fæðu laxaseiða sé tekinn á reki (Keeley og Grant 1995). Í ljósi þess hefur verið fylgst með smádyrum á reki við Sakkarhólma og Alviðru frá 2003 og 2004. Til viðbótar við stofnmælingar laxfiska í Sogi hefur til samanburðar verið fylgst með vísitölu seiðapétteleika, vexti og viðgangi seiða í þverám Sogs, þá hefur árangur fiskræktaraðgerða í formi seiðasleppinga verið metinn. Vatnshiti hefur verið mældur samfelld með siritandi hitamæli í Sogi frá 2000. Niðurstöður fiski- og smádyrarannsókna hafa verið birtar í árlegum skýrslum Veiðimálastofnunar (Magnús Jóhannsson o.fl. 1996, Magnús Jóhannsson 1997, 1998, 1999, Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2000 og 2002, Magnús Jóhannsson o.fl. 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 og 2009, Benóný Jónsson o.fl. 2010 og Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2011). Í fyrrgreindum rannsóknum hefur komið í ljós að vísitala þéttleika eins og tveggja ára laxaseiða í Sogi lækkaði frá 1992, en hefur aftur hækkað frá 2004. Seiðapétteleiki hefur verið lítill á efri hluta fiskgenga hluta Sogs.

Sveiflur í seiðabúskap og veiði í íslenskum laxveiðiám geta verið talsvert miklar á milli ára en eru að jafnaði meiri norðan- en sunnanlands (Guðni Guðbergsson 2010b). Þessar sveiflur skýrast að stórum hluta af náttúrulegum orsökum, tengdum breytingum í tíðarfari, s.s. hitafari á landi og í sjó (Scarnecchia 1984, Thorolfur Antonsson o.fl. 1996). Ef um er að ræða hugsanlegt álag af mannavöldum á lífríki getur verið erfitt að aðgreina þær frá þeim breytingum sem stafa af



náttúrulegum orsökum. Það á einkum við ef náttúrulegar breytingar á umhverfisaðstæðum eru miklar á milli ára og tímabila.

Sýnt hefur verið fram á að línuleg tengsl eru á milli skráðrar laxveiði á stöng og stofnstærðar í íslenskum ám (Ingi Runar Jonsson o.fl. 2008). Þessi tengsl eru þau sömu þrátt fyrir að ár séu misstórar og með misstóra stofna og mikinn breytileika í veiði. 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 þótt engar sérstakar vísbendingar séu um að svo sé. Rannsóknir á tengslum fiskgengdar og veiðihlutfalls, á 65 ára tímabili í Elliðaánum, hafa sýnt að breytingar á sókn (e: *effort*) í stangveiði hefur ekki afgerandi áhrif á veiðihlutfall (e: *exploitation*; þann hluta sem er veiddur). Þetta hélst þrátt fyrir að sókn hafi verið nærri þrefölduð úr 180 stangardögum í 520 stangardaga. Afli á hverja sóknareiningu í stangveiði lækkaði hinsvegar þegar sókn var aukin (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 2008).

Laxveiði á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár er töluverð og 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. Þó hefur sóknarmynstur á vatnasvæðinu og veiðiaðferðir tekið nokkrum breytingum frá því um 1970. Sókn í netaveiði hefur minnkað síðustu ár en stangafjöldi aukist (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004). Hlutfall þeirra fiska sem er sleppt úr stangveiði (veitt og sleppt) hefur jafnframt aukist. Árin 2006–2008 var netaveiði á tveimur jörðum í Ölfusá og einni í Hvítá leigð af stangveiðimönnum og árið 2007 og 2008 voru gerðir hliðstæðir samningar við eigendur þriðju jarðarinnar við Ölfusá. Á árunum 2001 til 2005 var laxveiði frá þessum jörðum um 80% af allri netaveiði í Ölfusá (Veiðimálastofnun óbirt gögn). Frá 2003-2008 hefur að meðaltali 40.600 (4.000-75.000 gönguseiðum laxa verið sleppt í Tungufljót á ári (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2011). Endurheimtur laxa úr þessum sleppingum hafa leitt til veiðiaukningar þar (Guðni Guðbergsson 2009a) og trúlega á gönguleið laxa upp í Tungufljót sem er ofarlega á vatnasvæðinu. Verulegt frávík var í dreifingu veiði innan vatnakerfisins árið 1980 vegna framhlaups jökuls í Hagavatn. Þá var aurburður vegna jökuláhrifa mjög mikill sem tafði mjög fyrir göngu upp vatnakerfið það ár. Það kom fram í mikill netaveiði og lítilli stangveiði (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004).

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. Þá hefur sérstakt silungsveiðitímabil verið á vorin.

Í Sogi hafa verið reistar þrjár vatnsaflsvirkjanir, elst þeirra er Ljósafossstöð (1937) með stíflu neðan Úlfljótsvatns, Írafossstöð (1953) með stíflu neðan við Ljósafossstöð og loks Steingrímsstöð í Efra-Sogi (1959), en vegna hennar var útfallið úr Þingvallavatni stíflað. Vatni er hleypt um aðrennslisgöng til virkjunarinnar og þaðan í Úlfljótsvatn. Eftir að virkjanirnar voru

byggðar fór að bera á að rennsli Sogs gat minnkað verulega vegna rennslisbreytinga tengdum rekstri virkjananna. Olli það nokkrum deilum um tíma sem enduðu árið 1965 með því að gerðardómur úrskurðaði að minnsta rennsli Sogs mætti aldrei fara undir  $65 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ . Miðlun vatns til Sogs úr Þingvallavatni hófst árið 1959. Frá því um 1984 hefur vatnsborði Þingvallavatns verið haldið stöðugu með vatnshæðarstýringu m.a. til varnar bakkabroti í Þingvallavatni. Um mitt ár 2003 setti rekstraraðili virkjana í Sogi reglur um mörk á mesta og minnsta vatnsrennsli í Sogi og hraða rennslisbreytinga. Þar var miðað við að hraði rennslisbreytinga verði ekki meiri en 10% á hverjar 3 klst. og að mesta rennsli færi ekki yfir  $150 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$  og minnsta rennsli ekki undir  $70 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$  (Laufey B. Hannesdóttir 2007). Við ákvörðun þessara marka voru hafðar til hliðsjónar niðurstöður rannsókna á áhrifum rennslisstýringa frá ánni Suldalslágen í Noregi, sem er virkjuð. Þar kom fram aukinn þéttleiki laxaseiða sem rekja mátti til þess að rennslisháttum var breytt á þann veg að rennslið var aldrei minnkað um meira en 3% á klst. (Saltveit 1993). Með þessu móti átti að draga úr neikvæðum áhrifum rennslisbreytinga og þar með óæskilegum áhrifum þeirra á lífríki Sogs. Bygging virkjana í Sogi var gerð áður en farið var að meta umhverfisáhrif slíkra framkvæmda og án mikilla undangenginna rannsókna. Talsvert vantar því upp á að ástand lífríkisins fyrir þær framkvæmdir væri þekkt og ekki eru til mælingar til að byggja samanburð á hvað lífríki varðar. Ljóst má þó vera að með tilkomu Írafossvirkjunar á 4. áratug síðustu aldar, stýttist laxgengi hluti Sogs um 1 km. Kaflinn neðan virkjunarinnar, sem nú er nánast þurr, var áður með miklum gróðri og fuglalífi (Finnur Guðmundsson og Geir Gígja 1941). Þar hefur líklega verið mikil framleiðsla bitmýs og góð uppeldisskilyrði fyrir lax og urriða. Rekstur virkjana hefur oftast í för með sér ónáttúrulegar (stýrðar) rennslissveiflur. 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). Almennt má segja að horfa þurfi sérstaklega til fimm atriða er tengjast rennsli ef viðhalda á náttúrulegum og heilbrigðum straumvatnavistkerfum. Þetta eru: útslag rennslissveiflna, tíðni, tímalengd, tímasetning, auk hraða rennslisbreytinga (Richter o.fl. 1997).

Ýmis önnur umsvif manna, önnur en þau sem stafa af virkjunum við Sog, svo og breytingar á veðurfari, geta haft áhrif á lífríki þess. Talsverð sumarhúsabyggð er í nágrenni við Sog, gufuaflsvirkjun er á vatnasviði Þingvallavatns og landbúnaður er stundaður bæði þar og við Sog og þverár þess. Starfsemi manna á vatnasviðum geta aukið álag á einstakar tegundir, breytt tegundasamsetningu, haft áhrif á búsvæði einstakra tegunda og vistkerfi vatnakerfa í heild sinni. Oft á tíðum getur verið erfitt að aðgreina og meta vægi einstakra álagsþátta einkum ef umhverfi er breytilegt á sama tíma.

Meginmarkmið þeirrar vinnu sem hér er greint frá er tvíþætt:

- 1) Greining á aðgengilegum gögnum um vistkerfi Sogs og þar með að prófa tilgátur um hvort sveiflur í lífríki þess tengist umsvifum mannsins.
- 2) Að varpa ljósi á styrkleika og veikleika vöktunarinnar og meta gæði gagna.

Til að ná settum markmiðum var unnið með gögn um lífríki og veiðinýtingu í Sogi í tengslum við mældar breytur úr umhverfinu s.s. rennsli, hita, veðurfar og efnafræði. Jafnframt var til samanburðar unnið með gögn um þróun veiði og seiðabéttleika í nálægum ám.

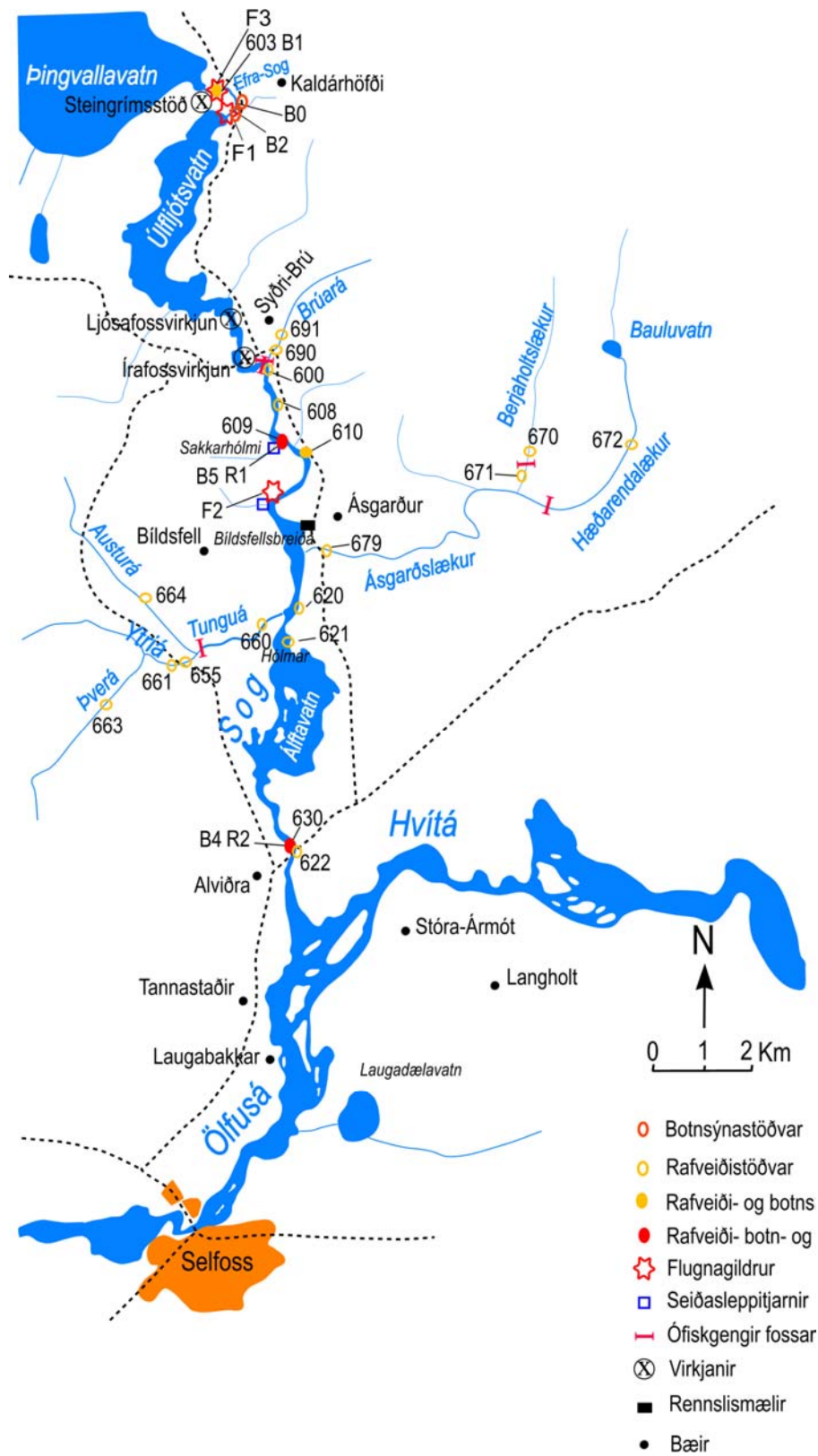
## 2. Staðhættir

Sog á upptök sín í Þingvallavatni og fellur til Hvítár við Alviðru. Eftir að Sog og Hvítá sameinast heitir áin Ölfusá og fellur til sjávar við Óseyrarnes. Meginvatnsföllin Ölfusá og Hvítá eru jökullituð og gætir meiri jökuláhrifa að sumarlagi vegna bráðnunar jökla. Lengd Sogs er um 20 km (1. 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 (1. mynd). Vatn féll áður um Efra-Sog úr Þingvallavatni en nú um aðrennslisgöng Steingrímsstöðvar til Úlfljótsvatns. Farvegur Efra-Sogs er um 1100 m að lengd en efst í því er stíflugarður og lokubúnaður. Við byggingu Steingrímsstöðvar 1959 var afrennsli Þingvallavatns um Efra-Sog þurrkað upp. Sögur herma að fyrir virkjun hafi verið gríðarlegt magn af bitmýi við útfall Þingvallavatns sem nú er aðeins svipur hjá sjón. Til er frásögn skráð 1703 af Hálfðáni Jónssyni sem lýsir mýmergðinni við Sog vel: „... þá hitnar og vætuhæg veðrátta gengur, er so þykkt í lofti að varla sést til sólar í heiðríku veðri“ (Sögufélagið 1979). Þá lýsir Jónas Hallgrímsson mýmergðinni í kvæði sem hann orti við Sog árið 1840: „Og svo er margt af mýi/ mökk fyrir sólu ber/ að Þórður sortnaði sjálfur/ og sópar framan úr sér“ (Jónas Hallgrímsson, 1847).

Landsvirkjun hefur viðhaldið að meðaltali um  $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  rennsli í farvegi Efra-Sogs síðastliðin 16 ár (LV munnl. upplýsingar).

Úlfljótsvatn er neðan Efra-Sogs, það er um  $3,6 \text{ km}^2$  að flatarmáli og er mesta dýpi þess 34,5 m (Sigurjón Rist 1990). Úlfljótsvatn liggur í um 81 m h.y.s. og er 21 m neðar en Þingvallavatn. Vatn fellur nú úr Úlfljótsvatni um Ljósafoss- og Írafossvirkjun. Vatnsborð Úlfljótsvatns var hækkað um 1 m á 4. áratug síðustu aldar, þegar Ljósifoss var virkjaður. Viðstöðutími Úlfljótsvatns er um einn sólarhringur (Magnús Jóhannsson og Guðni Guðbergsson 1994). Írafossvirkjun er nú þar sem áður var Írafoss (1. mynd). Lax gekk að Írafossi fyrir virkjun en kemst nú að Kistufossi neðan Írafossvirkjunar og í útrennsli Írafossstöðvar. Kaflinn neðan Írafossstöðvar að Kistufossi er nú á þurru en fyrir virkjun var þar gróskumikið lífríki (Finnur Guðmundsson og Geir Gígja 1941). Fiskgengi hluti Sogs er nú 12,6 km langur. Meðalhalli á þeim hluta er rúmur 1 m á hvern km en hafa verður í huga að á þeim kafla er Álftavatn þar sem halli lands er lítill. 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  $2,5 \text{ km}^2$  að flatarmáli. Vatnið er víðast grunnt (<2 m) og í botni er leðja og sandur en grýtt með austurlandinu.



1. mynd. Yfirlitsmynd af hluta vatnasviðs Sogs og Þverá þess. Sýnatökustöðvar og sleppitjarnir fyrir gönguseiði eru merktar inn á myndina.

Vatnsmestar þveráa sem renna í Sog eru Ásgarðslækur og Tunguá. Meðalrennsli hvorrar um sig er um eða innan við  $1 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$  (1. mynd). Lax gengur í þessar hliðarár og eru 1,3 km fiskgegnir í Tunguá og 7,3 km í Ásgarðslæk. Brúará (Brúarlækur) rennur að austan í Sog, rétt ofan við Kistufoss sem er ófiskgengur. Frekari lýsing á staðhátum er að finna í fyrri skýrslu Veidimálastofnunar (Magnús Jóhannsson o.fl. 2006).

### 3. Aðferðir

#### 3.1. Eðlis- og efnabættir

##### 3.1.1. Hiti

Mælingar á lofthita voru fengnar frá Veðurstofu Íslands. Lengstu samfelldu gögn um lofthita, sem stuðst var við, eru frá Hæli í Hreppum sem ná aftur til ársins 1949 (Veðurstofa Íslands 2009). Þar sem Hæll er í nokkurri fjarlægð frá Sogi var einnig stuðst við hitagögn frá Írafossi sem ná aftur til árunna 1981–2004 og frá Þingvöllum sem ná til árunna 1949–1983 (Veðurstofa Íslands 2009). Marktæk jákvæð línuleg fylgni var milli mánaðarmeðaltala í lofthita frá Hæli og Írafossi ( $r^2 = 0,992$ ,  $P < 0,001$ ) og frá Hæli og Þingvöllum ( $r^2 = 0,992$ ,  $P < 0,001$ ).

Upplýsingar um vatnshita eru mun takmarkaðri í tíma en fyrir lofthita. Þær ná aðeins aftur til ársins 2000 úr Sogi við Alviðru. Í samantekt þessari verður unnið með vatnshitagögn fram til 3. júlí 2008. Mælingarnar við Alviðru voru gerðar með síritandi vatnshitamæli sem skráði hitann á klukkustundar fresti. Þær eru ekki samfelldar í tíma. Þar sem gögn vantaði var notast við útreiknaðan vatnshita byggðan á línulegu sambandi dagsmeðalhita vatns við Alviðru og mælinga á lofthita við Ljósafossvirkjun.

##### 3.1.2. Uppleyst efni í vatni

Gögn um efnastyrk í Sogi voru fengin frá Háskóla Íslands (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2009). Gögnin ná yfir tímabilið frá desember 1998 til nóvember 2008, og voru tekin á 1–9 söfnunardögum á ári. Mæligögn um efni í úrkomu á Írafossi voru fengin frá Veðurstofu Íslands. Þeirra var aflað á árunum 1992–2007.

##### 3.1.3. Vatnshagur Sogs og Þingvallavatns

Vatnsrennsli hefur verið mælt í Sogi við Ásgarð frá 1972. Við greiningu á rennsli voru notuð klukkustundar- og dagsmeðaltöl á rennsli ( $\text{m}^3 \text{ sek}^{-1}$ ) og voru gögnin fengin frá Veðurstofu Íslands. Við prófun á áhrifum rennslissveiflna á þéttleika laxaseiða og botndýra voru jafnframt notuð gögn um fyrirvaralausar útleysingar í virkjunum í Sogi sem unnin voru hjá Landsvirkjun fyrir árin 1990–2006 (Laufey B. Hannesdóttir 2007). Fyrirvaralausar útleysingar í raforkukerfinu geta leitt

til þess að aflvélar stöðvast og vatnsrennsli um þær einnig. Bilanir í búnaði sem leiða til stöðvunar véla teljast einnig fyrirvaralausar. Þegar slíkt gerist eru botnrásir opnaðar til að hleypa vatni niður í farveginn aftur. Vatnið er nokkurn tíma að renna frá botnlokunum eftir gömlu farvegnum, þetta tekur um 20 mín við Írafossvirkjun. Slíkir atburðir valda snöggum rennslissveiflum neðan virkjana, rennsli lækkar í fyrstu hratt og vex síðan hratt aftur þegar vatn rennur frá botnlokum (Laufey B. Hannesdóttir 2007). Í skýrslu Laufeyjar (2007) kemur einnig fram fjöldi klukkustunda þar sem rennslisbreytingar við vatnshæðarmæli við Ásgarð voru hraðari en 10% yfir hverjar 3 klst. á árabílinu 1999–2006, en þetta eru viðmiðunarmörk sem sett voru um mitt ár 2003. 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 dregur/eykst rennsli Sogs hratt.

Vatnsborðshæð Þingvallavatns hefur verið mæld við Skálabrekku allt frá 1940 og voru þau gögn notuð til greiningar á vatnhæð og breytingu á henni í vatninu. Um er að ræða daglegar mælingar og voru þær fengnar hjá Landsvirkjun.

### 3.2. Landnýting

Það svæði sem lagt var til grundvallar í landnotkun var vatnasvið Sogs neðan við útfall úr Þingvallavatni. Tekin voru saman gögn um þróun framleiðslu í landbúnaði og stækkun byggðar. Gögn um umfang landbúnaðar við Sog, sem náðu til 1981, samanstóðu af fjölda búfjár, skipt eftir tegundum og heyfeng. Heyfengur er hér notaður sem mælikvarði á ræktað land sem ætti að vera tengt magni á notkun tilbúins áburðar (Búnaðarfélag Íslands). Upplýsingar um þróun byggðar við Sog og þverár þess gáfu til kynna árlegar breytingar á fjölda íbúðar- og útihúsa, auk upplýsinga um fjölda sumarhúsa (Fasteignaskrá Íslands).

### 3.3. Smádyr

Meginmarkmið rannsóknar á smádyrum í Sogi voru í upphafi að fá mat á magn fæðudýra fyrir laxfiska, einkum bitmý. Síðar hefur rannsóknin beinst í æ ríkara mæli að dýrum á reki auk botndýra auk þess að mæla breytingar í stofnstærðum þeirra. Þar með hefur verið lögð aukin áhersla á að sundurgreina helstu smádyrahópa sem finnast á botni og á reki í Sogi.

Markmið þess sem hér verður kynnt er:

- að taka saman upplýsingar um niðurstöður smádyrarrannsókna í Sogi,
- að meta hvort ýmsar umhverfisbreytingar innan vatnasviðs Sogs s.s. rennslissveiflur, búskaparhættir eða byggð endurspeglar á einhvern hátt í þéttleika eða samsetningu smádyra í Sogi
- að fá mat á styrkleika gagnaraðanna um smádyr í Sogi.

Sýnatökum og sýnatökustöðvum er lýst í stöðuskýrslum um rannsóknir á fiski og smádyrum í Sogi (Magnús Jóhannsson o.fl. 2006).

### 3.3.1. Smádýr á botni

Upplýsingar um þéttleika botndýra eru til af þremur sýnatökustöðum í Efra-Sogi frá 1995 (B0, B1 og B2). Tveimur árum síðar var sýnataka endurtekin á tveimur stöðum í Efra-Sogi (B1 og B2) og sýnatökustöðum fjölgað í fimm. Þeir staðir sem bættust við voru við Kálfhólsmýri (B3), Sakkarhólma (B5) og Alviðru (B4) sem allir eru í Sogi neðan virkjana. Árið 1999 var sýnatökum hætt á einni af tveimur sýnatökustöðum í Efra-Sogi (B2) og sýnatökur við Kálfhólsmýri (B3) ná til ársins 2004 (1. mynd, viðauki I). Hefur botndýrum verið safnað árlega með því að skrúbba dýr af steinum, sem safnað hefur verið af árbotninum til að meta þéttleika og samsetningu botndýra. Sýnatökur fóru fram árlega síðsumars (ágústlok eða byrjun september), nema á stöðvum B5 og B4, en þar voru einnig tekin sýni snemmsumars (viðauki I, 1. mynd). Í flestum tilfellum voru tekin 5 sýni á hverri sýnatökustöð, en aðeins 3 sýni 2003–2006. Sýnin voru tekin af handahófi af þeim hluta árbotsins sem sýnatökufólki var vætt um. Frekari lýsingar um sýnatöku má finna í áður útgefnum rannsóknaskýrslum (t.d. Magnús Jóhannsson o.fl. 2006). Oftast var unnið úr öllum sýnunum sem tekin voru, en 2003–2006 voru smádýr aðeins talin og greind úr 3 af 5 sýnum. Fyrstu árin voru aðeins bitmýslirfur taldar úr sýnunum, síðar voru bitmýs- og rykmýslirfur taldar og síðustu árin hafa öll botndýr verið talin og sundurgreind (viðauki I).

### 3.3.2. Tilbúið undirlag á botni

Tilraun var gerð með aðflutta steina með það að markmiði að kanna breytileika á milli einstakra sýna miðað við það sem er á náttúrulegum steinum. Fyrsta árið (2005–2006) var notast við hringlaga netasteina (19,5 cm í þvermál og 6,5 cm háir) sem komið var fyrir á botni árinna ári fyrir sýnatöku. Síðari tvö árin sem þessi tilraun var gerð var notast við steypa hellusteina sk. dóra (5x10 cm). Hellusteinum var dreift tilviljanakennt um botn árinna á svæðum þar sem botnsýni voru að jafnaði tekin, steinarnir voru látnir liggja á botninum í a.m.k. ár áður en sýni af þeim voru tekin. Tilraunin var einungis gerð við Sakkarhólma.

### 3.3.3. Smádýr á reki

Sýnum af dýrum á reki í árvatninu hefur verið safnað með rekháfi við Sakkarhólma árlega frá 2003 og við Alviðru frá 2004. Sýnunum hefur verið safnað á sama tíma og botnsýnum og söfnun seiða til fæðugreininga. Markmið með sýnatökum úr reki var að fá mælikvarða á fjölda dýra sem væru á reki í Sogi og þar með að fá mat á mögulegt fæðuframboð fyrir seiði. Fjórir háfar voru notaðir fram til 2006 og frá 2007 hefur þar háfa verið notað við sýnatökurnar á hvorum stað. Magn smádýra í reki var staðlað m.t.t. rúmmáls vatns sem um háfana fór og meðaltal þeirra tveggja eða fjögurra sýna sem tekin voru notað til samanburðar. Háfarnir voru látnir veiða í 10 til 30 mínútur. Úrvinnslu hefur verið hagað þannig að í fyrstu voru aðeins bitmýslirfur og púpur taldar úr sýnunum, en frá 2005 var farið að sundurgreina og telja öll dýr sem veiddust í háfana.

Háfarnir eru gerðir úr plasthólkum (Ø 10,2 cm) með áföstum netpoka með 250 µm möskvastærð. Aðferðum hefur áður verið lýst (Magnús Jóhannsson o.fl. 2008).

#### 3.3.4. Fljúgandi skordýr

Fljúgandi skordýr hafa verið veidd í flugnagildrur samfelldt frá árinu 1999 við Efra-Sog (F3) og 1997 við Sog hjá Bíldsfelli (F3), en auk þess var önnur flugnagildra við Efra-Sog (F1) frá 1997 til 2001 (1. mynd). Gildrunar hafa verið tæmdar að hausti hvert ár. Til þessa hafa eingöngu flugur bitmýs verið taldar úr gildruveiðinni. Aðaláhersla hefur verið lögð á að fá upplýsingar um fjölda bitmýs í gildrunum og þær tölur síðan staðlaðar fyrir hvert sýnatökuár (okt./nóv. til okt./nóv. ári síðar) sem meðaltalsveiði flugna á hvern dag. Markmið þeirrar söfnunar var að fá hlutfallslegt mat á magn bitmýs sem gæti endurspeglað þéttleika þess á botni. Flugnagildrur hafa verið notaðar til að fá mat á stofnbreytingar vatnaskordýra m.a. við Mývatn og Laxá í S. Þingeyjarsýslu (Arnthor Gardarsson o.fl. 2004). Gildrunar veiða fljúgandi skordýr sem eru á sveimi á þeim slóðum þar sem hver gildra er staðsett (2. mynd).



2. mynd. Gildra við Sog til veiða á fljúgandi skordýrum. Ljósmynd: Magnús Jóhannsson.

### 3.4. Fiskur

#### 3.4.1. Seiðabúskapur

Seiði voru veidd með rafmagni á völdum stöðum í Sogi og þverám þess (1. mynd). Veitt var með einni yfirferð yfir valin botnflöt og flatarmál hans mælt. Veidd voru sömu svæði með sama hætti



og oftast af sömu mönnum á hverju ári. Meginmarkmið rannsókna á seiðum hefur frá upphafi verið að meta vísitölur fyrir þéttleika seiðaárganga í Sogi og þveráa þess og breytileika hennar milli ára. Áhersla var lögð á rannsóknir á laxaseiðum. Rafveiðarnar fóru fram á tímabilinu 3. ágúst til 28. október ár hvert. Vísitala á þéttleika seiða var fengin með því að reikna fjöldi veiddra seiða sem fengust með rafveiði í einni yfirferð miðað við 100 m<sup>2</sup> botnflatar. Þetta gefur ekki heildarþéttleika þar sem aðeins hluti seiðanna veiðist með þessari aðferð. Aðferðin gefur hlutfallslegan samanburð á milli ára og því má líta á þessar tölur sem vísitölur fyrir þéttleika sem hér eftir er nefndur seiðaþéttleiki til hæððarauka. Seiðamælingar með rafveiðum í ám sem framkvæmdar er með þessum hætti endurspeglar vel mat á þéttleika eins árs laxaseiða (1<sup>+</sup>) og eldri en gefa lakara mat á þéttleika yngri seiða (0<sup>+</sup>) (Friðþjófur Árnason o.fl. 2005).

Allir fiskar sem veiddust voru greindir til tegunda og lengd þeirra mæld í sporðsýlingu (cm) og hluti þeirra var einnig veginn (g). Kvarnir og hreistur voru teknar af hluta aflans til aldursákvörðunar og þau krufin á staðnum. Magafylling var metin og magainnihald greint til fæðugerðar og einstakra tegunda fæðudýra. Árlega frá 2002, að árinu 2003 undanskildu, hefur fæða seiðanna verið borin saman við smádýr á botni og á reki á tveimur stöðum í Sogi; við Alviðru og Sakkarhólma. Fæða seiða frá þessu tímabili hefur verið greind undir víðsjá líkt og botn- og reksýni. Árin 1986–1998 var fæðan flokkuð í aðalfæðu og aukafæðu. Aðalfæða er sú fæða sem var metin með hæstu rúmmálshlutdeild í viðkomandi seiði, önnur fæða var flokkuð sem aukafæða. Frá 1999 hefur rúmmálshlutfall allra fæðugerða verið metið. Til að samræma þessi gögn var fundin tíðni fiska með viðkomandi fæðuflokk sem aðalfæðu í maga (sbr. Hynes 1950). Við samanburð á dýrareki og fæðu seiða var notað mat á rúmmálshlutfalli fæðu í maga og rúmmálshlutfalli dýra í reki metið á sama hátt. Stuðull var fundinn með sjónmati til umbreytingar úr fjölda í rúmmál fyrir hverja fæðugerð. Þannig var metið að hver einstaklingur meðal krabbadýra í reki væri að jafnaði 100 sinnum minni en hver bitmýslirfa.

Til eru gögn um seiði af sjö stöðvum í Sogi og einni stöð í Efra-Sogi, og ellefu stöðum í þverám Sogs. Allar sýnatökustöðvar í Sogi eru á fiskgengum svæðum (frá sjó) og að auki ein í Tunguá (stöð nr. 660), ein í Ásgarðslæk (stöð nr. 679) og ein í Berjaholtslæk (stöð nr. 671). Aðrar sýnatökustöðvar eru á ófiskgengum svæðum. Seiðarannsóknir á ófiskgengum svæðum hafa einkum miðast við að kanna árangur sleppinga laxaseiða sem þangað hafa verið flutt. Samfelld röð gagna um seiði, sem hér er unnið með, ná yfir rúmlega 20 ár, þar sem upplýsingar liggja fyrir um seiði úr Sogi, ofan Álftavatns (stöð nr. 620), við Alviðru (stöð nr. 630), við Ásgarð (stöð nr. 610) og í Ásgarðslæk (stöð nr. 679) (viðauki II og 1. mynd).

#### 3.4.2 Veiði á laxfiskum

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 sömu aðilar stunduðu veiði í Sogi um árabíl fyrir 1970 og skiluðu skráningum yfir veiðina til Veiðimálastofnunar. Sókn og veiðiaðferðir

hafa því líklegast verið svipaðar á þeim tíma. 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 2009a). Eru þessi gögn talin áreiðanleg, sérstaklega eftir 1970. Árið 1970 voru lög um lax- og silungsveiði endurskoðuð sem leiddi til meiri festu í starfsemi veiðifélaga á landinu almennt (Árni Ísaksson 2008). Skráning á silungsveiði hefur ekki verið jafngóð en er talin hafa farið batnandi á síðari árum. Lax- og silungsveiði, er skráð af veiðimönnum í veiðibækur, sem liggja frammi í veiðihúsum, þar sem upplýsingar um veidda fiska eru skráðar fyrir hvern fisk (Guðni Guðbergsson 2009a). 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. Upplýsingar úr veiðibókum eru skráðar á rafrænt form hjá Veiðimálastofnun og helstu upplýsingar teknar saman í árlega samantektarskýrslu (Guðni Guðbergsson 2009a). Til samanburðar við veiði í Sogi voru veiðitölur úr Ölfusá og Hvítá, bæði netaveiði og stangveiði. Veiði í Ölfusá er neðan Sogs og eru fiskar úr Sogi að einhverju leyti veiddir þar. Breytingar hafa orðið á sókn einkum í Ölfusá (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004). Breytingar á sókn í Ölfusá gæti komið fram í breytingum á dreifingu veiðinnar á milli svæða.

### 3.4.3. Stærð hrygningarstofns

Við mat á hrygningarstofni er gengið út frá þeirri forsendu að veiðin 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 Runar Jonsson 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 hroгна í laxahrygnum fer eftir stærð hrygna (Þórólfur Antonsson o.fl. 2002). Tengsl stærðar og hrognafjölda var reiknaður skv. líkingunum

$$\begin{aligned} \text{Hrognafjöldi smálax} &= 2.701,8 \times \ln(\text{þyngd}) + 1.778, \\ \text{Hrognafjöldi stórlax} &= 9.966,6 \times \ln(\text{þyngd}) - 11.974 \end{aligned}$$

$$\text{þyngd} = \text{kg} \times 2$$

Þessar líkingar eru fengnar út frá sambandi þyngdar og hrognafjölda í lögum úr allmörgum íslenskum ám (Veiðimálastofnun óbirt gögn eins og vitnað er til í; Þórólfur Antonsson 1998).

Hrognafjöldi var reiknaður út frá stærð hrygna og tengslum stærðar og hrognafjölda bæði fyrir smálaxa- og stórlaxahrygnur. Gert var ráð fyrir að fjöldi henga væri ætíð nægur og ekki takmarkandi fyrir hrygningu. Á síðustu árum hefur hluti þess sem veitt er og sleppt er aftur farið lítillaga vaxandi. Sá fjöldi er tilgreindur í veiðitölum og tekið tillit til hans hér. Gert var ráð fyrir að þriðjungur slepptra laxa 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 fjölda fiska í hrygningu við mat á hrygningarstofni (Guðni Guðbergsson 2009a).

Við mat á fjölda þeirra hrognafjölda sem hrygnt er á hverja flatareiningu var notað mat sem gert var á stærð botnflatar Sogs að frádregnu Álfavatni sem var 1.293.510 m<sup>2</sup> (Magnús Jóhannsson, o.fl. 2004). Seiðamælingar í Álfavatni 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.

#### 3.4.4. Samband hrygningar og nýliðunar

Við mat á sambandi hrygningar og nýliðunar var borinn saman meðaltalsþéttleiki ársgamalla seiða (1<sup>+</sup>) úr rafveiðum í Sogi. Almenn er viðurkennt að hjá laxfiskum geti komið fram þéttleikaháð tengsl hrygningar og nýliðunar (sjá t.d. Crozier o.fl. 2003, Elliott 1993, Elliott 2001). Talið er að sambandið fylgi líkani kennt við Ricker (Ricker 1954, Elliott 2001, Potter 2001). Það form af líkani Rickers sem notað var setti ekki þau skilyrði að hrygningarstofn og nýliðun væru í sömu einingum. Jafna fallsins er:

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

R = nýliðun, P = hrygningarstofn,  $\alpha$  = fasti,  $\beta$  = fasti

Líkan Rickers gerir ráð fyrir því að ef hrygning hefur verið lítil aukist nýliðun hratt við aukna hrygningu. Hámarksnýliðun næst við tiltekna hrygningu en nýliðun fækkar svo aftur þegar hrygning fer yfir það mark. Hámarksfjöldi nýliða fæst við þann fjölda foreldra sem er við 1/ $\beta$  samkvæmt líkaninu. Framleiðslugeta laxfiska er hins vegar mun meiri en þarf til viðhalds enda er hrognafjöldi smálaxahrygna nærri 6.000 hrogn en stórlaxahrygna um 12.000 hrogn að meðaltali. Ef stofnstærð stendur í stað við óbreyttan kynslóðatíma leggur hvert par laxa tvö afkvæmi í hrygningarstofn. Ef afkomendurnir sem ná að lifa fram að hrygningu eru fleiri stækkar hrygningarstofninn en ef þeim fækkar minnkar hann. Hámarksafkastur næst þar sem hvert foreldri skilar flestum nýliðum (e: *maximum sustainable yield*). 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).

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 og þar með talin afföll vegna veiða. Við útreikninga á fjölda hroga í viðkomandi kynslóð laxa var stuðst við aldursskiptingu laxa samkvæmt greiningu á hreistri 692 laxa úr Sogi frá árunum 1985–2008. 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).

#### 3.4.5. Aldur göngulaxa

Upplýsingar um lífssögu laxa voru lesnar út frá hreistri sem safnað hefur verið af sjógengnum fiski (göngufiski) frá 1985. Laxarnir voru úr stangveiði í Sogi og fyrir landi Tannastaða en það veiðisvæði er við vatnaskil Sogs og Ölfusár. Stærsti hluti þeirra var veiddur til töku hroga- og svilja. Meginmarkmiðið með greiningu á hreistri var að afla þekkingar á aldri og lífssögu laxa í Sogi og meta breytileika í aldri milli ára. Við sýnatöku var hver fiskur kyngreindur og lengdarmældur í sporðsýlingu og hluti laxa var veginn. Afsteypa af hreistri var gerð á plastþynnur og hver þynna síðan notuð við talningu á svæði með þéttingu vaxtarhringja (vetrarbanda) sem gerð var í örfilmulesara. Í hreistri laxa má greina fjölda ára í fersku vatni og sjó og hvort viðkomandi fiskur hafi hrygnt áður eða ekki. Þannig má fá upplýsingar um aldur, lífsferil og hvort viðkomandi fiskur var úr gönguseiðasleppingum (Magnús Jóhannsson o.fl. 2008a).

#### 3.4.6. Hrygningarblettir

Frá árinu 2004 hefur umfang hrygningar laxa í Sogi á milli Sakkarhólma og Álftavatns verið metið. Farið hefur verið á vettvang síðla í nóvember eða í byrjun desember þegar hrygning var talin að mestu afstaðin og miðað við að sömu svæði, við Sakkarhólma, Bildsfellsbreiðu og Hólma, væru könnuð ár hvert. Vaðið var kerfisbundið um svæðin og kannað hvar hrygningarbletti (riðabletti) væri að finna. Hrygningarblettur er ummerki um hrygningu laxfisks, en þar eru hrognin grafin í malarbotn. Hrygningarblettir eru yfirleitt nokkuð greinilegir sem fægð svæði sem rótað hefur verið við. Hrygningarblettur samanstendur af holu og hrauk. Hola (hrygningarhola) myndast við gróft hrygnu en hraukur (hrygningarhraukur) er niður af henni og í honum eru hrognin hulin mól. Oft eru það hraukar sem verða greinilegastir.

Staðsetning hrygningarbletta var kortlögð og þeir taldir. Vatnsdýpi var mælt á miðjum hrauk og stærð hrygningarbletta metin ásamt straumhraða á vatnsyfirborði ofan hraukanna. Auk

laxa hrygnir bleikja í allnokkrum mæli í Sogi og einnig urriði. Silungar sem veiðast í Sogi eru flestir mun smærri en laxar. Hjá laxfiskum vex straumhraði á hrygningarblettum með stærð fiska (Crisp og Carling 1989) og stærð hrygningarbletta vex með stærð fisks (Johnson o.fl. 2010).

Til að aðgreina silungabletti frá laxablettum voru blettir í straum undir  $0,5 \text{ m sek}^{-1}$  metnir sem silungablettir en annars sem laxablettir. Meginmarkmið rannsókna var að kanna hvar helstu hrygningarsvæði laxa eru í Sogi og breytileika í fjölda hrygningarbletta á milli ára sem síðar mætti tengja við veiðitölur (stofnstærð) og seiðabúskap. Erlendis hefur verið sýnt fram á jákvætt samband milli fjölda talinna riðabletta og stofnstærðar hjá laxfiskum (Hay 1987, Dunham o.fl. 2001, Ugedal o.fl. 2008) sem og seiðapétteleika (Beland 1996). Jafnframt var kannað dýpi niður á hrauka á riðablettum sem getur skipt máli varðandi vatnshæð og vatnshæðarsveiflur við rekstur virkjana í Sogi og hugsanleg áhrif þeirra á afkomu hrygningar, einkum með tilliti til þess hvort hugsanlegt sé að hrygningarhraukar fari á þurrt við útleysingar og lága vatnshæð og valdi með því afföllum.

### 3.5. Tölfræðileg úrvinnsla

Við tölfræðilega úrvinnslu var notast við óparametrísk próf, Mann-Whitney og Kruskal-Wallis, eða samsvarandi parametrísk próf, t-próf og fervikagreiningu (ANOVA) að undangenginni prófun á hvort gögnin væru normaldreifð. Í sumum tilfellum var gögnunum umbreytt með lógaritma eða kvaðratrót til að uppfylla skilyrði um normaldreifingu gagna. Tölfræðipróf voru gerð með tölfræðiforritunum SigmaStat 3.1 og SPSS 10.1. Einnig var stuðst við óparametrískar aðhvarfsgreiningar sem byggja ekki á línulegum forsendum og eru frekar notaðar til að sýna leitnina í gögnunum fremur en að prófa hversu vel gögnin falla að fyrirfram gefnum líkönum (Legendre og Legendre 1998, Quinn og Keough 2002). Notast var við LOESS síun (e. *Locally weighed scatter plot smooth*) í forritinu SigmaPlot 9.0. Um er að ræða aðhvarfsgreiningu sem byggir á að besta lína sé teiknuð þannig að á línunni sé hver punktur reiknaður út frá ákveðnu hlutfalli gilda innan skilgreinds svæðis á grafinu. Hér var tekið tillit til 50% gildanna hverju sinni ( $\alpha=0,5$ ). Aðferðin er lítt næm á útgildi.

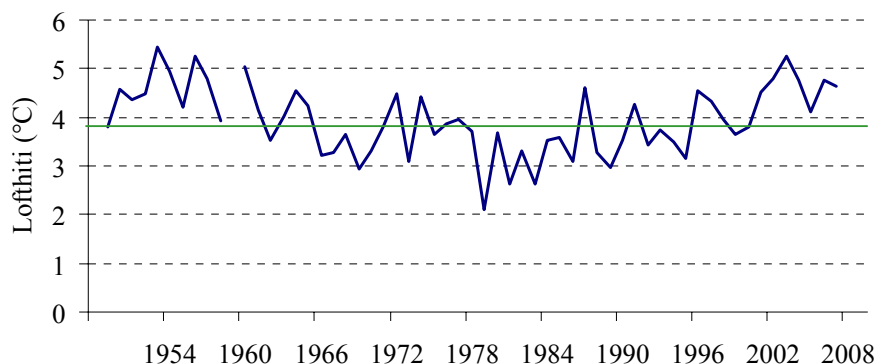
## 4. Niðurstöður

### 4.1 Eðlis- og efnabættir

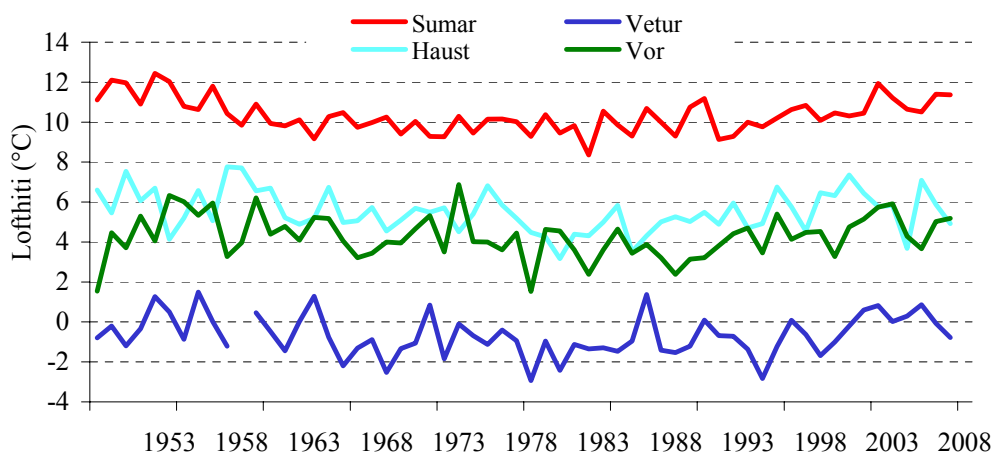
#### 4.1.1. Hiti

Ársmeðaltal lofthita á Hæli í Hreppum árin 1949–2008 var  $2,1\text{--}5,4^{\circ}\text{C}$  en meðalárshiti á því tímabili var  $3,9^{\circ}\text{C}$ . Frá því um 1950 varð hæg kólnun sem stóð til 1979 en það ár var meðalhiti lægstur á tímabilinu. Síðan hefur orðið hæg hlýnun og öll ár eftir 2001 hafa verið yfir meðalhita árána 1949–2008 (3. mynd). Svipaða sögu má segja um hita eftir árstíðum enda þótt þar komi

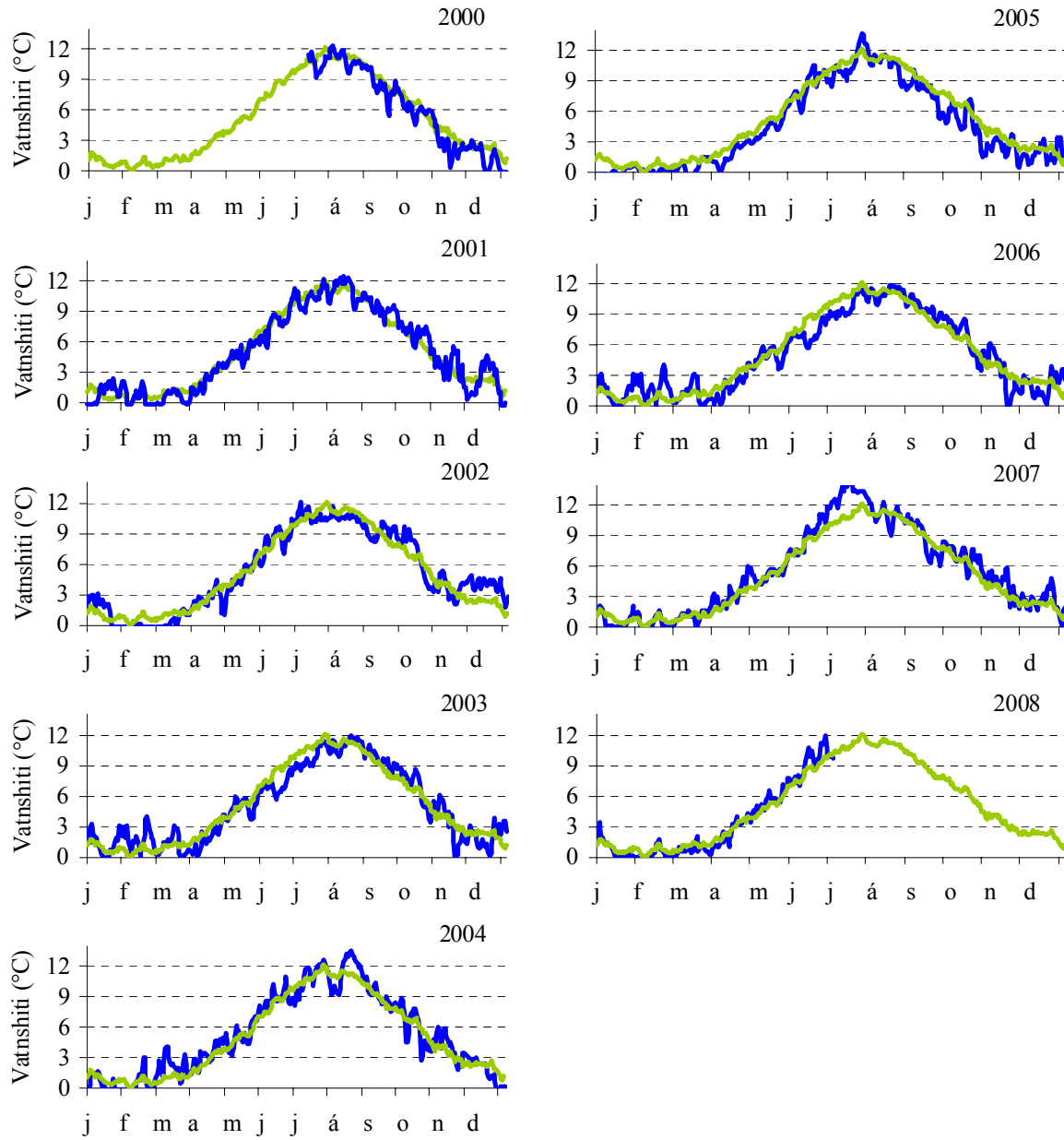
fram meiri breytileiki milli ára heldur en í ársmeðalhitanum. Ekki er alltaf samsvörun milli hitasveiflna eftir árstíðum. Sumarhitinn hefur verið stöðugri en hiti á öðrum árstíðum og hlýnun að sumri hefst eftir 1983. Vor og vetrarhiti hafa stigið eftir 1979 og hausthiti eftir 1981 (4. mynd). Árstíðabreytingar á vatnshita í Sogi á tímabilinu 2001–2007 hafa verið frá því að vera rétt undir 0°C að 14–16°C. Vatnshiti að vetralagi (nóvember–mars) var sjaldnast yfir 3°C (5. mynd) og mánaðarmeðalhiti var á bilinu 0°C til 3,9°C (1. tafla). Hiti hækkaði flest ár síðla í mars eða byrjun apríl og náði yfirleitt hámarki í júlí og ágúst. Ársmeðalhiti hefur sveiflast frá 4,5 til 5,6°C (1. tafla). Hlýjast var árið 2003 og kaldast 2005. Nokkur breytileiki kom fram í vatnshita yfir sumarið (júní, júlí og ágúst) þannig var lægstur árið 2006 í júní (7,1°C) og júlí (9,9 °C) en hæstur í sömu mánuðum árið eftir (9,2 og 13,1°C).



**3. mynd.** Ársmeðaltal lofthita að Hæli í Hreppum 1949–2008 (Veðurstofa Íslands 2009). Bein lárétt lína táknar meðalárshita tímabilsins.



**4. mynd.** Meðallofthiti á Hæli í Hreppum eftir árstíðum 1949–2008, sumar (júní–ágúst), haust (september–október), vetur (nóvember–mars) og vor (apríl–maí) (byggt á mánaðarmeðaltölum frá Veðurstofa Íslands 2009).



**5. mynd.** Dagsmeðaltöl vatnshita í Sogi við Alvíðru eftir árum. Mælingatímabilið var frá 11. júlí 2000 til 3. júlí 2008. Grænar línur sýna meðalhita daga fyrir allt mælitímabilið.

**1. tafla.** Mánaðar- og ársmeðaltöl vatnshita í Sogi við Alviðru.

| Ár       | Jan | Feb  | Mar | Apr | Mai | Jún | Júl  | Ágú  | Sep | Okt | Nóv | Des | Meðaltal |
|----------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|----------|
| 2000     |     |      |     |     |     |     |      | 10,8 | 8,2 | 5,8 | 2,2 | 1,1 |          |
| 2001     | 1,0 | 0,6  | 0,5 | 2,5 | 5,0 | 8,1 | 10,4 | 11,2 | 9,2 | 6,5 | 3,2 | 2,2 | 5,1      |
| 2002     | 1,4 | -0,1 | 0,5 | 2,5 | 5,0 | 8,6 | 10,8 | 10,4 | 8,9 | 6,2 | 3,8 | 3,7 | 5,2      |
| 2003     | 1,7 | 1,0  | 1,9 | 3,9 | 5,8 | 8,8 | 11,4 | 11,9 | 8,8 | 6,2 | 3,6 | 1,8 | 5,6      |
| 2004     | 0,4 | 0,5  | 2,1 | 3,5 | 5,5 | 8,8 | 11,0 | 11,5 | 8,8 | 5,6 | 3,8 | 1,4 | 5,3      |
| 2005     | 0,0 | 0,1  | 0,5 | 1,8 | 4,5 | 8,6 | 10,8 | 10,4 | 7,6 | 4,8 | 2,4 | 1,8 | 4,5      |
| 2006     | 1,3 | 1,8  | 1,1 | 1,9 | 5,0 | 7,1 | 9,9  | 11,0 | 9,4 | 6,4 | 2,9 | 2,0 | 4,9      |
| 2007     | 0,6 | 0,5  | 1,1 | 3,3 | 5,4 | 9,2 | 13,1 | 10,9 | 8,4 | 6,6 | 3,9 | 2,4 | 5,5      |
| 2008     | 0,8 | 0,3  | 0,7 | 2,6 | 5,7 | 9,3 |      |      |     |     |     |     |          |
| Meðaltal | 0,9 | 0,6  | 1,1 | 2,7 | 5,2 | 8,6 | 11,0 | 11,0 | 8,7 | 6,0 | 3,2 | 2,0 | 5,2      |

Marktæk jákvæð fylgni var á milli meðaltala eftir árstíðum, að vetri undanskildum, á vatnshita í Sogi við Alviðru og lofthita að Hæli í Hreppum (2. tafla).

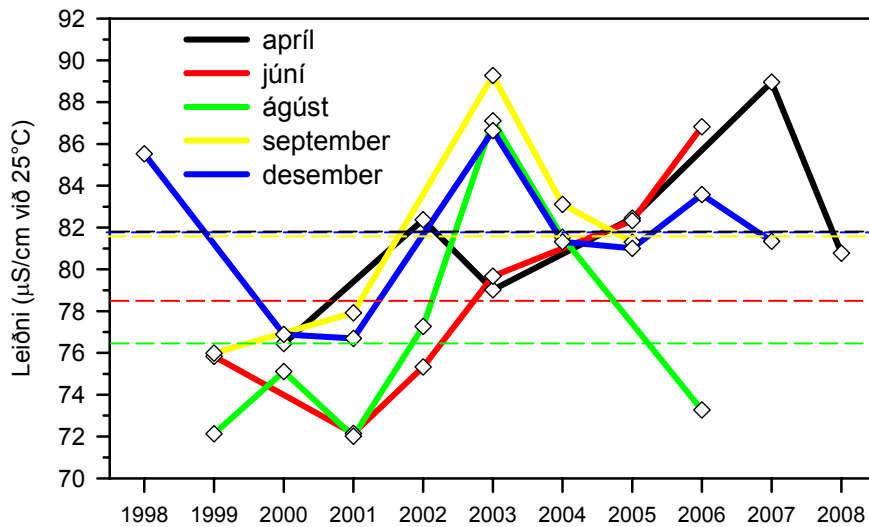
**2. tafla.** Fylgnistuðull ( $r$ ) ásamt  $p$ -gildum úr Persons fylgniprófi (Pearsons correlation) fyrir vatnshita í Sogi við Alviðru og lofthita að Hæli í Hreppum fyrir ársmeðaltal og meðaltal eftir árstíðum.  $P$ -gildi  $<0,05$  tákna fylgni miðað við 95% líkur, hærri  $P$ -gildi tákna ómarktækna fylgni miðað við sömu líkur. Gögnin eru frá 2000–2008.

|                               | $r$   | $p$   | Fjöldi ára |
|-------------------------------|-------|-------|------------|
| Ársmeðalhiti                  | 0,799 | 0,031 | 7          |
| Vorhiti (apríl-mai)           | 0,771 | 0,025 | 8          |
| Sumarhiti (júní-ágúst)        | 0,832 | 0,020 | 7          |
| Hausthiti (september-október) | 0,904 | 0,002 | 8          |
| Vetrarhiti (nóvember-mars)    | 0,435 | 0,330 | 7          |

#### 4.1.2. Uppleyst efni í vatni

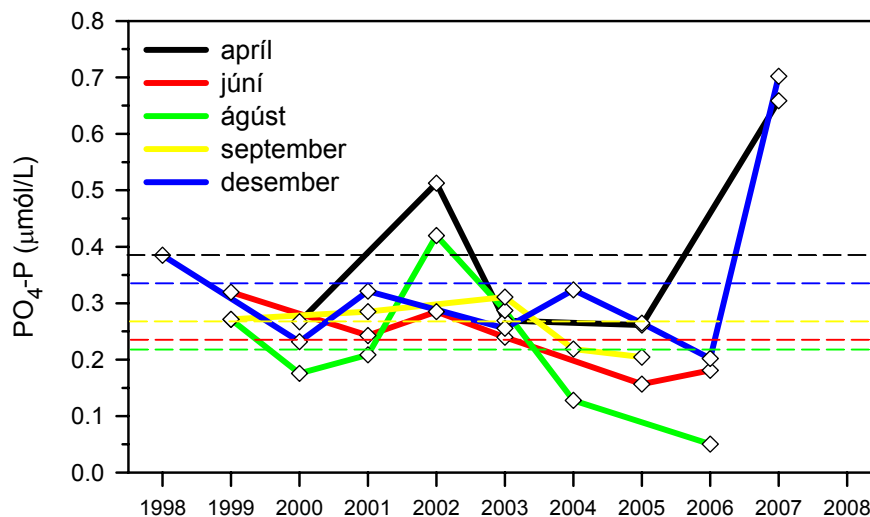
Rafleiðni gefur vísbendingar um uppleystar jónir í vatni þannig að því hærri sem rafleiðnin er þeim mun meira magn uppleystra jóna er í vatninu. Samfelldustu gagnaraðirnar fyrir Sog við Þrastarlund ná yfir mánuðina apríl, júní, ágúst, september og desember. Rafleiðnin fyrir þessa mánuði fyrir árin 1998 til 2008 var 72,01  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ágúst 2001) – 89,27 (september 2003). Yfir árabilið mældust að jafnaði hæstu gildin að hausti, vetri og vori en þau lægstu að sumri til. Hæstu gildin mældust 2003 (ágúst, september og desember) og apríl 2007 (6. mynd). Mestu breytingarnar á leiðni voru í júní, ágúst og september (staðalfrávik: júní=5,34, ágúst=5,61 og september=5,15) á meðan mun minni munur var milli ára fyrir apríl og desember (staðalfrávik: apríl 4,22 og desember=3,61).



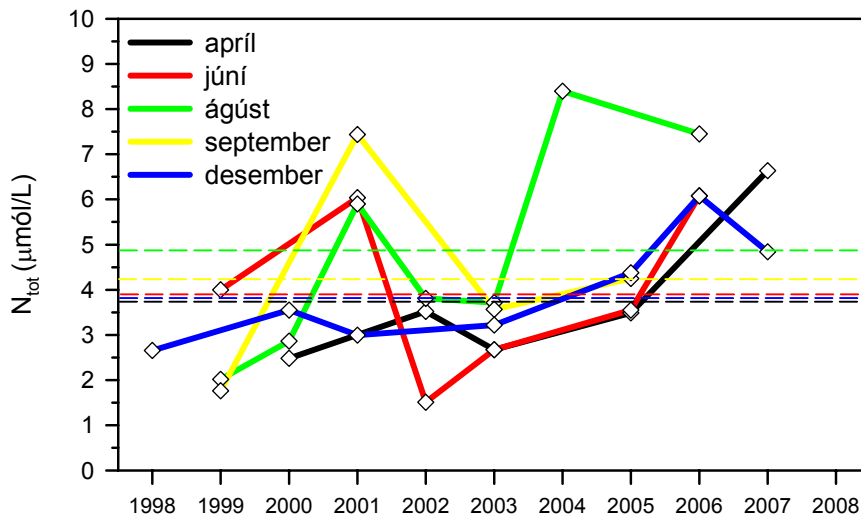


**6. mynd.** Rafleiðni ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  við  $25^\circ\text{C}$ ) í Sogi við Þrastarlund, sýndar eru mælingar fyrir allar árstíðir áráanna 1998–2008. Lárétta brotalínurnar sýna meðaltalsgildi fyrir allt tímabilið fyrir hvern mánuð. (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2009).

Styrkur fosförs í árvatni Sogs við Þrastarlund var á bilinu  $0,05 \mu\text{mól}/\text{L}$  í ágúst 2006 og  $0,7 \mu\text{mól}/\text{L}$  í desember 2007 (7. mynd). Að jafnaði var styrkur fosförs hæstur í apríl og desember en töluvert lægri í júní, ágúst og september (7. mynd). Breytileiki milli ára var mestur í desember og apríl (staðalfrávik: desember= $0,16$  og apríl= $0,18$ ).

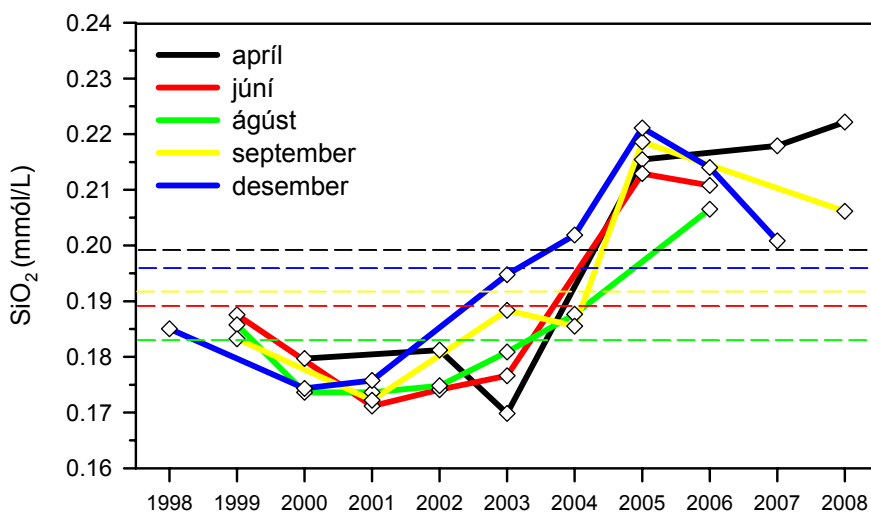


**7. mynd.** Styrkur fosförs ( $\mu\text{mól}/\text{L}$ ) í Sogi við Þrastarlund, sýndar eru mælingar fyrir allar árstíðir áráanna 1998–2007. Lárétta brotalínurnar sýna meðaltalsgildi fyrir allt tímabilið fyrir hvern mánuð. (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2009).



**8. mynd.** Heildarstyrkur niturs ( $\mu\text{mól/L}$ ) í Sogi við Þrastarlund, sýndar eru mælingar fyrir allar árstíðir árunna 1998–2007. Lárétta brotalínurnar sýna meðaltalsgildi fyrir allt tímabilið fyrir hvern mánuð. (Eyðís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2009).

Heildarstyrkur niturs í árvatni Sogs við Þrastarlund var á bilinu  $1,51 \mu\text{mól/L}$  í júní 2002 og  $8,39 \mu\text{mól/L}$  í ágúst 2004 (8. mynd). Að meðaltali var styrkur niturs hæstur í ágúst og september en nokkru minni og álíka mikill fyrir hina mánuðina (8. mynd). Breytileiki milli ára var mestur í ágúst og september (staðalfrávik: ágúst=2,41 og september=2,37) en mun minni breytileiki var á milli ára fyrir hina mánuðina sem bornir voru saman (staðalfrávik: júní=1,82, desember=1,21 og apríl=1,67) L fyrir

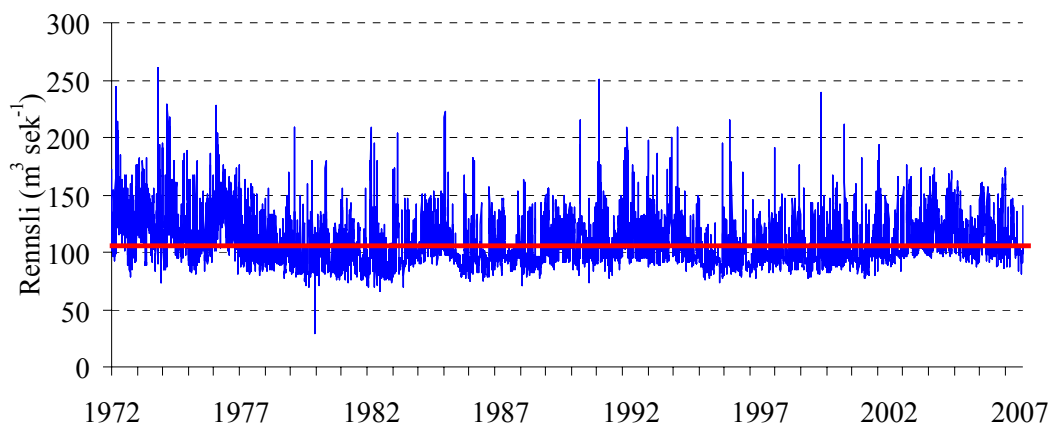


**9. mynd.** Styrkur kísils ( $\text{mmól/L}$ ) í Sogi við Þrastarlund, sýndar eru mælingar fyrir allar árstíðir árunna 1998–2007. Lárétta brotalínurnar sýna meðaltalsgildi fyrir allt tímabilið fyrir hvern mánuð. (Eyðís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2009).

Kísilstyrkur (kísilsýra;  $\text{SiO}_2$ ) í árvatninu í Sogi á árunum 1998 til 2008 hækkaði eftir 2003. Samanburður á styrk kísils 1998–2002 og 2003–2008 leiddi í ljós að munurinn var tölfræðilega marktækur (t-próf;  $t=7,41$ ,  $P<0,001$ ). Að meðaltali var styrkur kísils 0,179 mmól/L fyrir 2003 en 0,209 mmól/L frá 2003 til 2008 (9. mynd). Hæstu gildin mældust 2005 fyrir alla mánuðina sem bornir voru saman, en engar mælingar voru til fyrir ágúst mánuð það ár.

#### 4.1.3. Vatnshagur Sogs og Þingvallavatns

Rennsli Sogs áður en það var virkjað einkenndist af jöfnu rennsli lindarvatns úr Þingvallavatni með árvissum náttúrulegum úrkomu- og leysingarflóðum. Gögn frá 1939–1945 benda til að rennsli Sogs hafi verið mjög jafnt (Sigurjón Rist 1990). Meðalársrennsli í Sogi við Ásgarð árin 1972–2007 var 108,9  $\text{m}^3\text{sek}^{-1}$ . Allnokkrar sveiflur hafa verið á rennsli auk árstíðabundinna sveiflna (10. mynd). Á umræddu árabili fór rennslið yfir 200  $\text{m}^3\text{sek}^{-1}$  og oft talsvert niður fyrir 100  $\text{m}^3\text{sek}^{-1}$ . Minnsta sólarhringsrennsli 1972–2007 var 28,8  $\text{m}^3\text{sek}^{-1}$  í desember 1979 en mesta rennsli var 261  $\text{m}^3\text{sek}^{-1}$  í nóvember 1973. Eftir 2003 hefur frávik frá meðalrennsli minnkað (10. mynd) en það ár voru gerðar breytingar á rennsli- og vatnshæðarstýringu stöðvanna (Laufey B. Hannesdóttir 2007). Við samanburð á rennslisgögnum úr Sogi, með vatnsstýringu annars vegar og rennslis í Ytri-Rangá með svipaða vatnafræðilega eiginleika hins vegar, hefur komið fram að hraði rennslisbreytinga og vatnshæðar í Sogi er yfirleitt meiri en eðlilegt er miðað við náttúrlegar aðstæður í lindá (Laufey B. Hannesdóttir 2007).



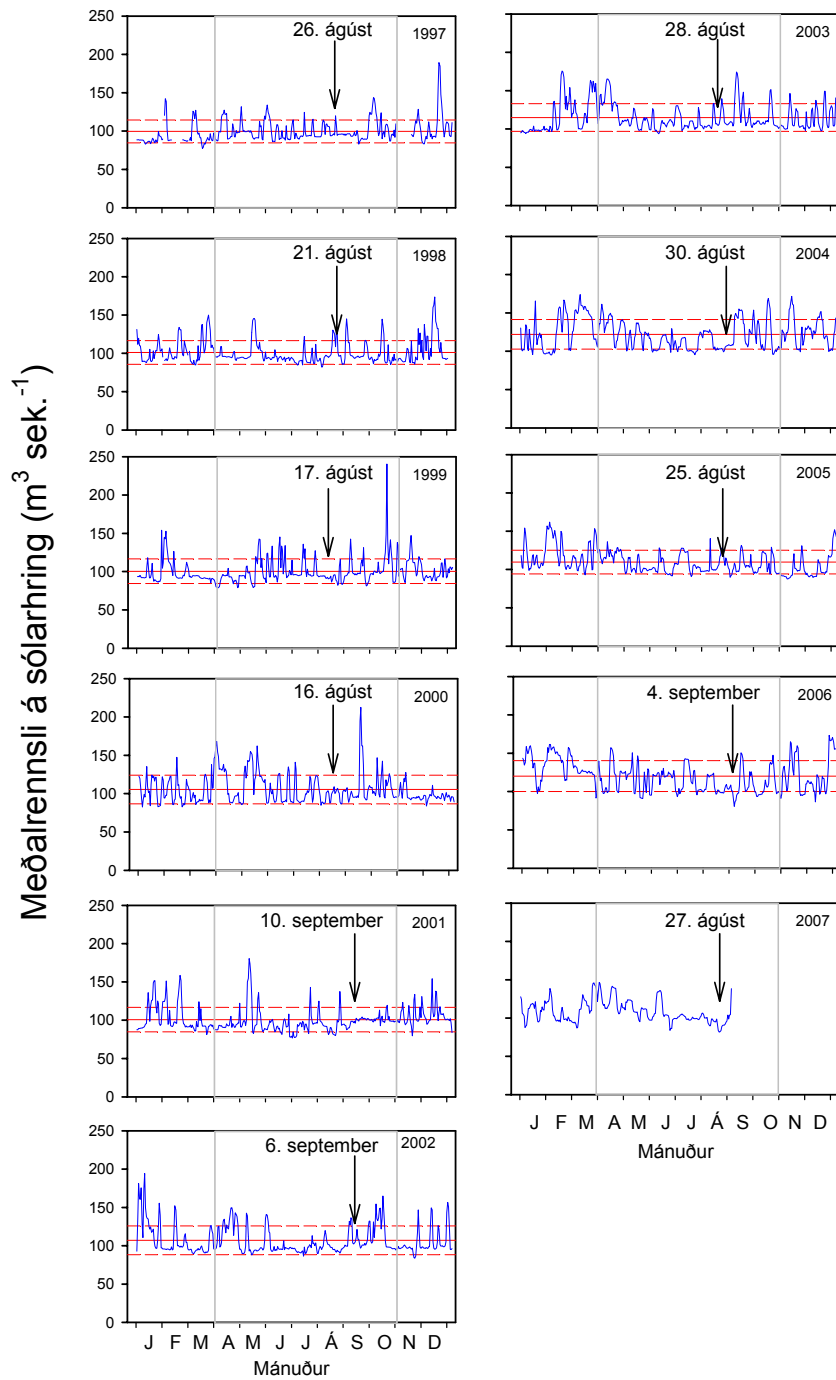
**10. mynd.** Dagsmeðalrennsli í Sogi við Ásgarð árin 1972–2007. Rauð lína táknar meðalrennsli á tímabilinu (Veðurstofa Íslands).

Mælingar á rennsli við Ásgarð þau ár sem botndýrarannsóknir hafa staðið yfir í Sogi sýna töluverðar sveiflur á meðalrennsli hvers sólarhrings (11. mynd) sem sjást einnig bersýnilega á háum gildum fyrir staðalfrávik frá meðaltalsgildum innan hvers sólarhrings (12. mynd). Gögn fyrir rennsli árið 2007 voru ekki tiltæk fyrir allt árið og eru því ekki höfð hér til samanburðar.

Ársmeðalrennsli við Ásgarð var á bilinu  $99,6 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$  (1997) og  $122,1 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$  (2004), en sé sérstaklega litið á staðalfráviksgildin þá voru þau lægst 1997 (14,92) en hæst var staðalfrávikðið fyrir árið 2006 (20,2)

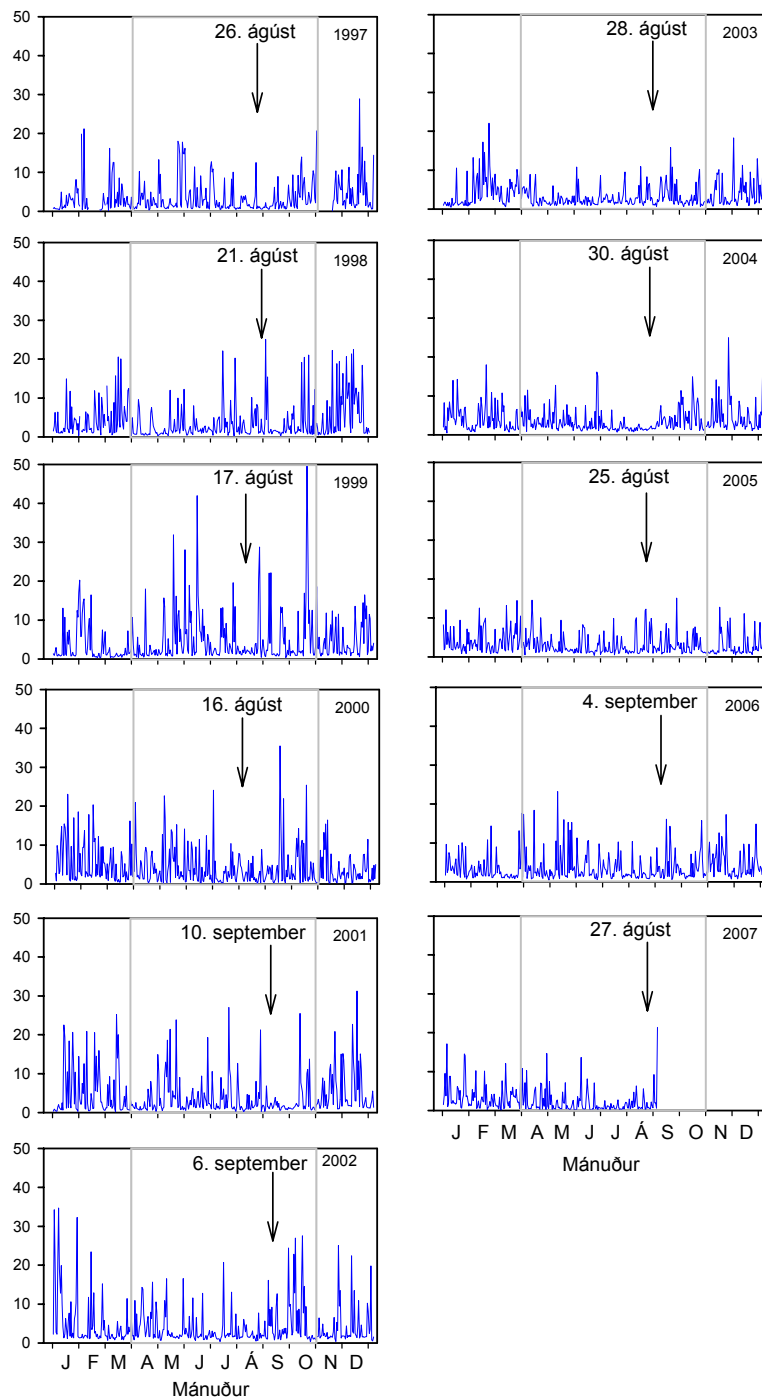
og 2004 (19,3). Á 11. og 12. mynd er það tímabil rammað inn sem velta í samfélögum frum- og síðframleiðenda er líklega mest. Þetta er tímabilið frá apríl og út október. Samband rennslissveiflna og þéttleika bitmýs annars vegar og seiðapéttleika hins vegar verða kynntar síðar í skýrslu þessari, í köflum 4.3.1.1. og 4.4.1.5.

Rennslisbreytileika er einnig hægt að skoða út frá því hve hár breytileikastuðull hvers sólarhrings er, þ.e. sólarhringsmeðaltal deilt í staðalfrávik meðaltals fyrir hvern sólarhring. Þannig er hægt að fá staðlaða breytu sem er hentugri til samanburðar en meðaltöl eða staðalfrávik ein og sér. Sé einungis horft til hæsta gildis fyrir sólarhringsbreytileika á rennsli sést að hann hefur farið minnkandi frá 1995, en þá var mesti breytileiki á sólarhringsrennsli sem mældist á árunum 1992–2006 (13. mynd). Ef sérstaklega er skoðaður fjöldi sólarhringa þar sem breytileikastuðlarnir fóru yfir 0,1 (10%) og yfir 0,15 (15%) sést að tíðni atburða fellur ekki endilega saman við mestan melda breytileika. Fjöldi sólarhringa þar sem breytileikinn fór yfir 10% var t.a.m. mestur 1992 og 1999, en minnstur 2003–2005 (13. mynd). Fjöldi sólarhringa þar sem breytileiki á sólarhringsrennsli var meiri, þ.e. miðað við hærri breytileikastuðul en 0,15 (15%) sást að árin 1992 og 1999 skáru sig enn úr með mestar rennslissveiflur innan sólarhrings og að sama skapi skáru árin 2003–2005 sig úr með fæsta sólarhringa þar sem rennslissveiflur voru miklar (13. mynd).

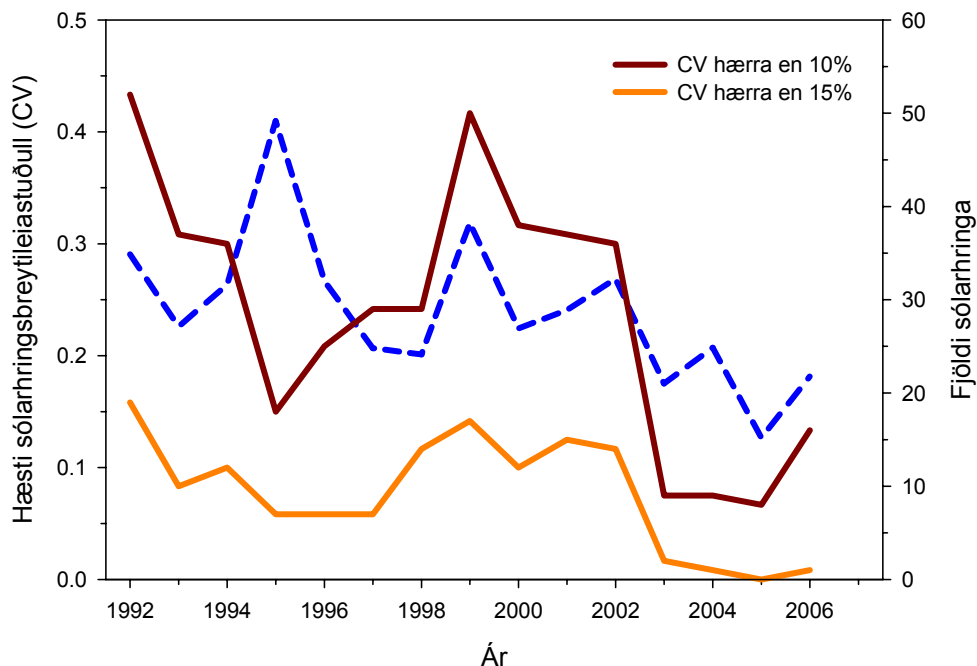


**11. mynd.** Meðalrennsli hvers sólarhrings í Sogi við Ásgarð 1997–2007. Innan ramma hvernar myndar er sýnt tímabilið frá apríl fram í október ár hvert. Dagsetning á botnsýnatökum, rekmælingu og rafveiði er merkt og sýnd með ör á hverri mynd. Láréttar línur á hverri mynd gefa til kynna meðaltalsársrennsli (óbrotin lína) og staðalfrávik frá meðaltali (brotnar línur). Gögn fengin frá Veðurstofu Íslands.

Breytileiki á rennsli við Ásgarð, staðalfrávik meðaltals hvers sólarhrings

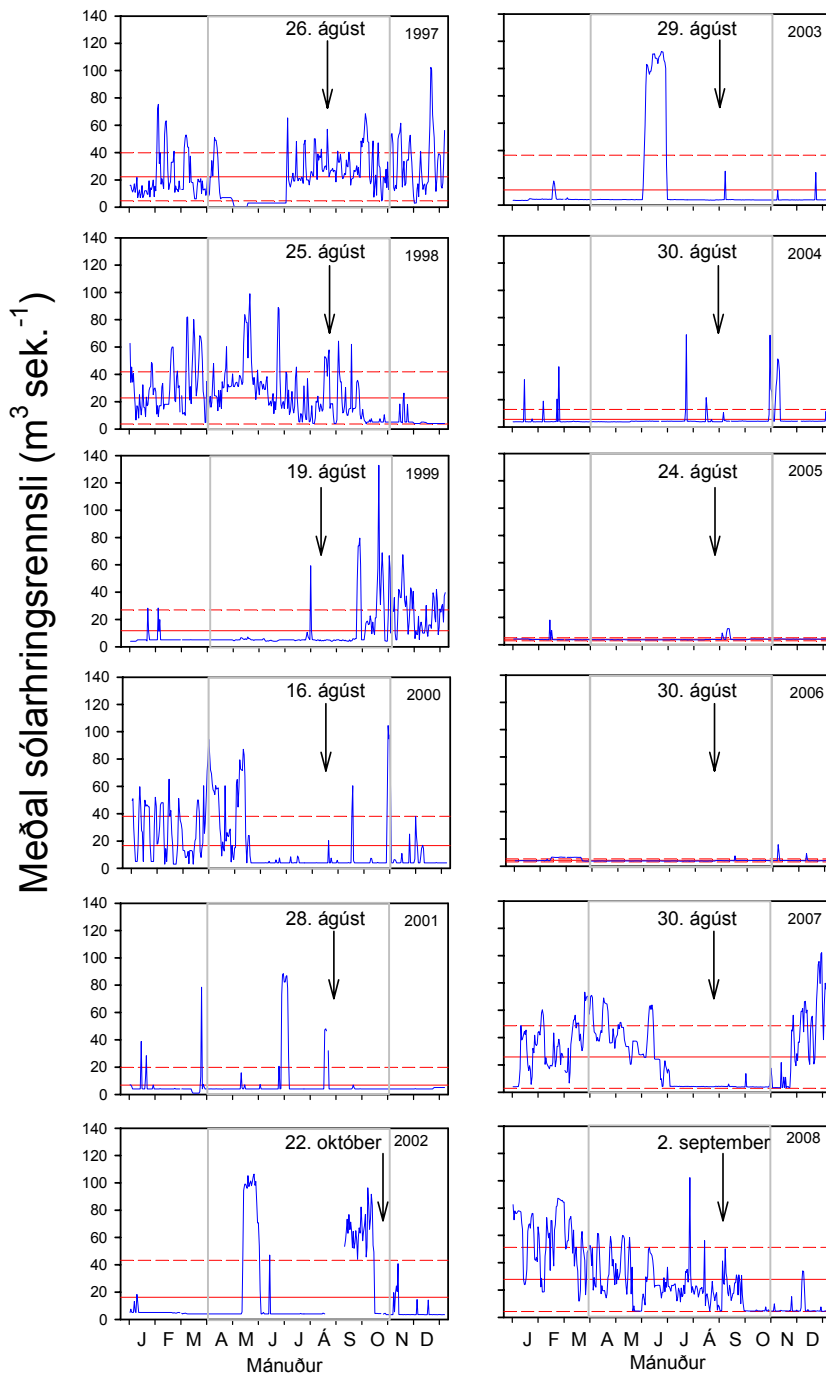


**12. mynd.** Sveiflur á sólarhringsrennsli í Sogi, sýnt sem staðalfrávik frá meðaltalsrennsli hvers sólarhrings. Gögnin byggja á rennismælingum við Ásgarð 1997–2007. Innan ramma hvernar myndar er sýnt tímabilið frá apríl og fram í október ár hvert. Dagsetning á botnsýnatökum, rekmælingu og rafveiði er merkt og sýnd með ör á hverri mynd. Gögn fengin frá Veðurstofu Íslands.



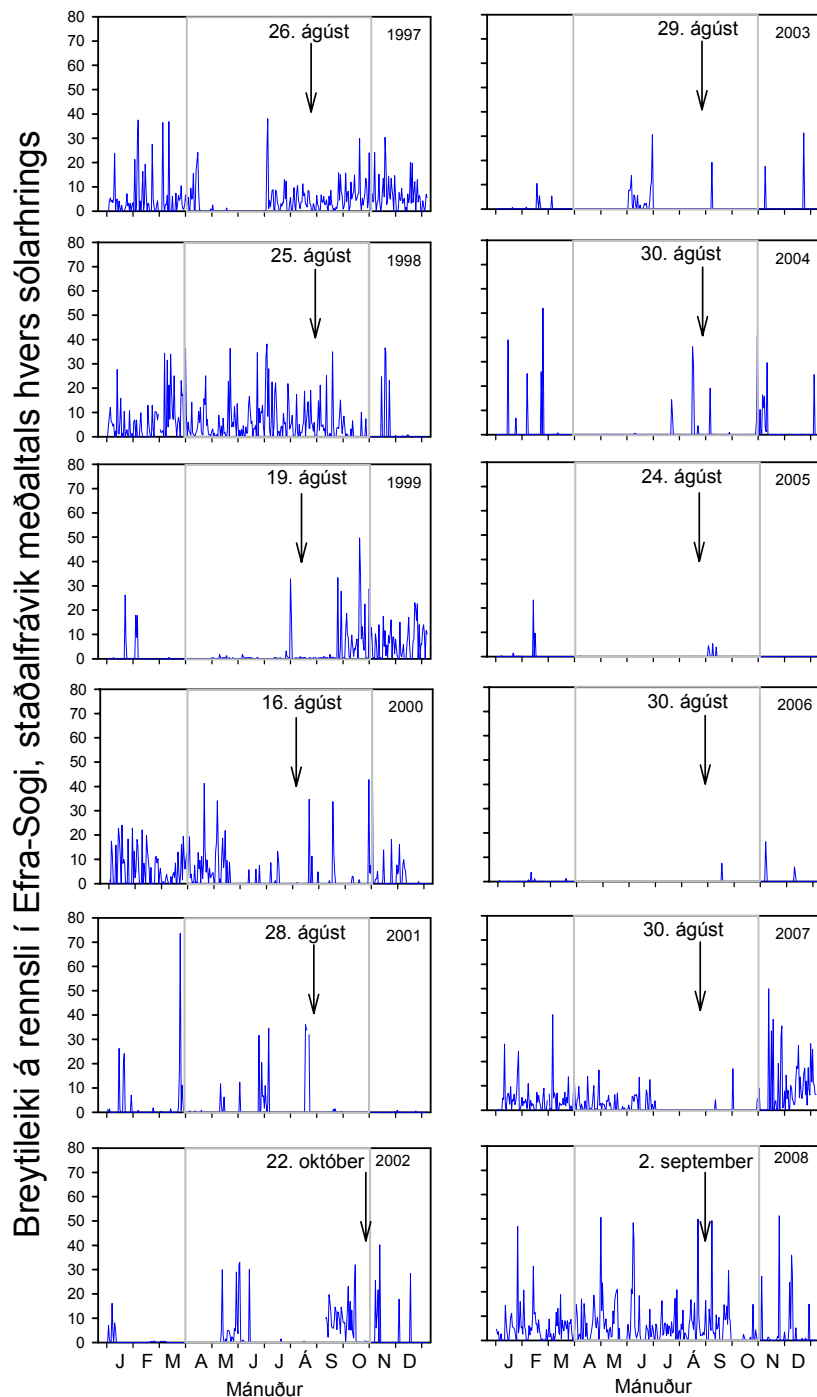
**13. mynd.** Rennslissveiflur í Sogi, sýndar sem hámarksbreytileiki (breytileikastuðull (CV): staðalfrávik/meðaltal) hvers sólarhrings fyrir hvert ár (brotin lína og vinstri y-ás). Einnig er sýndur fjöldi sólarhringa ár hvert þar sem breytileikastuðullinn (CV) var hærri en 0,1 (10%; dökk lína) og 0,15 (15%; ljós lína). Gögnin byggja á rennismælingum við Ásgarð 1992–2006. Gögn fengin frá Veðurstofu Íslands.

Auk mælinga við Ásgarð eru til kerfisbundnar mælingar á rennsli úr Efra-Sogi, mælt við árlokur í Steingrímsstöð. Séu aðeins þau ár skoðuð þar sem botndýragögn eru tiltæk má sjá að sveiflur í rennsli hafa verið allmiklar framan af (14.mynd og 15. mynd). Þetta má bæði sjá séu sólarhringsmeðaltölin, byggð á mælingum á klukkustundar fresti, (14. mynd) og staðalfrávik innan hvers sólarhrings skoðuð fyrir hvert ár (15. mynd). Sé tímabilið frá vori (1. apríl) og fram að sýnatöku sérstaklega skoðað má sjá að í nokkrum árum jókst rennslið um tugi rúmmetra á skömmum tíma rétt fyrir sýnatöku líkt og 1999, 2001 og 2002 (14. mynd). Auk þess má sjá merki þess að rennsli hafi verið mjög lítið innan þessa skilgreinda tímabils t.d. í maí 1997. Miklar sveiflur voru í rennslinu 1999, 2001, 2002, 2004 og 2008 rétt fyrir sýnatökur (15. mynd).



**14. mynd.** Meðal dagsrennsli í gegnum lokur Steingrímsstöðvar í Efra-Sogi 1997–2008. Innan ramma hvernar myndar er sýnt tímabilið frá apríl fram í október ár hvert. Dagsetning á botnsýnatökum, rekmælingu og rafveiði er merkt og sýnd með ör á hverri mynd. Láréttar línur á hverri mynd gefa til kynna meðaltalsársrennsli (óbrotin lína) og staðalfrávik frá meðaltali (brotnar línur). Gögn fengin frá Veðurstofu Íslands.

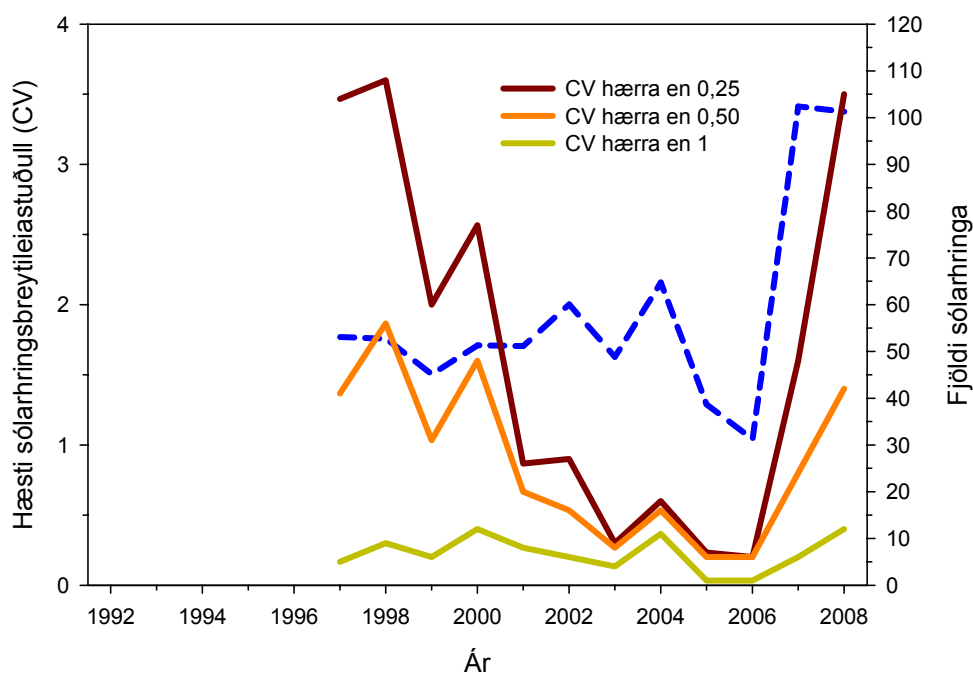




**15. mynd.** Breytingar á rennsli, sýnt sem staðalfrávik frá meðaltalsrennsli hvers dags. Gögnin byggja á rennisslismælingum við lokur Steingrímsstöðvar í Efra-Sogi 1997–2008. Innan ramma hvernar myndar er sýnt tímabilið frá apríl og fram í október ár hvert. Dagsetning á botnsýnatökum, rekmælingu og rafveiði er merkt og sýnd með ör á hverri mynd. Gögn fengin frá Veðurstofu Íslands.

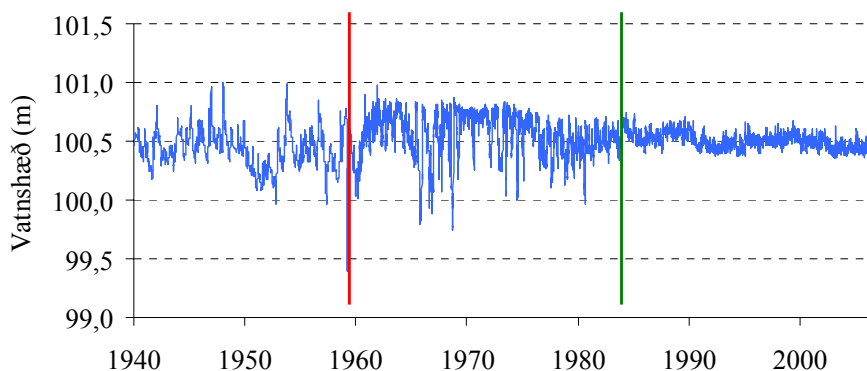
Sé litið á breytileika á rennsli innan hvers sólarhrings líkt og gert var fyrir mælingarnar við Ásgarð sést glögggt að rennissveiflur í Efra-Sogi voru margfalt meiri þar en við Ásgarð (13. og 16. mynd). Ef einungis er miðað við hæsta gildi á breytileika hvers sólarhrings á rennsli sést að hann hefur síst minnkað frá árinu 1997, séu árin 2005 og 2006 undanskilin (16. mynd). Árin þar á eftir

(2007 og 2008) var rennslisbreytileiki innan sólarhrings mikill. Ef skoðaður er sérstaklega fjöldi sólarhringa þar sem breytileikastuðlarnir fóru yfir 0,25 (25%), 0,5 (50%) og 1 (100%) sést að tíðni atburða fellur ekki endilega saman við mesta mældu breytileika. Fjöldi sólarhringa þar sem breytileikinn fór yfir 25% var t.a.m. mestur 1998 og 2008, en minnstur 2005–2006 (16. mynd). Fjöldi sólarhringa þar sem breytileiki á sólarhringsrennsli var meiri, þ.e. miðað við hærri breytileikastuðul en 0,5 (50%) sást að árin 1998, 2000, 2007 og 2008 skáru sig úr með mestar rennslissveiflur innan sólarhrings (16. mynd).



**16. mynd.** Rennslissveiflur í Efra-Sogi, sýndar sem hámarksbreytileiki (breytileikastuðull (CV): staðalfrávik/meðaltal) hvers sólarhrings fyrir hvert ár (brotin lína og vinstri y-ás). Einnig er sýndur fjöldi sólarhringa ár hvert þar sem breytileikastuðullinn (CV) var hærri en 0,25 (25%; dökk brún lína), 0,50 (50%; appelsínugul lína) og 1 (100% ljósgræn lína). Gögnin byggja á rennslismælingum í gegnum árlokur 1 og 2 í Steingrímsstöð 1997–2008. Gögn fengin frá Veðurstofu Íslands.

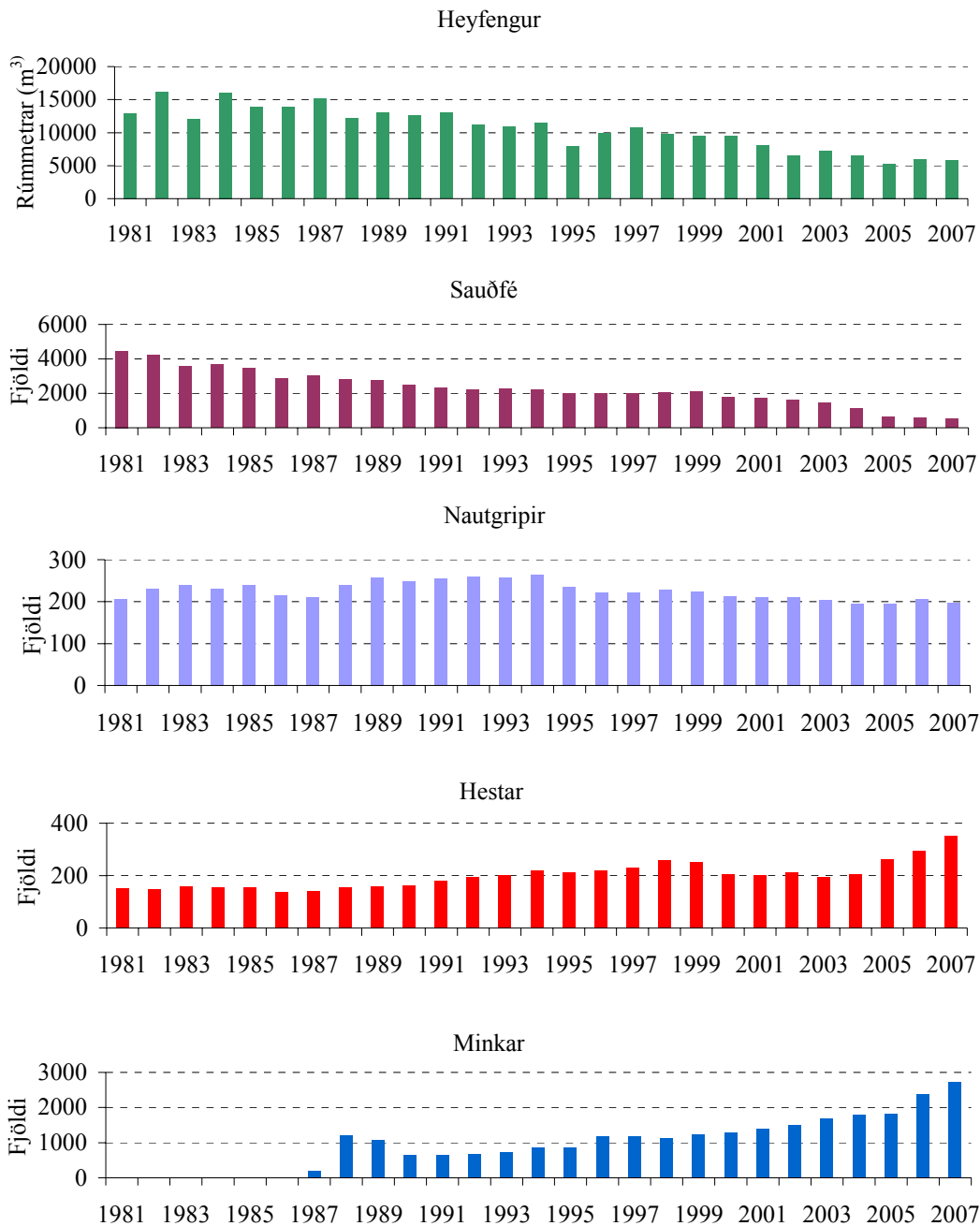
Fyrir byggingu stíflu í útfalli Þingvallavatns 1959 var sveifla vatnsborðs þess mest um 1 m en síðan hefur vatnshæð verið stýrt og hefur vatnsborði Þingvallavatns verið haldið hærri en það var fyrir byggingu stíflunnar. Meðalvatnsborð varð þá um 11 cm hærri en náttúrulegt vatnsborð þess var. Vatnsborðssveiflan varð þá mest rúmlega 1 m. Frá árinu 1984 hefur verið leitast við að halda vatnsborði sem stöðugustu og varð vatnsborðssveiflan þá aðeins um 0,2 m og meðalvatnsborð var 7 cm lægra en fyrir stýringar (17. mynd).



**17. mynd.** Vatnsborðshæð (dagsmeðaltöl) Þingvallavatns á árunum 1940–2007 (gögn frá Landsvirkjun). Á árunum fyrir 1959 (vinstri lóðrétta línan) voru vatnsborðsbreytingar náttúrulegar, eftir það var miðlað til virkjana og frá 1984 (hægri lóðrétta línan) var stýring sem miðaðist við að halda vatnsborði vatnsins sem stöðugustu.

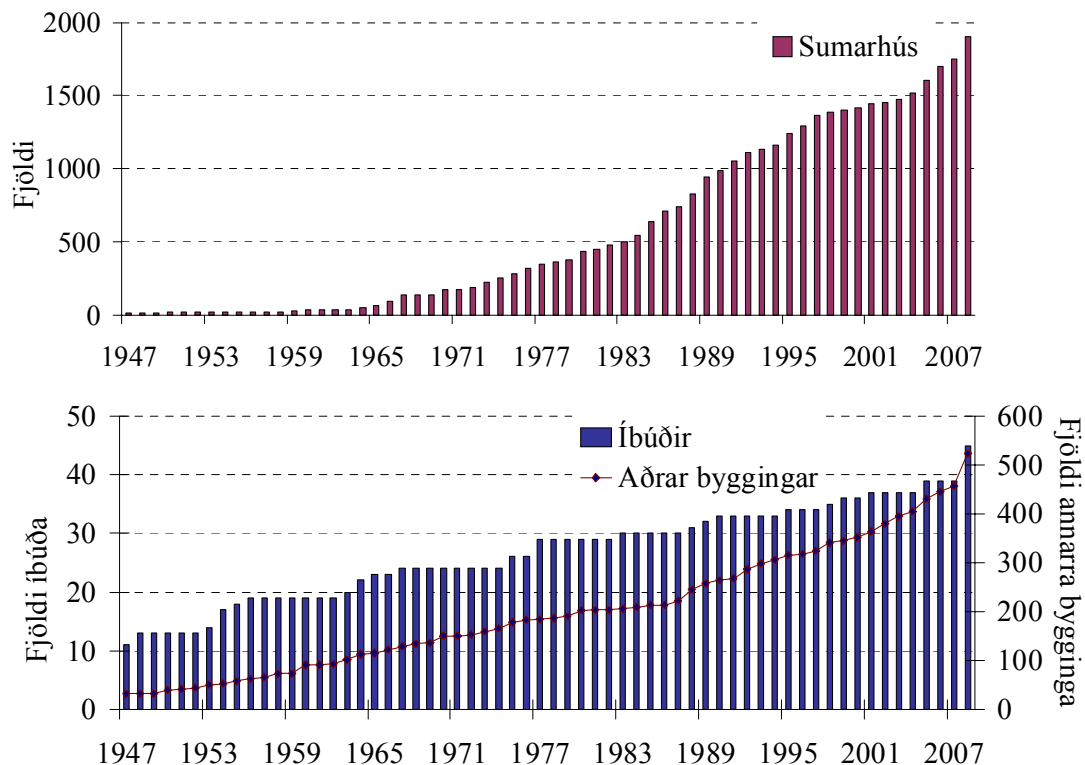
## 4.2. Landnýting

Heyfengur á vatnasvæði Sogs neðan Þingvallavatns hefur dregist saman frá því að vera að jafnaði yfir 10.000 m<sup>3</sup> 1981–1997 niður í u.þ.b. helming af því, hin síðari ár (18. mynd). Talsverður samdráttur hefur einnig orðið í sauðfjárbúskap við Sog. Árið 1981 var fjöldi sauðfjár tæplega 4.500 en árið 2007 voru einungis 530 vetrarfóðrað fé á svæðinu. Fremur lítil breyting hefur orðið á fjölda nautgripa. Þeim fjölgaði lítilsháttar á árabílinu 1981–1994, úr 207 í 264, en hefur fækkað eftir það og hefur fjöldi nautgripa verið um eða undir 200 síðustu árin. Á níunda áratug síðustu aldar voru hross við Sog og þverár þess 140–160 en síðan varð hæg fjölgun fram til 1998. Mikil fjölgun hrossa varð síðan 2005–2007 og voru 353 hross skráð á svæðinu 2007 (18. mynd). Skráningar um fjölda alinna minka ná til 1987 og hefur þeim farið fjölgandi og voru orðnir 2.740 árið 2007. Refir hafa flestir orðið 220 árið 1987 en refabúskapur hefur ekki verið á svæðinu frá árinu 1990. Nokkur hæsnabúskapur var á 9. áratug síðustu aldar og fram á þann 10. en engar hænur eru skráðar eftir 1993. Svínabúskapur hefur verið lítill og urðu svínin flest 68 árið 1994 en engin svín eru á ská eftir 1995.



**18. mynd.** Heyfengur, fjöldi búffjár og alinna minka á jörðum við Sog og þverár þess (Búnaðarfélag Íslands).

Fjöldi bygginga við Sog og þverár þess hefur aukist verulega, þar munar mestu um fjölda sumarhúsa (19. mynd). Fjölgun sumarhúsa varð mest á níunda áratugnum og síðan eftir 2003. Hæg fjölgun íbúðarhúsa hefur verið í áratugi en tók nokkurt stökk upp á við árið 2008.

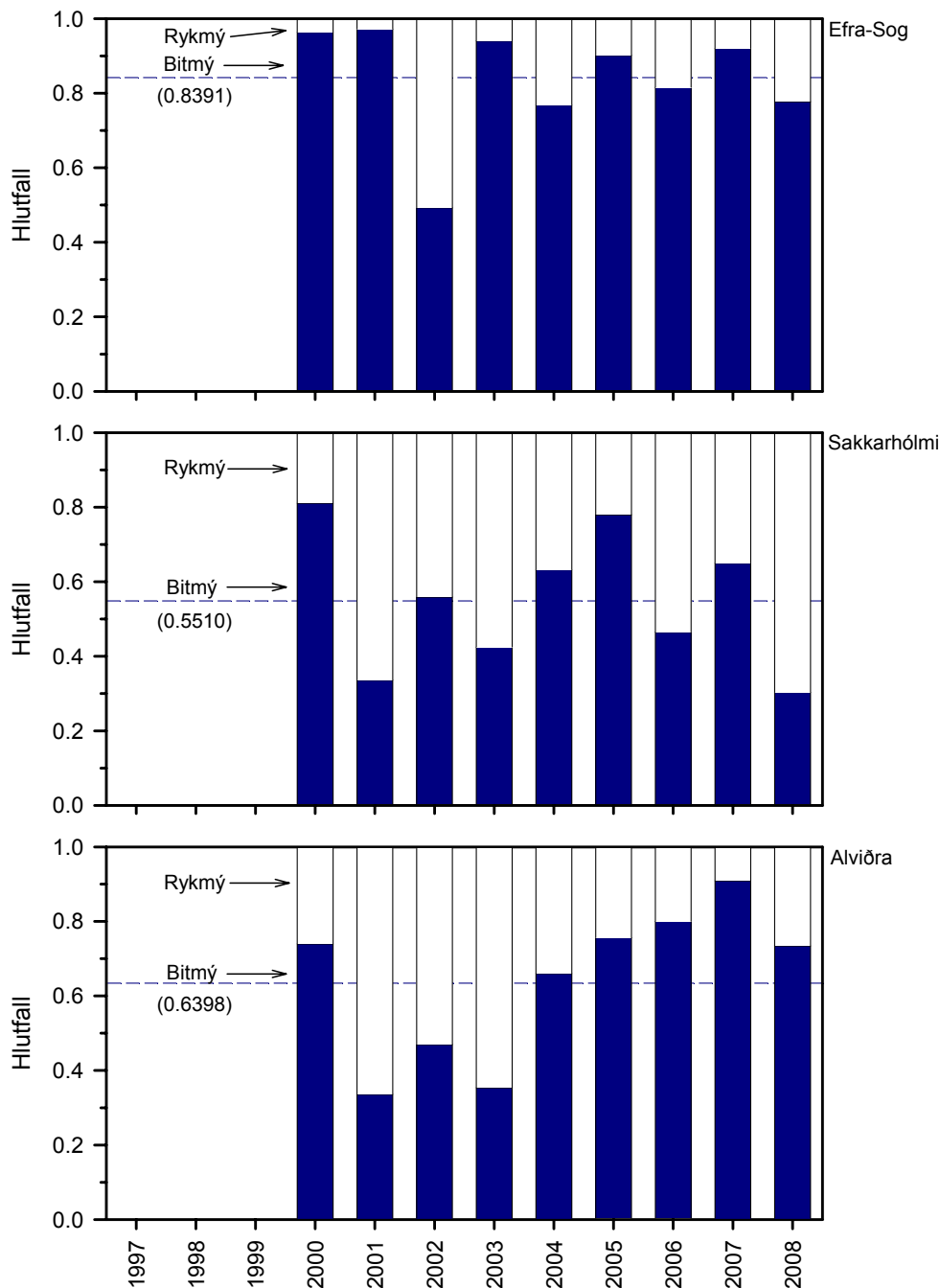


**19. mynd.** Þróun fjölda bygginga við Sog og þverár þess. Ártölín standa fyrir byggingarár fasteigna skv. Fasteignaská árið 2009.

### 4.3. Smádýr

#### 4.3.1. Smádýr á botni

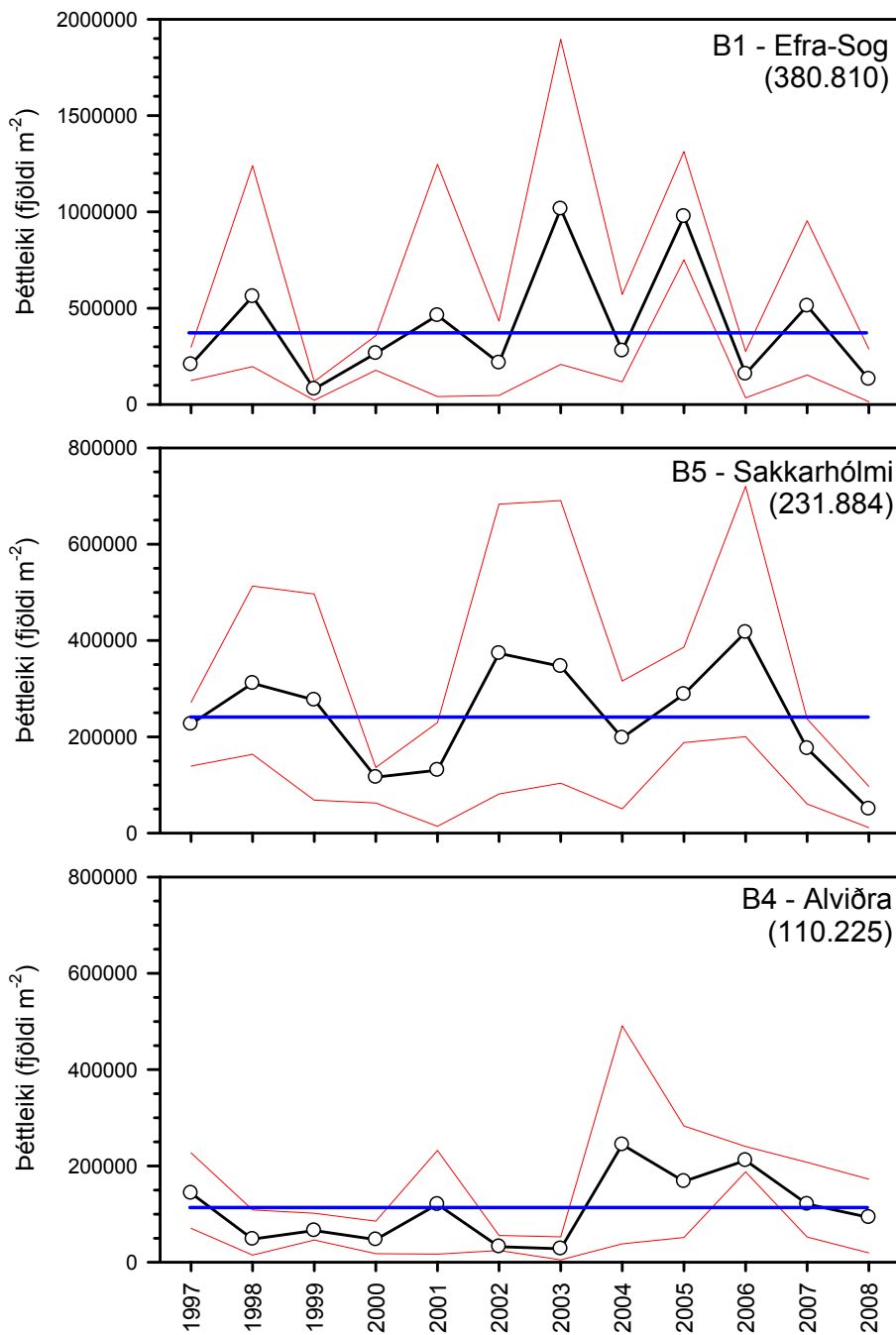
Smádýrasamfélög á botni Sogs einkenndust öðru fremur af lírfum bitmýs og rykmýs, enda var mest áhersla lögð á úrvinnslu þeirra tveggja hópa skordýra. Hlutdeild þessara tveggja skordýrahópa af heildarfjölda á tímabilinu 2003–2008 var á bilinu 62–90%. Ástæðan fyrir því að niðurstöður fyrir þessi ár eru lagðar til grundvallar er að 2003 var farið að telja og sundurgreina öll botndýr úr sýnunum úr Sogi. Fyrir 2003 hafði einungis bitmý og síðar einnig rykmý (2000) verið talið og sundurgreint úr botnsýnunum. Sé hlutfall bitmýs og rykmýs skoðað sérstaklega fyrir árin 2000–2008 má sjá að hlutur bitmýs var að jafnaði langmestur í Efra-Sogi, við útfallið úr Þingvallavatni (B1), tæplega 84% að meðaltali, en 55% við Sakkarhólma (B5) og 64% við Alviðru (B4) (20. mynd).



**20. mynd.** Hlutfall bitmýs (dökkbláar súlur) og rykmýs (hvítar súlur) í botnsýnum á þremur sýnatökustöðum; í Efra-Sogi, í Sogi við Sakkarhólma og Alviðru sem safnað var síðsumars árlega 2000–2008. Lárétt brotin lína á hverju grafi gefur til kynna meðaltalshlutfall bitmýs yfir rannsóknartímabilið sem sýnt er innan sviga neðan við línurnar.

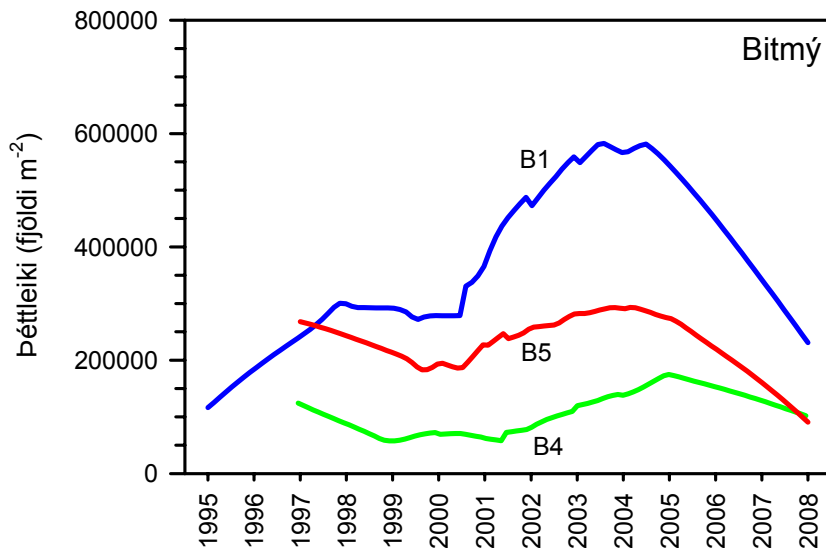
Breytileiki í hlutfalli bitmýs og rykmýs milli ára í Efra-Sogi var töluverður eða frá því að vera rúm 49% í rúm 97% þegar hlutur bitmýs var mestur. Hlutfall bitmýs var þó yfir 70% í 8 ár af 10. Samsvarandi breytileiki var sömuleiðis allmikill við Sakkarhólma (30–81%) og við Alviðru var hlutur bitmýs á bilinu 34–91% (20. mynd). Miklar sveiflur voru á þéttleika bitmýs milli ára

(1997–2008) eða allt að þrettánfaldur munur á hæsta og lægsta meðaltalsgildi í Efra-Sogi. Að meðaltali var þéttleikinn þar rúmlega 380 þúsund einstaklingar á fermetra en lægsta gildi fyrir þetta tímabil var tæplega 80 þúsund (1999) og hæsta gildi rúmlega milljón einstaklingar á fermetra (2003) (21. mynd). Við Efra-Sog var marktækur munur á þéttleika bitmýs milli ára (Kruskal-Wallis;  $P = 0,002$ ). Breytingar á milli ára (1997–2008) voru nokkru minni við Sakkarhólma þar sem meðalþéttleiki lirfa var tæplega 232 þúsund einstaklingar á fermetra (21. mynd). Munur á milli ára í þéttleika bitmýs var ekki marktækur (Kruskal-Wallis;  $P = 0,054$ ). Við Alviðru var meðalþéttleiki bitmýs lægstur af þeim þremur sýnatökustöðum sem bornir voru saman í Sogi. Þar var þéttleiki bitmýs að meðaltali rúm 110 þúsund einstaklingar á fermetra (1997–2008) (20. mynd) og breytingar á milli ára voru heldur meiri en yfir sambærilegt tímabil við Sakkarhólma en heldur minni en í Efra-Sogi (21. mynd). Minnstur þéttleiki bitmýs við Alviðru mældist 2003 (27.997 einstaklingar á fermetra) en mestur var þéttleikinn árið 2004 (244.378 einstaklingar á fermetra), sem var um níufaldur munur. Munur á þéttleika bitmýs var marktækur fyrir 1997–2008 (ANOVA;  $P = 0,044$ ). Segja má að bitmýsstofninn hafi verið í vexti frá 1997 til 2003/2004 í Efra-Sog (B1) og hafi svo farið minnkandi þar eftir 2003 (22. mynd). Við Sakkarhólma og Alviðru (B5 og B4) var leitni í stofnstærð bitmýs heldur niður á við frá 1997–2000/2001 en eftir það stækkaði stofninn samfleytt til 2005 er hann náði hámarki (22. mynd). Eftir 2005 varð nokkuð samfelld fækkun í stofni bitmýsins við Sakkarhólma og Alviðru, sem er svipuð leitni og sást í Efra-Sog (22. mynd). Því má segja að tilhneiging í breytingum á stofnstærð bitmýsins á öllum þremur sýnatökustöðunum í Sogi hafi verið svipaðar eftir 2001 (22. mynd).



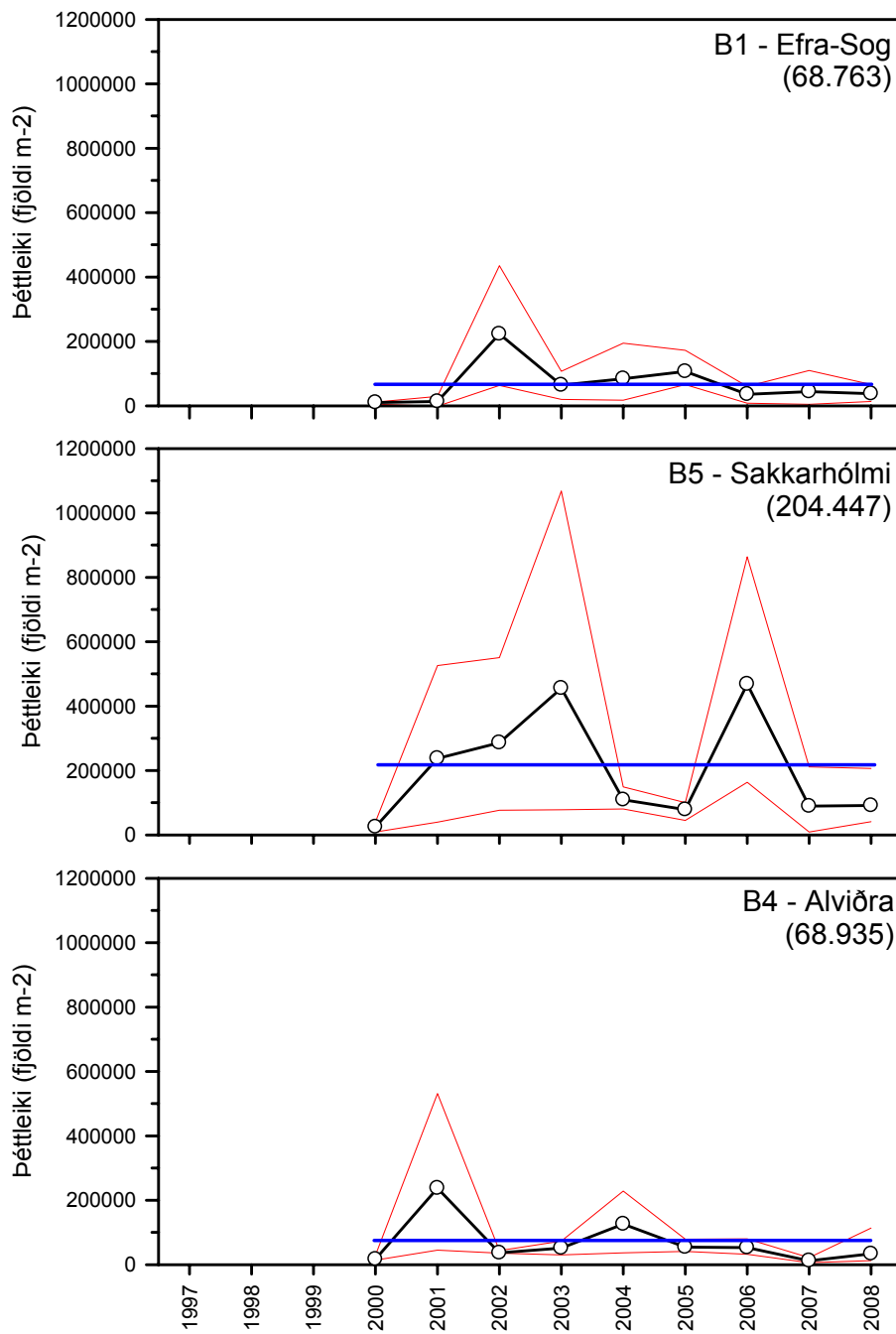
**21. mynd.** Béttleiki bitmýslirfa og púpa á þremur sýnatökustöðvum í Sogi (í Efra-Sogi, við Sakkarhólma og Alviðru) 1997–2008. Óbrotnu svörtu linurnar sýna meðalbéttleika bitmýs á hverri stöð fyrir hvert ár, en rauðu linurnar ofan og neðan við hana sýna lægstu og hæstu gildi hvers árs. Bein lárétt blá lína sýnir meðaltalsbéttleika bitmýs fyrir allt tímabilið á hverjum stað, meðaltöl eru sýnd í sviga. Athugið að kvarðinn á lóðrétta ásnum á efstu myndinni er frábrugðinn kvörðunum á neðri myndunum tveimur.



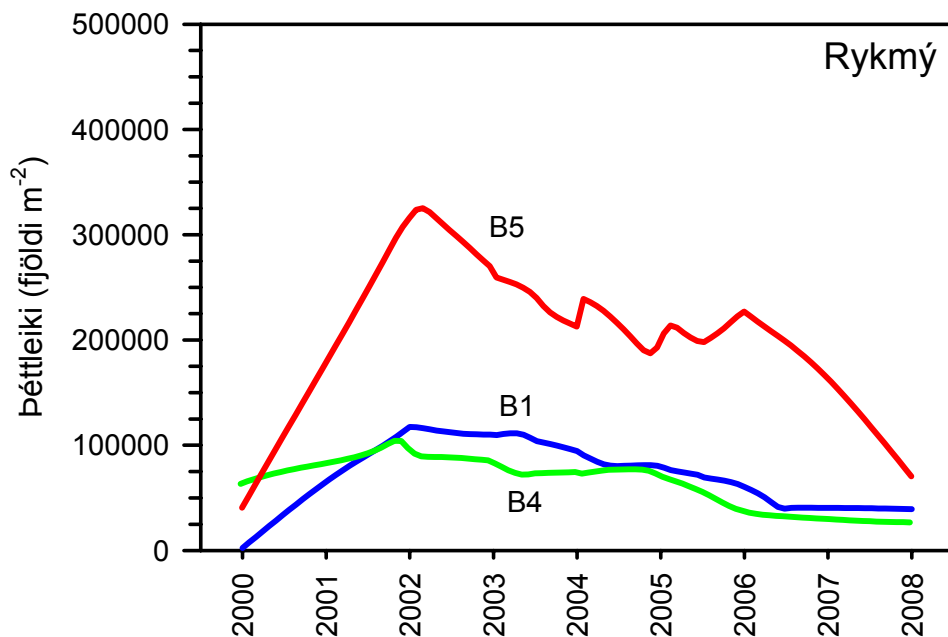


**22. mynd.** Þéttleiki bitmýslirfa og púpa á þremur sýnatökustöðvum í Sogi; í Efra-Sogi (B1), við Sakkarhólma (B5) og við Alviðru (B4) 1997–2008 og 1995–2008 við Efra-Sog (B1). Línurnar sýna niðurstöður LOESS staðbundinnar aðhvarfsgreiningar þar var miðað við að helmingur gagnanna væri tekinn með við hvert þrep greiningarinnar ( $\alpha = 0,5$ ).

Á öllum þremur sýnatökustöðvunum sem hér eru bornar saman var hlutur rykmýslirfa og púpa mun lægri en bitmýslirfa og púpa (20. mynd). Af þessum tveimur skordýrahópum var hlutur rykmýsins rúm 16% í Efra-Sogi, 44,9% við Sakkarhólma og 36% við Alviðru. Upplýsingar um rykmý úr Sogi byggja á gögnum fyrir árin 2000–2008. Þéttleiki rykmýs var mestur við Sakkarhólma af þeim þremur stöðum sem bornir eru saman hér; 204.447 einstaklingar á fermetra en tæplega 69 þúsund einstaklingar á fermetra í Efra-Sogi og Alviðru (23. mynd). Miklar breytingar voru á þéttleika rykmýs milli ára og var á milli 19- og 22-faldur munur á lægstu og hæstu gildunum innan hversrar stöðvar yfir árin 2000–2008. Á öllum þremur sýnatökustöðunum jókst þéttleiki rykmýs frá 2000–2002 en eftir það fór stofninn minnkandi (24. mynd). Mestra breytinga varð vart við Sakkarhólma (B5) þar sem rykmýsstofninn var í hámarki 2003 en minnkaði rúmlega 4-falt fram til 2007 og 2008.



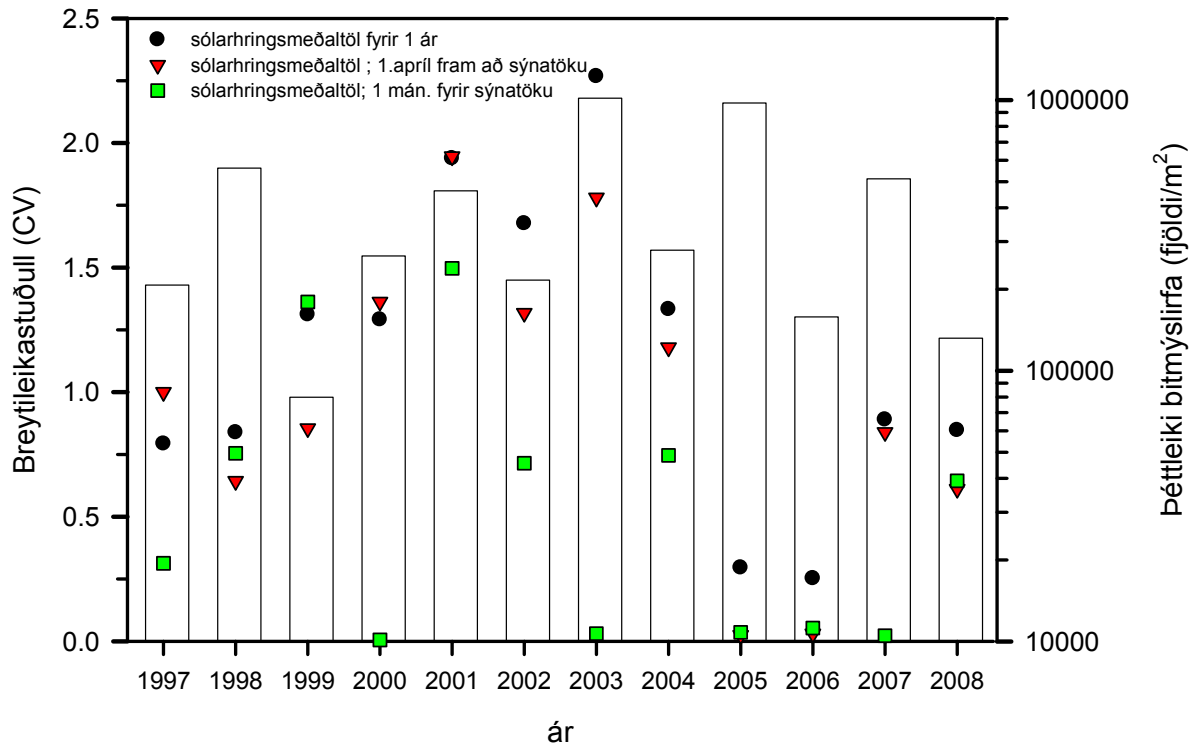
**23. mynd.** Péttleiki rykmýslirfa og púpa á þremur sýnatökustöðvum í Sogi (í Efra-Sogi, Sakkarhólma og Alviðru) 2000–2008. Óbrotnu svörtu línurnar sýna meðalpéttleika rykmýs á hverri stöð fyrir hvert ár, en rauðu línurnar ofan og neðan við hana sýna lægstu og hæstu gildi hvers árs, meðaltöl eru sýnd í sviga. Bein lárétt blá lína sýnir meðaltalspéttleika rykmýs fyrir allt tímabilið á hverjum stað.



**24. mynd.** Pétteleiki rykmýslirfa og púpa á þremur sýnatökustöðvum í Sogi; í Efra-Sogi (B1), við Sakkarhólma (B5) og við Alviðru (B4) 2000–2008. Línurnar sýna niðurstöður LOESS staðbundinnar aðhvarfsgreiningar þar var miðað við að helmingur gagnanna væri tekinn með við hvert þrep greiningarinnar ( $\alpha = 0,5$ ).

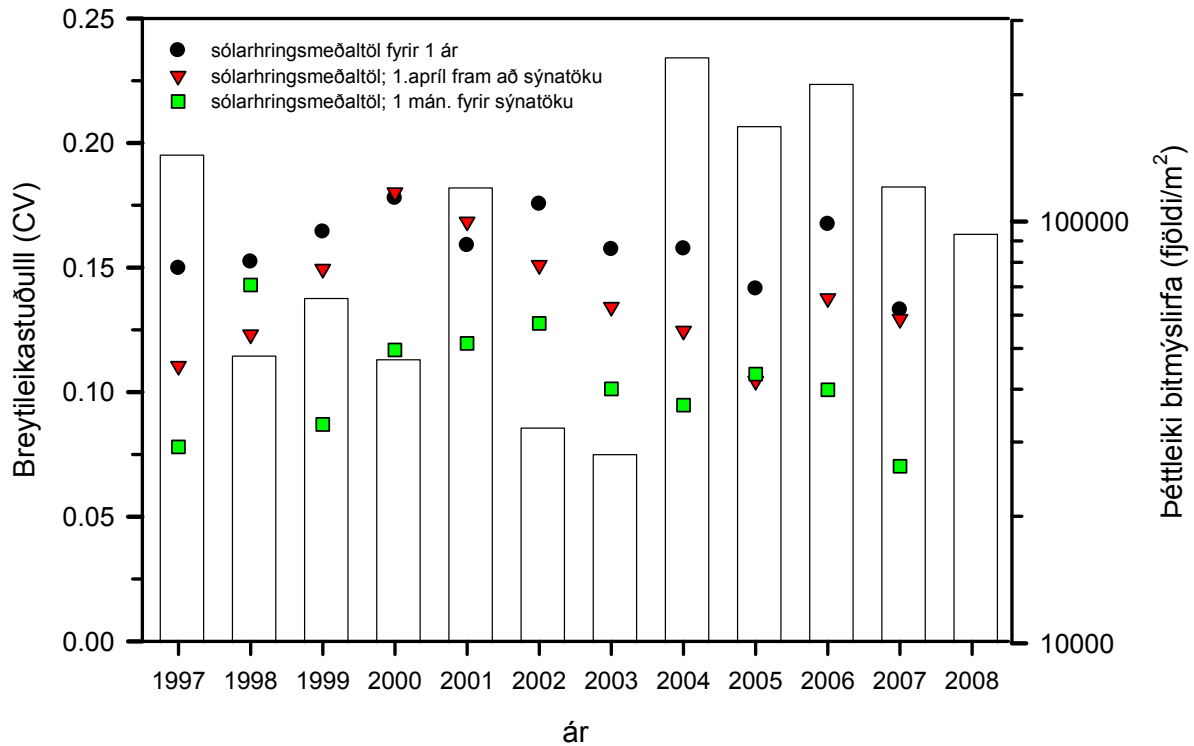
#### 4.3.1.1. Pétteleiki bitmýs og rennslissveiflur

Ekki voru marktæk tengsl á sveiflum í stofnstærð bitmýslirfa í Efra-Sogi við rennslissveiflur sama ár ( $P = 0,599$ ) né væri miðað við stofnstærð bitmýslirfa ári síðar ( $P = 0,513$ ). Breytileikastuðull (e: *coefficient of variation*) er notaður hér sem mælikvarði á rennslissveiflur því þar með er búið að staðla breytileikann með því að reikna út hlutfall er byggir á staðalfrávikum sem deilt er í með meðaltali fyrir hvert ár. Eins og sjá má á 25. mynd voru lítil tengsl á milli rennslissveiflna og stofnstærðar bitmýs í Efra-Sogi, hvort heldur gildin eru borin saman innan sama árs eða hliðrað aftur um eitt ár fyrir bitmýið.



**25. mynd.** Meðalþéttleiki bitmýslirfa í Efra-Sogi (súlur og hægri y-ásinn). Auk þess eru sýndar rennslissveiflur í Efra-Sogi við Steingrímsstöð, sýnt sem breytileikastuðlar (vinstri y-ásinn) fyrir meðal sólarhringsrennsli hvers árs (fylltir hringir), fyrir tímabilið frá 1. apríl fram að sýnatökudegi (þríhyrningar) og einum mánuði fyrir sýnatöku (ferhyrningar). Rennslisgögn eru fengin frá Veðurstofu Íslands.

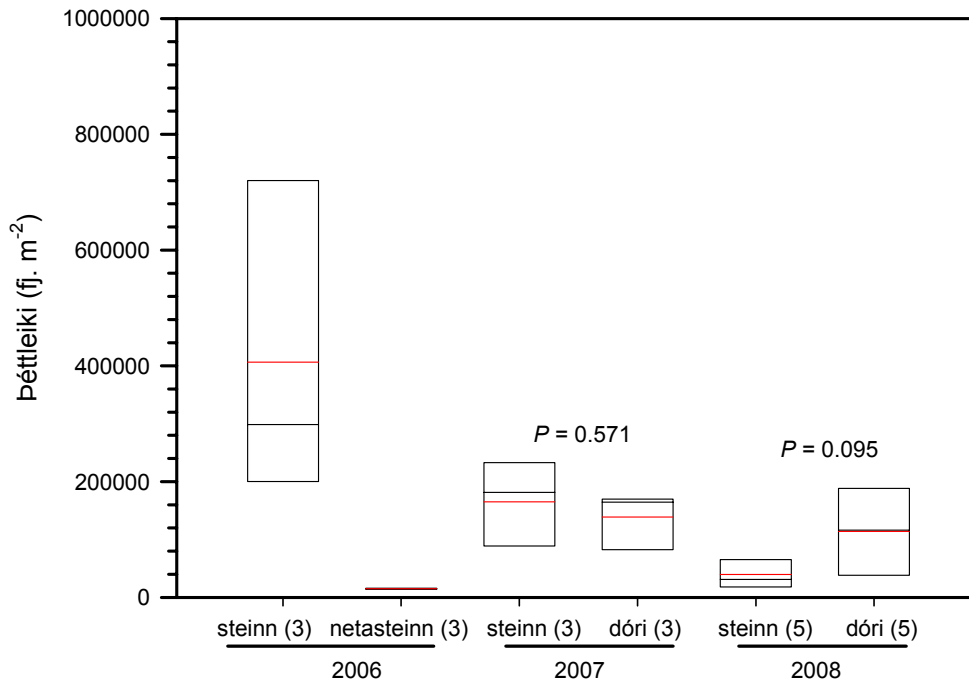
Sama á við sé tímabilið einskorðað við vor og sumar (1. apríl fram að sýnatökudegi) eða miðað við einn mánuð fyrir sýnatöku (25. mynd). Rennslissveiflur voru u.þ.b. stærðagráðu (tíu sinnum meiri) meiri við Efra-Sog heldur en við Ásgarð (25. og 26. mynd). Ekki var marktæk fylgni á milli rennslissveiflna við Ásgarð og þéttleika bitmýs við Alviðru, væri miðað við þéttleika sama ár og rennsli var mælt fyrir allt árið, frá 1. apríl fram að sýnatökudegi eða einum mánuði fyrir sýnatöku (Spearman Rank fylgni;  $P > 0,05$ ). Sömu sögu er að segja væri þetta samband skoðað fyrir sömu tímabil en þéttleika bitmýs ári síðar (Spearman Rank fylgni;  $P > 0,05$ ).



**26. mynd.** Meðalþéttleiki bitmýslirfa við Alviðru (súlur og hægri y-ásinn). Auk þess eru sýndar rennissveiflur við Ásgarð, sýnt sem breytileikastuðlar (vinstri y-ásinn) fyrir meðal sólarhringsrennsli hvers árs (fylltir hringir), fyrir tímabilið frá 1. apríl fram að sýnatökudegi (þríhyrningur) og einum mánuði fyrir sýnatöku (ferhyrningur). Rennislisgögn eru fengin frá Veðurstofu Íslands.

#### 4.3.2. Tilbúið undirlag á botni

Í ljósi þess hve mikill breytileiki var á milli einstakra botnsýna var prófað að notast við tilbúna steina af staðlaðri stærð sem settir voru út í ána ári fyrir sýnatöku (sjá aðferðir). Markmið þessa var að sjá hvort breytileiki á milli einstakra sýna yrði minni og þannig mætti fá áreiðanlegri mælingu á þéttleika smádýra á botni. Tilraunin með að nota netasteinana virkaði vel að því leyti að minnka breytileika á milli einstakra sýna en fjöldi bitmýslirfa var marktækt minni á netasteinunum en á náttúrulegum steinum á sama stað (27. mynd). Í tvö ár var gerð tilraun með hellusteinana, fjöldi bitmýslirfa var ekki marktækt frábrugðin því sem fannst á náttúrulegum steinum á sama stað (27. mynd). Hins vegar var breytileiki milli einstakra sýna litlu minni eða jafnvel meiri á þessum tilbúnu steinum en hann var á náttúrulegu steinum.

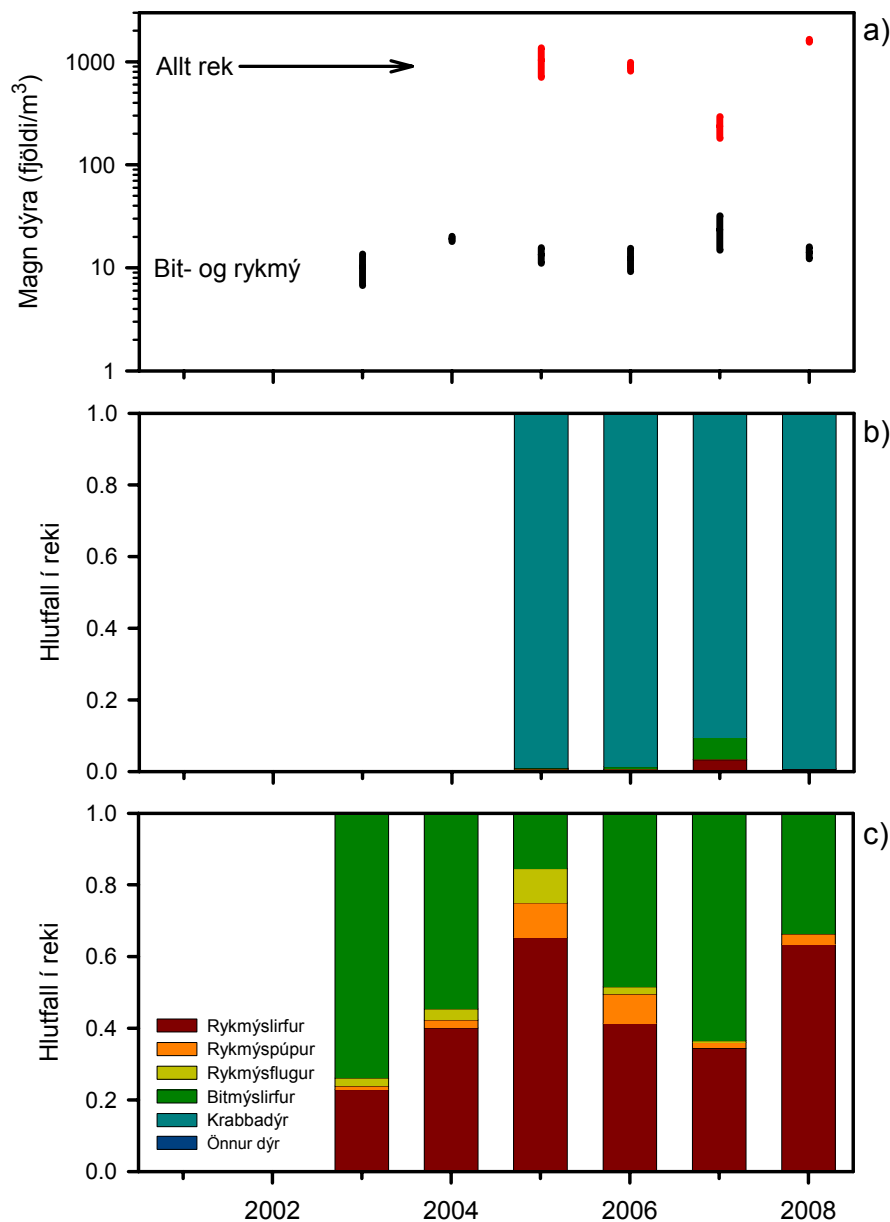


**27. mynd.** Samanburður á þéttleika bitmýslirfa á tilbúnum steinum sem komið hafði verið fyrir á botni við Sakkarhólma 2006–2008 ári fyrir sýnatöku til samanburðar við náttúrulega steina. Fyrsta árið voru notaðir netasteinar en seinni tvö árin steypar hellur (dóri). Hver kassi sýnir meðaltal (rauð lárétt lína), miðgildi (svört lárétt lína) og ytri mörk kassana sýna hæstu og lægstu gildi. Ofan við kassana eru sýndar niðurstöður tölfræðiprófa ( $P$ -gildi) þar sem borin var saman þéttleiki á mismunandi undirlagi.

#### 4.3.3. Smádýr á reki

Samanlagt heildarmagn rykmýs og bitmýs á reki 2004–2008 var ekki marktækt frábrugðið á milli Sakkarhólma og Alviðru (t-próf á  $\text{Log}_{10}$  umbreyttum gögnum;  $t = 1,63$ ,  $P = 0,115$ ). Ef krabbadýrin voru hinsvegar tekin með og þau ár sem krabbadýr voru talin úr sýnunum (2005–2008) notuð til grundvallar kom í ljós að heildarmagn dýra á reki var marktækt meira við Sakkarhólma en við Alviðru (t-próf á  $\text{Log}_{10}$  umbreyttum gögnum;  $t = 4,43$ ,  $P < 0,001$ ) (28. og 29. mynd).

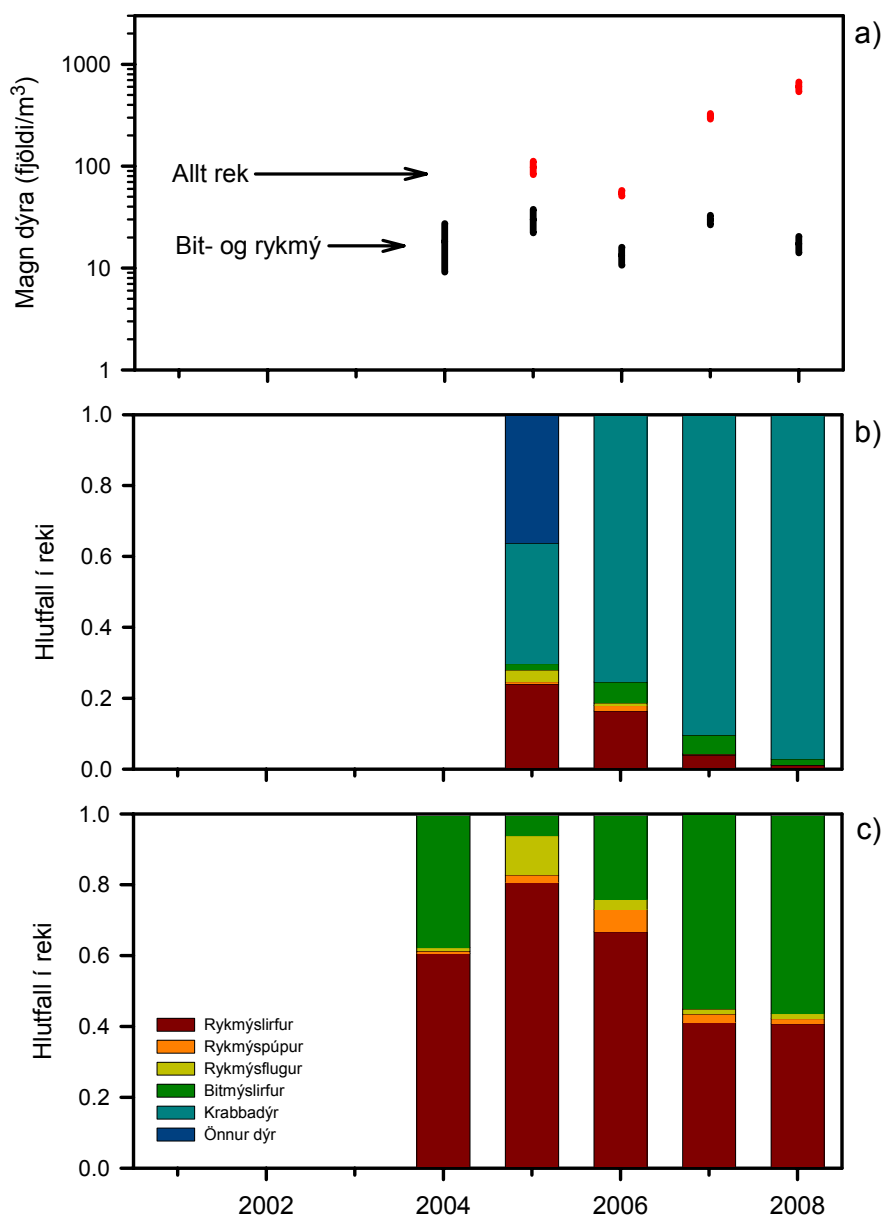
Við Sakkarhólma var hlutfallslegur fjöldi krabbadýra yfirgnæfandi, 90–99% einstaklinga á reki þar voru krabbadýr (287. mynd). Í þau skipti sem krabbadýr voru sundurgreind kom í ljós að vatnsflær (Cladocera) og árfætlur (Copepoda) voru í svipuðu magni. Frá byrjun var mýið sérstaklega sundurgreint og talið og eru því til samanburðarhæfar niðurstöður fyrir það frá 2003 til 2008 við Sakkarhólma. Mjög miklar breytingar voru á hlutfalli bitmýs og rykmýs á reki yfir þetta tímabil. Hlutfall bitmýs var hæst 2003, tæplega 74% en fór síðan lækkandi næstu ár á eftir þar til 2007 er hlutfall bitmýs var mun hærri en hlutfall rykmýs eða rúm 64% (28. mynd).



**28. mynd a-c.** Smádýr á reki við Sakkarhólma (R1) 2003–2008; a) heildarfjöldi dýra á reki (rauðar lóðréttar línur sem sýna spönn lægsta og hæsta gildis) og fjöldi rykmýs og bitmýs á reki (svartar lóðréttar línur sem sýna spönn lægsta og hæsta gildis), athuga skalann, b) hlutfallslegur fjöldi einstakra dýrahópa í reksýnum og c) hlutfall rykmýs (lirfur, púpur og flugur) og bitmýs. Athugið að fyrstu tvö árin var mýið eingöngu greint og talið úr sýnunum.

Við Alviðru var myndin nokkuð frábrugðin því sem var við Sakkarhólma að því leyti að hlutfall krabbadýra var nokkru lægra á reki 2005 og 2006 en var við Sakkarhólma en hlutfallið var hins vegar svipað á milli þessara tveggja staða 2007 og 2008. Mælingar á dýrareki hófust ári síðar við Alviðru en við Sakkarhólma þannig að samanburðarhæf gögn fyrir mý á reki við Alviðru nær aftur til 2004. Hlutfall bitmýs var ekki eins hátt í reksýnunum við Alviðru og sást við Sakkarhólma ef tvö síðustu árin (2007 og 2008) eru undanskilin, en þá var hlutfall bitmýs rúm

50% bæði árin. Við Alviðru bar mest á rykmýslirfum í reksýnunum en einnig var nokkuð af rykmýspúpum þar (29. mynd). Hafa ber í huga við samanburð sem þennan að hann byggir á fjölda einstaklinga en ekki lífmassa eða rúmmáli. Þannig getur ein bitmýslirfa eða rykmýspúpa verið álíka að rúmmáli og 100 krabbadýr.

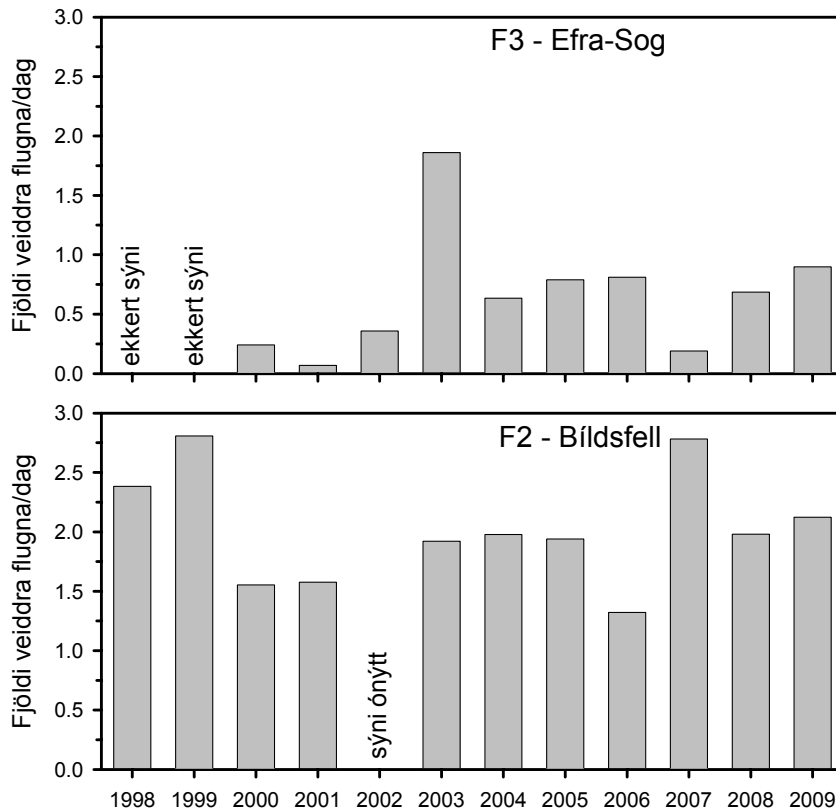


**29. mynd a-c.** Smádýr á reki við Alviðru (R2) 2004–2008; a) heildarfjöldi dýra á reki (rauðar lóðréttar línur sem sýna spönn lægsta og hæsta gildis) og fjöldi rykmýs og bitmýs á reki (svartar lóðréttar línur sem sýna spönn lægsta og hæsta gildis), athuga skalann, b) hlutfallslegur fjöldi einstakra dýrahópa í reksýnum og c) hlutfall rykmýs (lirfur, púpur og flugur) og bitmýs. Athugið að fyrsta árið var mýið eingöngu greint og talið úr sýnunum.



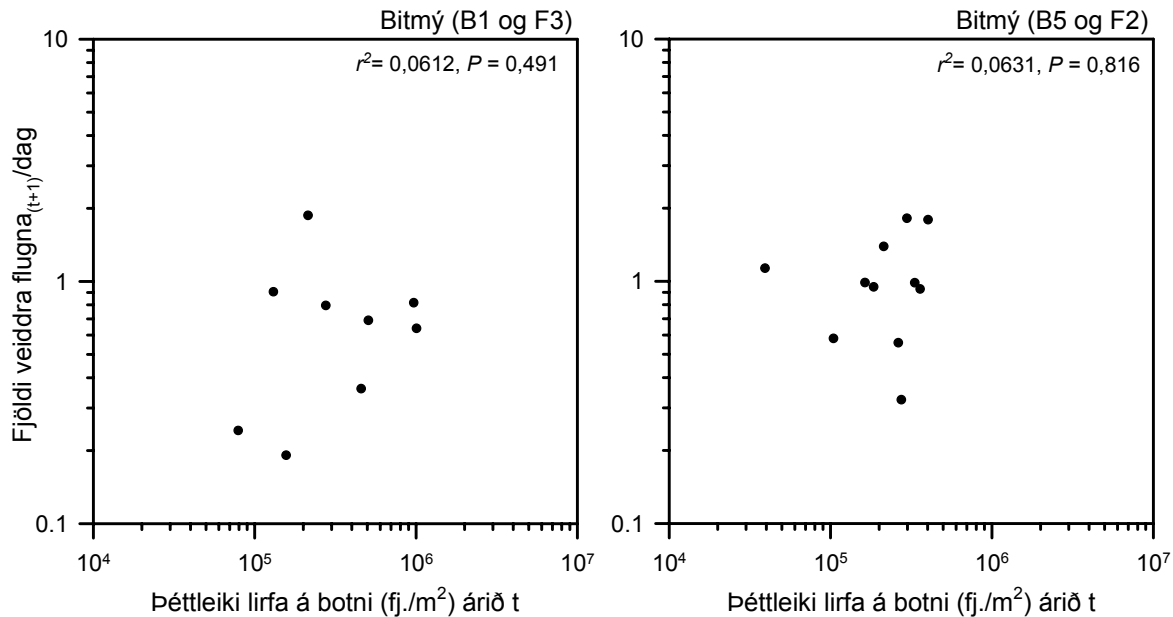
#### 4.3.4. Fljúgandi skordýr

Mun meira veiddist að jafnaði í flugnagildruna við Bíldsfell (F2) en í flugnagildruna við Efra-Sog (F3) (30. mynd). Ekki var um marktæka fylgni að ræða á veiðinni milli þessara tveggja mælistaða (Pearson fylgnipróf;  $r = -0,0464$ ,  $P = 0,906$ ).



**30. mynd.** Fjöldi veiddra flugna bitmýs á dag í flugugildrunum við Efra-Sog (efri mynd) og við Bíldsfell (neðri mynd). Súlurnar sýna veiði gildranna frá hausti ári áður en ártalið segir til um neðan við hverja súlu. Ártölin við lárétta ásinn gefa til kynna hvaða ár gildrunar voru tæmdar.

Toppur í veiði bitmýs við Efra-Sog var 2003 (8. nóv. 2002–11. nóv. 2003). Við Bíldsfell var veiðin mest 1998 og 1999 (21. okt. 1997–23. okt. 1998 og 2. nóv. 1998–20. okt. 1999) og síðan 2007 (9. okt. 2006–11. okt. 2007). Við samanburð á aflanum úr gildrunum við útfallið við Efra-Sog (F3) og við Bíldsfell (F2) við botnsýni á svipuðum slóðum með línulegri aðhvarfsgreiningu kom í ljós að ekki eru marktæk tengsl á milli afla bitmýs flugna og þéttleika lirfa á botni árið áður (F3:  $P = 0,491$  og F2:  $P = 0,816$ ) (31. mynd).



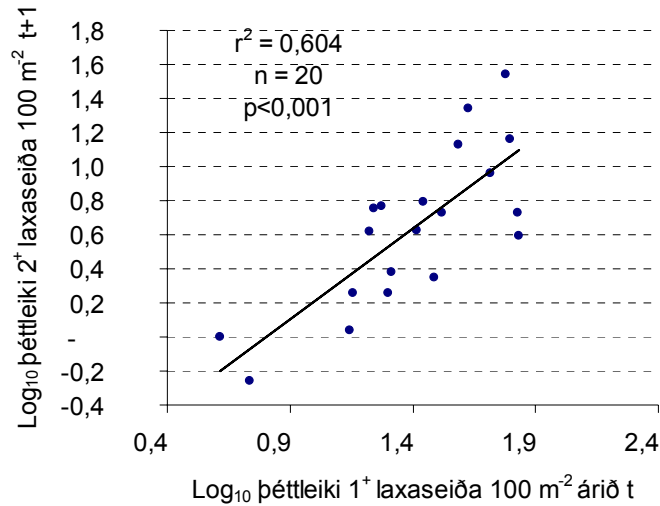
**31. mynd.** Þéttleiki bitmýslirfa á botni og fjöldi veiddra bitmýsflugna í flugnagildur á dag árið eftir í Efra-Sogi (mynd til vinstri) og við Sakkarhólma (mynd til hægri). Flugurnar voru veiddar í flugnagildru sem staðsett var við Efra-Sog (F3) og Bildsfell (F2) og tæmdar voru í lok sumars ár hvert. Inni á hvorri mynd eru niðurstöður línulegrar aðhvarfsgreiningar gefnar og marktækni þeirrar greiningar. Athugið að kvarðarnir á lóðréttu og láréttu ásnum eru á lógarítmiskum skala.

#### 4.4. Fiskur

##### 4.4.1. Seiðabúskapur

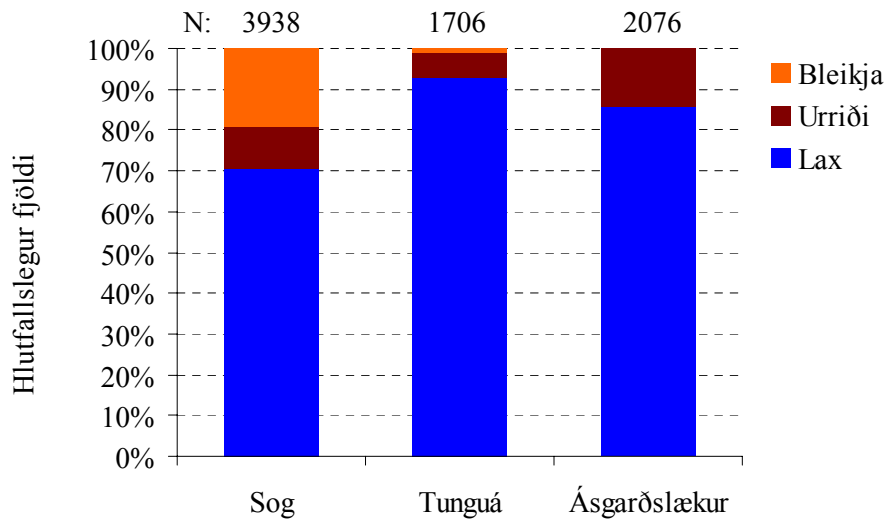
###### 4.4.1.1. Seiðaðþéttleiki

Til að meta hver áreiðanleikinn var á mælingum þéttleika laxaseiða í Sogi var stuðst við línulega aðhvarfsgreiningu þar sem prófað var hvort marktæk fylgni væri á milli þéttleika (fjöldi á 100 m<sup>2</sup>) eins árs laxaseiða og þéttleika tveggja ára laxaseiða af sama seiðaárgangi ári síðar í Sogi (Álftavatn/Alviðra). Í ljós kom að fylgni þar á milli var marktæk ( $\log_{10}$  umbreytt gögn;  $r^2 = 0,604$ ,  $n = 20$ ,  $P < 0,001$ ,) (32. mynd). Hins vegar var ekki marktæk fylgni milli þéttleika vorgamalla seiða (0<sup>+</sup>) og seiða á öðru ári (1<sup>+</sup>), ári síðar ( $n = 22$ ,  $P = 0,4$ ) né heldur vorgamalla seiða og tveggja ára (2<sup>+</sup>) seiða tveimur árum síðar ( $n = 19$ ,  $P = 0,9$ ) á sömu stöðvum. Hafa verður í huga að lítill hluti af tveggja ára seiðum hefur náð göngustærð, en sá hluti hefur aukist á síðustu árum, þau eru því gengin til sjávar að vori og ekki inni í veiðinni að hausti.



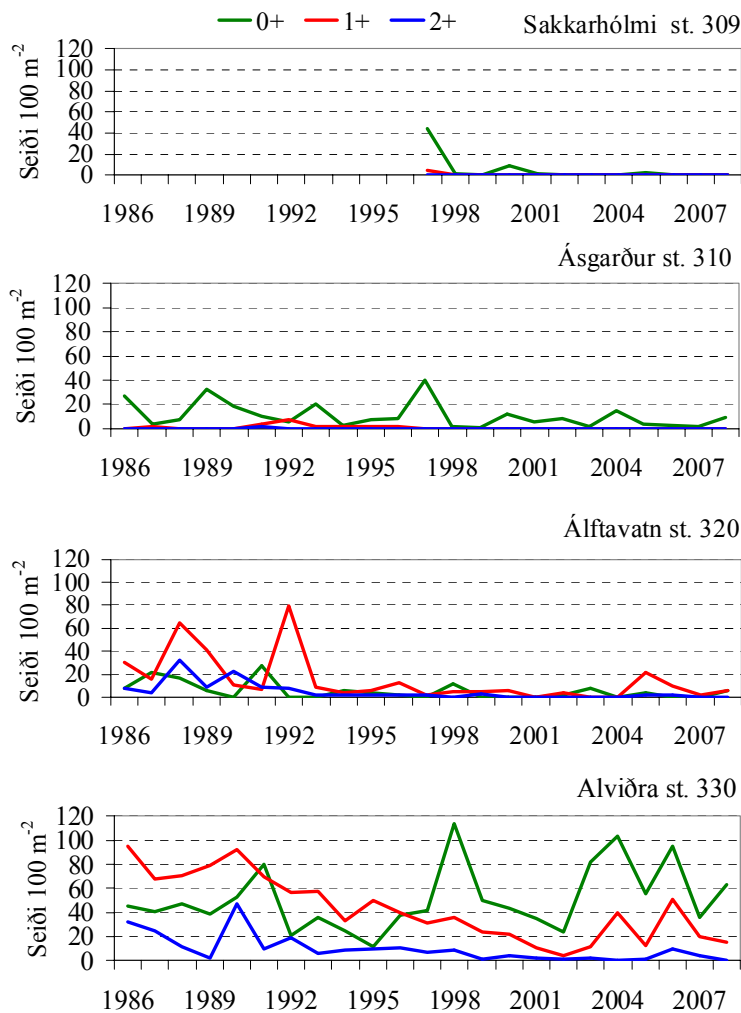
**32. mynd.** Tengsl péttleika eins árs og tveggja ára laxaseiða ári síðar í Sogi (Alviðra/Álftavatn), sami seiðaárgangur,  $\log_{10}$  umbreytt.

Laxaseiði hafa á rannsóknartímabilinu (1985–2008) verið ríkjandi í seiðarannsóknum á fiskgengum svæðum í Sogi og þverám þess. Hlutfall laxaseiða af heildarfjölda allra seiða var hærri í þveránum Tunguá (92,7%) og Ásgarðslæk (85,4%) en í Sogi sjálfu. Bleikjuseiði hafa helst fundist í Sogi (19,2%) en mjög lítið hefur fundist af þeim í þveránum (Tunguá: 1,0% og Ásgarðslækur: 0,1%). Urriðaseiði hafa allsstaðar verið í lágu hlutfalli, í Sogi voru þau 5,3% af heildaraflanum, 5,4% í Tunguá og 0,05% í Ásgarðslæk (33. mynd). Hæsta hlutfall urriða var í efsta hluta Ásgarðslækjar (Berjaholtslæk stöð 671), 31,9%. Hornsíli hafa fundist í Sogi og Tunguá en áll hefur eingöngu fundist í Sogi.



**33. mynd.** Hlutfall seiða á fiskgengum svæðum í Sogi og þverám þess sem komið hafa fram í mati á seiðapéttleika á árabílinu 1985–2008. Tölurnar ofan við súlur standa fyrir fjölda veiddra seiða.

Á ófiskgengum svæðum þveránna hafa, auk sleppiseiða laxa úr eldisstöð, eingöngu komið fram urriðaseiði og hornsíli. Í Efra-Sogi hafa bleikjuseiði verið ríkjandi en þar hafa einnig fundist seiði urriða auk hornsíla. Í Sogi hafa aðallega þrír árgangar laxaseiða komið fram í mati á seiðabættleika, þ.e.a.s. seiði á fyrsta ( $0^+$ ), öðru ( $1^+$ ) og þriðja ári ( $2^+$ ) auk fárra eldri seiða. Þéttleiki seiða hefur verið breytilegur milli ára á mælingatímabilinu (1986–2008), sérstaklega hafa komið fram sveiflur í þéttleika seiða á fyrsta ári. Við Sakkarhólma (stöð 309), sem er efst í Sogi, fundust seiði á fyrsta- og öðru ári árið 1997 en það var fyrsta árið sem þéttleiki var kannaður þar, en síðarnefndi aldurshópurinn hefur síðan ekki komið fram þar og lítið sem ekkert af seiðum á fyrsta ári (34. mynd). Við Ásgarð (stöð 310), sem er nokkru neðar, hafa árlega fundist laxaseiði á fyrsta ári en

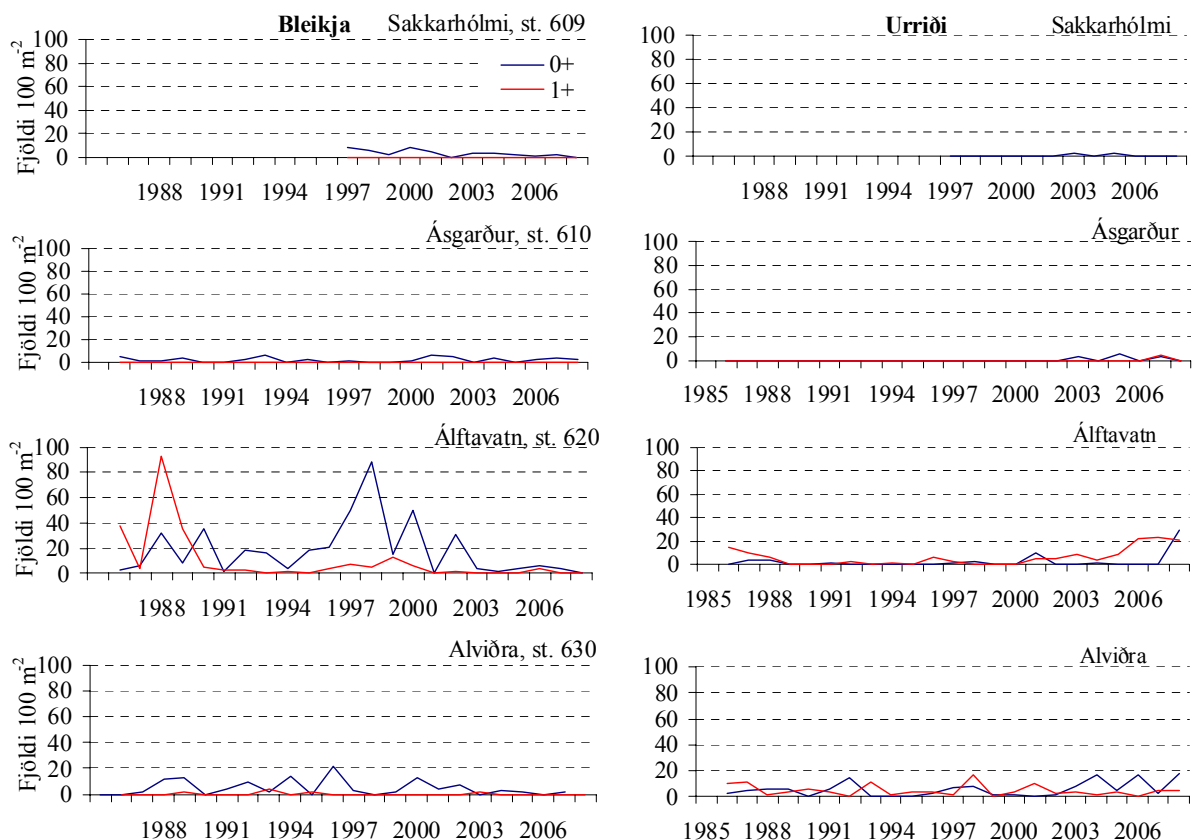


**34. mynd.** Þéttleiki laxaseiða (fjöldi á 100 m<sup>2</sup>) eftir aldri á rafveiðistöðvum í Sogi. Athugið að seiðarannsókn hófst 1997 við Sakkarhólma.

þau hafa ávallt verið bundin við lækjarmynni sem þar fellur til Sogs. Seiði á öðru ári og eldri hafa ekki fundist við Ásgarð síðan 1997. Á stöð ofan Álftavatns (stöð 320) hefur yfirleitt lítið verið af laxaseiðum á fyrsta ári. Flest seiðin þar hafa verið á öðru- og þriðja ári. Hefur þéttleiki þeirra verið

breytilegur milli ára og farið minnkandi á tímabilinu. Á árunum 1993–2004 fannst mjög lítið af laxaseiðum ofan Álftavatns (34. mynd), þéttleiki laxaseiða þar jókst árið 2005 en hefur dregist saman síðan. Við Alviðru (stöð 330), sem er neðsti athugunarstaðurinn í Sogi, hafa allir þrír fyrstu árgangar laxaseiða veiðst. Þéttleiki eins og tveggja ára seiða hefur minnkað talsvert þar síðan 1991. Þéttleiki eins árs laxaseiða jókst þar eftir 2003 en hefur dalað eftir 2006. Bleikjuseiði hafa einkum veiðst á stöð rétt ofan Álftavatns, mestur hluti seiða hefur verið á fyrsta og öðru ári en mjög lítið af eldri seiðum. Þar minnkaði þéttleiki bleikjuseiða á öðru ári mikið eftir 1990 og hefur haldist þannig síðan. Þéttleiki bleikjuseiða á fyrsta ári hefur dalað þar eftir 1998 (35. mynd). Eftir 2003 hefur þéttleiki bleikjuseiða verið í lægð á öllum athugunarstöðum í Sogi.

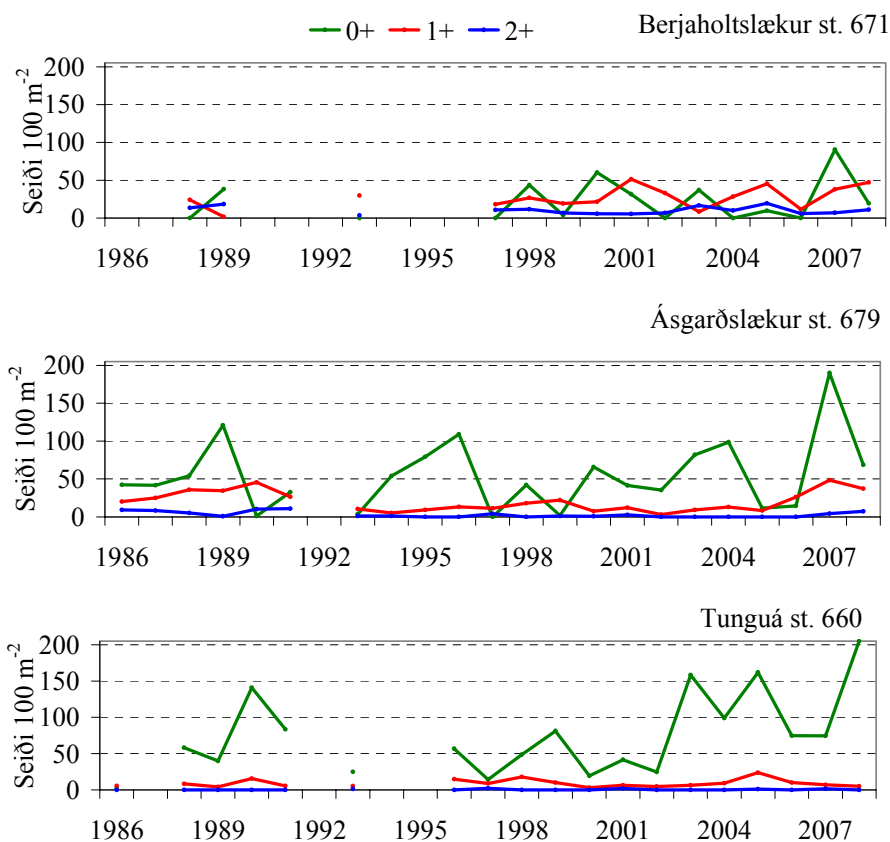
Urriðaseiði hefur helst verið að finna við Alviðru og Álftavatn en þau hafa vart fundist ofar í Sogi. Urriðaseiðin hafa flest verið á fyrsta og öðru ári og lítið af eldri seiðum hafa komið fram í mati á seiðapétteleika. Þéttleiki urriðaseiða hefur verið breytilegur milli ára, hann hefur heldur aukist á eins árs seiðum eftir árið 2000 við Álftavatn og frá sama ári hefur orðið aukning á seiðum sem eru á fyrsta ári við Alviðru. Þéttleiki bleikju- og urriðaseiða hefur alltaf mælst lágur á tveimur efstu athugunarstöðunum í Sogi, við Sakkarhólma og Ásgarð (35. mynd).



**35. mynd.** Þéttleiki bleikju- og urriðaseiða eftir aldri og rafveiðistöðvum í Sogi.

Í Berjaholtslæk, sem fellur til efsta hluta Ásgarðslækjar (stöð 671) en þangað er fiski gengt úr Sogi, hafa laxaseiði verið í meirihluta í seiðamælingum, en þar hafa einnig fundist urriðaseiði í

nokkrum mæli. Talsverður breytileiki hefur verið á þéttleika laxaseiða á fyrsta ári á milli ára eða frá 0 í að vera rúmlega 80 seiði á 100 m<sup>2</sup>. Eldri laxaseiði hafa ætíð verið til staðar, bæði eins og tveggja ára. Þéttleiki þeirra hefur dalað frá því sem hæst var árið 2005. Neðst í Ásgarðslæk (stöð 679) hafa nær eingöngu veiðst laxaseiði, flest hafa verið á fyrsta ári en flest ár hefur hlutfallslega lítið veiðst af eldri laxaseiðum. Talsverður breytileiki hefur verið á þéttleika 0<sup>+</sup> og hefur hann farið vaxandi eftir 1999. Þéttleiki eins árs laxaseiða dalaði eftir 1990 en óx aftur og náði fyrri þéttleika eftir 2005 (36. mynd). Á fiskgenga hluta Tunguár hafa nær eingöngu veiðst laxaseiði og langflest þeirra hafa verið á fyrsta ári. Þéttleiki þeirra hefur verið breytilegur á milli ára og hefur þéttleikinn aukist frá 2002.



**36. mynd.** Þéttleiki laxaseiða eftir aldri, á fiskgengum svæðum í Ásgarðslæk, Berjaholtslæk og Tunguá.

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 (3. tafla). Auk þess var marktæk jákvæð fylgni milli seiðapþéttleika í Hvítá við það sem var í Ölfusá og Stóru-Laxá og einnig milli Stóru-Laxár og Litlu-Laxár, en hún er þverá Stóru-Laxár (3. tafla).

**3. tafla.** Fylgni (Pearson correlation  $r$ ) seiðapéttleika eins árs ( $I^+$ ) laxaseiða í Sogi, Hvítá, Ölfusá, Stóra-Laxá og Litlu-Laxá á árunum 1986–2008. Marktækni á fylgni miðað við 5% líkur er táknuð með einni stjörnu og miðað við 1% líkur með tveimur stjörnum. Engar stjörnur eru við þau gildi sem ekki reyndust marktæk í fylgniprófunum.

|             | Sog    | Hvítá neðri | Ölfusá | Stóra-Laxá |
|-------------|--------|-------------|--------|------------|
| Hvítá neðri | 0,63** |             |        |            |
| Ölfusá      | 0,70** | 0,78**      |        |            |
| Stóra-Laxá  | 0,54** | 0,44*       | 0,58** |            |
| Litla-Laxá  | 0,33   | 0,32        | 0,21   | 0,55**     |

\*\*  $p < 0,01$

\*  $p < 0,05$

Samanburður á péttleika laxaseiða innan Sogs leiddi í ljós að marktæk jákvæð fylgni var á péttleika eins árs laxaseiða sem veiddust við Alviðru við péttleika seiða við Álftavatn og í Ásgarðslæk (4. tafla). Enn fremur var marktæk jákvæð fylgni milli péttleika laxaseiða við Álftavatn og Ásgarð. Þróun seiðavísitalna innan Sogs var frábrugðin því sem var í hliðaránni Tunguá.

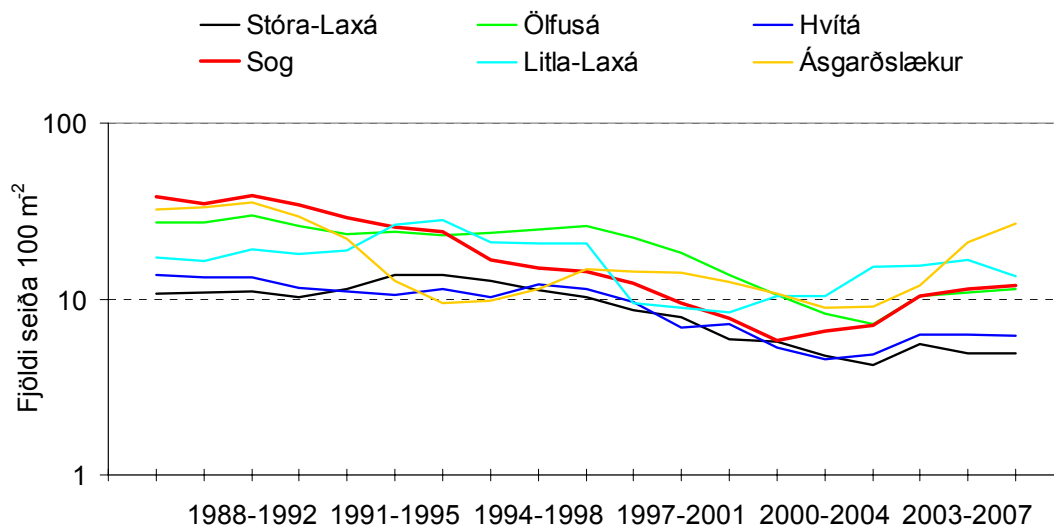
**4. tafla.** Fylgni (Pearson correlation  $r$ ) á péttleika  $I^+$  laxaseiða í Sogi og hliðarám þess á árunum 1986–2008. Marktækni á fylgni miðað við 5% líkur er táknuð með einni stjörnu og miðað við 1% líkur með tveimur stjörnum. Engar stjörnur eru við þau gildi sem ekki reyndust marktæk í fylgniprófunum

|              | Alviðra | Álftavatn | Ásgarður | Tunguá |
|--------------|---------|-----------|----------|--------|
| Álftavatn    | 0,48*   |           |          |        |
| Ásgarður     | 0,24    | 0,53**    |          |        |
| Tunguá       | -0,14   | -0,03     | -0,12    |        |
| Ásgarðslækur | 0,44*   | 0,35      | -0,16    | -0,04  |

\*\*  $p < 0,01$

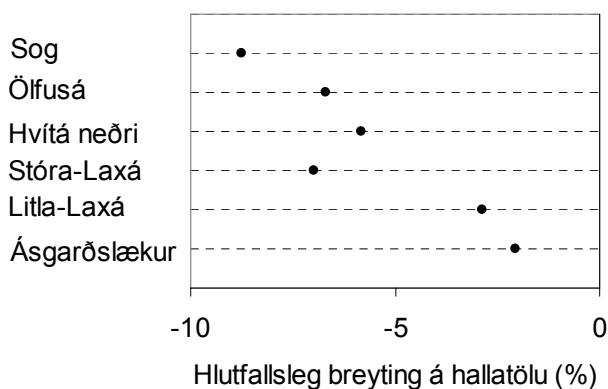
\*  $p < 0,05$

Til að meta hvort breytingar á péttleika laxaseiða í Sogi hafi verið frábrugðinn péttleika laxaseiða í nálægum ám var borinn saman péttleiki eins árs laxaseiða í Sogi við péttleika í Ásgarðslæk og í öðrum ám á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár árin 1986–2008, með fimm ára keðjumeðaltali. Sá samanburður sýnir áþekkar breytingar á þann hátt að péttleiki laxaseiða hefur farið minnkandi í öllum ánum fram yfir 2000 en vaxið í flestum ánum eftir það (37. mynd).



**37. mynd.** Fimm ára keðjumeðaltal seiðapéttleika eins árs laxaseiða í Sogi og nærliggjandi ám. Athugið að lóðréttá ársnum hefur verið umbreytt á lógarítmískan kvarða.

Þegar litið er til hlutfallslegra breytinga á þéttleika á sama tímabili sést að þéttleiki eins árs seiða hefur minnkað mest í Sogi af samanburðaránum líkt og fram kemur við samanburð á hallatölum þéttleika eins árs laxaseiða. Hlutfallsleg lækkun á hallatölu seiðapéttleika eins árs laxaseiða er mest í Sogi (8,8%) því næst í Ölfusá (6,7%) en minnst í Ásgarðslæk (2,1%) og Litlu-Laxá (2,9%) (38. mynd).



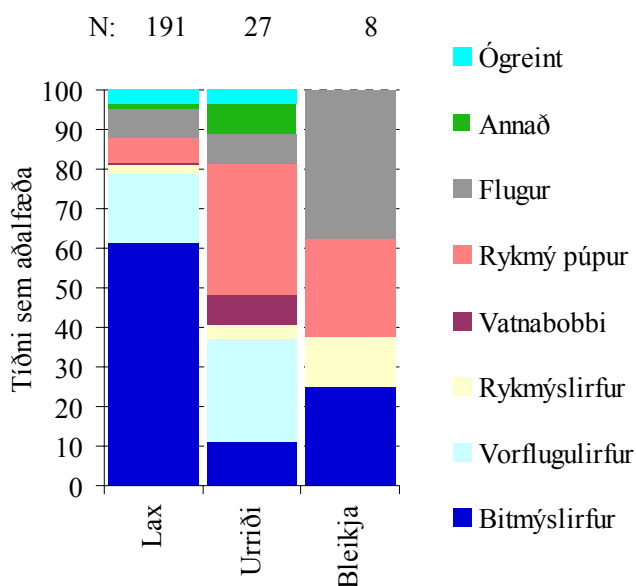
**38. mynd.** Hlutfallsleg breyting á hallatölu þéttleika eins árs laxaseiða í Sogi og nálægum ám á árunum 1986–2008.

#### 4.4.1.2. Fæða seiða

Við Alviðru var fæða greind úr mögum laxaseiða sem veidd voru í ágúst til október og voru á fyrsta til þriðja ári ( $0^+$ – $2^+$ ). Lengd þeirra var á bilinu 3,0–14,5 cm. Aldur urriðaseiða sem fæðan var greind úr var  $0^+$  og  $1^+$ , en þau voru 4,8–10,8 cm löng. Bleikjuseiðin voru á sama aldursbili og

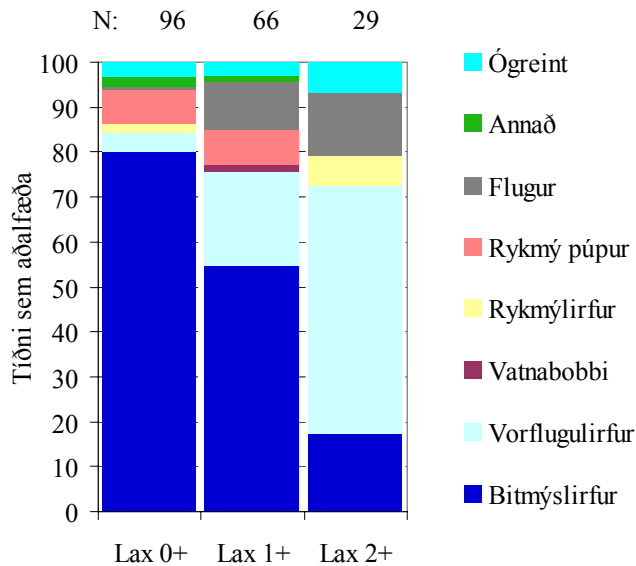


urriðaseiðin, var lengd þeirra 4,9–9,5 cm. Aðalfæða laxaseiða sem veidd voru við Alviðru var oftast bitmýslirfur eða sem aðalfæða í 61% seiðanna. Vorflugulirfur voru sem aðalfæða í 18% laxaseiða (39. mynd). Fæða urriðaseiða var fyrst og fremst púpur rykmýsins, en hjá 33% urriðaseiða voru rykmýspúpur aðalfæða, 25,9% vorflugulirfur, 11% bitmýslirfur og 7% seiða voru með fullorðin skordýr sem aðalfæðu. Fullorðin skordýr voru aðalfæða 37% bleikjuseiða, en rykmýspúpur og bitmýslirfur voru aðalfæða 25% bleikjuseiða, hvor fæðuflokkur (39. mynd).



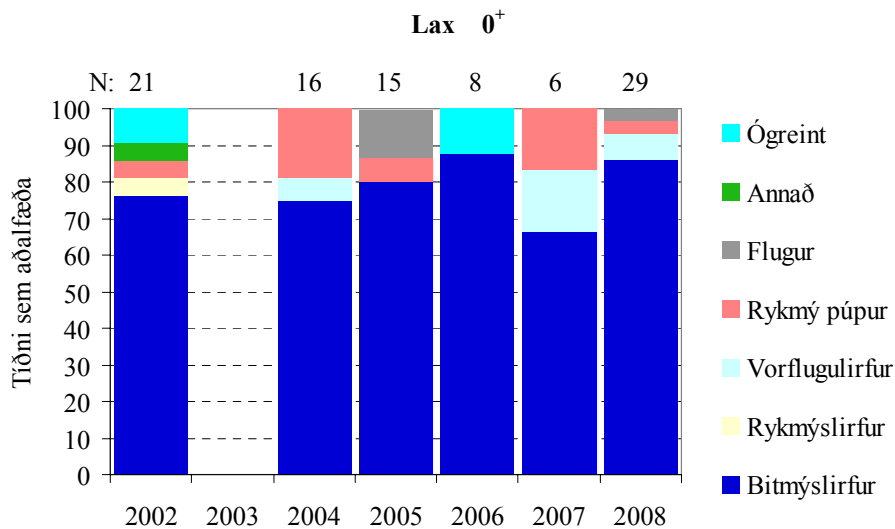
**39. mynd.** Hlutfallsleg tíðni (%) laxa- urriða- og bleikjuseiða í Sogi við Alviðru með viðkomandi fæðugerð sem aðalfæðu. Byggt á gögnum sem safnað var í ágúst til október árin 1986–2008. Ofan við hverja súlu er skráður fjöldi seiða hvernar tegundar sem fæða var greind hjá.

Sé litið til vægis mismunandi fæðuflokka í fæðu laxaseiða í Sogi við Alviðru eftir aldri sést að nokkur munur var á fæðu eftir aldri (stærð) seiða. Hjá langstærstum hluta laxaseiða á fyrsta ári (3,0–5,8 cm) voru bitmýslirfur aðalfæðan, eða meðal 80% seiða. Að sama skapi voru bitmýslirfur aðalfæða í þorra (54,5%) seiða á öðru ári (5,6–10,9 cm), en hjá 21,2% laxaseiða á öðru ári voru vorflugur aðalfæðan og meðal 10,6% seiða voru fullorðin skordýr aðalfæðan (40. mynd). Vorflugulirfur voru aðalfæða 55,1% laxaseiða á þriðja ári (8,8–14,5 cm) en í 17,2% seiða voru bitmýslirfur aðalfæðan.



**40. mynd.** Hlutfallsleg tíðni (%) laxaseiða á fyrsta ári ( $0^+$ ) öðru ( $1^+$ ) og þriðja ári ( $2^+$ ) í Sogi við Alviðru með viðkomandi fæðugerð sem aðalfæðu. Sýnum var safnað í ágúst til október 1986–2008. Ofan við hverja súlu er skráður fjöldi seiða hvers árgangs sem fæða var greind hjá.

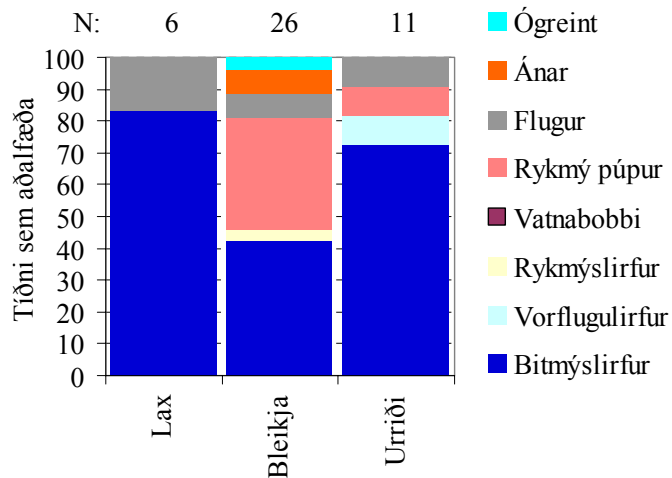
Hlutfall laxaseiða á fyrsta ári við Alviðru þar sem bitmý var aðalfæðan var nokkuð stöðugt frá 2002 og hefur alltaf verið yfir 67% (67–86%) (41. mynd). Magasýni fyrir eldri seiði eru það fá á hverju ári að ekki er raunhæft að greina þau gögn frekar hér í þessari samantekt.



**41. mynd.** Hlutfallsleg tíðni (%) laxaseiða á fyrsta ári ( $0^+$ ) í Sogi við Alviðru með viðkomandi fæðugerð sem aðalfæðu. Sýnum var safnað í ágúst og september 2002–2008. Ofan við hverja súlu er skráður fjöldi seiða sem fæða var greind úr fyrir hvert ár.

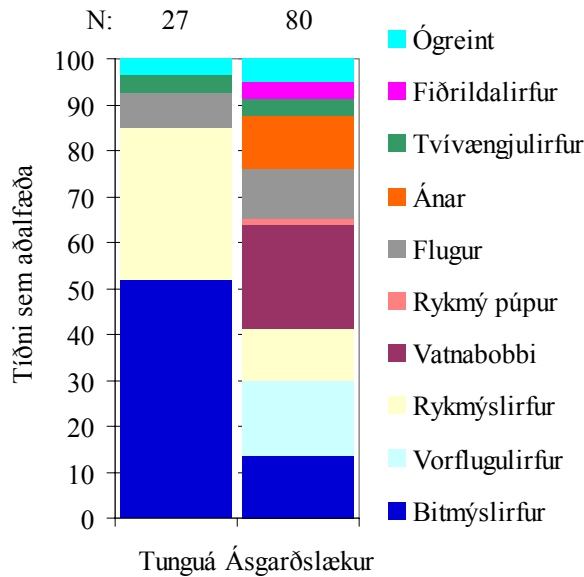
Hlutfall laxaseiða við Sakkarhólma, þar sem bitmýslirfur voru aðalfæðan var 83% fyrir seiði á fyrsta ári (2,8–5,5 cm,  $0^+$ ) en rykmýslirfur og fullorðnar flugur voru aðalfæða í maga 17% seiðanna (42. mynd). Það ber að hafa í huga að einungis sex seiði liggja að baki þessari greiningu.

Í maga 42% bleikjuseiða á fyrsta ári (3,8–6,0 cm) voru bitmýslirfur aðalfæðan, en rykmýspúpur voru aðalfæða 35% seiðanna og flugur 7% seiðanna. Lirfur bitmýsins töldust aðalfæða 73% urriðaseiða á fyrsta ári (3,9–5,3 cm), en hlutfall seiða með flugur, rykmýspúpur og vorflugulirfur sem aðalfæðu var 9% fyrir hvern fæðuflokk fyrir sig.



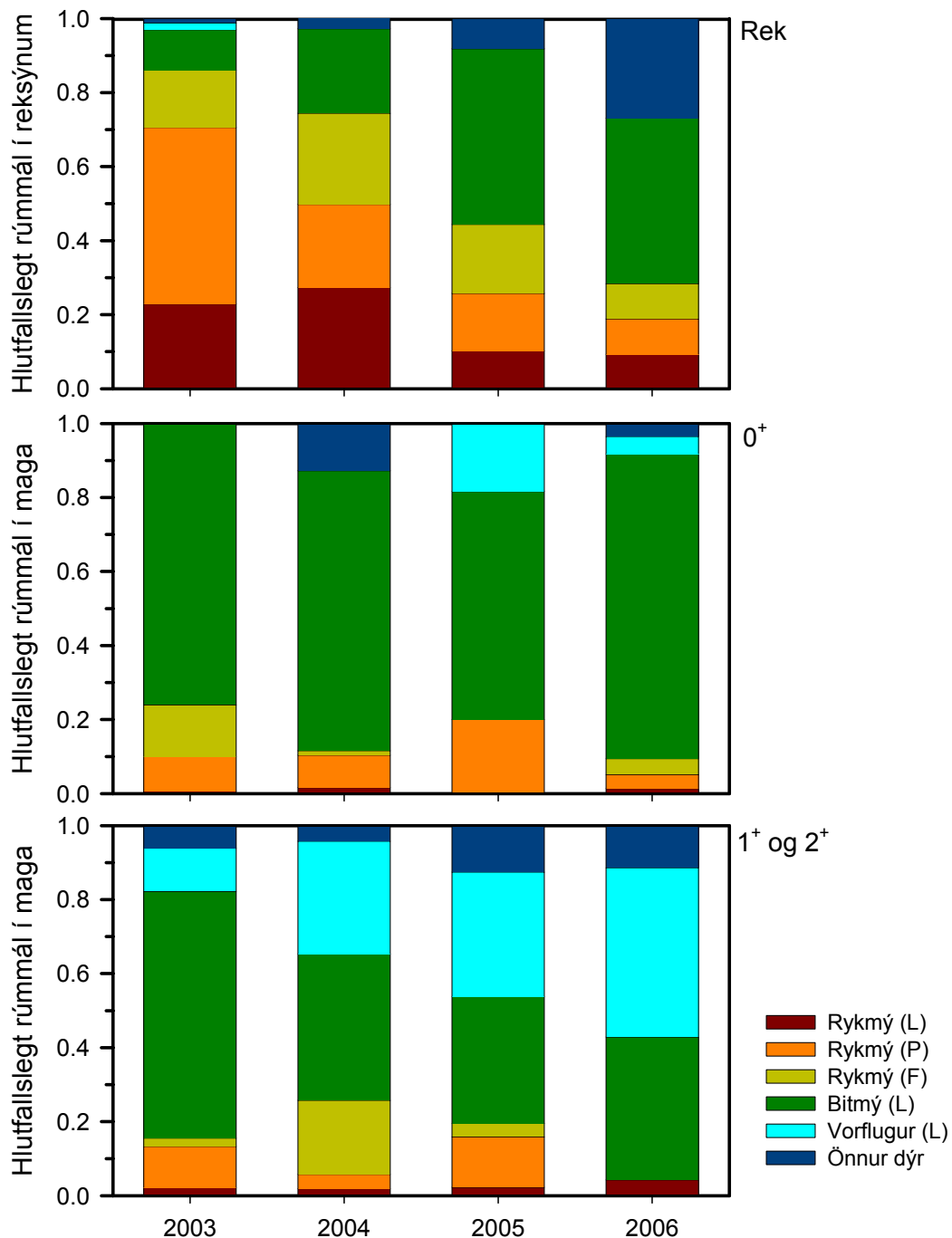
**42. mynd.** Hlutfallsleg tíðni laxa- urriða- og bleikjuseiða við Sakkarhólma með viðkomandi fæðugerð sem aðalfæðu. Sýnum var safnað ágúst til september 2002–2008. Laxaseiðin voru öll á fyrsta ári. Ofan við hverja súlu er skráður fjöldi seiða sem fæða var greind úr fyrir hverja tegund.

Í Tunguá var fæða laxaseiða fábreytt. Stærstur hluti laxaseiða, sem voru á lengdarbilinu 5,8–12,9 cm, var að éta bitmýslirfur og voru lirnir aðalfæða 52% laxaseiða og rykmýslirfur 33% seiða (43. mynd). Í Ásgarðslæk var fæða laxaseiða mun fjölbreyttari en í Tunguá. Aðalfæða 22% seiðanna (5,8–10,6 cm) var vatnabobbar. Aðrir fæðuflokkar sem einnig fundust í nokkru mæli í mögum seiðanna voru: vorflugulirfur (16%), bitmýslirfur (14%), rykmýslirfur (11%), ánar (11%) og flugur (11%) (43. mynd).



**43. mynd.** Hlutfallsleg tíðni (%) laxaseiða í Tunguá (st. 660) og Ásgarðslæk (st. 679 og 671) í ágúst til október 1986–2008, með viðkomandi fæðugerð sem aðalfæðu. Ofan við hverja súlu er skráður fjöldi laxaseiða sem fæða var greind úr hvorri á fyrir sig.

Við samanburð á rúmmálshlutfalli smádýrahópa á reki við Alviðru og fæðu seiða á sama stað 2005–2008 má greinilega sjá að mikill munur var á því sem í framboði var og það sem síðan fannst í maga seiðanna, hvort heldur það voru  $0^+$  eða  $1^+$  og  $2^+$  seiði (44. mynd). Marktækt hærra rúmmálshlutfall bitmýslirfa var í magainnihaldi laxaseiða en hlutfall lirfa sem var í reksýnunum (Kruskal-Wallis;  $P = 0,021$ ). Átti það ekki sist við um  $0^+$  seiðin en hlutfall bitmýs í fæðu þeirra var á bilinu 62 til 82% (44. mynd). Að sama skapi var mun lægra hlutfall rykmýslirfa í magainnihaldi seiðanna en mældist í reksýnunum (Kruskal-Wallis;  $P < 0,001$ ). Eitt af því sem eftirtektarvert er við þennan samanburð er hve hátt hlutfall vorflugulirfa var í magainnihaldi seiða, einkum eldri seiðanna, í samanburði við það sem fékkst af vorflugulirfum í reksýnunum (Kruskal-Wallis;  $P = 0,019$ ). Hlutfall annarra smádýra á reki einkenndist fyrst og fremst af krabbadýrum. Hluttur þeirra var oftast innan við 10% af rekinu en fundust ekki í fæðu seiðanna (44. mynd).

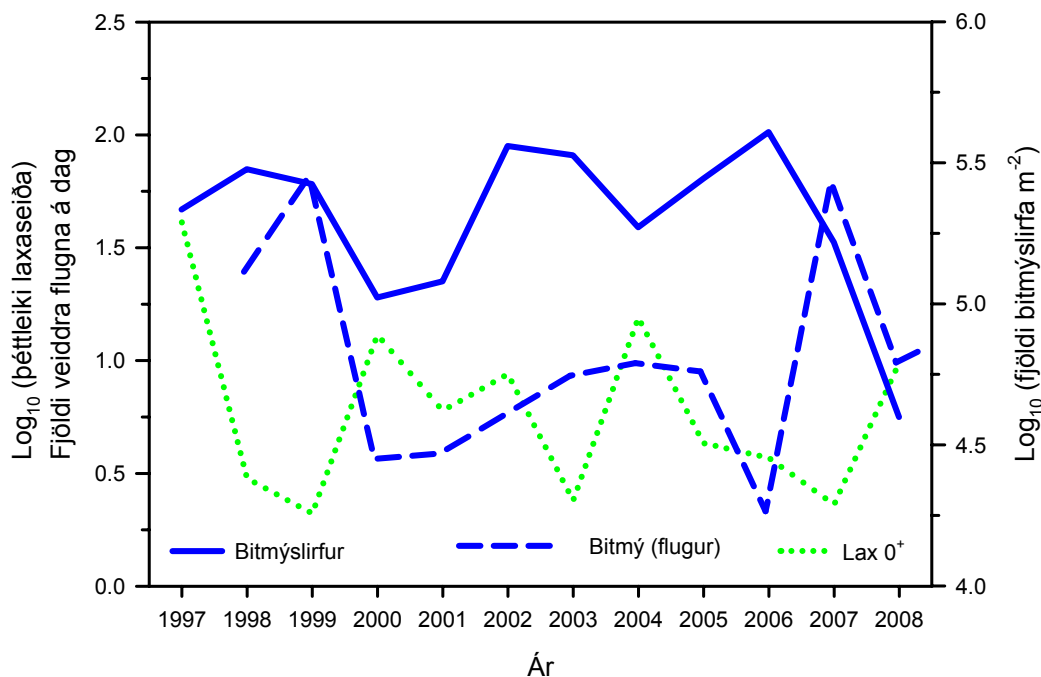


**44. mynd.** Hlutfallslegt rúmmál smádýra á reki við Alviðru (efsta myndin) til samanburðar við fæðu laxaseiða 0<sup>+</sup> og 1-2<sup>+</sup> (neðri tvær myndirnar) í ágúst og september 2005–2008. Athugið að við útreikning á hlutfallslegu rúmmáli í reki er gengið út frá því að ein bitmýslirfa væri 100 sinnum stærri en hvert krabbadýr.

#### 4.4.1.3. Samanburður á seiðapétteleika og magni bitmýs

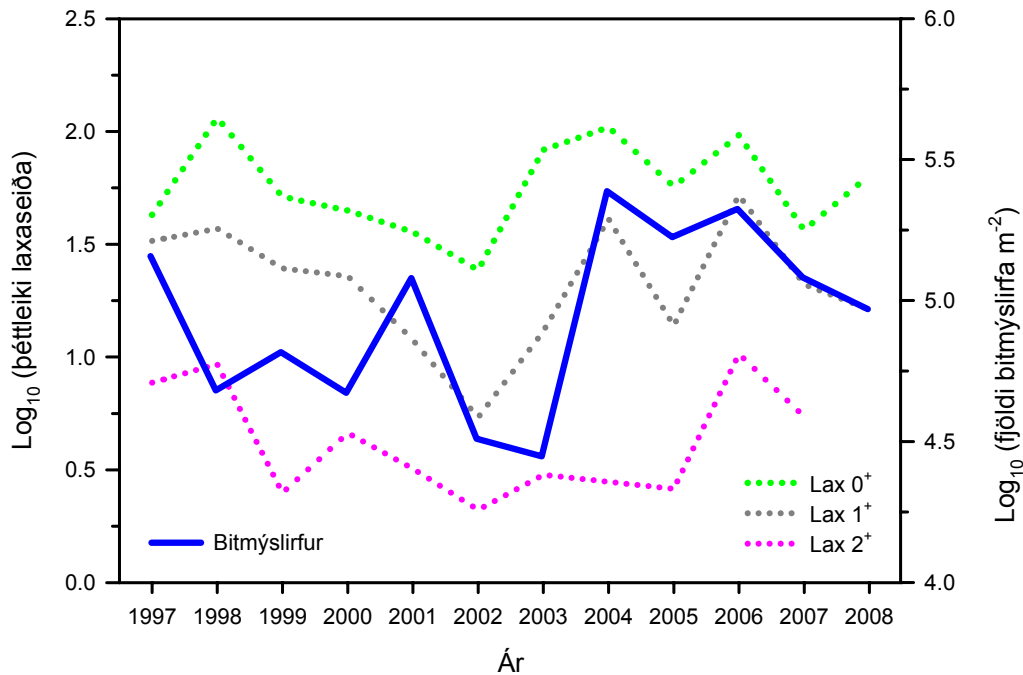
Samanburður á seiðapétteleika annars vegar við fjölda veiddra bitmýsflugna eða pétteleika bitmýslirfa á botni við Ásgarð (seiði) við Bíldsfell (flugur) við Sakkarhólma (lirfur) hins vegar leiddi í ljós að ekki var um marktæka fylgni þar á milli að ræða (45. mynd). Átti það bæði við um

þéttleika  $0^+$  laxaseiða og magn flugna bitmýs ( $r^2 = 0,19$ ,  $P = 0,116$ ) og þéttleika  $0^+$  laxaseiða og þéttleika bitmýslirfa á botni ( $r^2 = 0,032$ ,  $P = 0,270$ ). Við Alviðru var ekki flugnagildra til veiða á fljúgandi skordýrum líkt og við Efra-Sog og Bíldsfell. En á hinn bóginn eru gagnaraðir fyrir vísitölu á þéttleika laxaseiða mun betri við Alviðru en við Sakkarhólma sem m.a. gerir kleift að skoða breytingar á þéttleika mismunandi gamalla seiða yfir sama tímabil og botndýrasýni hafa verið tekin (46. mynd).



**45. mynd.** Vísitölur á stofna bitmýs við Bíldsfell, laxaseiða ( $0^+$ ) við Ásgarð og þéttleiki bitmýslirfa á botni við Sakkarhólma. Athugið að gögnin fyrir þéttleika laxaseiða og bitmýslirfa er umbreytt á logarítmískan kvarða.

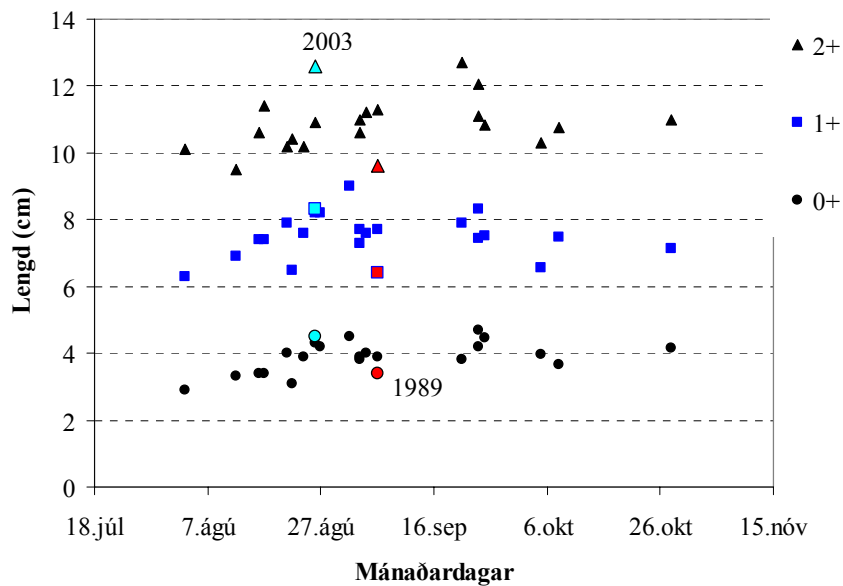
Ekki var um marktæka fylgni á milli þéttleika bitmýslirfa á botni við Alviðru og vísitölu á þéttleika laxaseiða af þeim þremur árgöngum sem skoðaðir voru ( $0^+$ :  $r^2 = 0,046$ ,  $P = 0,501$ ;  $1^+$ :  $r^2 = 0,280$ ,  $P = 0,077$  og  $2^+$ :  $r^2 = 0,070$ ,  $P = 0,490$ ) (46. mynd). Rétt er að taka fram að niðurstöður tölfræðiprófa á breytingum á seiðapþéttleika og lirfupþéttleika ber að túlka með varúð þar sem gögnin sem verið var að prófa eru frekar veik og langt neðan við þann styrk sem æskilegt er til að draga megi óyggjandi ályktanir af niðurstöðunum.



**46. mynd.** Péttleiki laxaseiða ( $0^+$ ) og bitmýslirfa á botni við Alviðru. Athugið að gögnin fyrir péttleika laxaseiða og bitmýslirfa eru umbreytt á logarítmískan kvarða.

#### 4.4.1.4. Vöxtur laxaseiða

Ef lítið er til meðallengdar laxaseiða eftir aldri og veiðidögum úr rafveiði í Sogi við Alviðru árin 1986–2008, en á þeirri stöð er lengsta samfellda röð seiðamælinga, má sjá að meðallengd jókst lítið eftir miðjan ágúst og breyttist nánast ekkert eftir ágústlok. Ekki er að sjá mun milli aldurshópa hvað þetta varðar (47. mynd). Vaxtartímabil seiða virðist því að mestu afstaðið um miðjan ágúst. Jákvæð marktæk fylgni var á milli meðallengda  $0^+$  og  $1^+$  laxaseiða við Alviðru (Pearson fylgnistuðull  $r = 0,77$ ,  $P < 0,001$ ) og  $1^+$  og  $2^+$  ( $r = 0,68$ ,  $P < 0,001$ ) en minni fylgni var á milli meðallengda  $0^+$  og  $2^+$  ( $r = 0,51$ ,  $P < 0,05$ ). Allnokkur breytileiki er í meðallengdum milli ára sem ræðst að mestu af söfnunartíma en einnig er breytileiki í meðallengd á seiðum sem safnað er á sem næst sömu mánaðardögum. Árið 1989 voru seiði einkar smá miðað við aldur en það ár var kalt í veðri, að sama skapi voru seiði stór miðað við aldur árið 2003 en það ár var hlýtt.

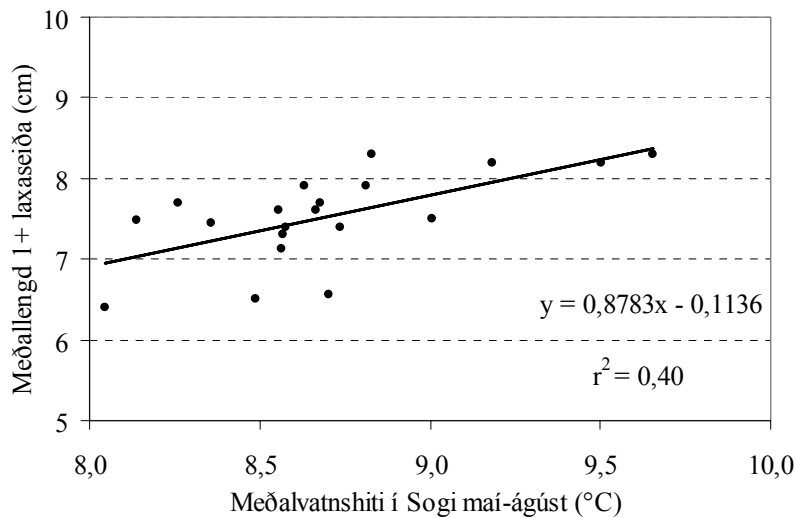


**47. mynd.** Meðallengd laxaseiða eftir árgöngum og dagsetningum í Sogi við Alviðru. Byggt á gögnum úr rafveiði árin 1986–2008. Rauð tákn eru fyrir árið 1989 og ljósblá fyrir árið 2003.

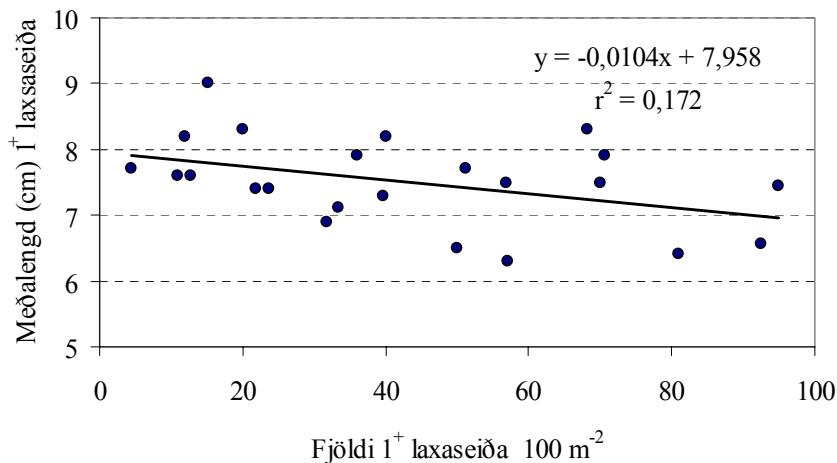
Jákvæða marktæk fylgni var milli meðalvatnshita frá maí til ágúst og meðallengdar eins árs laxaseiða við Alviðru að hausti (seiðamælingar fyrir 15. ágúst undanskildar) (48. mynd,  $r^2 = 0,40$ ,  $P < 0,01$ ).

Til að kanna hvort þéttleiki seiða í Sogi hafi áhrif á vöxt laxaseiða var athugað samband þéttleika eins árs seiða við Alviðru og meðallengd. Marktækt neikvætt samband var á milli meðallengdar eins árs laxaseiða og þéttleika seiða af sama árgangi við Alviðru ( $r^2 = 0,17$ ,  $P = 0,049$ , 49. mynd) en ekki milli þéttleika allra laxaseiða og meðallengdar eins árs laxaseiða ( $P < 0,05$ ).





**48. mynd.** Fylgni á milli meðallengdar eins árs laxaseiða að hausti og meðalvatnshita frá maí-ágúst í Sogi við Alviðru. Gögn eru úr seiðarannsóknnum árána 1986-2007. Mælingar fyrir 15. ágúst eru ekki með í greiningu.

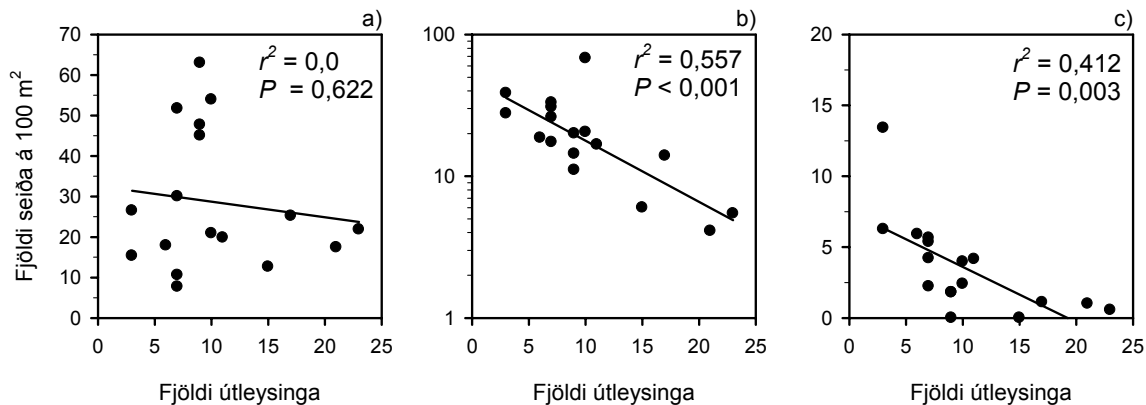


**49. mynd.** Samband meðallengdar og þéttleika eins árs laxaseiða í Sogi við Alviðru.

#### 4.4.1.5. Seiði, vatnshagur og landnýting

Tengsl á samanlögðum fjölda fyrirvaralausra útleysinga í Ljósafoss- og Írafossvirkjunum á árunum 1990–2006 og seiðapétteleika (meðaltal Alviðra/Álftavatn) 0<sup>+</sup> laxaseiða voru ekki marktæk ( $P = 0,622$ ) (50. mynd a). Hins vegar voru marktæk neikvæð tengsl á seiðapétteleika og fyrirvaralausra útleysinga í þessum tveimur virkjunum samanlagt fyrir 1<sup>+</sup> laxaseiði ( $r^2 = 0,56$ ;  $P < 0,001$ ) og 2<sup>+</sup> laxaseiði á sömu veiðistöðum ( $r^2 = 0,412$ ;  $P = 0,003$ ) (50. mynd b og c). Þar sem marktækt hærri þéttleiki seiða var að jafnaði við Alviðru í samanburði við Álftavatn (Mann-Whitney; 0<sup>+</sup>:  $P < 0,001$ ; 1<sup>+</sup>:  $P < 0,001$  og 2<sup>+</sup>:  $P = 0,013$ ) voru könnuð tengsl útleysinga í Ljósafoss- og Írafossvirkjun og seiðapétteleika fyrir hvora rafveiðistöðina fyrir sig. Í ljós kom að ekki voru marktæk tengsl fyrir alla

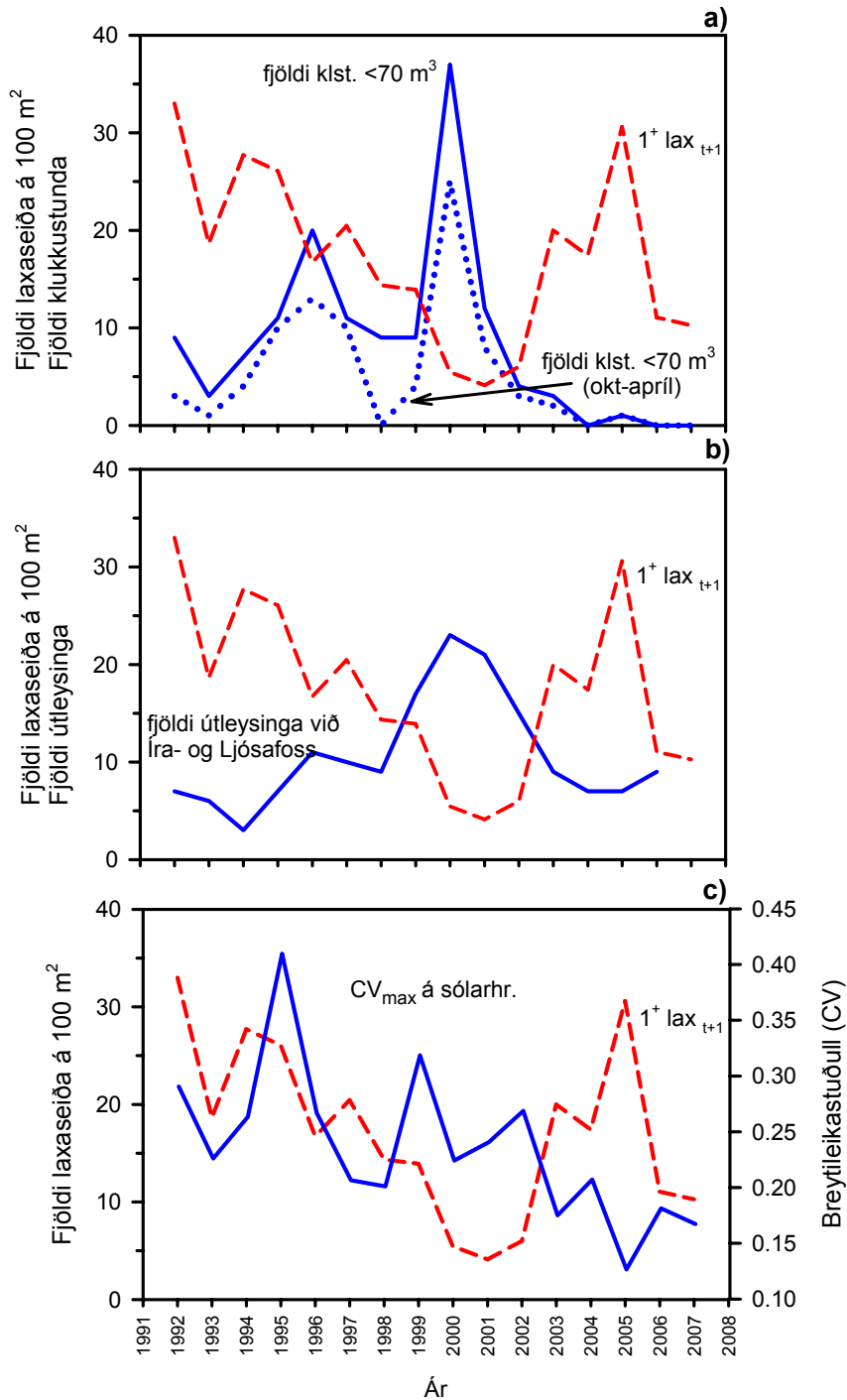
þrjá aldurshópana ( $0^+$ ,  $1^+$  og  $2^+$ ) við Álftavatn. Sama átti við um yngstu ( $0^+$ ) seiðin sem veidd voru við Alviðru, en marktæk neikvæð tengsl voru milli fyrrgreindra útleysinga og seiðapétteleika  $1^+$  og  $2^+$  ( $1^+$ :  $r^2 = 0,482$ ;  $P = 0,001$  og  $2^+$ :  $r^2 = 0,401$ ;  $P = 0,004$ ).



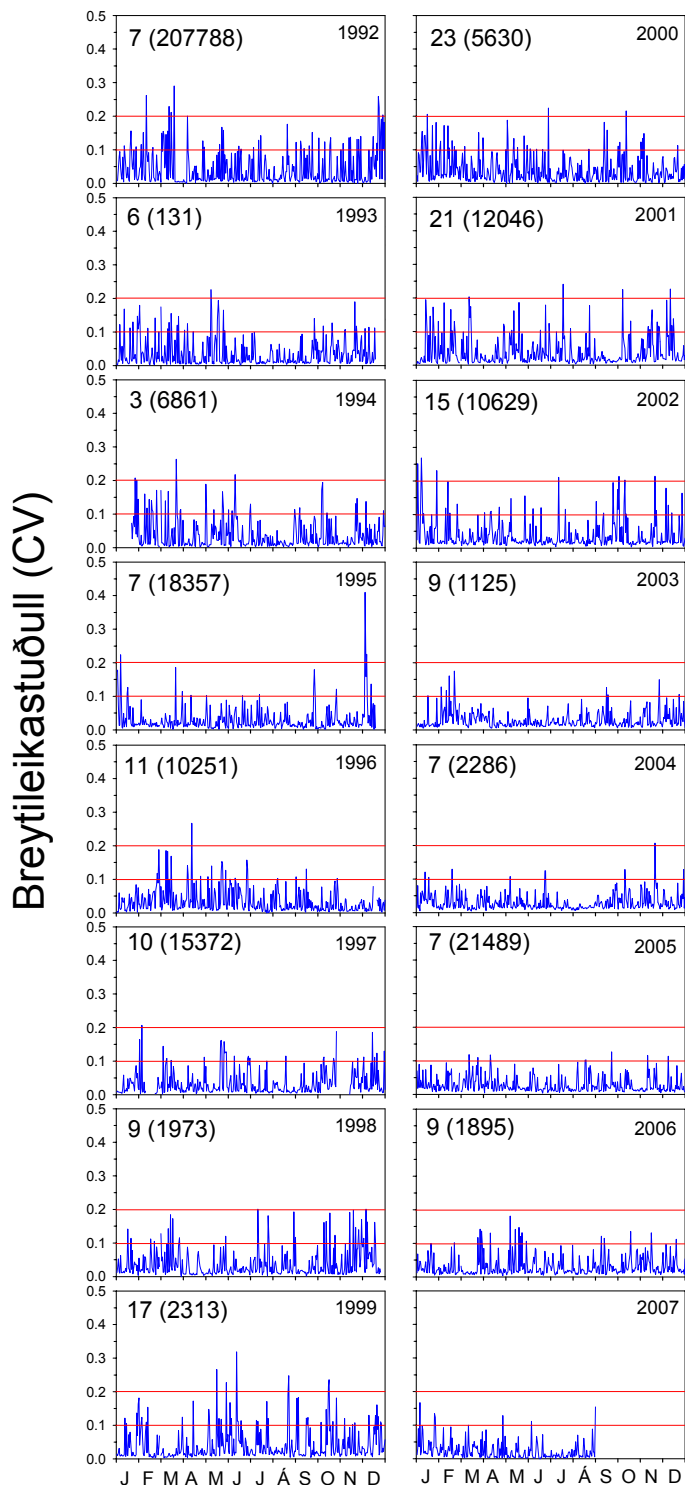
**50. mynd a–c.** Tengsl fyrirvaralausra útleysinga í Ljósafoss- og Írafossvirkjunum og þétteleika laxaseiða við Alviðru/Álftavatn: a)  $0^+$  sama ár, b)  $1^+$  ári síðar og c)  $2^+$  tveimur árum síðar. Athugið að kvarðarnir á lóðréttu ásum myndanna eru mismunandi..

Ljóst er að ef rennsli fer undir ákveðið lágmark er líklegt að það hafi áhrif á hrogn og/eða seiði. Tengsl á þétteleika  $1^+$  laxaseiða við Alviðru voru borin saman við fjölda klukkustunda sem rennsli Sogs við Ásgarð var undir ákveðnu marki. Landsvirkjun miðar við að rennslið í Sogi við Ásgarð fari ekki niður fyrir  $70 \text{ m}^3$ . Við nánari skoðun á tengslum á fjölda klukkustunda þar sem rennslið fór niður fyrir 50, 60, 70, 80 og  $90 \text{ m}^3/\text{sek}$  kom í ljós að ekki voru marktæk tengsl á milli þétteleika  $1^+$  laxaseiða árið áður og fjölda stunda þegar rennslið var undir þessum viðmiðunarmörkum nema við  $70 \text{ m}^3/\text{sek}$ . ( $r^2 = 0,235$ ,  $P = 0,038$ ) (51. mynd a). Hliðstæðar niðurstöður fengust væri miðað við það tímabil sem hrogn eru í árbotninum (október – apríl) (51. mynd a). Eins og fyrr er fram komið er marktækt neikvætt samband á milli þétteleika  $1^+$  laxaseiða við Alviðru og í Álftavatni við fjölda útleysinga (50. mynd b og 51. mynd b). Á hinn bóginn voru ekki marktæk tengsl á milli hámarksbreytileika á sólarhringsrennsli innan árs ( $CV_{\max}$ ) við meðalþétteleika  $1^+$  laxaseiða við Alviðru og í Álftavatni ( $P = 0,752$ ) (51. mynd c).

Séu rennslissveiflur skoðaðar nánar ár hvert við Ásgarð frá 1992 til 2007 má glögg sjá að framan af á þessu tímabili voru sveiflurnar umtalsverðar innan hvers sólarhrings (52. mynd). Eftir 2003 náði breytileikastuðullinn sjaldnast eða aldrei upp í 0,2 (20%) og fór sjaldan yfir 0,1. Fjöldi útleysinga fylgist ekki náið að við rennslissveiflurnar en fjöldi útleysinga var mestur á árunum 1999–2002 (52. mynd).



**51. mynd.** Rennslishættir í Sogi og þéttleiki eins árs laxaseiða í Sogi við Álftavatn og Alviðru. a): Rennslishættir við Ásgarð og þéttleiki eins árs laxaseiða við Álftavatn og Alviðru (rauð brotin lína). Síndur er fjöldi klukkustunda þegar lágmarksrennsli innan hvernar klukkustundar var minna en  $70 \text{ m}^3$  fyrir hvert ár (blá heil lína) og þegar lágmarksrennsli innan hvernar klukkustundar var minna en  $70 \text{ m}^3$  frá október til apríl hvert ár (blá punktalína).  $70 \text{ m}^3$  er notað hér sem viðmið í ljósi þess að Landsvirkjun hefur miðað við þau mörk í rennslisstýringu í Sogi. b): Þéttleiki laxaseiða við Álftavatn og Alviðru (rauð brotin lína) og samanlagður fjöldi útleysinga í Írafoss- og Ljósafossvirkjun. c): Þéttleiki laxaseiða við Álftavatn og Alviðru (rauð brotin lína) og hámarksbreytileiki á rennsli hvers sólarhrings innan hvers árs (blá heil lína).

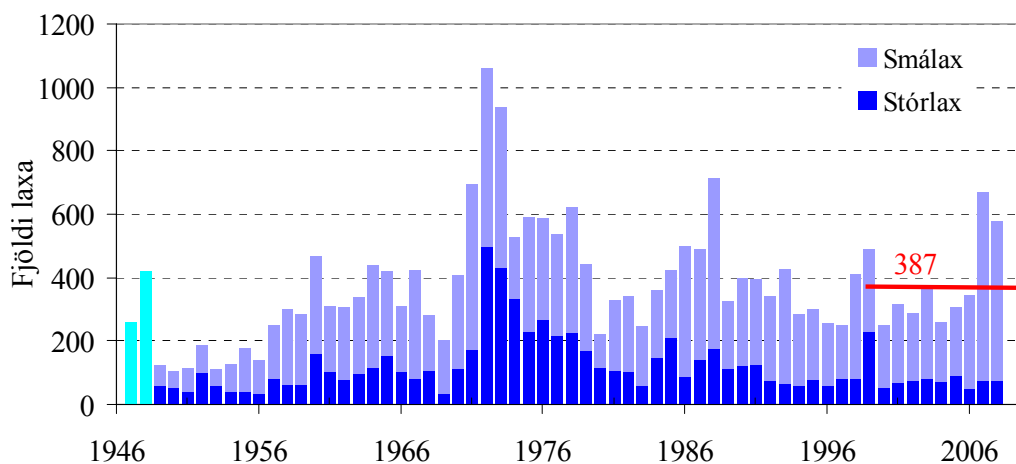


**52. mynd.** Rennslissveiflur í Sogi við Ásgarð. Hver mynd sýnir breytileika (breytileikastuðull; coefficient of variation) byggða á hámarksbreytileika á rennsli fyrir hvern sólarhring. Láréttar línur inni á hverri mynd sýna hvar 0,1 og 0,2 mörk (10 og 20%) breytileikans liggja. Í vinstra horni efst á hverri mynd eru gefnar upplýsingar um fjölda útleysinga í Írafoss- og Ljósavatnsstöð og lengd útleysinga í mínútum (gildi innan sviga). Gögn um útleysingar eru fengin úr skýrslu eftir Laufeyju B. Hannesdóttur (2007) en gögn um rennsli við Ásgarð eru fengin frá Veðurstofu Íslands.

Athugun á sambandi milli þéttleika laxaseiða við Alviðru/Álftavatn og fjölda sumarhúsa við Sog og þverár þess leiddi í ljós neikvæð tengsl fyrir eins árs seiði ( $r^2 = 0,62$ ,  $P < 0,001$ ) og tveggja ára seiði (log umbreytt  $r^2 = 0,57$ ,  $P < 0,001$ ). Próf fyrir sjálffylgni (e: autocorrelation) gaf að um sjálffylgni geti verið að ræða. Ekki var um marktæka fylgni á þéttleika bitmýs í Efra-Sogi við fjölda eða lengd útleysinga í Steingrímsstöð. Sömu sögu er að segja um þéttleika bitmýs við Sakkarhólma og fjölda eða lengd útleysinga í Írafoss- og Ljósafossstöð.

#### 4.4.2. Stangveiði

Við upphaf skráninga á laxveiði í Sogi 1947 var veiðin 259 laxar, 1949–1956 veiddust færri en 200 laxar á ári (53. mynd). Í raun má skipta laxveiðinni í 7 tímabil það 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 og 2008, u.þ.b. 600 laxar fyrir hvort ár. Meðalveiði síðustu 10 ára (1999–2008) var 387 laxar (53. mynd).

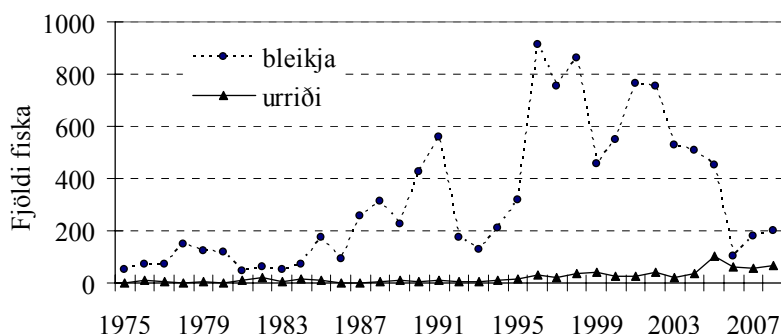


**53. mynd.** Laxveiði í Sogi árin 1947–2008 skipt í smálax (eitt ár í sjó) og stórlax (tvö eða fleiri ár í sjó). Frá tveimur fyrstu árunum eru ekki til upplýsingar um skiptingu sjávaraldurs. Lárétta rauða línan á myndinni gefur til kynna meðalveiði árunna 1999–2008 sem var 387 laxar.

Á árunum 1949 til 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 (53. 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% á fyrsta ártug þessarar aldar. 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.

Árin 1999–2008 veiddust að meðaltali 449 bleikjur og 48 urriðar í Sogi. Mesta veiði á bleikju yfir þetta tímabil var 914 bleikjur (54. mynd). Frá 1996 hefur bleikjuveiði minnkað mikið og náði hún lágmarki árið 2006 þegar 102 bleikjur veiddust í Sogi. Bleikja veiðist helst fyrir landi Bildsfells og Ásgarðs. Veiði á urriða hefur farið vaxandi síðustu ár og var mest 2005, en þá veiddust 104 urriðar (Guðni Guðbergsson 2009a). Lítilsháttar stangveiði er stunduð í Ásgarðslæk. Þar veiðist nær eingöngu lax en tölur um veiði eru stopular. Veiði er ekki stunduð á fiskgengum svæðum í Tunguá.

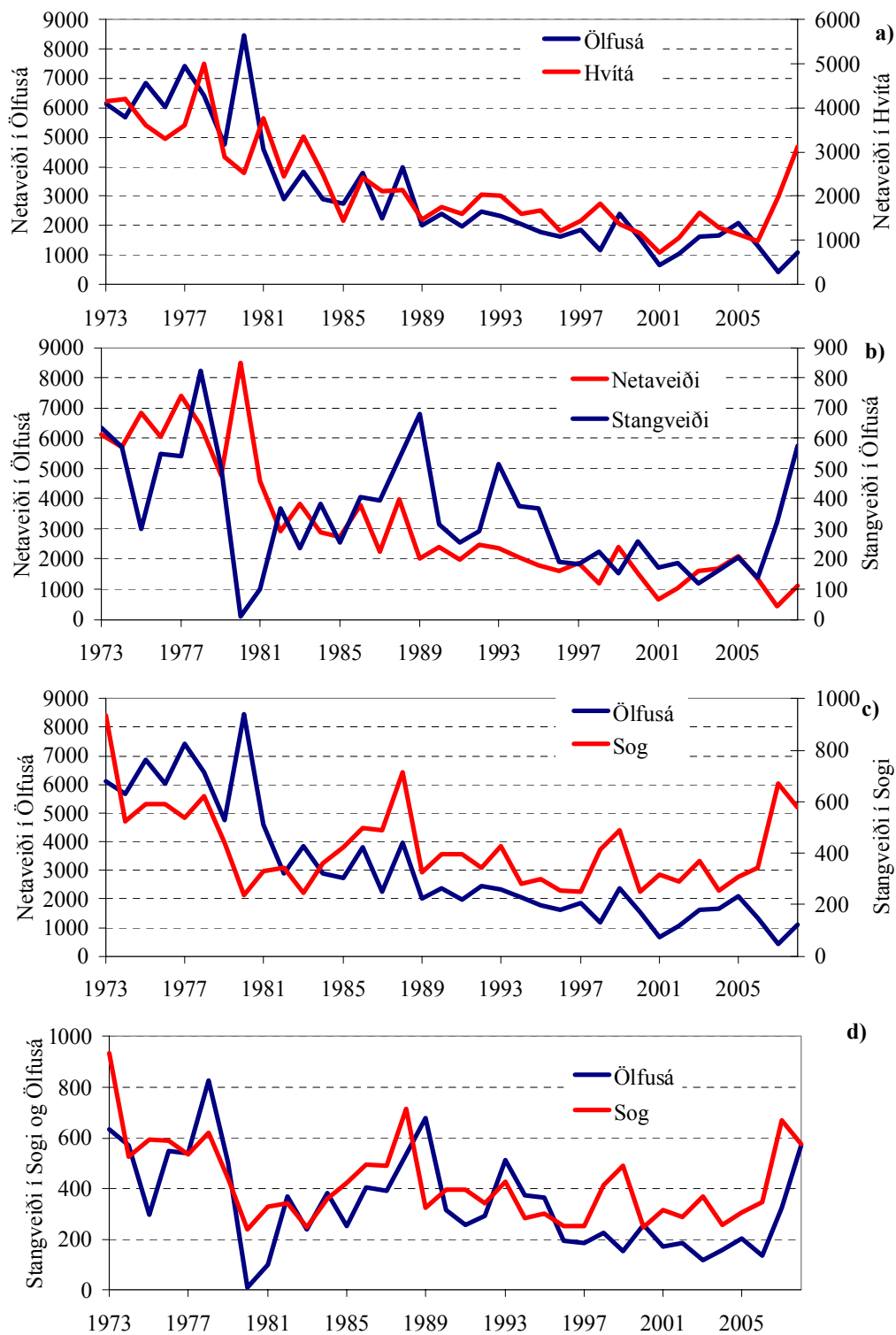


54. mynd. Silungsveiði í Sogi árin 1975–2008 (Guðni Guðbergsson 2009a).

#### 4.4.2.1. Laxveiði veiðiaðferðir á vatnasvæði Ölfusár - Hvítár

Laxveiðitölur af vatnasvæði Ölfusár og Hvítár liggja fyrir skiptar eftir veiðisvæðum og veiðiaðferðum (viðauki III). Greiningar á tengslum veiðitalna leiða í ljós áhugaverðar niðurstöður. Þegar litið er til netaveiði í Ölfusá annarsvegar og Hvítá hinsvegar fylgjast veiðitölurnar að ef frá eru talin árin 1980 og 2007–2008 og var fylgnin marktæk ( $r^2 = 0,83$ ,  $P < 0,001$ ) (55. mynd a). Árinu 1980 var sleppt vegna mikils jökulgruggs í Ölfusá og Hvítá í kjölfar framhlaups í Hagafellsjökli sem hafði mikil áhrif á göngur fiska og á veiðidreifingu á vatnasvæðinu. Í Ölfusá hefur stangveiði að jafnaði verið um 10,9% af heildarveiði í ánni. Þrátt fyrir þennan mikla mun í afla er þar einnig um jákvæða marktæka fylgni að ræða á veiðitölum þessara tveggja veiðiaðferða, þ.e. netaveiði og stangveiði (log umbreytt) ( $r^2 = 0,38$ ,  $P < 0,001$ ) á árunum 1973–2008 að 1980 slepptu (55. mynd b).

Þótt nokkur vegalengd sé milli veiðisvæða og ólíkar aðstæður til stangveiði, annarsvegar í jökulvatni Ölfusár og hinsvegar í lindarvatni Sogs var um marktæka jákvæða fylgni að ræða á milli netaveiði í Ölfusá og stangveiði í Sogi (log umbreytt;  $r^2 = 0,66$ ,  $P < 0,001$ ) (55. mynd c). Sömu sögu er að segja hvað varðar tengsl milli stangveiði í Ölfusá og stangveiði í Sogi (log umbreytt;  $r^2 = 0,58$ ,  $P < 0,001$ ) (55. mynd d).



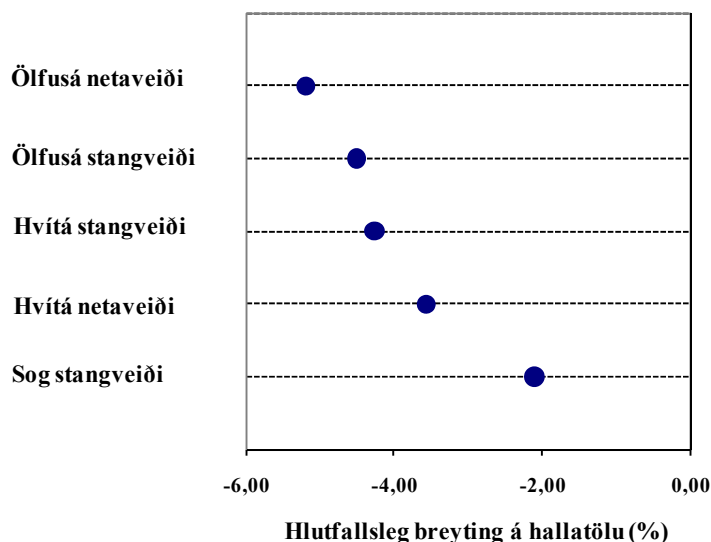
**55. mynd.** Laxveiði á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár á árunum 1973–2008. a): Netaveiði í Ölfusá og Hvítá. b): netaveiði og stangveiði í Ölfusá. c): Stangveiði í Ölfusá og stangveiði í Sogi. d): Netaveiði og stangveiði í Hvítá. Athugið að kvarðar á y-ásnum eru mismunandi.

Líkt og er um Ölfusá þá kom fram martæk fylgni á milli stangveiði og netaveiði í Hvítá á árunum 1973–2006 að 1980 undanskyldu (log umbreytt;  $r^2 = 0,59$ ,  $P < 0,001$ ). Hlutfall stangveiði af heildarveiði í Hvítá var 22% og því um að ræða hærra hlutfall veiði á stöng í Hvítá en í Ölfusá.

Það sem einkennir breytingar í veiði á þessum veiðisvæðum er hversu vel veiðin fylgist að. Því má draga þá ályktun að stangveiðitölur í Sogi endurspegli stofnstærð laxa þar og þar með breytingar í stofnstærð ef undanskilin eru afbrigðileg veiðiár (sjá neðar). Þegar til lengri tíma er litið hefur dregið úr sókn í netaveiði (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004). Smám saman hefur fækkað þeim jörðum þar sem veitt er í net og tekin hefur verið upp stangveiði í staðinn. Dregið var verulega úr sókn með fækkun neta í Ölfusá og Hvítá eftir 2006 en þá voru leigðar upp nokkrar stórar netalagnir af leigutökum veiðiréttar í hliðarám á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár

Á sama tíma varð einnig aukning á laxgengd upp Ölfusá og Hvítá vegna sleppinga á seiðum í Tungufljót. Við það að dregið var úr veiði í Ölfusá hefur fiskgengd og veiði aukist ofar á vatnakerfinu.

Þegar litið er til breytinga á hallatölum aðhvarfslína fyrir veiðitölur einstakra svæða á tímabilinu 1973–2005, að 1980 undanskildu, kemur fram að mest hefur minnkun veiði orðið í netaveiði í Ölfusá. Litlu minni en svipuð í stangveiði í Ölfusá og stangveiði í Hvítá (56. mynd). Sambærileg minnkun veiði kom jafnframt fram í netaveiði í Hvítá og stangveiði í Sogi þótt hún hafi verið nokkru minni á þessum svæðum. Í Sogi hefur hluti þeirra fiska sem koma fyrir oftar en einu sinni í veiðiskráningum vegna „veitt og sleppt“ aukist, auk þess sem veiðitími í stangveiði var lengdur um 10 daga en á þeim tíma hefur veiðin verið að meðaltali 6,7% af skráðri heildarveiði (spönn 1,2–16,1%).

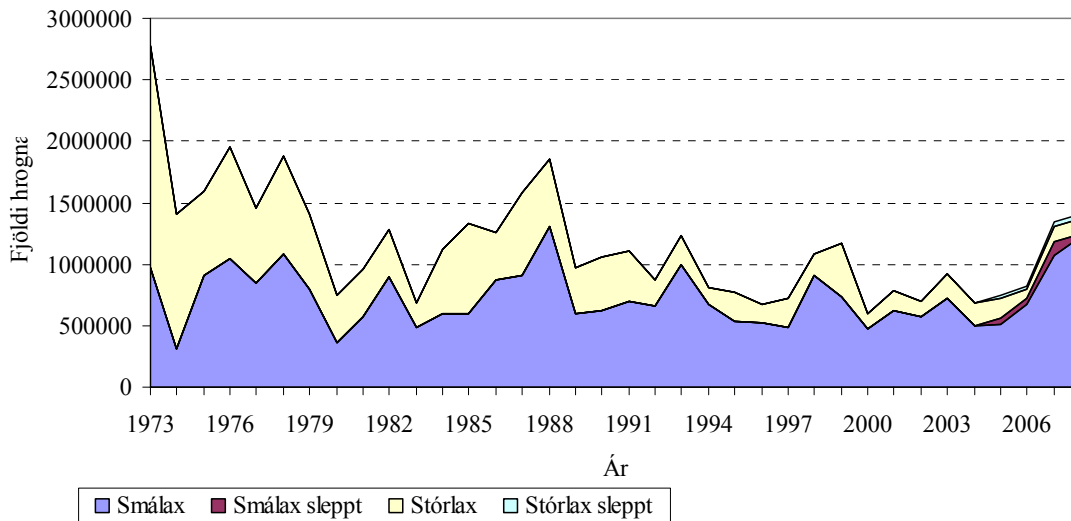


**56. mynd.** Hlutfallsleg breyting (%) hallatala fyrir aðhvarfslínur í netaveiði og stangveiði í Ölfusá, og í Hvítá ásamt stangveiði í Sog á tímabilinu 1973–2005 að 1980 undanskyldu.

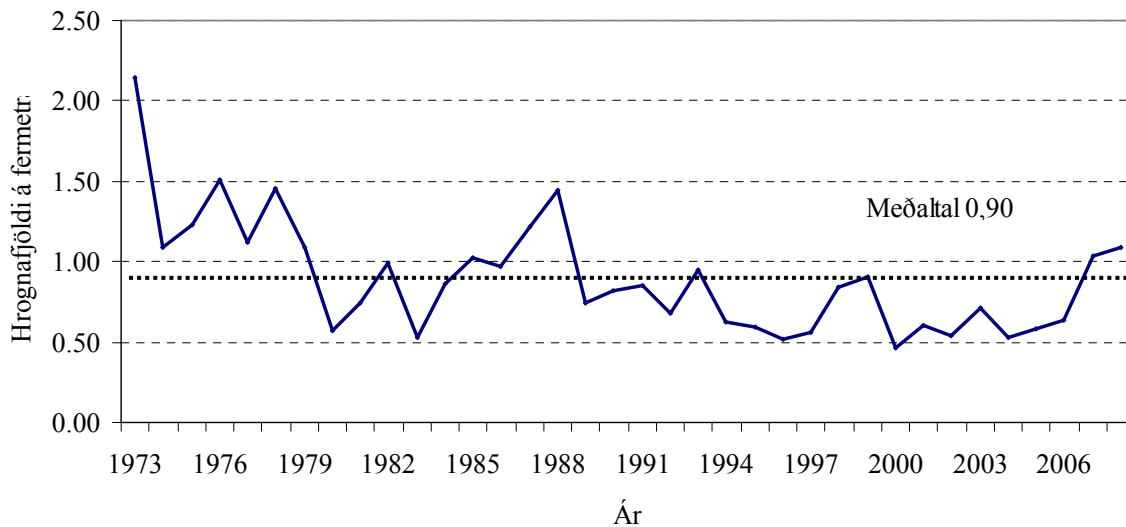


#### 4.4.3. Stærð hrygningarstofns laxa

Heildarfjöldi hroga í hrygningarstofni laxa í Sogi hefur verið breytilegur en að jafnaði um 1,16 milljón hroga á tímabilinu 1973–2008 með spönn frá 598 þúsund hrogn árið 2000 og í 2,78 milljónir 1973 (57. mynd). Glöggst má sjá að hlutdeild stórlaxa í hrognamenginu ár hvert hefur farið talsvert lækkandi síðustu áratugi. Fjöldi þeirra fiska sem er sleppt úr stangveiði hefur farið vaxandi sem leiðir til þessa að fjöldi hroga í hrygningu hefur vaxið sem því nemur í Sogi síðustu árin. Hlutfall laxa sem veitt er og síðan sleppt í Sogi hefur hæst farið í 12,8% af veiði 2007.



57. mynd. Hrognafjöldi í Sogi skipt eftir stærð hrygna og fjöldi þess sem er veitt og sleppt lagt við hrygningu á árunum 1973–2008.

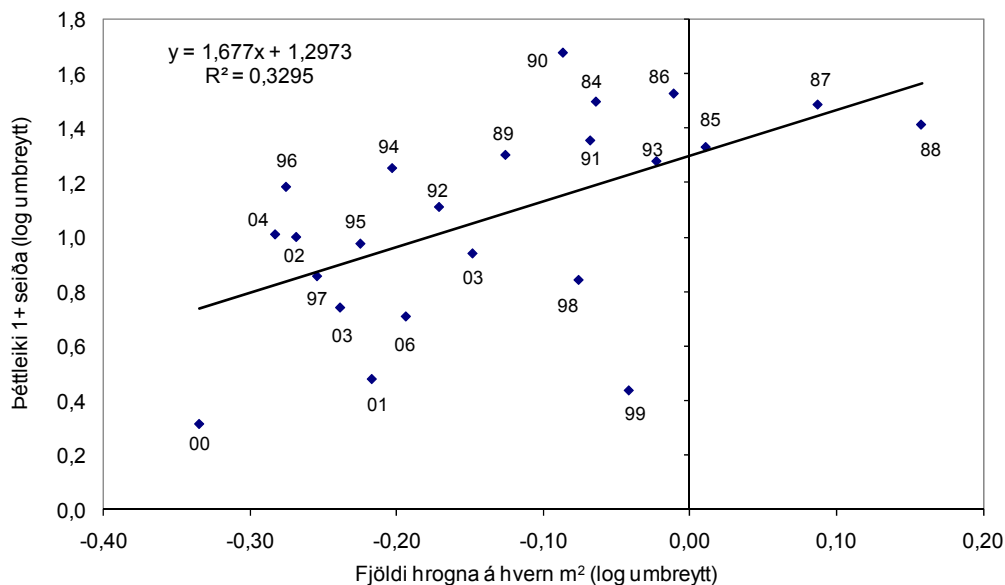


58. mynd. Fjöldi hroga á hvern fermetra í Sogi á árunum 1973 til 2008 metið út frá veiðitölum. Gefið er meðaltal tímabilsins (brotalína).

Fjöldi hroga á hvern fermetra botnflatar í Sogi, án Álftavatns, sýnir að nokkrar sveiflur hafa verið á milli ára en að meðaltali hefur hrognafjöldinn verið um 0,90 hrogn á hvern fermetra (58. mynd). Af þessu má ráða að hrygning hafi verið undir meðaltali í 16 ár af síðustu 20 árum.

#### 4.4.4. Hrygning og seiðapétteleiki

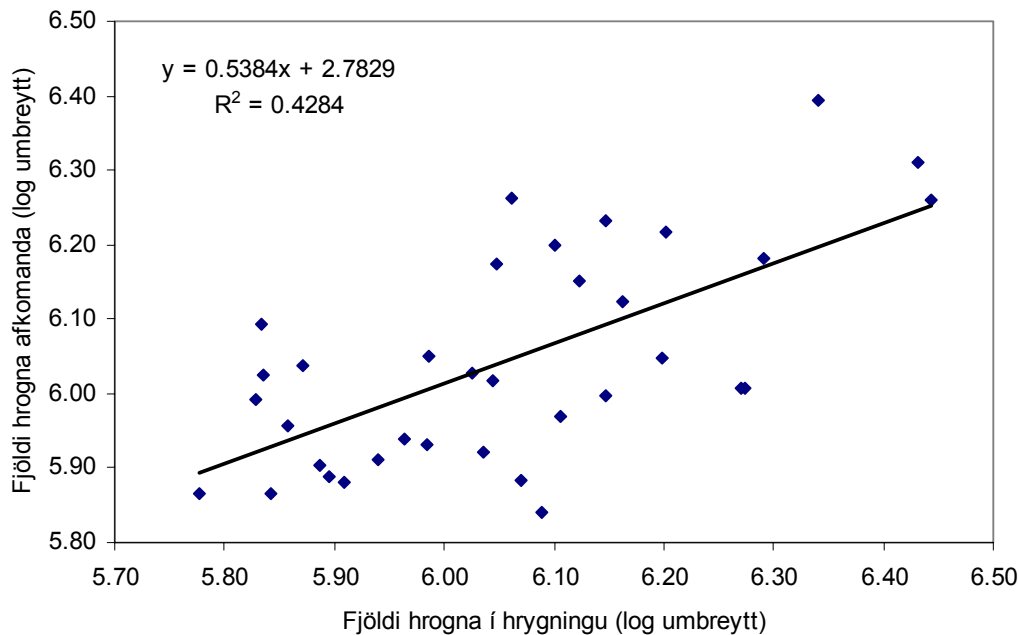
Hrygningarstofn var metinn sem fjöldi laxahroga. Nýliðun var metin sem meðaltals vísitala á pétteleika á árgömlum ( $1^+$ ) seiðum úr viðkomandi árgangi. Marktækt línulegt samband var á milli hrygningar og nýliðunar ( $\log_{10}$  umbreytt gögn;  $r^2 = 0,33$ ,  $P < 0,01$  ( $y = 1,677x + 1,297$ )) (59. mynd). Við samskonar greiningu á tengslum hrygningar og nýliðunnar, þegar tekið er meðaltal af seiðavísitölu  $1^+$  (árið  $n$ ) í rafveiði og  $2^+$  (árið  $n+1$ ), sem þá gefur tvær mælingar á seiðapétteleika sama árgangs, fæst að  $r^2 = 0,41$ ,  $P < 0,001$  ( $y = 19,033x - 4,646$ ). Hafa þarf í huga að hluti seiða gengur tveggja ára til sjávar. Ef tengsl hrygningar og nýliðunar falla að líkani Rickers (Elliott 2001) nær nýliðun, sem hér er mæld sem pétteleiki seiða, hámarki við ákveðin mörk en minnkar síðan þegar hrygning vex. Það gerist þegar samkeppni milli seiða um fæðu og skjól fer að hafa þau áhrif að dánartala þeirra hækkar. Ólínuleg aðhvarfsgreining að Ricker falli fyrir gögn um hrygningu og seiðapétteleika sýna að sambandið fellur ekki að því líkani og ekki hægt að segja til um við hvaða fjölda hroga hámarksnýliðun fæst. Stærð hrygningarstofnsins skýrir, samkvæmt þessari greiningu, um þriðjunginn af breytileika í vísitölu seiðapétteleika sem þá þýðir að tveir þriðju skýrast af öðrum orsökum.



**59. mynd.** Tengsl hrygningarstofns metin sem fjöldi hroga á hvern fermetra og nýliðunar sem metin er í pétteleika árgamalla laxaseiða ( $1^+$ ) í seiðamælingu í Sogi á árunum 1986–2008. Tölurnar við hvern punkt á myndinni tákna ár hrygningar.

#### 4.4.4.1. Fjöldi hroгна hjá foreldrum og afkomendum þeirra

Marktæk jákvæð línuleg tengsl voru á milli fjölda hroгна í hrygningu laxa í Sogi og fjölda hroгна afkomenda þeirra á árunum 1970–2004 ( $\log_{10}$  umbreytt gögn;  $r^2 = 0,42$ ,  $P < 0,001$ ,  $y = 0,538x + 2,783$ ) (60. mynd). Aðhvarf fjölda hroгна foreldra og fjölda afkomenda þeirra að Ricker líkani gaf marktækt samband ( $r^2 = 0,42$ ,  $p < 0,001$ ,  $\alpha = 1,522$  og  $\beta = 0,075$ ). Ricker fallið gefur því mjög svipaða niðurstöðu og línulega fallið. Niðurstöðurnar gefa ekki til kynna að það dragi úr nýliðun við aukna hrygningu og hroгнаfjöldi við hámarks nýliðun stefni á mjög háa tölu ( $1/\beta = 13,3$  sem þýðir  $2 \times 10^{13}$  hroغن). Svo há mörk á hámarksframleiðslu eru ekki líkleg til að geta staðist.



**60. mynd.** Tengsl hroagna í hrygningu og fjölda hroagna í hrygningu afkomenda þeirra hjá laxi í Sogi ( $\log_{10}$  umbreytt) á árunum 1970–2004.

#### 4.4.5. Seiðasleppingar og heimtur seiða í veiði

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. Líklega hefur verið sleppt flest ár allt fram á miðjan 6. áratug 20. aldar en þá varð hlé á sleppingum allt til ársins 1961. Í fyrstu var eingöngu um að ræða sleppingar kviðpokaseiða, en á 7. áratugnum koma til sleppingar alinna seiða (viðauki IV). Eftir 1985 hafa öll seiði verið frá hroignum 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). Gönguseiðum hefur verið 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. Fyrsta árið voru gönguseiðin aðlöguð í tjörn við Bíldsfell, en frá 1997 hafa þau einnig verið í tjörn í Sakkargili (1. mynd).

Hluti gönguseiða, auk nokkurra hópa haust- og sumaralinna seiða, hefur verið örmerktur í þeim tilgangi að meta endurheimtur og árangur sleppinga (viðauki V). Af 36.578 merktum gönguseiðum hafa 146 laxar verið endurheimtir og tveir úr sleppingum sumaralinna seiða (11.037 merkt). Ekkert merkt haustseiði hefur komið fram af 3.004 merktum seiðum. Laxarnir hafa veiðst í stang- og klakveiði í Sogi, alls 70 laxar (47,3% af heimtum löxum) og í net og á stöng í Ölfusá, alls 78 laxar (52,3%).

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%. Heimtur í veiði úr einstöku gönguseiðahópum hafa verið frá 0 til 1,77% en að jafnaði 0,40% (viðauki V). Meðalþungi og meðallengd hænga var meiri en hrygna eftir eitt ár í sjó (5. tafla, Mann-Whitney;  $P < 0,001$ ). Ekki var munur á lengd kynja eftir tvö ár frá sleppingu ( $P > 0,05$ ).

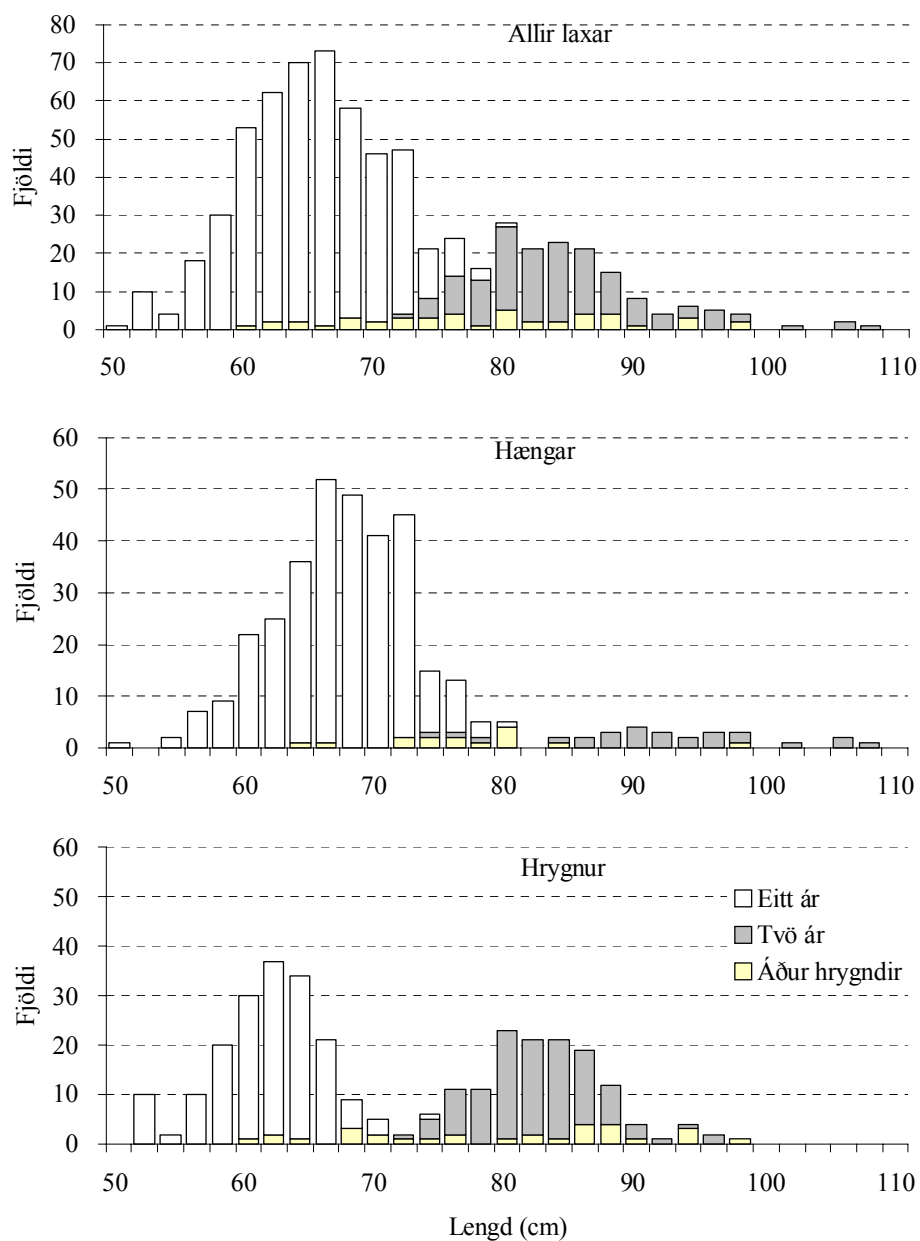
Ekki er þekkt hverju kviðpokaseiðasleppingar hafa skilað, þau seiði hafa flest farið á ófiskgeng svæði og komið þar fram í seiðamælingum með rafveiðum en ekki er þekkt í hve miklum mæli þau hafa komið fram í veiði.

**5. tafla.** Meðallengd (cm) og meðalþungi (kg) endurheimtra laxa úr sleppingum örmerktra gönguseiða í Sog 1986–2006, skipt eftir kyni og árum frá sleppingu. Staðalfrávik er í sviga aftan við meðaltölin.

|                        | Hængar     |             | Hrygnur    |            |
|------------------------|------------|-------------|------------|------------|
|                        | Eitt ár    | Tvö ár      | Eitt ár    | Tvö ár     |
| <i>Fjöldi</i>          | 65         | 3           | 49         | 5          |
| <i>Meðallengd(cm)</i>  | 65,3 (5,5) | 75,7 (10,6) | 62,1 (3,8) | 82,6 (4,8) |
| <i>Fjöldi</i>          | 67         | 3           | 50         | 5          |
| <i>Meðalþungi (kg)</i> | 3,2 (0,7)  | 5,3 (2,7)   | 2,8 (0,4)  | 5,9 (1,1)  |

#### 4.4.6. Aldur göngulaxa

Á árunum 1985–2008 voru sýni til aldursgreiningar tekin af 735 löxum sem veiddir voru í Sogi en af þeim var ekki hægt að greina aldur 43 laxa. Laxarnir voru veiddir á stöng eða í ádrátt og yfir 80% síðast á veiðitíma, sem er í september, eða á klakveiðitíma, sem er í október til nóvember.



**61. mynd.** Lengdardreifing aldursgreindara laxa úr Sogi árin 1985–2008 eftir sjávaraldri og kyni. Efsta myndin sýnir heildarfjölda laxa, miðjumyndin sýnir hænga og neðsta myndin sýnir hrygnur. Eitt ár: merkir að lax hafi dvalið eitt ár í sjó, tvö ár: laxar sem dvalið hafa tvö ár í sjó og áður hrygndir: einstaklingar sem hafa hrygnt áður, aðrir laxar voru að koma í fyrsta sinn til hrygningar.

Allflestir laxanna (97%) voru lengdarmældir og nokkur hluti var einnig veginn (17%). Mikil dreifing var í stærð laxa. Minnstu aldursgreindu laxarnir voru 50,5 cm hrygnur (ekki vegnar) en sá stærsti var 107 cm og 12,5 kg hængur (61. mynd).

Af kyngreindum löxum sem unnt var að aldursgreina voru 53% hængar og 47% hrygnur. Aldur laxanna var 2–7 ár, voru flestir fjögurra- (47%) og fimm ára (20%) (6. tafla). Marktækt

fleiri hrygnur (33%) en hængar (14%) voru eldri en fjögurra ára ( $\chi$ -próf,  $P < 0,001$ ). Algengast var að laxarnir væru þrjú ár í fersku vatni eða 58%, 25% voru í tvö ár og 5% í fjögur ár en enginn lengur (7. tafla). Tæp 12% laxanna höfðu verið eitt ár í fersku vatni og voru því úr gönguseiðasleppingum.

Flestir laxanna höfðu verið eitt ár í sjó (72%) en allstór hluti hafði dvalið tvö ár í sjó (25%) en enginn lengur en 4 ár (7. tafla). Hluti tveggja ára laxa (15%) og allir þriggja og fjögurra ára laxar í sjó voru fjölgotungar, þ. e. voru að koma aftur í ána til hrygningar þegar þeir veiddust. Munur var á sjávardvöl kynja að því leyti að hærri hlutfall hænga höfðu verið eitt ár í sjó, eða 88%, en hlutfall hrygna var 55 % (z-próf;  $z = 8,175$   $P < 0,001$ ). Að sama skapi hafði stærri hlutur hrygna, eða 40%, verið tvö ár í sjó en hænga, 11,3% (z-próf;  $z = 3,249$ ,  $P = 0,001$ , 8. tafla).

**6. tafla.** Aldur (ár) laxa úr Sogi árin 1985–2008 eftir kynjum.

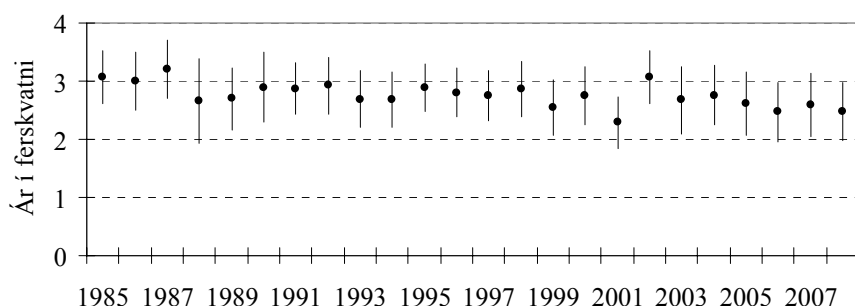
| Aldur   | Hængar |              | Hrygnur |              |
|---------|--------|--------------|---------|--------------|
|         | Fjöldi | Hlutfall (%) | Fjöldi  | Hlutfall (%) |
| 2       | 40     | 11,0         | 37      | 11,5         |
| 3       | 90     | 24,8         | 36      | 11,1         |
| 4       | 182    | 50,1         | 143     | 44,3         |
| 5       | 46     | 12,7         | 87      | 26,9         |
| 6       | 5      | 1,4          | 16      | 5,0          |
| 7       |        |              | 4       | 1,2          |
| Samtals | 363    |              | 323     |              |

**7. tafla.** Ferskvatns- og sjávardvöl laxa (ár) úr Sogi árin 1985–2008. Hjá löxum sem hrygnt hafa áður bætast hrygningarár við dvalartíma í sjó.

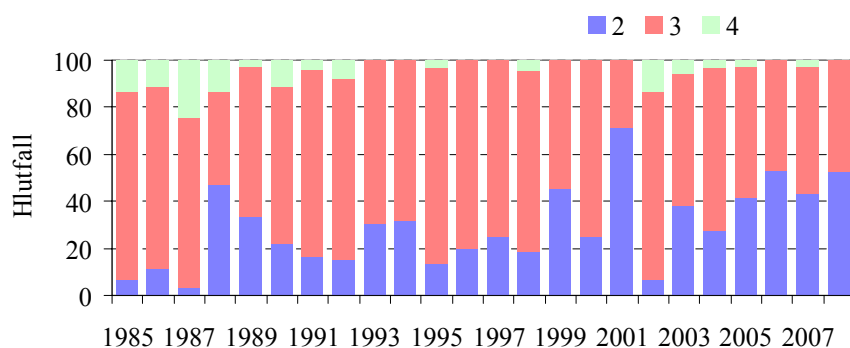
| Ár í ferskvatni | Ár í sjó |      |     |     | Samtals | Hlutfall (%) |
|-----------------|----------|------|-----|-----|---------|--------------|
|                 | 1        | 2    | 3   | 4   |         |              |
| 1               | 77       | 4    | 0   | 0   | 81      | 11,7         |
| 2               | 122      | 50   | 1   | 3   | 176     | 25,4         |
| 3               | 279      | 111  | 10  | 3   | 403     | 58,2         |
| 4               | 23       | 8    | 1   | 0   | 32      | 4,6          |
| Samtals         | 501      | 173  | 12  | 6   | 692     |              |
| Hlutfall (%)    | 72,4     | 25,0 | 1,7 | 0,9 |         |              |

**8. tafla.** Sjávardvöl laxa úr Sogi árin 1985–2008 eftir kynjum. Hrygningarár bætist við sjávardvöl.

| Ár í sjó     | Hængar |              | Hrygnur |              |
|--------------|--------|--------------|---------|--------------|
|              | Fjöldi | Hlutfall (%) | Fjöldi  | Hlutfall (%) |
| 1            | 321    | 88,4         | 177     | 54,8         |
| 2            | 41     | 11,3         | 129     | 39,9         |
| 3            | 1      | 0,3          | 11      | 3,4          |
| 4            | 0      | 0            | 6       | 1,9          |
| Samtals      | 363    |              | 323     |              |
| Hlutfall (%) | 52,9   |              | 47,1    |              |



**62. mynd.** Meðalaldur göngulaxa í Sogi í fersku vatni ( $\pm$  staðalfrávik: lóðréttar línur í gegnum punktana) árin 1985–2008.



**63. mynd.** Hlutfall (%) árafjölda í fersku vatni hjá göngulaxi í Sogi árin 1985–2008.

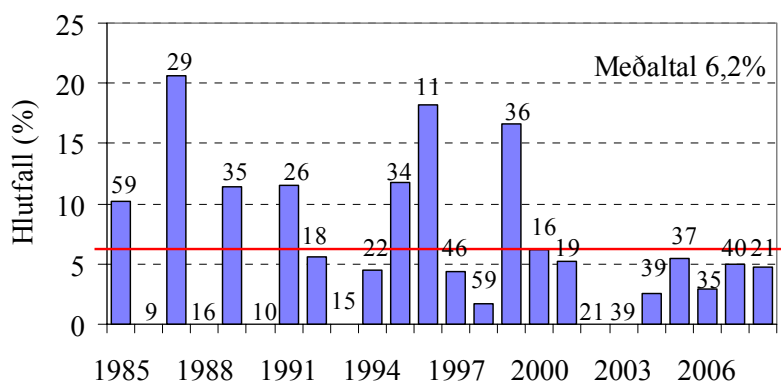
Ef laxar upprunnir úr gönguseiðasleppingum eru undanskildir var meðalferskvatnsdvöl laxa úr Sogi 2,76 ár (Staðalfrávik: 0,5, fjöldi: 611). Ferskvatnsdvöl laxa í Sogi hefur verið breytileg milli ára, bæði meðalfjöldi ára (62. mynd) og hlutfall ára í fersku vatni (63. mynd). Ferskvatnsdvöl laxa hefur stýst á tímabilinu (Mann-Whitney próf;  $P < 0,001$ ) og öll ár eftir 2004 verið undir meðaltali tímabilsins.

Hængar voru að jafnaði stærri en hrygnur eftir jafnlanga sjávardvöl. Hængar voru 66,3 cm eftir eitt ár í sjó en hrygnur 60,8 cm (Mann-Whitney-próf;  $P < 0,001$ ). Tveggja ára hængar í sjó voru að jafnaði lengri (85,7 cm) en hrygnur (80,8 cm) (Mann-Whitney-próf;  $P = 0,005$ , 9.tafla).

Þar eru meðtaldir laxar sem hafa hrygnt áður. Ef þeir eru undanskildir var meðallengd tveggja ára hænga í sjó 91,3 cm (staðalfrávik 8,1 cm, n=29) og hrygna 81,8 cm (staðalfrávik 4,7 cm, n=117).

**9. tafla.** Meðallengd (cm) aldursgreindra laxa í Sogi og þyngd (kg) eftir kynjum og dvalatíma í sjó. Staðalfrávik koma fram í sviga aftan við gildin.

| Kyn     |            | Sjávarár       |                |
|---------|------------|----------------|----------------|
|         |            | 1 <sup>+</sup> | 2 <sup>+</sup> |
| Hængar  | Meðallengd | 66,3 (4,9)     | 85,7 (10,8)    |
|         | Fjöldi     | 322            | 44             |
|         | Meðalþyngd | 2,9 (0,7)      | 9,7 (1,5)      |
|         | Fjöldi     | 62             | 7              |
| Hrygnur | Meðallengd | 60,8 (4,1)     | 80,8 (6,0)     |
|         | Fjöldi     | 174            | 129            |
|         | Meðalþyngd | 2,7 (0,6)      | 6,2 (1,3)      |
|         | Fjöldi     | 32             | 18             |



**64. mynd.** Hlutfall (%) laxa í Sogi sem hrygnt hafa áður af veiði viðkomandi ár, þ.e. laxar sem voru að koma öðru sinni til hrygningar eða oftast þegar þeir veiddust, á árabílinu 1985–2008. Meðaltal fyrir allt tímabilið er sýnt inni á myndinni og táknað með rauðri láréttari línu, efst til hægri er meðaltalsgildið gefið. Tölur ofan við hverja súlu standa fyrir fjölda aldursgreindra laxa hvert ár.

Hlutfall laxa í veiði sem höfðu hrygnt áður og voru því að koma aftur til hrygningar (fjölgotunga) var breytilegt milli ára en var að jafnaði 6,2%. Öll ár eftir 2000 hefur hlutfall laxa með endurtekna hrygningu verið undir meðaltali (64. mynd). Mun hærra hlutfall hrygna (13,9%) en hænga (4,1%) höfðu gotið áður ( $\chi$ -próf,  $P = 0,001$ ). Allir hængar voru að koma öðru sinni til hrygningar en 22 % hrygna sem höfðu hrygnt áður voru að koma í þriðja sinn til hrygningar en enginn lax hafði hrygnt oftast en tvisvar. Allir laxarnir sem voru að koma aftur til hrygningar höfðu hrygnt ári fyrr.



#### 4.4.7. Hrygningarblettir

Mat á dreifingu og umfangi hrygningar laxa í Sogi ofan við Álftavatn, metið út frá fjölda hrygningarbletta (riðabletta), hefur sýnt að aðalhrygningarsvæði laxins á viðkomandi tímabili hefur verið á Bíldsfellsbreiðu. Lítið hefur fundist af hrygningarblettum laxa ofar í Sogi. Á rannsóknarsvæðunum við Sakkarhólma, Bíldsfellsbreiðu og Hólma hefur nokkur breytileiki komið fram í fjölda hrygningarbletta milli ára. Marktæk línuleg fylgni var á fjölda hrygningarbletta við Sakkarhólma og Breiðunni á árabílinu 2005–2009 ( $r^2 = 0,81$ ,  $P < 0,05$ ). Fjöldi hrygningarbletta við Hólma hefur farið lækkandi á tímabilinu en sams konar þróun er ekki að sjá á öðrum stöðum (10. tafla)

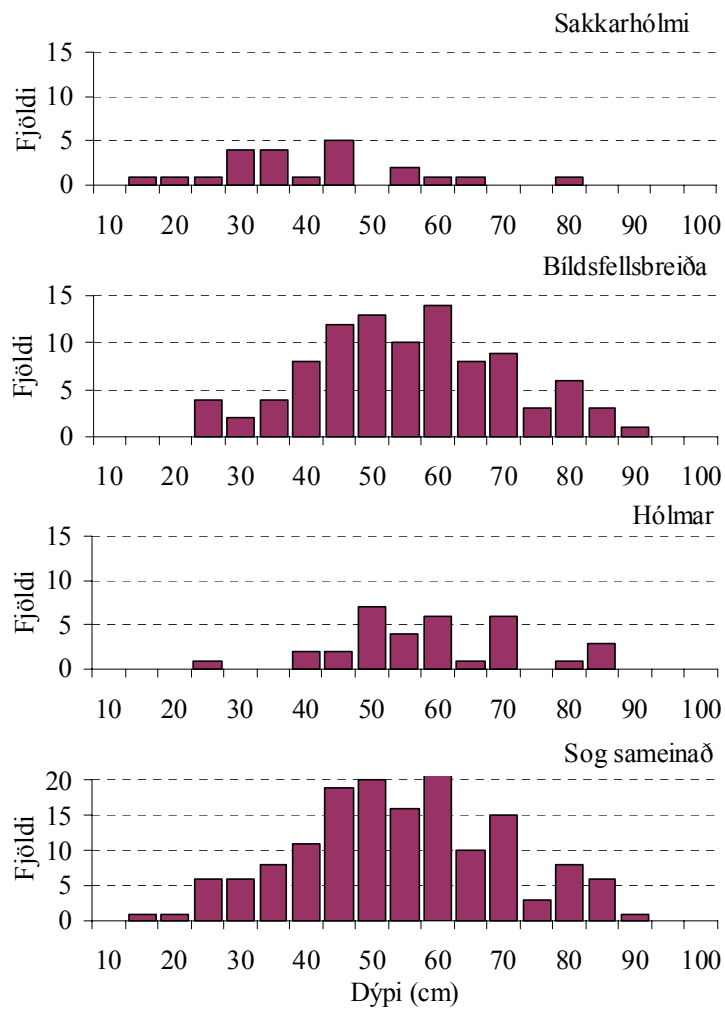
**10. tafla.** Niðurstöður talninga á hrygningarblettum laxa í Sogi.

| Ár   | Sakkarhólmi | Bíldsfellsbreiða | Hólmar | Samtals |
|------|-------------|------------------|--------|---------|
| 2005 | 5           | 26               | 13     | 44      |
| 2006 | 2           | 18               | 8      | 28      |
| 2007 | 8           | 34               | 6      | 48      |
| 2008 | 5           | 20               | 0      | 25      |
| 2009 | 4           | 19               | 9      | 32      |

Vatnsdýpi mælt á hrygningarhrauk á hrygningarblettum laxa í Sogi var 15–90 cm en að meðaltali 54 cm (65. mynd). Hraukur er sá hluti hrygningarblettar þar sem hrognin eru hulin mól (sjá 3.4.6). Hraukar voru að jafnaði á minnsta dýpi við Sakkarhólma (41 cm) en dýpst var á þá við Hólma (59 cm, 11. tafla). Við Sakkarhólma voru 48% hrauka á minna dýpi en 40 cm.

**11. tafla.** Niðurstöður mælinga á vatnsdýpi (cm) á hraukum í hrygningarblettum hjá laxi í Sogi. Tölur innan sviga aftan við meðaltöl eru staðalfrávik og fram kemur fjöldi mælinga.

|          | Sakkarhólmi | Bíldsfellsbreiða | Hólmar      | Sog sameinað |
|----------|-------------|------------------|-------------|--------------|
| Meðaltal | 40,8 (15,7) | 55,3 (14,8)      | 58,5 (13,5) | 53,9 (15,6)  |
| Fjöldi   | 22          | 97               | 33          | 152          |



65. mynd. Dreifing á vatnsdýpi á hraukum hrygningarbletta hjá laxi í Sogi.

## 5. Umræða

Á því tímabili sem vöktun smádýra og laxfiskaseiða í Sogi nær yfir hafa margháttaðar breytingar orðið innan vatnasviðs Sogs. Þar má nefna breytingar sem orðið hafa á sl. áratugum á landnotkun, búskaparháttum, fjölda sumarhúsa, breyttri stýringu á rennsli svo eitthvað sé nefnt. Í mörgum tilfellum getur verið örðugt að fá tölulegar upplýsingar þessu tengdu þar sem þær eru oft brotakenndar eða liggja ekki fyrir. Það hefur í för með sér að töluleg úrvinnsla verður oft fremur máttvana. Í samantekt þessari hefur verið gerð tilraun til að skoða suma þeirra þátta sem upplýsingar eru aðgengilegar um og safnað hefur verið saman á kerfisbundinn máta, s.s. rennsli í Efra-Sogi og í Sogi við Ásgarð, loft- og vatnshita og vöktun á efnastyrk sem mældur hefur verið í Sogi við Þrastarlund og landnotkun á vatnasviði Sogs. Breytingar á umræddum þáttum hafa síðan verið skoðaðar nánar í tengslum við gagnaraðir um magn smádýra og laxfiskaseiða í Sogi síðustu áratugi.

### 5.1. Hiti, efni og landnýting

Frá árinu 1979 hefur orðið hæg hlýnun og öll ár eftir 2001 hefur lofthiti verið yfir meðaltali áranna 1949–2008 á veðurathugunarstöðinni við Hæl, sem er í samræmi við aðra staði á landinu s.s. í Stykkishólmi (Halldór Björnsson o.fl. 2008). Svipaða sögu má segja um hita eftir árstíðum enda þótt þar komi fram meiri breytileiki milli ára heldur en í ársmeðalhita. Vatnshitamælingar í Sogi ná yfir það skamman tíma (frá 2000) að af þeim gögnum verður langtímaþróun í vatnshita í Sogi ekki greind. Marktæk fylgni var á milli lofthita að Hæli og vatnshita í Sogi, nema að vetrarlagi sem ekki er heldur við að búast þar sem vatnshiti fer ekki mikið undir 0°C. Þegar lofthiti fer undir frostmark getur myndast ís á yfirborði vatns sem þá einangar það frá lofthitanum ofan þess. Ætla má að sú hlýnun sem fram hefur komið í lofthita frá vori og fram á haust á Hæli hafi komið fram í vatnshita í Sogi. Sambærileg hlýnum hefur orðið í Elliðavatni á vatnasviði Elliðaáanna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2009).

Styrkur kísils í Sogi hækkaði töluvert yfir árabilið 1998–2008, einkum eftir 2002, sem gæti hugsanlega tengst áhrifum frá jarðhitavatni í fráveitum frá orkuverum og/eða frá aukinni heitavatnsnotkun samfara aukinni sumarhúsabygð á vatnasviði Sogs. Aðrar orsakir eru heldur ekki útilokaðar. Hvað varðar styrk fosfórs og niturs þá var ekki marktæk aukning á þeim yfir rannsóknatímabilið, ef frá er talin töluverð aukning sem varð á fosfór 2008 í apríl og desember. Breytingar á öðrum efnum yfir það ellefu ára tímabil sýndu ekki neina leitni til aukningar eða minnkunar. En þetta þyrfti samt sem áður betri skoðunar við í samstarfi við efnafræðinga.

Almennt má segja að nýting lands til landbúnaðar á vatnasviði Sogs hafi dregist saman síðustu áratugi, þó að hrossum hafi fjölgað. Nokkur aukning hefur orðið í íbúðabygð og mikil aukning í fjölda sumarhúsa. Neikvæð tengsl milli þéttleika laxaseiða við fjölda sumarhúsa við Sog og þverár þess gæti verið vísbending um að fjölgun sumarhúsa á vatnasviði Sogs hafi haft neikvæð áhrif á afkomu laxaseiða. Próf gaf þó háa sjálffylgni sem getur þýtt að þessir tveir þættir

hafi þróast samhliða en óháð hvorum öðrum. Rétt er að benda á að íbúða- og sumarhúsabyggð getur aukið álag á vistkerfi Sogs, þar getur t. d. verið um að ræða lífrænt frárennsli og/eða mengandi efni af ýmsum toga að ræða (Schindler 1998, Sponseller o.fl. 2001). Hafa þarf þá þætti í huga auk þess sem líta þarf til alls vatnasviðsins sem einnig tekur til vatnasviðs Þingvallavatns.

## 5.2. *Smádyr*

Breytingar á hlutfalli bitmýs af fjölda botndýra niður eftir Sogi, frá Efra-Sogi og niður að Alviðru var í takti við það sem þekkt er varðandi útbreiðslu bitmýs í ám sem upptök eiga í stöðuvötnum. Lirfur bitmýsins finnast að jafnaði í mestum þéttleika neðan stöðuvatna eða þar sem mikið er af lífrænu reki en fækkar svo þegar fjær dregur útfalli stöðuvatna (Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985, Gísli Már Gíslason 1991, Jón S. Ólafsson o.fl. 1998). Að vísu var heldur hærra hlutfall bitmýs við Alviðru en við Sakkarhólma að meðaltali fyrir árin 2000–2008. Töluverður breytileiki var á milli ára á hlutfalli bitmýs og rykmýs, var hann mestur við Alviðru (0,336–0,909; staðalfrávik: 0,204) en minnstur við Efra-Sog (0,492–0,972; staðalfrávik: 0,151). Miklar sveiflur í stofnstærð bitmýs milli ára voru áberandi í Efra-Sogi, þar sem sveiflurnar voru allt að þrettánfaldar á milli mesta og minnsta þéttleika. Þessar niðurstöður eru í líkingu við það sem þekkt er úr Laxá í S. Þingeyjarsýslu (Gísli Már Gíslason 1994). En munur á þéttleika bitmýs var ekki einungis mikill á milli ára heldur var mikill munur á milli einstakra sýna (steina) sem sést m.a. á háu staðalfrávikum fyrir meðaltalsgildi hvernar stöðvar innan hvers árs. Þetta leiðir til þess að túlkun niðurstaðna verður örðugri. Í ljósi þess ber að taka niðurstöður á þéttleika og breytingar þar á með fyrirvara. Þéttleiki bitmýs var mun minni við Sakkarhólma en í Efra-Sogi og minnstur var þéttleiki bitmýs við Alviðru. Hlutfallslegt magn rykmýs var mest við Sakkarhólma. Rykmýið var ekki greint til tegunda, en vænta má að um sé að ræða nokkrar mismunandi rykmýstegundir. Hérlandis hafa fundist 80 tegundir rykmýs en einungis 4 tegundir bitmýs (Thora Hrafnisdóttir 2005, Peterson 1977). Bitmýslirfur afla fæðu með því að sía lífrænar agnir sem fljóta í árvatninu á meðan fæða og fæðunám rykmýslirfa er mun fjölbreyttara. Fæstar tegundir rykmýslirfa sía fæðuna úr vatninu líkt og bitmýslirfur gera, heldur skrapa lirfurnar þörunga eða annað lífrænt efni af botni eða öðru undirlagi sem þær skríða um. Aðrar tegundir rykmýslirfa lifa ránlífi, éta m.a. aðra hryggleysingja (Oliver 1971). Þessir fjölbreyttu lifnaðarhættir rykmýsins endurspeglast í útbreiðslu þess, en lirfur þess finnast í mjög fjölbreytilegum búsvæðum og eru mun dreifðari innan áa heldur en bitmýið er.

Til að fá mælikvarða á stofnstærð, tegundasamsetningu eða fjölbreytni botndýra er yfirleitt beitt magnbundnum sýnatökum af botni líkt og gert hefur verið í Sogi. Ómagnbundnar mælingar á fjölbreytni, tegundasamsetningu og vísitala á magn má fá með því að veiða fljúgandi skordýr í gildrur. Í þeim tilfellum geta flugnagildir verið ákjósanlegur kostur til vöktunar á vatnaskordýrum, líkt og gert hefur verið við Mývatn og Laxá í S. Þingeyjarsýslu í áratugi (Arnthor Gardarsson o.fl. 2004). Hugmyndin með notkun þeirra er að þær gefi upplýsingar um hvaða tegundir vatnaskordýra eru til staðar og í hve miklum mæli. Fyrstu upplýsingar um gildruveiði í Efra-Sogi eru frá 1999–2000 en veiðin í gildruna við Bíldsfell hófst tveimur árum fyrr. Að jafnaði

veiddist mun meira af bitmýi í gildruna við Bildsfell en þá í Efra-Sogi (Mann-Whitney;  $P = 0,001$ ), þrátt fyrir að þéttleiki bitmýslirfa á botni á síðarnefndu stöðinni væri mun meiri. Þetta leiðir þá óhjákvæmilega til þess að skoða hversu góður mælikvarði gildruveiðin sé á þéttleika skordýralirfa á botni. Rétt er að hafa í hug að sýnt hefur verið fram á að flugur í straumvötnum fljúga upp á móti straumi (Müller 1954). Því gæti hluti þess bitmýs sem klaktist neðar í vatnakerfi Sogs veiðst í gildrur ofan við þá staði sem flugurnar klöktust. Eitt ber að hafa í huga að mikill breytileiki var á fjölda bitmýslirfa á milli einstakra sýna, eins og kom skýrt fram við úrvinnslu botnsýna úr Sogi. Svo mikill breytileiki á milli einstakra sýna gerir beinan tölfræðisamanburð erfiðan og þar af leiðandi getur verið erfitt að túlka niðurstöður tölfræðiprófa. Ekki er útilokað að vatnsborðssveiflur geti haft áhrif á þann fjölda bitmýs sem nær að fljúga upp úr ánni líkt og virðist geta verið með þéttleika seiða sem þó standa einu þrepi ofar í fæðukeðjunni. Líklegt er að skera megi úr um slíkt með meiri og nákvæmari gagnasöfnun.

Mæling á magni lífrænna agna eða dýra sem eru á reki geta gefið mikilvægar upplýsingar um aðgengilega fæðu seiða. Sýnt hefur verið fram á með fjölda rannsókna að laxfiskaseiði nýta sér smádýr á reki í miklum mæli til áts (Elliott 1967) og nýta þá jafnvel í frekara mæli það sem flýtur í rekinu en það sem á botninum er að finna. Magn smádýra á reki var marktækt meira við Sakkarhólma en við Alviðru sé miðað við þau ár (2005–2008) þegar öll dýr, þ.m.t. krabbadýr, voru talin úr sýnunum. Þetta er í samræmi við það sem búast má við því oftast er rek dýra mest ofarlega í ám sem renna úr stöðuvötnum (Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985, Gísli Már Gíslason og Arnthór Gardarsson 1988, Gísli Már Gíslason o.fl. 1998). Á hinn bóginn, ef aðeins er skoðað magn bitmýs og rykmýs fyrir árin 2004–2008, kom í ljós að ekki var marktækur munur á milli áðurnefndra tveggja sýnatökustöðva. Það er ekki í samræmi við það sem m.a. hefur fundist í Laxá í S. Þingeyjarsýslu (Gísli Már Gíslason 1985, 1991), en rétt er að fara varlega í þann samanburð þar sem sýnatökustöðvarnar til mælinga á dýrareki voru einungis tvær.

### *5.3. Fiskur*

#### *5.3.1. Seiðabúskapur*

Allt frá því rannsóknir hófust á laxfiskaseiðum í Sogi árið 1986 hefur þéttleiki þeirra verið afar lágur í efri hluta árinna. Þetta á jafnt við um laxaseiði sem silungsseiði. Við Sakkarhólma hafa laxaseiði alltaf verið faliðuð og vart fundist eftir árið 2000. Við Ásgarð hafa þau laxaseiði sem fundist hafa, nær eingöngu verið bundin við minni smálækjar í Kálfhólsgili sem fellur til Sogs. Þetta kemur nokkuð á óvart þar sem þarna eru ágætis búsvæði fyrir laxaseiði (Magnús Jóhannsson o.fl. 2004). Jafnframt vegna þess að Sog er lindá með uppruna í stöðuvatni, en slíkar ár eru þekktar fyrir að fósra fjölbreytt og auðugt vistkerfi (Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985, Gísli Már Gíslason 1991). Þéttleiki laxaseiða, einkum 1<sup>+</sup> seiða í Sogi, hefur minnkað verulega á þeim tíma sem mælingar hafa staðið og hefur þéttleiki þessa aldurshóps verið undir meðaltali árunna 1986–2008, frá 1996. Þéttleiki eins árs laxaseiða í Ásgarðslæk, sem er hliðará Sogs, hefur ekki minnkað nálægt því eins mikið. Svipuð þróun seiðapétteleika eins árs seiða og í

Sogi kom fram annars staðar á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár. Nálægar ár hafa frekar tilhneigingu til að fylgjast að en þær sem fjær liggja. Þéttleiki eins árs seiða hefur fallið meira í Sogi en öðrum ám á vatnasvæðinu, sem gæti bent til þess að þættir sem eru sértækir fyrir Sog hafi haft önnur og/eða meiri áhrif á seiðabúskap þar. Eitt af því sem skilur Sog frá öðrum ám á svæðinu er að í því eru rennslisstýringar vegna vatnsaflsvirkjana. Það hefur jafnframt vakið athygli að frjósamar lindár virðast vera viðkvæmari fyrir sveiflum í umhverfi og áhrifum veiða en dragár þótt ekki sé nákvæmlega vitað af hverju það stafar (Guðni Guðbergsson 2009a). Hugsanlega getur styttri vaxtartími seiða og þar af leiðandi færri árgangar í ánum á hverjum tíma haft áhrif þar sem fleiri árgangar geta dempað sveiflur á milli stærðar einstakra árganga. Í ánni Alta í Noregi kom fram minni þéttleiki laxaseiða í kjölfar virkjunar árinna sem m.a. er talið stafa af auknum afföllum yfir vetrarmánuðina. Afföllin voru talin vera vegna minni fituforða seiðanna og vegna vatnsborðssveiflna sem leiddi til óstöðugleika í rennsli. Minnkun á þéttleika var efst í ánni næst virkjun (Hársaker o.fl. 2000, Ugedal o.fl. 2008). Rannsókn Lammert og Allan (1999) á áhrifum landnotkunar og rennslissveiflna á fisk og hryggleysingja í ánni Raisin í suðaustur Michigan í Bandaríkjunum leiddi í ljós að fiskur sýndi sterkari viðbrögð samfara aukinni landnotkun og rennslisbreytingum heldur en hryggleysingar á botni. Almenn er álag á vistkerfi fjölþættari og meiri eftir því sem mannleg inngrip eru meiri. Inngrip manna geta verið af ýmsum toga s.s. vegna virkjana, ræktunar eða minnkandi vatnsgæða vegna mengunar eða lækkandi sýrustigs í vatni. Aukið umhverfisálag hefur víða leitt til aukins álags á vistkerfi og m.a. valdið því að laxastofnar hafa víða minnkað (Mills 1989).

Meðallengd laxaseiða í Sogi, við Alviðru, virðist gefa til kynna að vöxtur seiðanna sé mestur fyrri hluta sumars. Samkvæmt niðurstöðum virðist lengdarvöxturinn að mestu afstaðinn um miðjan ágúst og nær enginn vöxtur var eftir lok ágúst. Niðurstöðurnar eru byggðar á meðallengd seiða yfir mörg ár mæld á mismunandi tíma yfir sumarið. Frekari rannsóknir með mælingum yfir sama sumar myndi gefa betra mat á vaxtarferil seiðanna. Áþekkar niðurstöður komu fram í rannsóknum í Elliðaánum (Finnur Garðarsson 1983), Leirvogsá (Þórólfur Antonsson 1983) og Bugðu í Kjós (Magnús Jóhannsson 1984). Hliðstæðar niðurstöður hafa einnig fengist út frá erlendum rannsóknum þ.e. að vöxtur seiða sé mestur fyrri hluta sumars (Jensen 2003, Bacon o.fl. 2005). Þetta er athyglisvert í ljósi þess að vatnshiti Sogs er ekki tekinn að lækka að neinu marki um miðjan ágúst. Þannig að þetta ferli getur bent til að skýringar á minni vexti þá sé frekar að leita í öðrum þáttum en vatnshita, s.s. í fæðuframboði eða lífeðlisfræðilegum þáttum tengdum árstíma, s.s. söfnun forða í fituvef og/eða kynþroska hjá hængseiðum.

Marktækt jákvætt samband var á milli vatnshita á vaxtartíma (maí–ágúst) laxaseiða og meðallengdar eins árs laxaseiða að hausti. Hliðstæðar niðurstöður fengust á meðallengd seiða á fyrsta ári í rannsóknum í Miðfjarðará (Þórólfur Antonsson og Tumi Tómasson 1998). Þar sem fiskar hafa misheitt blóð fer virkni og efnaskiptahraði þeirra eftir umhverfishita. Enn frekari hlýnun loftslags er því líkleg til að auka enn á vaxtarhraða seiða í Sogi, en aukinn vaxtarhraði seiða gæti leitt til enn styttri ferskvatnsdvalar sem gæfi þá meiri veltuhraða og styttri kynslóðatíma

(Finstad o.fl. 2009). Á móti kemur að lægri gönguseiðaaldur getur leitt til lægri endurheimta úr sjó (Antonsson o.fl. 2010). Minni þéttleiki seiða getur einnig haft áhrif til aukningar vaxtarhraða seiða að ákveðnu marki. Neikvætt samband var á milli meðallengdar eins árs laxaseiða og þéttleika seiða af sama árgangi við Alviðru, sem gæti bent til þéttleikaháðs vaxtar, en slíkt er vel þekkt hjá seiðum laxfiska í ám (Ward o.fl. 2007, Vøllestad og Olsen 2008, Einum o.fl. 2008), en það getur jafnframt hugsanlega stafað af öðrum orsökum. Þetta er í nokkurri mótsögn við greiningu á sambandi hrygningar og nýliðunar sem bendir til þess að hrygning sé ekki næg í Sogi til þess að fullsetja búsvæði laxaseiða. Hér getur verið um staðbundin áhrif að ræða (Alviðra). Erfiðleikum getur verið bundið að greina á milli slíkra samverkandi þátta (Ward o.fl. 2007). Vert er að hafa þessa þætti í huga við uppsetningu og skipulag rannsókna af þessum toga.

Smádýr á botni, einkum skordýralirfur, eru þýðingarmikil fæða laxfiskaseiða í Sogi sem og í öðrum ám. Í Sogi má ætla að lirfur bitmýs hafi mest vægi sé miðað við magainnihald seiða, einkum meðal laxaseiða á fyrsta ári. Eftir því sem seiðin eldast virðast þau leita í frekara mæli í stærri fæðu s.s. vorflugulirfur og fullorðin skordýr. Þetta er í samræmi við það sem fundist hefur í rannsóknum erlendis (Amundsen o.fl. 2001, Keeley og Grant 1997). Hafa verður í huga að hér er um að ræða fæðu seiða síðla sumars og að hausti (ágúst–október). Árið 2002 var fæða laxaseiða könnuð í júlí og kom þá í ljós að hlutur bitmýs í fæðunni var minni en sást í september sama ár. Í júlí 2002 var hlutur rykmýslirfa og púpa aftur á móti mun meiri en í september (Magnús Jóhannsson o.fl. 2003). Laxaseiðin völdu síður yfirborðsfæðu, s.s. flugur, og ekki krabbadýr, en hvort tveggja var í miklum mæli í reksýnunum. Rek dýra og fæða seiðanna var könnuð um miðjan dag, en það er alþekkt að miklar dægursveiflur geta verið bæði á magni reks og hlutfalli þeirra dýra sem eru á reki á hverjum tíma (Neale o.fl. 2008). Því má allt eins gera ráð fyrir að einhverra dægursveiflna sé að vænta í reki og fæðunámi seiða í Sogi eins og sést hefur annarsstaðar. Sambærilegar niðurstöður komu fram í Bugðu í Kjós þar sem krabbadýr, sem voru í miklu magni á reki úr Meðalfellsvatni, fundust vart í fæðu laxaseiða á meðan lirfur bitmýs voru yfirgnæfandi í fæðunni (Magnús Jóhannsson 1984). Niðurstöður rannsókna á hlutfalli bitmýs annars vegar í reki og hins vegar í fæðu benda til að seiðin taki bitmýslirfurnar beint af botninum enda sitja þær á botni og eru líklega aðgengilegar seiðum. Í ám í Kanada, sem renna úr stöðuvötnum, var fæða seiða harra (*Thymallus arcticus*) aðallega bitmý og rykmý þrátt fyrir að krabbadýr væru yfirgnæfandi í rekinu (Nicholas o.fl. 2003). Í ánni Alta í Noregi fundust krabbadýr ekki í fæðu laxaseiða þrátt fyrir að vera í miklum mæli á reki (Johansen o.fl. 2010). Í þessum rannsóknum var talið að krabbadýrin væru sniðgengin vegna þess hversu smá þau voru. Það er vel þekkt að seiði laxfiska velji sér fæðu eftir stærð hennar á þann hátt að stæð fæðudýra vex með stærð seiða (Wankowsky 1979, Keeley og Grant 1997, Stefán Ó. Steingrímsson og Gísli M. Gíslason 2002).

Sýnt hefur verið fram á mikilvægi bitmýslirfa í fæðu laxfiska, einkum í ám sem koma úr stöðuvötnum (Tumi Tómasson 1975, Þórólfur Antonsson 1983, Magnús Jóhannsson 1984, Jón Kristjánsson 1991, Gísli Már Gíslason og Stefán Óli Steingrímsson 2004). Komið hefur fram að fæðunám laxaseiða byggist aðallega á reki lífvera (Keeley og Grant 1997, Wankowski og Thorpe

1979) en einnig hefur verið sýnt fram á að laxfiskar nýta sér fæðu af botni (Amundsen o.fl. 2001, Stefán Ó. Steingrímsson og Gísli M. Gíslason 2002, Johansen o.fl. 2010).

### 5.3.2. Hrygningarblettir

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 (Beland 1996, Fleming 1996, Taggart o.fl. 2001, Jensen o.fl. 2010). Aðal hrygningarsvæði laxa á 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).

Hraukarnir þar sem hrogn voru grafin voru á 15–90 cm djúpu vatni, flestir voru þeir á um 50 cm dýpi 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. 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. Telja má líklegt að sveiflur í rennsli nái 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). Við lækkun vatnsborðs um 25 cm fara stór malarsvæði við Sakkarhólma á þurrt. Þetta gerist ef rennsli árinna fer niður í 78 m<sup>3</sup>/sek (Jón T.X. Búi o.fl. 2009). Í því ljósi má telja líklegt að þessi grunnu svæði séu sérstaklega viðkvæm fyrir vatnsborðslækkunum. 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. Nánar er vikið að þessu síðar í skýrslunni.

### 5.3.3. Laxveiði

Á vatnasvæði Ölfusár og Hvítár hefur lengst af verið veitt bæði í net og á stöng. Þar sem netaveiði hefur verið hætt hefur stangveiði aukist líkt og gerðist í Hvítá í Borgarfirði þar sem stangveiði í hliðarám Hvítár jókst um 28–35% eftir að netaréttur var leigður í Hvítá til að nýta hann ekki (Sigurður Már Einarsson og Guðni Guðbergsson 2003). Marktæk jákvæð tengsl voru á milli netaveiði í Hvítá og netaveiði í Ölfusá ef frá eru talin árin 1980, 2006 og 2007. Þessi frávik má skýra annars vegar með breytttri veiðidreifingu innan vatnakerfisins árið 1980 vegna framhlaups jökuls í Hagavatn, en það ár hindraði jökulgrugg uppgöngu laxa sem leiddi til aukinnar netaveiði í Ölfusá og minni stangveiði ofar í vatnakerfinu. Árin 2006 og 2007 voru hins vegar frábrugðin vegna leigu á netaveiðirétti í Ölfusá og Hvítá sem dró úr sókn og þar með veiði í net. Við það komust fleiri fiskar framhjá netaveiðinni og skiluðu sér í aukinni stangveiði. Einnig gætu sleppingar laxaseiða í Tungufljót þau ár hafa haft áhrif til aukningar veiði í Ölfusá og Hvítá.



Seiðasleppingar geta haft áhrif á samanburð á veiðitölum (Guðni Guðbergsson 2009a og 2010a). Æskilegt hefði verið að hafa mat á vægi þessara sleppinga í veiðitölunum en slíkt mætti gera með greiningu hreistursýna og/eða merkingu seiða.

Við samanburð á meðalfjölda veiddra laxa í netaveiði í Ölfusá síðustu fimm ár fyrir netaleigu (2002–2006) og meðaltal netaveiðinnar 2007–2008 í Ölfusá má sjá að veiðin minnkaði um 660 laxa sem væntanlega má rekja til fækkunar neta þó ekki sé hægt að útiloka einhver áhrif annarra þátta. Það er því líkt og raunin varð með fækkun neta í Hvítá í Borgarfirði (Sigurður Már Einarsson og Guðni Guðbergsson 2003). Upplýsingar um stangveiði í Sogi fyrir þessi tvö tímabil sýna að veiðin jókst um 177 laxa að meðaltali milli tímabila, sem samsvarar um 26% af þeim fjölda laxa sem ekki voru veiddir í Ölfusá samkvæmt fyrrgreindu mati sem er sama hlutfall og kom fram í fyrrgreindri rannsókn í Hvítá í Borgarfirði. Ef gert er ráð fyrir að veiðihlutfall í Sogi sé 50%, gefa þessar niðurstöður til kynna að ganga laxa í Sog hafi aukist um 354 laxa. Líklegt er að þetta megi rekja að mestu til þess að dregið hafi verið úr sókn í netaveiði þótt breytingar á endurheimtum geti þar einnig skipt máli. Veiðihlutfall í stangveiði í íslenskum ám hefur verið tiltölulega stöðugt og endurspeglar í stórum dráttum breytingar í fiskgengd (Ingi Runar Jonsson o.fl. 2008, Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 2008). Lætur nærri að það hlutfall sé um nærri 50% í stangveiði.

Hlutfall stangveiði af heildarveiði í Hvítá var 18,6% á fimm ára tímabili, 2002–2006, en var 15,2% 2007–2008. Búast hefði mátt við að þetta hlutfall hefði átt að hækka en hafa þarf í huga að netaveiði í Hvítá jókst á sama tíma og meira en stangveiðin. Á fyrra tímabilinu var laxveiði í net að meðaltali 1.224 laxar en stangveiðin 279 laxar, en á síðara tímabilinu var netaveiðin 2.552 laxar og 458 laxar sem veiddust á stöng. Hlutfall laxa sem veiddir voru á stöng breyttist lítið þrátt fyrir aukningu í veiði og líklega aukningu í fiskgengd bæði vegna minnkandi netaveiði í Ölfusá og aukningar vegna aukinnar fiskgengdar í Tungufljót. Það að breyting í veiði hafi verið meiri í Sogi en í Hvítá bendir til þess að aukninguna í veiði þar megi að hluta til rekja til minnkandi netaveiði í Ölfusá.

Greinileg tengsl voru á milli veiðitalna með þeim tveimur mismunandi veiðiaðferðum sem hér eru til umræðu, bæði í Ölfusá, og í Hvítá. Einnig voru tengsl milli veiði í Ölfusá, bæði neta- og stangveiði við stangveiði í Sogi. Stangveiði í Sogi hefur verið stunduð með sambærilegum hætti um langt árabil og í veiðiskráningu liggja fyrir upplýsingar sem leggja má til grundvallar við aðgreiningu eftir sjávaraldri (stærð) og kynjahlutfalli auk fjölda fiska. Þessi tengsl veiðitalna milli svæða innan vatnakerfis Ölfusár og Hvítár styrkja þá ályktun að veiðitölurnar séu að endurspeгла sveiflur í fiskgengd á vatnasvæðinu. Upplýsingar eru ekki til um það hlutfall sem stangveiði tekur af heildargöngu lax í Sogi né hversu mikið verður eftir á vatnasvæðinu til hrygningar. Af rannsóknum á tengslum veiði og fiskgengd í Elliðaánum á 65 ára tímabili frá 1935–2002 kom fram að veiði var að endurspeгла stærð fiskgengdar en þá þannig að veiðihlutfall var heldur hærri í árum þegar gangan var lítil (Þórólfur Antonsson 1998, Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 2008). Mat á veiðihlutfalli þar sem það hefur verið metið með teljum hefur verið um

50% hjá smálaxi og 70-80% hjá stórlaxi (Ingi Runar Jonsson o.fl. 2008). Þessi gildi eru þau bestu sem hægt er að byggja á þar til nákvæmari mæligildi yfir fiskgengd fást.

Veiði hefur almennt minnkað á veiðisvæðum innan vatnakerfis Ölfusár og Hvítár þegar litið er til áraanna fyrir 1980 til samanburðar. Mest minnkun varð í Ölfusá sem starfar líklega af því að þar hefur verið mest dregið úr sókn í netaveiði. Sambærileg minnkun varð í stangveiði í Hvítá og Ölfusá en minni í netaveiði í Hvítá og stangveiði í Sogi. Að því leyti sem veiðitölur endurspeгла breytingar í fiskgengd þá benda þær til þess að fiskgengd á vatnasvæðið hafi farið minnkandi.

#### 5.3.4. Hrygning og nýliðun

Gögn um tengsl hrygningar og nýliðunar í Sogi benda til þess að hrygning hafi verið takmarkandi þáttur fyrir nýliðun og framleiðslu lax í Sogi á síðustu árum. Í raun má segja að seiðaframleiðsla þar hafi verið undir framleiðslugetu þess sem vænta má í Sogi allt frá 1970. Þessi niðurstaða kemur fram bæði með mati á fjölda hroga í hrygningarstofni yfir í fjölda hroga afkomenda og einnig, milli fjölda hroga í hrygningu og seiðapétteleika. Við samanburð á stærð hrygningarstofns þar sem matið byggir á fjölda hroga hvers hrygningarárgangs og seiðapétteleika úr viðkomandi hrygningu, komu ekki fram merki um minnkandi seiðapétteleika samfara aukinni hrygningu. Ef slíkt kæmi fram, sem oft gerist hjá laxfiskum, bendir það yfirleitt til þess að um pétteleikaháða nýliðun sé að ræða (Elliott 2001). Þetta bendir til þess að tengsl hrygningar og nýliðunnar fylgi því sambandi hrygningarstofns og nýliðunar sem kennt er við Ricker (1954). Það er áður en pétteleikaháð áhrif koma fram og þegar tengsl hrygningarstofns og nýliðunar eru nærri því að vera línuleg. Út frá því má draga þá ályktun að hrognafjöldi laxa í Sogi þurfi að vera yfir 2,5 milljónum hroga til að framleiðslugeta Sogs sé fullnýtt. Það samsvarar því að um 416 smálaxahrygnur þurfi að vera í hrygningarstofni Sogs, en hafa þarf í huga að hver stórlaxahrygna hefur um tvöfalt fleiri hrogn en hver smálaxahrygna. Þessi greining bendir til þess að fjöldi hroga ráði miklu um nýliðun og stærð stofna laxa í Sogi. Því meiri sem afföllin eru því fleiri hrogn þarf fyrir hvern einstakling í nýliðun í seiðafjölda og síðar í veiðistofn.

Af þessu má draga þá ályktun að hrygning hafi verið takmarkandi fyrir framleiðslu laxa í Sogi og að veitt hafi verið umfram veiðipól stofnsins en sá fjöldi hroga sem hann skilar til hrygningar hefur verið á niðurleið allmörg undanfarin ár. Sé þetta raunin ætti stækkun hrygningarstofns í kjölfar meiri fiskgengdar m.a. vegna minna veiðiálags samfara fækkun neta í Ölfusá frá 2006 að geta leitt til aukins fjölda hroga, sem ætti að skila sér í auknum seiðapétteleika. Miðað við þessar forsendur myndi uppbygging hrygningarstofns laxins í Sogi getað skilað stærri veiðistofni á fáum árum.

Meðalhrognafjöldi í Sogi á árabílinu 1973–2008 var 0,9 hrogn á fermetra. Af fyrirbyggjandi gögnum er ekki ljóst hvar mörkin liggja sem miða þarf við til að tryggja að búsvæði til seiðaframleiðslu í Sogi séu fullsetin laxaseiðum. Búast má við að þau mörk geti legið nokkuð

hátt þar sem Sog er í hópi frjósamari áa hér á landi. Í ám sunnarlega í Kanada eru þessi viðmiðunarmörk á hrygningu 3,63 hrogn á hvern fermetra og í ám á norðlægum slóðum Kanada 1,05 hrogn á hvern fermetra (Potter 2001). Í Skotlandi hafa viðmiðunarmörk hrygningar verið skilgreind við 3,8–4,67 hrogn á hvern fermetra. Svipuð spönn hefur verið sett sem viðmið í ám á Írlandi (Ó Maoleidigh o.fl. 2004). Viðmiðunarmörk hrygningar hafa ekki verið sett fyrir ár almennt hér á landi en t.d. hefur hámarksfjöldi laxaseiða í Laxá í Aðaldal verið þegar hrygning er milli 4 og 5 hrogn á hvern fermetra (Guðni Guðbergsson 2009b). Viðmiðunarmörk hrygningar voru metin út frá sambandi hrygningarstofns og nýliðunar fyrir Krossá á Skarðsströnd og Vesturdalsá í Vopnafirði. Í Vesturdalsá gaf hrognafjöldi á bilinu 0,8–1,1 hrogn á hvern fermetra hámarksafrakstur (hámarksfjöldi nýliða miðað við fjölda foreldra) en í Krossá við 1,3–1,4 hrogn á hvern fermetra (Þórólfur Antonsson, Sigurður Már Einarsson og Guðni Guðbergsson 2002). Mikilvægt er að halda áfram vinnu til að fá samanburðarmat á viðmiðunarmörk hrygningar í sem flestum ám til að skilja ferkar hvaða þættir takmarka stofnstærðir laxa í ám og þann breytileika sem er á milli áa. Tengsl þau sem sjást á milli stærðar hrygningarstofns og nýliðunar vekja nokkra athygli m.a. vegna þess að eftir 1986 komu ekki fram þéttleikaháð áhrif á afkomu seiða. Stærð hrygningarstofns laxa skýrði rúmlega þriðjung af breytileika í seiðapéttleika yfir það tímabil sem gögn ná til (1986–2008). Þéttleiki seiða hefur minnkað á efri svæðum Sogs sem gæti verið af sama toga en sambærileg þróun hefur sést í Laxá í Aðaldal þar sem dregið hefur úr seiðapéttleika í kjölfar minnkandi fiskgengdar (Guðni Guðbergsson 2009b). Í Laxá er ástandið þó frábrugðið á þann hátt að þar dregur aftur úr seiðapéttleika þegar fjöldi hrogn er mjög mikill auk þess sem breytileiki á nýliðun seiða eykst milli ára. Þéttleikaháð áhrif koma hins vegar ekki fram í Sogi sem bendir til þess að fjöldi hrogn hafi aldrei náð hámarks framleiðslu laxaseiða í Sogi.

Fækkun hefur komið fram á fjölda stórlaxa í Sogi á síðustu áratugum. Áþekk fækkun hefur almennt komið fram í ám hér á landi (Guðni Guðbergsson 2009a). Ástæður minnkandi gengdar af stórlaxi eru ekki þekktar en líkur benda til þess að þær tengist breyttu ástandi sjávar sem geti leitt til þess að meðalþyngd tveggja ára laxa úr sjó hafi lækkað og afföll þeirra aukist (Guðni Guðbergsson 2010a). Náttúruleg fækkun stórlaxa leggst á sveif með veiði og öðrum þáttum til minnkunar á nýliðun þar sem hver stórlaxahrygna hefur um tvöfalt fleiri hrogn en hver smálaxahrygna. Fækkun stórlaxa hefur meiri áhrif til minnkandi fjölda hrogn í laxastofnum eins og í Sogi þar sem jafnan hefur verið hátt hlutfall stórlaxa. Í ám með hátt hlutfall stórlaxa, eins og í Sogi, kann árangur hrygningar hjá stórum hrygnum að vera meiri en smálöxum á þann hátt að hvert stórlaxahrogn gefi meira til nýliðunar en smálaxahrogn auk þess sem stórlaxahrygnur grafa hrognin dýpra og hafa stærri hrogn en smálaxahrygnur. Ekki er þekkt hve mikið vægi hver þessara þátta hefur. Vegna þýðingu stórlaxa fyrir Sog og fækkunar þeirra í veiði ætti að taka tillit til þess við veiðistjórnun. Mikilvægt er að hlífa stórlaxi við veiði og bæði í Sogi og Ölfusá á meðan þetta ástand varir.

Afar mikilvægt verður að fylgjast með hvort aukin hrygning síðustu ára í kjölfar minni netaveiða í Ölfusá muni koma fram í auknum seiðapéttleika og vaxandi fiskgengd í kjölfar þess. Ef slíkt kemur fram ætti það að undirstrika þær niðurstöður sem koma fram í þessari greiningu á veiði

og seiðagögnum. Út frá samdrætti á veiði bleikju í Sogi, sem gæti bent til minnkandi stofnstærðar, gæti verið ástæða til að gefa því sérstakan gaum og jafnvel að draga úr veiði a.m.k. utan veiðitíma laxa meðan þetta ástand varir eða að betri þekking liggur fyrir um hverjar orsakir minnkandi bleikjuveiði eru.

Til að ráðstafanir í veiðistjórnun skili tilætluðum árangri er gengið út frá að aðrar ytri aðstæður í ánni sem kunna að hafa áhrif á seiðabúskap árinna séu ekki takmarkandi, þar með taldar rennslissveiflur vegna reksturs virkjana.

#### 5.3.5. Aldur göngulaxa

Aldur göngulaxa í Sogi er tvö til sjö ár byggt á aldursgögnum söfnuðum á árabílinu 1985–2008. Tveggja ára laxar eru úr sleppingum gönguseiða en náttúrulegir laxar eru að lágmarki þriggja ára. Mikill meirihluti laxa hafði verið eitt ári í sjó (72%) en allstór hluti tvö ár (25%) og aðrir enn lengur. Stór hluti laxa sem teknir voru til aldursgreiningar voru úr klakveiði, en þar er valið fyrir stærri fiski. Þetta getur haft áhrif á niðurstöður á þann hátt að hlutur laxa sem verið hafa lengur en eitt ár í sjó verður stærri en ella. Greining á veiðitölum gefur hins vegar til kynna að svo hafi ekki verið. Aldursgögnin gefa ekki tilefni til að greina breytingu í sjávaraldri milli ára þar sem fáir fiskar liggja að baki fyrir hvert ár.

Göngulax úr Sogi hafði oftast dvalið þrjú ár í fersku vatni (58%). Nokkur hluti var tvö ár (25%) en lítill hluti fjögur ár í fersku vatni (5%). Hlutur eins árs seiða í fersku vatni (upprunninn úr gönguseiðasleppingum) var að jafnaði 12%. Ferskvatnsdvöl, samkvæmt aldursgreiningu göngulaxa, er í nokkuð góðu samræmi við það sem fengist hefur úr seiðarannsóknum sem bendir til þess að laxaseiði fari flest til sjávar á 3. og 4. ári, sem er áþekkt og í öðrum ám á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár (Veiðimálastofnun óbirt gögn) og á vatnasvæði Þjórsár (Magnús Jóhannsson o.fl. 2008b). Meðalferskvatnsdvöl laxa úr Sogi á rannsóknartímabilinu var 2,76 ár (eitt ár í fersku vatni undaskilið). Ferskvatnsdvöl virðist breytileg milli ára og virðist hafa styst á tímabilinu. Það gæti tengst meiri vaxtarhraða vegna minni seiðapétteleika og/eða hækkandi lofthita sem skilar sér í hlýrra árvatni. Þá kann að vera að hlutur þveránna í laxveiði í Sogi sé að aukast en þar er vöxtur seiða almennt betri og ferskvatnsdvöl laxa styttri (Magnús Jóhannsson o.fl. 1996).

#### 5.3.6. Heimtur sleppiseiða

Samkvæmt örmerkingum hafa heimtur gönguseiða verið á bílinu 0–1,8 % í veiði en að jafnaði 0,40%. Um helmingur þessara laxa hefur komið fram í veiði í Sogi en aðrir hafa veiðst í Ölfusá. Þetta gefur vísbendingu um að um helmingur af þeim laxi sem var á leið upp í Sog hafi veiðst í Ölfusá. Endurheimtuhlutfall seiða í Sogi hefur verið allnokkru lægra en gerist í ám annarsstaðar á vatnasvæðinu (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004) og í Rangánum, en þar hafa heimtur að jafnaði verið 0,7% (Veiðimálastofnun óbirt gögn). Meðal annars vegna þessa slaka árangurs gönguseiðasleppinga hefur þeim verið hætt.

Seiðarannsóknir hafa sýnt að yfirleitt hafa seiði úr sleppingum kviðpokaseiða verið að finna í ágætum þrifum þar sem þeim hefur verið dreift á ófiskgeng svæði í þverár Sogs sem bendir til þess að þau svæði geti nýst til framleiðslu laxaseiða (Magnús Jóhannsson o.fl. 2005). Dreifing kviðpokaseiða er tiltölulega ódýr kostur auk þess sem inngríp eru minni með þeim hætti en með sleppingu stærri seiða þar sem einungis hrogna- og kviðpokastigið í lífsferlinum eru ekki í ánni. Náttúrulegir valkraftar eru þar af leiðandi virkir í lengri tíma í æviskeiði laxa hjá kviðpokaseiðum sem sleppt er í ár en stærri sleppiseiðum. Annar áhugaverður kostur væri að flytja laxa á þessi ófiskgengu svæði til hrygningar. Miðað við núverandi aðstæður, þar sem búsvæði í Sogi sjálfu eru vansetin seiðum, er ekki víst að það skili miklu að taka fisk til hrognatöku í Sogi og síðari sleppinga á ófiskgeng svæði, eða flytja lax þaðan sem annars hrygndi í Sogi. Hins vegar kemur vel til greina að gera tilraun með að flytja lax af fiskgengum svæðum þveránna, en búsvæði þar hafa verið mun betur nýtt af laxaseiðum en í Sogi. Flutningur hrygningarlaxa á ófiskgeng svæði hefur verið stundaður hér á landi með góðum árangri (Þórólfur Antonsson 2010).

#### *5.4. Áhrif rennslisstýringa á vistkerfi Sogs*

Rekstur virkjana í Sogi nær aftur til ársins 1937 þegar Ljósafossstöð tók til starfa. En Írafossvirkjun og Steingrímsstöð tóku til starfa síðar eins og áður er getið. Við byggingu Írafosstöðvar styttest laxgengi kafli Sogs um tæpan einn kílómetra og er talið að þar hafi tapast góð uppeldissvæði fyrir laxfiska (Finnur Guðmundsson og Geir Gígja, 1941). Samfara rekstri Steingrímsstöðvar var farið að miðla rennsli úr Þingvallavatni niður í Sog. Við þetta fór farvegur Efra-Sogs á þurrt og hvarf þá bitmý sem þar lifði og þá tók fyrir hrygningu og uppeldi á stórvöxnum urriða úr Þingvallavatni (Hilmar J. Malmquist 2002). Landsvirkjun hefur verið með reglur um hvernig vatnshæð Þingvallavatns og rennsli Sogs skuli hagað. Árið 2003 voru þessar reglur teknar til endurskoðunar sem leiddi til þess að miðað var við að hraði rennslisbreytinga væri ekki meiri en 10% á þremur klukkustundum og að mesta rennsli færi ekki yfir 150 m<sup>3</sup> sek<sup>-1</sup> og minnsta rennsli ekki undir 70 m<sup>3</sup> sek<sup>-1</sup> (Laufey B. Hannesdóttir 2007). Frá því um 1984 hefur vatnsborði Þingvallavatns verið haldið stöðugu, miðað við náttúrulegt vatnsborð, sem væntanlega hefur leitt til aukinna rennslissveiflna í Sogi. Með því að leyfa meiri vatnsborðssveiflur í Þingvallavatni er líklegt að rennslissveiflur í Sogi breytist þannig að þær verði í takt við úrkomu og afrennsli af vatnasviðinu. Samkvæmt athugun Laufeyjar B. Hannesdóttur (2007) er hraði breytinga á rennsli og vatnshæð í Sogi yfirleitt meiri en eðlilegt getur talist miðað við náttúrulegar aðstæður. Hluti hraðra rennslisbreytinga er vegna fyrirvaralausra útleysinga, bilana og mikilla vatnavaxta (Laufey B. Hannesdóttir 2007). Frá því reglur um stýringu vatnshæðar í Þingvallavatni og rennsli í Sogi voru endurbættar árið 2003 hefur mönnum gengið vel að halda vatnshæð Þingvallavatns, Úlfjótswatns og Írafosslóns innan settra marka. Einnig hefur gengið vel að halda minnsta rennsli yfir lágmarki. Hins vegar hefur ekki gengið sem skildi að takmarka mesta rennsli við hámarkið, sem er 150 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, og hraði rennslisbreytinga hefur oft farið yfir viðmiðið um 10% á þremur klukkustundum. Það er niðurstaða samantektar Laufeyjar B. Hannesdóttur (2007) að

ástandið hafi batnað mikið frá því að reglunum um rennslisstjórnun var breytt árið 2003 miðað við árin þar á undan (12. og 13. mynd).

Sýnt hefur verið fram á að miklar og snöggar sveiflur í rennsli geti haft neikvæð áhrif á stofna þörunga og smádýra í ám og er m.a. vel þekkt úr erlendum rannsóknum (Benke o.fl. 2000, Bunn og Arthington 2002, Robinson o.fl. 2004). Auk þess sem áhrif rennslisbreytinga á botndýralíf hafa verið rannsökuð í Elliðaánum, hafa áhrif flóða og þurrkunar árfarvegsins sérstaklega verið skoðuð (Jón S. Ólafsson o.fl. 1998). Snöggar breytingar og mikil rennslisaukning leiðir gjarnan til minni þéttleika og fjölbreytileika botnlífvera (Bunn og Arthington 2002). Í Sogi var ekki að sjá að marktæk tengsl væru á milli snöggra rennslisbreytinga (útleysinga) og þéttleika botndýra. Rétt er að ítreka hér að þéttleikamat á botndýrum miðaðist við úrvinnslu á þremur sýnum af hverjum stað síðsumars. Styrkleiki slíkra gagna til tölfræðilegra prófanna er takmarkaður og ber því að fara varlega í túlkun niðurstaðna þar að lútandi.

Seiðabúskapur laxaseiða í Sogi hefur verið viðvarandi slakur, einkum ofan við Álftavatn og á því svæði árinna er seiðabúskapur bleikju- og urriðaseiða einnig slakur. Talningar og kortlagning á hrygningarblettum sýna að lax og silungur hrygna á svæðinu ofan við Álftavatn, en þrátt fyrir það er uppeldi mjög takmarkað. Tilgátur hafa verið uppi um að þessar breytingar á seiðapétteleika tengist rennslissveiflun tengdum rekstri virkjana í Sogi. Skoðun á áhrifum rennslissveiflna vegna reksturs virkjana á seiðapétteleika gaf neikvæða fylgni samanlagðs fjölda fyrirvaralausra útleysinga í Ljósafossvirkjun og Írafossvirkjun á árunum 1990–2006 við seiðapétteleika (meðaltal Alviðra/Álftavatn) eins árs laxaseiða ári síðar sem og tveggja ára laxaseiða tveimur árum síðar. Þetta bendir til þess að sveiflur í rennsli vegna fyrirvaralausra útleysinga kunni að hafa áhrif á seiðabúskap laxaseiða og að þau áhrif séu mest á fyrsta seiðaári.

Í fyrri skýrslum (Magnús Jóhannsson o.fl. 2003 og Magnús Jóhannsson o.fl. 2007) hefur verið bent á að seiði og hrogn geta lent á þurru og drepist þegar vatnsborð lækkar og seiði geta skolast niður með straumi við mikla aukningu í rennsli og hafa snöggar sveiflur í rennsli verið taldar hafa verst áhrif (Hvidsten 1985, Saltveit 1993, Saltveit o.fl. 2001, Orth o.fl. 2002). Norskar athuganir sýna að útleysingar frá virkjunum, líkar þeim sem þekktar eru í Sogi (sbr. Laufey B. Hannesdóttir 2007), geta valdið miklum seiðadauða hjá laxi (Ugedal o.fl. 2002). Samanburður á dýpi niður á hrygningarhrauka og lækkun vatnsborðs í Sogi benda til þess að hluti hrauka í Sogi geti farið á þurrt við lága vatnsstöðu sbr. mælingar Laufeyar B. Hannesdóttur (2007) og Jóns T. X. Búa o.fl. (2009). Við Sakkarhólma voru stórar grynningar á þurru þegar rennslið mældist  $78 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  og við um  $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  virðist stærstur hluti hrygningarhrauka þar á þurru. Lágt rennsli getur því augljóslega haft áhrif á afkomu hrogn og kviðpokaseiða sem þar eru grafin í mölina. Neðar í Sogi, við Bíldsfellsbreiðu og Hólma (Álftavatnsós), er hættan minni á að fari á þurrt, t.a.m. er talið að blettir sem þar eru á innan við 25 cm dýpi fari á þurrt þegar rennslið er komið niður í  $56\text{--}57 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Jón T. X. Búi o.fl. 2009).

Hvaða áhrif snöggar rennslissveiflur geta haft á seiðabúskap ræðst m.a. af; gerð árfarvegarins, hversu snöggar breytingarnar verða, stærð fiskjar og aldri, tíma dags, árstíma og

vatnshita (Hvitsten 1985, Bradford 1997, Jensen og Johnsen 1999, Saltveit o.fl. 2001, Halleraker o.fl. 2003, Harby o.fl. 2004). Smæstu seiðin eru viðkvæmust fyrir rennslissveiflum (Jensen og Johnsen 1999). Í ánni Alta í Norður-Noregi, reyndist þéttleiki laxaseiða vera minni í kjölfar virkjunar árinna sem talið er að stafað hafi af auknum afföllum yfir vetrarmánuðina. Afföllin voru talin vera vegna minni fituforða seiðanna og vegna vatnsborðssveiflna. Minnkun á þéttleika var mest efst í ánni næst virkjun (Hårsaker o.fl. 2000, Ugedal o.fl. 2008). Sveiflur í rennsli geta einnig haft áhrif á botndýr (Harby o.fl. 2004) sem getur komið niður á seiðum, bæði vexti þeirra og afföllum. Bent hefur verið á hvað megi betur gera til að minnka þessi áhrif. Í kjölfar breyttrar rennslisstýringar 2003 jókst seiðapétteleiki laxaseiða í Sogi við Alviðru og Álftavatn en lítil breyting varð næst virkjunum þar sem þéttleiki var áfram viðvarandi lítill. Með því að leyfa meiri sveiflur í vatnshæð Þingvallavatns er líklega hægt sé að jafna nokkuð rennslissveiflur í Sogi (Laufey B. Hannesdóttir 2007). Athugandi væri að rýmka reglur um vatnshæð í Þingvallavatni ef það getur leitt til minni rennslissveiflna í Sogi.

Áður hefur verið bent á (Magnús Jóhannsson o.fl. 2007) að til að skilja betur áhrif rennslissveiflna vegna reksturs virkjana sé mikilvægt að þekkja; stærð þeirra svæða sem eru undir vatni við mismunandi rennsli og hvernig vatnshæðarbreytingar koma út á mikilvægum stöðum í ánni. Kortleggja svæði sem hætta er á að fari á þurrt við lága vatnsstöðu og meta hvernig þau eru notuð af fiski og smádyrum. Kortlagning á dýpi á helstu hrygningarstöðum laxa í Sogi var gerð sumarið 2009 (Jón T. X. Búi o.fl. 2009). Með nákvæmari staðsetningu vatnsborðs á ákveðnum, mikilvægum svæðum má meta frekar hvaða svæði fara á þurrt við lága vatnsstöðu og hve stór þau eru og síðan má meta mikilvægi þeirra fyrir fiska og annað lífríki út frá fyrirliggjandi rannsóknum. Nánari tillögur um rennslisstýringu má síðan byggja á niðurstöðum slíks mats.

### *5.5. Styrkleikar og veikleikar vöktunar vatnalífs í Sogi 1985–2008*

Þegar litið er til rannsókna í Sogi frá 1985–2008 má í stuttu máli segja að megin styrkleiki gagnanna liggi í samfellu þeirra í tíma. Eins og gjarnan er tilfellið með langtímagagnaraðir þá eykst vægi þeirra með hverju ári sem gagnaröðin lengist um. Oft er vandkvæðum háð að greina náttúrulegar breytingar á vistkerfum nema að hafa aðgang að slíkum gagnaröðum sbr. vöktunarrannsóknir á lífríki Mývatns og Laxár (Árni Einarsson og Ramesh D. Gulati 2004). Styrkleiki gagnaraða um fisk í Sogi felst ekki eingöngu í lengd gagnaraðarinnar heldur einnig að hliðstæðar gagnaraðir eru tiltækar fyrir aðra staði í hliðarám Sogs og öðrum ám á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár. Óhætt er að fullyrða að helstu veikleikar fyrirliggjandi gagnaraða um lífríki Sogs liggi í því hve endurteknar mælingar eru oft á tíðum fáar í ljósi mikils breytileika. Á þetta ekki síst við um þéttleikamælingar á smádyrum á botni Sogs. Greining á rennsli og útleysingum (Laufey B. Hannesdóttir 2007) og gögn um rennsli með síritandi mælingum frá Veðurstofunni hafa reynst mjög gagnleg. Þau tengsl sem komu fram milli þessara þátta og seiðapétteleika styrkja fyrri hugmyndir varðandi áhrif rennslis og áhrif þess á lífríki Sogs.

Gögn varðandi veiðinýtingu og þátt hennar benda til að hún hafi áhrif á nýliðun í Sogi sem gefa verði sérstakan gaum. Niðurstöður þeirrar greininga sem hér hafa verið gerðar benda til að álag rennslibreytinga í Sogi vegna rekstrar virkjana komi fram sem viðbótarálag. Veikleiki liggur í að niðurstöðurnar skýra ekki beint hvernig þær virka stig af stigi en líklegt er að slíkt geti verið fjölþætt og flókið ferli. Tæpast er hægt að skýra þá án rannsókna á einstökum þáttum sem tekur til fleiri svæða innan vatnasvæðis Ölfusár-Hvítár.

Sú heildarmynd sem fengist hefur við þessa samantekt ætti að geta orðið grunnur við ákvarðanatökur á nýtingu Sogs til raforkuframleiðslu, veiði og annarra þátta á vatnasviðinu. Auk þessa að skapa frekari grunn til að halda áfram rannsóknum m.a. til að svara sértækum spurningum varðandi vistfræði Sogs.

### 5.5.1. Smádýr

Botndýrarannsóknir hafa fyrst og fremst miðast við að mæla fjölda bitmýs á steinum sem safnað er af árbotnunum, sk. steinasýni. Í fyrstu voru sýni tekin af botni á þremur stöðvum í Efra-Sogi, en síðan var bætt við sýnatökustöðvum neðar í ánni og síðustu ár hafa sýni verið tekin árlega af þremur stöðvum. Á hverjum stað voru tekin 3–5 sýni og oftast var ekki unnið úr nema þremur af þeim sýnum sem tekin voru. Megináherslan frá upphafi hefur verið á að fá mat á stofnstærð bitmýs í Sogi og þar með hugsanlegt fæðuframboð fyrir laxfiska auk þess að greina stofnstærðabreytingar bitmýs. Steinasýni hafa víða verið notuð til að mæla þéttleika botndýra, en hafa ber í huga að sum dýr/plöntur velja fremur steina sem búsvæði en annað undirlag þar á meðal eru lirfur bitmýsins. Steinasýni geta því gefið skekktu mynd af samfélögum lífvera á botni og ofmetið magn þeirra í mörgum tilfellum. Annað sem ber að hafa í huga er að botnlífverur í straumvatni eru nær undantekningalaust hnappdreifðar (sjá t.d. Jón S. Ólafsson o.fl. 1998, 2004). Á steinum er oft þéttur gróður s.s. mosi eða slý. Í þeim tilfellum þar sem slíkir „loðnir“ steinar eru getur yfirborðsflötur steinsins sem sýnis hafa margfaldast miðað við „bera“ steina. Þannig getur mosi á steinum haft mikil áhrif á þann fjölda smádýra sem heyra til sýnisins (Suren 1991, 1993, Steinman og Boston 1993, Chantha o.fl. 2000, Gísli M. Gíslason o.fl. 2001, Stefán M. Stefánsson o.fl. 2006). Þannig getur mosi eða annar gróður á steinunum leitt til þess að breytileiki á fjölda hryggleysingja getur verið mjög mikill. Í því ljósi er nauðsynlegt að þekkja vel hver breytileikinn er áður en ákveðið er hve sýnafjöldinn skal vera til að marktæk mæling fái á þéttleika botndýra. Bent hefur verið á að þéttleiki skordýralirfa getur verið 4–18 sinnum meiri í mosadræsum en á malarbotni (Brusevni o.fl. 1990). Auk þessa getur áferð steina verið mjög mismunandi, allt frá því að vera hrjúfur hraunsteinar í að vera vel veðraðir steinar með sléttri áferð. Sýnt hefur verið fram á að mikill munur getur verið á þéttleika og fjölbreytni botnlífvera eftir áferð steina (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000). Gagnaröðin úr Sogi sýndi að mikill breytileiki var á fjölda dýra í einstökum steinasýnum. Þetta sést m.a. þegar skoðuð eru meðaltöl fyrir þéttleika botndýra á myndum fyrr í skýrslunni, en þar má sjá hvar hæstu og lægstu gildi fyrir bitmý (21. mynd) og rykmý lágu (23. mynd). Á þessum sömu myndum má einnig sjá hve mikill munur var á lægstu og

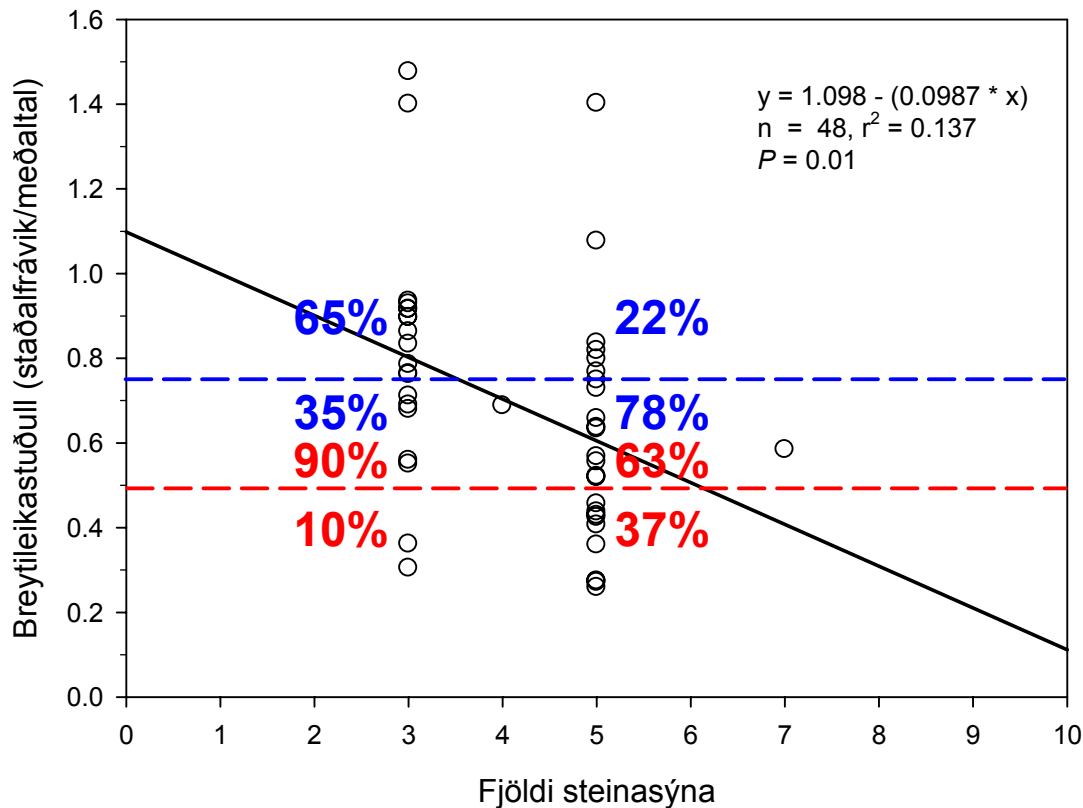


hæstu gildum fyrir þéttleika bit- og rykmýs innan hvers árs. Í þeim tilfellum þegar breytileiki er þetta mikill milli einstakra sýna er oft vandkvæðum háð að túlka niðurstöðurnar og beita á þær tölfræðiprófunum þar sem styrkleiki gagnanna er of lítill fyrir flest tölfræðipróf. Til að auka styrkleika gagnanna er oftast nær farin sú leið að auka sýnatökuátakið með auknum fjölda endurtekinna sýna og minnka þar með breytileikann. Séu niðurstöðurnar skoðaðar í þessu ljósi og bornir saman breytileikastuðlar fyrir þéttleika bitmýs þegar talið var úr 3, 4, 5, 6 og 7 steinasýnum sést að breytileikastuðullinn lækkar við aukinn fjölda sýna sem talið var úr hverju sinni (66. mynd). Sé breytileikastuðullinn 1 merkir það að staðalfrávikinu og meðaltalið eru jafn stór gildi. Ef við gefum okkur breytileikastuðul upp á 0,75, þ.e. að meðaltalsgildin séu eilítið hærri en staðalfráviksgildin, og miðum við þrjú endurtekin sýni á hverri stöð sést að breytileiki á milli einstakra botnsýna er það mikill að tæpur 2/3 sýna myndu lenda ofan við þessi settu mörk. Ef mörkin eru sett við 0,5 má sjá að enn stærri hluti sýna myndi lenda ofan við þau mörk en við 0,75 mörkin og merkti að mikill breytileiki væri á milli einstakra sýna. Í þau skipti sem talið var úr fimm sýnum í stað þriggja breyttist hlutfallið mjög og ef miðað er við breytileikastuðul upp á 0,75 kom í ljós að aðeins 22% sýnanna lenti ofan við þau mörk. Væru mörkin miðuð við 0,5 þá lentu 63% ofan við mörkin (66. mynd). Tengsl á milli breytileikastuðulsins og fjölda endurtekinna sýna voru marktæk ( $r^2 = 0,137$ ,  $P = 0,01$ ). Miðað við þá líkingu sem gögnin úr Sogi gáfu til kynna þá þyrftu að minnsta kosti 8–10 endurtekin sýni innan hverrar stöðvar til að breytileikastuðullinn kæmist niður fyrir 0,15–0,3 sem talist getur ásættanlegur breytileiki og myndi auka styrkleika úrtaksins m.a. til að hægt væri að beita tölfræðiprófunum á gögnin.

Önnur leið til að minnka breytileika milli einstakra sýna er að vera með tilbúna staðlaða steina sem undirlag fyrir botndýr. Þannig væri hugsanlega hægt að auka áreiðanleika sýnatökunnar. Tilraunir voru gerðar við Sakkarhólma með því að skilja eftir steina af ákveðinni stærð, netasteina og hellusteina, og botndýr síðan talin af þeim ári síðar. Tilraunin með netasteinana virkaði vel að því leyti að minnka breytileika á milli einstakra sýna en fjöldi bitmýslirfa var marktækt minni á netasteinunum en á náttúrulegum steinum á sama stað. Í tvö ár var gerð tilraun með hellusteina, fjöldi bitmýslirfa var ekki marktækt frábrugðin því sem fannst á náttúrulegum steinum á sama stað. Hins vegar var breytileiki milli einstakra sýna litlu minni eða jafnvel meiri á þessum tilbúnu steinum en hann var á náttúrulegu steinunum. Í því ljósi er vöktun á botndýrum í Sogi litlu bættari að nota tilbúið undirlag í stað náttúrulegra steina af botni. Þegar um er að ræða að fá mat á stofnstærð botndýra, þ.m.t. bitmý, verður ekki fram hjá því komist að greina nægilegan fjölda sýna og vart hægt að styttja sér þar leið.

Tilraun til að meta magn bitmýs með fjölda flugna sem veiðist í flugnagildirur sem staðsettar eru á tveimur stöðum við Sog gáfu ekki sannfærandi mynd af magni bitmýs á botni árinna. Vert er að hafa í huga að taka niðurstöðum þessa samanburðar með þeim fyrirvörum að magn bitmýs sem veiddist í gildirunum var lítið og þess mikla breytileika sem reyndist á milli einstakra botnsýna. Væru sterk tengsl á milli þess að veiða skordýr í gildirur sem staðsettar væru á

árþakkanum og magn skordýra á botni sterk gætu gildurnar verið mjög góður kostur við að vakta stofnstærðir vatnaskordýra. Staðsetning og gerð gilda getur þar skipt máli.



**66. mynd.** Samanburður á áreiðanleika (breytileikastuðull: coefficient of variation = staðalfrávik/meðaltal) botnsýnatöku til mælinga á þéttleika bitmýs þar sem stuðst var við 3, 4, 5, 6 og 7 steinasýni. Mörk voru dregin miðað við  $CV: 0,75$  (blá brotin lárétt lína) og  $0,5$  (rauð brotin lárétt lína), því hærri sem breytileikastuðullinn er því meiri breytileiki er á milli einstakra sýna. Ofan við línurnar eru gefin upp hve mikill hluti steinasýna til mælinga á þéttleika bitmýs í Sogi lentu ofan og neðan við skilgreind gildi á breytileikastuðli og sýna það hlutfall sýna þar sem breytileikinn var minni en viðkomandi gildi. Ennfremur eru sýndar niðurstöður aðhvarfsgreiningar auk aðhvarfslínu sem er framlengd til lóðréttu ásanna.

### 5.5.2. Fiskur

Vöktun með kerfisbundnum endurteknum mælingum á seiðabúskap í Sogi hafa nú staðið yfir frá árinu 1986. Sú gagnaröð gefur mikilvægar upplýsingar um þróun stofna laxfiska í Sogi. Eins og gjarnan er með gagnaraðir sem þessar þá verða þær verðmætari eftir því sem lengra liður. Við mat á seiðapétteleika er mikilvægt að veitt sé á sömu stöðum og með sambærilegum hætti milli ára líkt og gert hefur verið í Sogi. Við mat á þéttleika seiða hefur alltaf verið notast við rafveiðar og mat á vísitölu þéttleika fenginn með því að telja þau seiði sem veiðast í einni yfirferð á ákveðnu svæði á árbotninum. Var svo gert á hverri sýnatökustöð. Ljóst er að aðferð þessi gefur ekki heildarmat á þéttleika, til þess að fá heildarmælingu á þéttleika þyrfti að fara fleiri yfirferðir á hverju svæði (Bohlin o.fl. 1989, Friðþjófur Árnason o.fl. 2005). Aðferð þessi hefur almennt verið notuð hér á landi og annarsstaðar og er hún talin endurspeglar vel heildarþéttleika seiða, sérstaklega hjá seiðum

sem eru eldri en sumargömul (Friðþjófur Árnason o.fl. 2005). Rétt er að hafa í huga að nokkur óvissa getur falist í þessu mati sem hægt væri að minnka með fleiri yfirferðum. Magnbundin mæling með 3 endurteknum veiðiyfirferðum á einum stað gæfi mat á veiðni seiðanna sem yfirfæra mætti á aðra veiðistaði. Þannig fengist að öllum líkindum áreiðanlegri mæling fyrir þéttleika laxaseiða í Sogi. Á þeim tíma sem rannsóknirnar hafa staðið í Sogi hefur verið beitt sambærilegum aðferðum við mælingar á seiðum á öðrum svæðum í vatnakerfinu. Þær niðurstöður sýna samsvörun í þróun seiðapétteleika laxa milli ára sem styrkir þá ályktun að mælingar á seiðapétteleika með þeim hætti sem gert hefur verið í Sogi sé að nema breytileika í þéttleika milli ára.

Sýnatökudagar í rafveiði voru breytilegir á fyrrihluta rannsóknartímabilsins, sem hafa þarf í huga við samanburð, en virðist þó ekki hafa skipt sköpum varðandi niðurstöður um þá þróun sem orðið hefur. Þetta var að mestu fyrir þann tíma sem vöktunarrannsóknir sem unnar voru fyrir Landsvirkjun komu til og fóru að fá festu í ljósi niðurstaðna. Síðustu ár hafa sýni verið tekin á svipuðum tíma ár hvert.

Fæðurannsóknir hafa aukið þekkingu á fæðuvali seiða í Sogi og breytileika milli ára. Þau eru hins vegnar heldur veik til að gefa breytileika í samsetningu á fæðu milli ára. Framan af var þeim ekki safnað í þeim tilgangi, sýni af fæðu voru einungis tekin samhliða sýnum til aldursgreiningar. Það hefur og veikt gögnin að erfitt hefur reynst að afla seiða ofarlega í Sogi vegna þess hve lítið er þar af seiðum. Seiðum til fæðurannsókna hefur einkum verið safnað að hausti samhliða þéttleikamælingum. Styrkur væri af því að afla fæðusýna fyrir að sumrinu á aðalvaxtartímabili seiðanna. Athyglisvert hefði verið að geta greint betur áhrif hækkanði vatnshita á fæðuframboð og síðan áhrif þess á vöxt og dánartölu seiða. Til þess þarf að fá ábyggilega mælikvarða á stofna fæðudýranna. Mikilvægt væri að skipuleggja rannsóknir sem gerði þetta mögulegt. Efla þyrfti rannsóknir á fæðu seiða í tíma og rúmi sérstaklega ef betri mælikvarðar fást á stofnstærðir fæðudýra og framboð þeirra.

Aldursgögn fyrir göngulax eru til samfelld frá árinu 1985. Þau hafa gefið miklar upplýsingar um lífsferil og aldursamsetningu laxa í Sogi. Sýni til aldursgreiningar hafa verið tekin að jafnaði af 30 löxum á ári. Þessi fjöldi er ekki nægilegur til að geta numið breytileika í aldursamsetningu milli ára, einkánlega ferskvatnsaldur sem ekki verður greindur nema af hreistri. Sjávaraldur má greina útfrá stærð laxa í afla. Mest af aldursýnum hefur til þessa verið safnað úr klakveiði en einnig hefur verið leitað til veiðimanna um söfnun sýna sem ekki hefur gengið sem skildi. Kerfisbundin söfnun hreisturs úr afla yfir veiðitíma myndi bæta upplýsingar um samsetningu göngunnar og til að rekja hana til einstakra klak- og seiðaárganga.

Hrygningarblettir hafa verið taldir og mældir frá árinu 2004. Slíkar rannsóknir hafa lítið verið stundaðar hér á landi, en Þór Guðjónsson (1964) taldi hrygningarbletti í Úlfarsá á 7. áratug síðustu aldar. Þær hafa því veitt innsýn í dreifingu hrygningarbletta í Sogi og breytileika í fjölda þeirra milli ára. Þær hafa jafnframt veitt innsýn í búsvæðaval fiska til hrygningar sem nýtast við mat á hvort blettir með hrognum og kviðpokaseiðum fari á þurrt við lága vatnsstöðu. Enn eru talningarárin ekki orðin það mörg að hægt sé að tengja gögnin við veiði eða seiðabúskap.

Mælingar á staðsetningu hrygningarsvæða m.t.t. dýpis og kornastærðar eru mikilvægar fyrir þekkingu á lífsferli laxfiska almennt og væri fengur að því að gera slíkar rannsóknir í fleiri ám.

Skráning veiði og samantekt veiðitalna byggir á áralöngum grunni. Veiðitölur sýna innbyrðis svipaðan takt innan vatnasvæðisins og milli veiðiaðferða með undantekningum sem skýrast af breyttum umhverfisskilyrðum sem hafði áhrif á gönguhegðan og göngugetu laxa. Minnkandi netaveiði neðan Sogs kom einnig fram í veiðitölum í Sogi og annarsstaðar á vatnasvæðinu. Þessi samfella og frávik frá henni styrkja það að hægt sé að nota veiðitölur sem mælikvarða á breytingar á fiskgengd. Þau tengsl sem fram koma milli stærðar hrygningarstofns (hroгна) og nýliðunar í þéttleika seiða benda til að báðir þessir mælikvarðar gefi raunhæfa mynd af því ástandi sem verið hefur á vatnasvæðinu. Mat á nýliðun frá hrygningu til næstu kynslóðar styrkir þetta enn frekar. Veikur hlekkur í þessum greiningum er sá að veiðihlutfall á laxi sem gengur í Sogið er ekki þekkt en mat á stærð hrygningarstofns er gert út frá veiðitölum með gefnu föstu veiðihlutfalli sem er sambærilegt á milli ára. Nokkur óvissa getur verið fólgin í þessari aðferð sem og mati á seiðapþéttleika eins og áður er vikið að. Mat á heildarstofnstærð má fá með t.d. talningum með fiskteljurum og samanburði við afla en slík tæki og rekstur þeirra er kostnaðarsamur einkum í vatnsmiklum vatnakerfum eins og Sogi en eru að öllum líkindum tæknilega mögulegar. Til talninga í stærri ám hafa verið notaðir teljarar sem byggja á fjölgeisla hljóðsendingum (<http://soundmetrics.com/products>). Slík vitneskja myndi auka til muna þekkingu á fiskgengd, stærð hrygningarstofns og veiðiálags í Sogi og verða viðbót við þekkingu á vistfræði laxa hér á landi.

## 5.6. Lokaorð

Ljóst er að töluverðar breytingar hafa orðið á ýmsum þáttum í umhverfi Sogs á því tímabili sem lífríkisvöktun nær yfir. Nægir að nefna í því sambandi að miklar breytingar hafa orðið á landnotkun samfara aukningu sumarhúsa á vatnasviði Sogs, stýring á rennsli Sogs og vatnsborði Þingvallavatns, laxveiði í net og á stöng í Sogi. Breytingar á þessum áhrifaþáttum hafa líklega samverkandi áhrif frekar en hver þáttur einn og sér. Þetta getur t.a.m. endurspeglast í breytingum á stofnvistfræði laxfiska, hryggleysingja og þörungna á botni. Þrátt fyrir ýmsa veikleika fyrirbyggjandi gagnaraða um lífríki Sogs þá má án efa nýta bæði líffræðilegu og umhverfisgögnin á mun víðtækari hátt t.a.m. til að svara spurningum þar sem ekki er þörf á að uppfylla skilyrði sem jafnan verður að gera ef um magnbundin sýni er að ræða. Þannig mætti til dæmis svara hver tegundasamsetning botndýrafánunnar er og hvernig hún hafi breyst, bæði í tíma og rúmi í Sogi. Með því mætti fá mat á hugsanleg inngríp vegna nýtingar Sogs á smádýrafánu þess, sem síðan endurspeglast í fæðuframboði fyrir laxfiska. Til að svara spurningum um breytingar á magni/þéttleika dýra á botni þyrfti endurtekin sýnataka innan hvernar stöðvar að vera mun öflugri en verið hefur. Í flestum tilfellum nægja ekki þrjú sýni til að uppfylla þau markmið, heldur þyrfti sýnafjöldi að a.m.k. vera **6-10** á hverri sýnatökustöð. Flugnagildir gefa ekki sannfærandi mynd af því sem er að gerast á botni í Sogi, en aukið átak í söfnun fljúgandi skordýra og aukinn fjöldi

endurtekinna botnsýna ættu að gefa afgerandi svar hvort nýta megi gildruveiðina sem mælikvarða á þéttleika skordýra á botni. Reksýnin gefa mikilvægar upplýsingar um magn og samsetningu þeirra dýra sem á reki eru á hverjum tíma. Á hitt ber að líta að mikill munur er á bæði magni og samsetningu dýra í reksýnum á mismunandi tímum sólarhrings (Neale o.fl. 2008). Því þyrfti að haga reksýnatökunni þannig að sýni væru tekin oftast en einu sinni innan sólarhrings til að gefa fyllri mynd af fæðuframboði. Afla þarf þekkingar á sýnatökum með þessum hætti í ám hér á landi til að gera sýnatöku, úrvinnslu og túlkun markvissari. Slíkar athuganir gætu verið hentugra að gera í minni vatnakerfum en í Sogi.

Af greiningu fyrirliggjandi gagna sem varða minnkandi seiðapétteleika laxaseiða í Sogi má draga þá ályktun að líklega sé skýringar að leita í tveimur meginþáttum, annars vegar snöggum ófyrirsjáanlegum rennslisbreytingum vegna reksturs virkjana og hins vegar í takmarkaðri hrygningu laxa. Í raun má segja að snöggar og tíðar rennslisbreytingar sé viðbótarálag sem leggist ofan á náttúruleg umhverfisskilyrði sem leiða til aukinna affalla og kallar því á aukna hrygningu til að standa undir sömu stofnstærð. Líklega er hægt að minnka þessi áhrif þótt ljóst sé að veiðiréttarhafar þurfa að sjá til þess að ekki sé veitt umfram það sem laxastofn Sogs þarf af hrognum til viðhalds. Tryggja þarf að nýting geti talist sjálfbær en kveðið er á um slíkt í lögum um lax- og silungsveiði. Ef aðrir þættir eru ekki takmarkandi, s.s. rennslissveiflur, ætti aukin hrygning laxa í Sogi að skila sér í auknum seiðapétteleika. Með merkingu göngulaxa í Sogi með útvarpsmerkjum má fá staðsetningu þeirra á hrygningartíma. Slíkar merkingar gæfu frekari upplýsingar um dreifingu hrygningarstaða laxa, hvar í Sogi laxinn hrygnir og við hvaða aðstæður. Þessar upplýsingar myndu tengjast og styrkja rannsóknir á hrygningarblettum, dreifingu og þéttleika seiða í Sogi. Samhliða mætti efla rannsóknir á hrygningarblettum, þar sem gerðar verða nákvæmari mælingar á blettunum með það að markmiði að glöggva sig enn frekar á skilum milli hrygningarbletta silunga og laxa. Reikna má með að frekari upplýsingar um riðabletti, m.a. lengri gagnaröð þar að lútandi geti gefið gleggri mynd af tengslum hrygningar og seiðabúskapar árinna en nú er. Kortlagning á grynningum við Sakkarhólma sérstaklega, m.t.t. búsvæða til hrygningar gæfu upplýsingar um hvort leiðir gætu verið til að bæta þar hrygningarbúsvæði. Með eflingu aldursrannsókna laxa úr veiði fengjust betri gögn til að meta breytileika í aldri og lífssögu laxa á milli ára.

Styrkur væri í því að fá mat á breytileika í veiðni seiða í þéttleikamati í Sogi til að styrkja þéttleikagögnin og meta frekar áreiðanleika þeirra. Varðandi smádyrarannsóknir lutu meginspurningarnar að því að fylgjast með framboði fæðu fyrir laxfiska. Í því ljósi þarf að vera tryggt að gögn um fæðu fiskseiða og fæðuframboð séu það áreiðanleg að þau geti svarað þeim spurningum sem varpað er fram. Í því sambandi er rétt að ítreka mikilvægi fjölda sýna en vegna þess hversu fá seiði hafa veiðst hefur það haft áhrif á þann fjölda sýna sem tekin hafa verið. Ennfremur er nauðsynlegt að tímasetningar og staðsetning á sýnatökum séu vel skipulagðar til að svara þeim spurningum sem varpað er fram. Því er ekki víst að botnsýnatökur og sýni til fæðurannsókna þurfi að vera um allt Sog, heldur að leggja áherslu á einn eða tvo valda staði til

þessa. Nauðsynlegt er að skilgreina vel og ákvarða metla (indexa) sem hægt er að nota til að svara spurningum um breytingar á lífríki Sogs. Þessir metlar gætu t.d. verið fjölbreytileiki smádýra á botni og í reki á einum til tveimur stöðum í Sogi. Metlar þessir þurfa ekki að vera háðir þeim kvöðum sem magnbundnar mælingar gera og geta verið bæði einfaldari og ódýrari en mælingar á magnbundinn máta.

Varðandi seiðasleppingar sem lausn til eflingar seiðabúskap laxaseiða í Sogi verður að taka fram að tilgangur og markmið með hverskonar inngrípum í stofna og búsvæði þeirra þurfa að vera skýr og þörf fyrir slíkt vandlega skilgreind sem og hvaða árangurs eða áhrifa megi vænta. Einnig að hægt sé að meta árangur af inngrípum. Ef inngríp eru talin nauðsynleg er æskilegt að þau séu gerða á sem fyrstu stigum lífsferlis fisk svo að náttúrulegir valkraftar verki í sem lengstan tíma (sjá: [http://www.nasco.int/pdf/far\\_fisheries/Fisheries%20Guidelines%20Brochure.pdf](http://www.nasco.int/pdf/far_fisheries/Fisheries%20Guidelines%20Brochure.pdf)). Rétt er jafnframt að taka fram að markmið laga um lax- og silungsveiði nr. 61/2006 er að tryggja sjálfbæra nýtingu stofna lax og silungs. Það er því ekki hægt að benda á fiskræktaraðgerðir sem lausn er varða þá þætti sem snúa að fiskstofnum, nema að vel athuguðu máli, enda getur þeim fylgt neikvæð áhrif þegar til lengri tíma er litið.

## 6. Þakkarorð

Starfsmenn Veiðimálastofnunar hafa í gegnum árin komið að söfnun og úrvinnslu gagna úr Sogi. Veiðifélag Árnesinga hóf rannsóknir í Sogi og lagði þeim fé, og hafa rannsóknir í öðrum ám á vatnsvæðinu verið unnar fyrir félagið. Starfsfólk Fasteignaskrár Íslands, Veðurstofu Íslands, Búnaðarfélags Íslands, Sigurður R. Gíslason og starfsfólk Landsvirkjunar veittu aðgang að gögnum sem nýttust í samantekt þessari. Skýrsluna lásu yfir í handriti, Benóný Jónsson, Gísli Már Gíslason og Þórólfur Antonsson og Hákon Aðalsteinsson og færðu margt til betri vegar. Ofantöldum aðilum eru færðar bestu þakkir fyrir.

## 7. Heimildir

- Amundsen, P.A., H.M. Gabler og L.S. Riise 2001. Intraspecific food resource partitioning in Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in a subarctic river. *Aquatic Living Resources* 14 (4):257-265.
- Arnthor Gardarsson, Árni Einarsson, Gísli Már Gíslason, Thóra Hrafnisdóttir, Haraldur R. Ingvason, Erlendur Jónsson og Jón S. Ólafsson 2004. Population fluctuations of chironomid and simuliid Diptera at Myvatn in 1977–1996. *Aquatic Ecology* 38:209–217.
- Árni Einarsson og Ramesh D. Gulati (ritstj.) 2004. Ecology of Lake Myvatn and the River Laxá: Temporal and spatial variation. *Aquatic Ecology* 38:109-348.
- Árni Ísaksson 2008. Stjórn veiðimála í 75 ár. Í: *Landsamband veiðifélaga 50 ára. Afmælisrit*. (Snorri Þorsteinsson ritstj.). Landsamband Veiðifélaga. Reykjavík. Bls.69-91.
- Bohlin T., S. Hamrin, T.G. Heggberget, G. Rasmussen og S.J. Saltveit 1989. Electrofishing-Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Bacon P.J., W.S., C. Gurney, W. Jones, I.S. McLaren og A.F. Youngson 2005. Seasonal growth patterns of wild juvenile fish: partitioning variation among explanatory variables, based on individual growth trajectories of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr *Journal of Animal Ecology*, 74: 1–11.
- Benóný Jónsson, Magnús Jóhannsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2010. *Fiskrannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2009*. Veiðimálastofnun, VMST/10004. 22. bls.
- Beland, K.F. 1996. The relation between redd counts and Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr populations in the Dennys River, Maine. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:513–519.
- Benke, A. C., I. Chaubey, G. M. Ward og E. L. Dunn 2000. Flood pulse dynamics of an unregulated rivers floodplain in the southeastern U.S. coastal plain. *Ecology*, 81: 2730–2741.
- Bradford, M.J. 1997. An experimental study of stranding of juvenile salmonids of gravel bars and inside channels during rapid flow decreases. *Regulated Rivers and Management* 13:395-401.
- Brusev, M.A., W.R. Meehan og R.C. Biggam 1990. The role of aquatic moss on community composition and drift of fish-food organisms. *Hydrobiologia* 196(1):39–50.
- Bunn, S.E. og A.H. Arthington 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, 30:492–507.
- Búnaðarfélag Íslands, 2009. Forðagæsluskýrslur 1981–2007.
- Chantha, S.C., Cloutier, L. og Cattaneo, A. 2000. Epiphytic algae and invertebrates on aquatic mosses in a Quebec stream. *Archiv für Hydrobiologie* 147(2):143 – 160.
- Crisp, D.T. og Carling, P.A. 1989. Observations of siting, dimensions and structure of salmonid redds. *Journal of Fish Biology*, 34: 119-134.
- Crozier, W.W., E.C.E. Potter, E. Prévost, P-J. Schon og N. Ó Maoiléidigh 2003. A co-ordinated approach towards the development of a scientific basis for management of wild Atlantic salmon in the north-east Atlantic (SALMODEL – *Scientific Report Contract QLK5–1999–01546 to EU Concerted Action Quality of Life and Management of Living Resources*. Queen's University of Belfast, Belfast. 431 bls.



- Dunham, J., B. Rieman og K. Davis 2001. Sources and magnitude of sampling error in redd counts for Bull Trout. *North American Journal of Fisheries Management* 21:343–352.
- 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. 1967. The food of Trout (*Salmo trutta*) in a Dartmoor Stream. *Journal of Applied Ecology* 4(1):59–71.
- Elliott J.M. 1993. A 25-year study of production of juveniles sea trout *Salmo trutta*, in an English Lake District stream. Í: R.J. Gibson og R.E. Cutting (ritstj.) Production of juveniles Atlantic salmon, *Salmo salar*, in natural waters. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 118:109–122.
- Elliott J.M. 2001. The relative role of density in the stock-recruitment relationship of salmonids. Í: Prévost, É. og G. Chaput (ritstj.). *Stock, recruitment and reference points assessment and management of Atlantic salmon*. INRA editions, Paris 2001. Bls.. 25–66
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Sigríður Magnea Óskarsdóttir, Njáll Fannar Reynisson og Peter Torssander 2009. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XII. *Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar*, RH-04-2009. 52 bls.
- Fasteignaskrá Íslands 2009. Gögn fengin í mars 2009.
- Finnur Garðarsson 1983. *Tetthet, vekst og produktion av laksengel (Salmo salar L.) i elvene Ellidaár og Hólmhá á Ísland*. Ritgerð til Cand. Sci. prófs við Óslórháskóla. 82 bls.
- Finnur Guðmundsson og Geir Gígja 1941. Vatnakerfi Ölfusár - Hvítár. *Rit Fiskideildar 1941*. 1:1–78 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.
- Fleming, I.A. 1996. Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 6:379–416.
- Friðbjófur Árnason, Þóroldur Antonsson og Sigurður M. Einarsson 2005. Evaluation of single-pass electric fishing to detect changes in population size of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) juveniles. *Icel. Agr. Sci.* 18:67–73.
- Gísli Már Gíslason 1985. The life cycle and production of *Simulium vittatum* Zett. in the River Laxá, North-East Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22:3281–3287.
- Gísli Már Gíslason 1991. Lífið í Laxá. Í: Árnþór Garðarsson og Árni Einarsson (ritstj.) *Náttúra Mývatns*. Hið Íslenska náttúrufræðifélag. Bls. 219–235.
- Gísli Már Gíslason 1994. River Management in Cold Regions: A case study of the River Laxá, North Iceland. 24. Kafli, bls. 464–483 í *Rivers Handbook* (ritstj.. P. Calow og G.E. Petts), 2. Bindi, 523 bls. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Gísli Már Gíslason og Arnthór Gardarsson 1988. Long term studies on *Simulium vittatum* Zett. (Diptera: Simuliidae) in the River Laxá, North Iceland, with particular reference to different methods used in assessing population changes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23:2179–2188.

- Gísli M. Gíslason, Hákon Aðalsteinsson, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson og Kristín Svavarsdóttir 2001. Longitudinal changes in macroinvertebrate assemblages along a glacial river system in central Iceland. *Freshwater Biology* 46:1737–1751.
- Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson og Hákon Adalsteinsson 1998. Animal communities in Icelandic rivers in relation to catchment characteristics and water chemistry. Preliminary results. *Nordic Hydrology*, 29(2):129–148.
- Gísli Már Gíslason og Stefan Ó. Steingrímsson 2004. Seasonal and spatial variation in the diet of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the subarctic River Laxá, North-East Iceland. *Aquatic Ecology* 38: 263–270.
- Gísli M. Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985. Bitmýið í Laxá í Suður - Þingeyjarsýslu. *Náttúrufræðingurinn* 55 (4):175–194.
- 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.
- Guðni Guðbergsson 2009a. *Lax- og silungsveiðin 2008*. Veiðimálastofnun, VMST/09035. 33 bls.
- Guðni Guðbergsson 2009b. *Laxá í Aðaldal. Seiðabúskapur, endurheimtur gönguseiða og veiði 2008*. Veiðimálastofnun, VMST/09025. 51 bls.
- Guðni Guðbergsson 2010. *Laxá í Aðaldal. Seiðabúskapur, endurheimtur gönguseiða og veiði 2009*. Veiðimálastofnun, VMST/10026. 53 bls.
- Hay, D.W. 1987. The relationship between the redd counts and the numbers of spawning salmon in Girnock Burn (Scotland). *J. Cons. int. Explor. Mer.* 43(2): 146–148
- Halldór Björnsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir, Anna K. Daniélsdóttir, Árni Snorrason, Bjarni D. Sigurðsson, Einar Sveinbjörnsson, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Snorri Baldursson, Sólveig Þorvaldsdóttir og Trausti Jónsson 2008. *Hnattrænar loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi – Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar*. Umhverfissráðuneytið. 118 bls.
- Halleraker, J.H., S.J. Saltveit, A. Harby, J.V. Arnekleiv, H.-P. Fjeldstad og B. Kohler 2003. Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. *River Research and Applications* 19:589–603.
- Harby, A., K. Alfredsen, J.V. Arnekleiv, L.E.W. Flodmark, J.H. Halleraker, S. Johansen og S.J. Saltveit, 2004. *Raske vannstandsendringer i elver. – Virkningene på fisk, bunndyr og begroing*. Lokaskýrsla úr verkefninu: “Konsekvenser av effectkjøring på økosystemer i rennende vann”. SINTEF Energiforskning Trondheim AS: 39 bls.
- Hårsaker, K., E.B. Thorstad, J.I. Koksvik, T.F. Næsje, H. Reinertsen, O. Ugedal, T. Forseth og L. Saksgård 2000. *Biologiske undersøkelser i Altaelva, 1999*. Altaelva-rapport nr. 13: 77 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Thorolfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason 2000. Biodiversity of macroinvertebrates on rocky substrate in the surf zone of Icelandic lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27:121–127.
- Hilmar J. Malmquist, Þorolfur Antonsson, Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson og Friðþjófur Árnason 2009. Salmonid fish and warming of shallow Lake Elliðaavatn in Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 30:1127–1132.

- Hilmar J. Malmquist 2002. Urriðinn forðum í Efra-Sogi. Í: Pétur M. Jónasson og Páll Hersteinsson (ritstj.). *Pingvallavatn. Undirheimur í mótun*. Mál og menning. Bls. 224–235.
- 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.
- Hynes, H.P.N. 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitus*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology* 19:36–58.
- 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 chatch data of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Icel. Agr. Sci.* 21:61–68.
- Jensen A.J. 2003. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the regulated River Alta: effects of altered water temperature on parr growth. *River Research and Applications* 17:733–744.
- Jensen, A. J. og B.O. Johnsen 1999. Functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and (*Salmo trutta*). *Functional Ecology* 13:778–785.
- 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.
- Johnson J.H., Nack C.C., McKenna J.E., 2010. Migratory salmonid redd habitat characteristics in the Salmon River, New York. *Journal of Grate Lakes Research*, 36 (2): 387–392.
- Johansen, M., E.B. Thorstad, A.H. Rikardsen, J.I. Koksvik, O. Ugedal, A.J. Jensen, L. Saksgard, T.F. Næsje 2010. Prey availability and juvenile Atlantic Salmon feeding during winter in a regulated subarctic river subject to loss of ice cover. *Hydrobiologia* 644: 217–229.
- Jónasson, P.M. og C. Lindegaard 1988. Ecosystem studies of North Atlantic Ridge lakes. *Verh. Internat. Ver. Limnol.* 23:394–403.
- Jón Kristjánsson, 1991. Fiskurinn í Mývatni og Laxá. Í: Arnþór Garðarsson og Árni Einarsson (ritstj.) *Náttúra Mývatns*. Hið Íslenska Bókmenntafélag, Reykjavík. Bls. 257–277.
- Jón S. Ólafsson, Árni Einarsson, Gísli Már Gíslason og Yann Kolbeinsson 2004. *Samhengi botngerðar og botndýra í Laxá í S. Þingeyjarsýslu*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 72, 35 bls.
- Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir og Gísli Már Gíslason 1998. *Botndýralíf í Elliðaánum*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 41.
- 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.
- Jónas Hallgrímsson 1847. Ljóðmæli, J. D. Kvisti, Kaupmannahöfn.
- Keeley, E.R. og J.W.A. Grant 1995. Allometric and environmental correlates of territory size in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52:186–196.

- Keeley, E.R. og J.W.A. Grant 1997. Allometry of diet selectivity in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 54:1895–1902.
- Lammert, M. og J.D. Allan 1999. Environmental Auditing. Assessing biotic integrity of streams: Effects of scale in measuring the influence of land use/cover and habitat structure on fish and macroinvertebrates. *Environmental Management* 23(2): 257–270.
- Laufey B. Hannesdóttir 2007. *Rennsli Sogs og vatnshæð í Þingvallavatni, Úlfjótavatni, Írafosslóni og Álfavatni*. Landsvirkjun, LV-2007/052. 67 bls.
- Legendre, P. og L. Legendre 1998. *Numerical ecology*. Second English edition. Elsevier Science. 853 bls.
- Magnús Jóhannsson 1984. *Ernæring, tetthet og vekst hos ársyngel av laks (Salmo salar L.) i elven Bugda i Island*. Ritgerð til Cand. Sci. prófs við Óslóarháskóla. 82 bls.
- Magnús Jóhannsson og Guðni Guðbergsson 1994. *Fiskirannsóknir á Úlfjótavatni 1994*. Veiðimálastofnun, VMST-S/94010X. 16. bls.
- Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Sigurður Guðjónsson 1996. *Sog, lífríki þess og virkjanir*. Veiðimálastofnun, VMST-S/96002. 38 bls.
- Magnús Jóhannsson 1997. *Rannsóknir á fiski og bitmýi í Sogi árið 1997*. Veiðimálastofnun, VMST-S/97006. 24 bls.
- Magnús Jóhannsson 1998. *Rannsóknir á fiski og bitmýi í Sogi árið 1998*. Veiðimálastofnun, VMST-S/98008X. 21 bls.
- Magnús Jóhannsson 1999. *Rannsóknir á fiski og bitmýi í Sogi árið 1999*. Veiðimálastofnun, VMST-S/98009. 22 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2000. *Rannsóknir á fiski og bitmýi í Sogi árið 2000*. Veiðimálastofnun, VMST-S/000010. 23 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2002. *Fiskrannsóknir í Sogi árið 2001*. Veiðimálastofnun, VMST-S/02002. 21 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson og Erla Björk Örnólfsdóttir 2003. *Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi*. Veiðimálastofnun, VMST-S/03002. 38 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson og Ragnhildur Magnúsdóttir 2004. *Fisk- og botndýrarannsóknir ásamt búsvæðamati í Sogi og þverám þess 2003*. Veiðimálastofnun, VMST-S/04004. 34 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson og Ragnhildur Magnúsdóttir 2005. *Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2004*. Veiðimálastofnun, VMST-S/05002. 30 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Ragnhildur Magnúsdóttir og Jón S. Ólafsson 2006. *Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2005*. Veiðimálastofnun, VMST-S/06002. 32 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og Jón S. Ólafsson 2007. *Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2006*. Veiðimálastofnun, VMST/07016. 33 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Jón S. Ólafsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, 2008. *Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2007*. Veiðimálastofnun, VMST/08005. 31 bls.

- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2009. *Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2008*. Veiðimálastofnun, VMST/09034. 28 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2011. *Fiskrannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2010*. Veiðimálastofnun, VMST/11024. 28 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2010. *Fiskrannsóknir á Tungufljóti í Biskupstungum 2010*. Veiðimálastofnun VMST/11029. 19 bls.
- Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004. *Fiskstofnar vatnasvæðis Ölfusár-Hvítár, seiðabúskapur, veiði, veiðinýting og fiskræktarmöguleikar*. Veiðimálastofnun, VMST-S/04001X. 52 bls.
- Mills, D.H. 1989. *Ecology and Management of Atlantic salmon*. Chapman and Hall, London. 351 bls.
- Müller, K. 1954. Investigations on the organic drift in North Swedish streams. Report of the Institute of Freshwater Research, Drottningholm, 34:133-148.
- Neale, M.W., M.J. Dunbar, J.I. Jones og A.T. Ibbotson 2008. A comparison of the relative contributions of temporal and spatial variation in the density of drifting invertebrates in a Dorset (U.K.) chalk stream. *Freshwater Biology* 53:1513–1523.
- Nicholas E.J., M.T. William og G.J. Scrimgeour 2003. Selective feeding of age-0 Arctic grayling in lake-outlet streams of Northwest Territories, Canada. *Environmental Biology of Fishes* 67:169–178.
- Oliver, D.R. 1971. Life history of the Chironomidae. *Annual Review of Entomology* 16:211–230.
- 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 bls.
- Ó Maoiléidigh N., P. McGinnity, E. Prévost, E.C.E. Potter, P. Gargan, W.W. Crozier, P. Mills, og W. Roche 2004. Application of pre-fishery abundance modelling and Bayesian hierarchical stock and recruitment analysis to the provision of precautionary catch advice for Irish salmon (*Salmo salar* L.) fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 61:1370–1378.
- Peterson, B.V. 1977. The black flies of Iceland (Diptera: Simuliidae). *Can. Ent.* 109:449-472.
- 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.
- Quinn, G.P. og M.J. Keough 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, Cambridge. 537 bls.
- Ricker, W.E. 1954. Stock and recruitment. *J. Fish. Res. Board. Can.* 11:559–623.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, R. Wigington og D.P Braun 1997. How much water does a river need? *Freshwaer Biology* 37:231–249.
- Robinson, C.T., U. Uehlinger og M.T. Monaghan 2004. Stream ecosystem response to multiple experimental floods from a reservoir. *River Research and Applications* 20:359–377.
- 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.
- Scarnecchia, D.L. 1984. Climatic and oceanic variation effecting yield of Icelandic stocks of Atlantic salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41:917–935.
- Sigurjón Rist 1990. *Vatns er þörf*. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík. 248 bls.
- Sigurður Már Einarsson og Guðni Guðbergsson 2003. The effects of the net fishery closure on angling catch in the River Hvítá, Iceland. *Fisheries Management and Ecology* 10:73–78.
- Schindler, D.W. 1998. Sustaining aquatic ecosystems in boreal regions. *Conservation Ecology* [online] 2(2): 18. URL: <http://www.consecol.org/vol2/iss2/art18/>
- Sponseller, R.A., E.F. Benfield og H.M. Valett 2001. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. *Freshwater Biology* 46:1409–1424.
- <http://soundmetrics.com/products>. (24.03. 2011).
- [http://www.nasco.int/pdf/far\\_fisheries/Fisheries%20Guidelines%20Brochure.pdf](http://www.nasco.int/pdf/far_fisheries/Fisheries%20Guidelines%20Brochure.pdf). (24.03.2011).
- Stefán M. Stefánsson, Jón S. Ólafsson, Hákon Adalsteinsson og Gísli M. Gíslason 2006. The structure of chironomid and simuliid communities in direct run-off rivers on Tertiary basalt bedrock in Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29:2015–2020,
- Stefán Ó. Steingrímsson og Gísli M. Gíslason 2002. Body size, diet and growth of landlocked brown trout, *Salmo trutta*, in the subarctic River Laxá, North-East Iceland. *Environmental Biology of Fishes* 63:417–426.
- Steinman, A.D. og Boston, H.L. 1993. The ecological role of aquatic bryophytes in a woodland stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 12(1):17–26.
- Suren, A. 1991. Bryophytes as invertebrate habitat in two New Zealand alpine streams. *Freshwater Biology* 26:399–418.
- Suren, A. 1993. Bryophytes and associated invertebrates in first-order alpine streams of Arthur's Pass, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 27:479–494.
- Sögufélagið 1979. *Árnessýsla. Sýslu og sóknalýsingar Hins íslenska bókmenntafélags 1839–1843*. Sögufélagið Reykjavík. 277 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.
- Thora Hrafnisdóttir 2005. *Diptera 2 (Chironomidae)*. Í: *The Zoology of Iceland III*, 48b, Einar Munksgaard, Kaupmannahöfn. 169 bls.
- Thorolfur Antonsson, Guðni Guðbergsson og Sigurdur Guðjonsson 1996. Environmental continuity in fluctuation of fish stocks in the North Atlantic Ocean, with particular reference to Atlantic salmon. *North American Journal of Fisheries Management* 16:540–547.

- Tumi Tómasson 1975. *Undersökning av juvenila lax- og öringspopulationer i Úlfarsá, en liten islansk alv*. Námsverkefni við háskólann í Uppsölum. 22 bls.
- Ugedal, O., Forseth, T., Jensen, A.J., Koksvik, J.I., Næsje, T.F., Reinertsen, H., Saksgård, L. og Thorstad, E.B. 2002. *Effekter av kraftutbyggingen på laksebestanden i Altaelva: undersøkelser i perioden 1981–2001*. Altaelva-rapport nr. 22. 166 bls.
- Ugedal, O., T.F. Næsje, E.B. Thorstad, F. Torbjörn, L.M. Saksgard, T.G. og Heggberget T.G. 2008. Twenty years of hydropower regulation in the River Alta: long-term changes in abundance of juvenile and adult Atlantic salmon. *Hydrobiologia* 609:9–23.
- Veðurstofa Íslands 2009. Gagnabanki Veðurstofu Íslands, Afgreiðsla nr. 2009-03-17/01.
- 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.
- Wankowsky, J.W.J. 1979. Morphological limitations, prey size selectivity, and growth response of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J. Fish. Biol.* 14:89–100.
- Wankowski, J.W.J. og J.E. Thorpe 1979. Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) juveniles. *J. Fish Biol.* 14:239–247.
- Þór Guðjónsson 1964. *Áhrif vatnstöku úr Úlfarsá á veiði í ánni*. Skýrsla. 55 bls.
- Þórólfur Antonsson 1983. *Vöxtur, fæða og fæðuframboð laxa- og urriðaseiða í Leirvogsa 1981*. Prófrítgerð framhaldsnáms (30 eininga 4 árs nám) við líffræðiskor Háskóla Íslands. 54 bls.
- Þórólfur Antonsson 1998. *Breytileiki í framleiðslu laxaseiða í tveimur íslenskum ám og endurheimtur þeirra úr hafi*. M.S. ritgerð við líffræðiskor Háskóla Íslands. 147 bls.
- Þórólfur Antonsson og Tumi Tómasson 1998. *Þættir sem hafa áhrif á meðallengd laxaseiða í Miðfjarðará*. Veiðimálastofnun, VMST-R/98021. 28 bls.
- Þórólfur Antonsson 2010. *Rannsóknir á fiskstofnum Hofsaár 2009*. Veiðimálastofnun, VMST/10016. 20 bls.
- Þórólfur Antonsson, Sigurður Már Einarsson og Guðni Guðbergsson 2002. *Veiðiálag, stærð hrygningarstofns og nýliðun í litlum ám*. Veiðimálastofnun, VMST-R/0224. 31 bls.

## 8. Viðaukar

**Viðauki I.** Listi yfir sýnatökur botndýra; sýnatökustaði, sýnatökudag, fjölda sýna sem tekin voru, fjölda sýna sem búið er að vinna úr og hve ítarlega sýnin voru flokkuð. Tölurnar ofan skástriks tákna hve mörg sýni voru flokkuð af þeim sem tekin voru (tala neðan skástriks). Fettleitraðir bókstafir aftan við fjölda sýna tákna hve nákvæmlega sýnin voru flokkuð; **A:** bitmý talið, **B:** bitmý og rykmý talið og **C:** öll smádýr talin og sundurgreind í helstu hópa.

| Sýnatökustaður - ár                                     | Stö | 1995     | 1996 | 1997     | 1998    | 1999    | 2000    | 2001      | 2002     | 2003    | 2004    | 2005    | 2006     | 2007    | 2008     |
|---------------------------------------------------------|-----|----------|------|----------|---------|---------|---------|-----------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| Efra-Sog (neðar) - dags.                                | B0  | 18. okt. |      |          |         |         |         |           |          |         |         |         |          |         |          |
| Efra-Sog (neðar) - unnin sýni/tekin sýni - úrvinnsla    | B0  | 5/5 - A  |      |          |         |         |         |           |          |         |         |         |          |         |          |
| Efra-Sog (útfall) - dags.                               | B1  | 18. okt. |      | 26.      | 25.     | 19.     | 16.     | 28.       | 22. okt. | 29.     | 30.     | 24.     | 30.      | 30.     | 3. sept. |
| Efra-Sog (útfall) - unnin sýni/tekin sýni - úrvinnsla   | B1  | 5/5 - A  |      | 5/5 - A  | 5/5 - A | 5/5 - A | 5/5 - B | 3/5 - B   | 3/4 - B  | 3/3 - C | 3/3 - C | 3/3 - C | 3/3 - C  | 5/5 - C | 5/5 - C  |
| Efra-Sog (neðst) - dags.                                | B2  | 18. okt. |      | 26.      | 25.     |         |         |           |          |         |         |         |          |         |          |
| Efra-Sog (neðst) - unnin sýni/tekin sýni - úrvinnsla    | B2  | 5/5 - A  |      | 5/5 - A  | 7/7 - A |         |         |           |          |         |         |         |          |         |          |
| Kálfhólmsmýri - dags.                                   | B3  |          |      | 26.      | 21.     | 19.     | 16.     | 28.       | 6. sept. | 28.     | 30.     |         |          |         |          |
| Kálfhólmsmýri - unnin sýni/tekin sýni - úrvinnsla       | B3  |          |      | 5/5 - A  | 5/5 - A | 5/5 - A | 5/5 - B | 3/5 - B   | 3/4 - B  | 3/3 - C | 3/3 - C |         |          |         |          |
| Sakkarhólmi - dags (sumar)                              | B5  |          |      |          |         |         |         |           | 23. júlí |         |         |         |          |         |          |
| Sakkarhólmi (sumar) - unnin sýni/tekin sýni - úrvinnsla | B5  |          |      |          |         |         |         |           | 4/4 - B  |         |         |         |          |         |          |
| Sakkarhólmi - dags.                                     | B5  |          |      | 5. sept. | 25.     | 17.     | 16.     | 10. sept. | 6. sept. | 28.     | 27.     | 25.     | 4. sept. | 27.     | 2. sept. |
| Sakkarhólmi - unnin sýni/tekin sýni - úrvinnsla         | B5  |          |      | 5/5 - A  | 5/5 - A | 5/5 - A | 5/5 - B | 3/5 - B   | 3/4 - B  | 3/3 - C | 3/3 - C | 3/3 - C | 3/3 - C  | 5/5 - C | 5/5 - C  |
| Alviðra - dags (sumar)                                  | B4  |          |      |          |         |         |         |           | 23. júlí |         |         |         |          |         |          |
| Alviðra (sumar) - unnin sýni/tekin sýni - úrvinnsla     | B4  |          |      |          |         |         |         |           | 3/4 - B  |         |         |         |          |         |          |
| Alviðra - dags.                                         | B4  |          |      | 26.      | 21.     | 17.     | 16.     | 10. sept. | 6. sept. | 28.     | 30.     | 25.     | 4. sept. | 27.     | 2. sept. |
| Alviðra - unnin sýni/tekin sýni - úrvinnsla             | B4  |          |      | 5/5 - A  | 5/5 - A | 5/5 - A | 5/5 - B | 3/5 - B   | 4/4 - B  | 3/3 - C | 3/3 - C | 3/3 - C | 2/2 - C  | 5/5 - C | 5/5 - C  |



**Viðauki II.** Listi yfir gagnasöfnun í seiðarannsóknunum í Sogi og þverám þess. Ófiskgeng svæði eru táknuð með Ó og fiskgeng svæði eru táknuð með bókstafnum F. Tölustafur aftan við bókstafinn X táknar að veitt hafi verið þar tvisvar viðkomandi ár. Sjá nánari staðsetningu stöðva á 1. mynd.

| Stöð nr. | Vatnsfall, staður  | Fiskgengi | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | Fjöldi ára |
|----------|--------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| 603      | Efra-Sog           | Ó         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 7          |
| 600      | Sog, Syðri-Brú     | F         |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6          |
| 608      | Sog, Gljúfur       | F         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    |      |      |      | 2          |
| 609      | Sog, Sakkarhólmi   | F         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | x2   | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 12         |
| 610      | Sog, Ásgarður      | F         |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 23         |
| 620      | Sog, Álfavatn      | F         | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 24         |
| 621      | Sog, Hólmar        | F         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | 5          |
| 622      | Sog, Þrastarlundur | F         |      |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1          |
| 630      | Sog, Alviðra       | F         |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x2   | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 23         |
| 660      | Tunguá             | F         |      | x2   |      | x    | x    | x    | x    |      | x    |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 19         |
| 679      | Ásgarðslækur       | F         |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 22         |
| 671      | Berjaholtslækur    | F         |      |      |      | x    | x    |      |      |      | x    |      |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 15         |
| 661      | Ytriá, Torfastaðir | Ó         |      |      |      |      |      | x    |      |      |      |      |      |      | x    | x    | x    | x    |      | x    |      | x    | x    | x    | x    | x    | 11         |
| 655      | Ytriá, Torfastaðir | Ó         |      | x    | x    | x    | x    |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    | x    | x    |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 4          |
| 663      | Þverá              | Ó         |      |      |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1          |
| 664      | Austurá            | Ó         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | 5          |
| 670      | Berjaholtslækur    | Ó         |      |      |      |      | x    |      | x    |      |      |      |      |      | x    | x    |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |      | 5          |
| 672      | Hæðarendalækur     | Ó         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    | x    | x    |      |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | 9          |
| 690      | Brúará             | Ó         |      |      | x    | x    | x    | x    | x    |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    | x    |      |      | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 19         |
| 691      | Brúará             | Ó         |      |      |      |      |      |      |      |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1          |

***Viðauki III.** Fjöldi veiddra laxa í Ölfusá, Hvítá og Sogi skipt eftir veiðiaðferðum á árunum 1973–2008.*

| <i>Ár</i> | <i>Ölfusá<br/>Net</i> | <i>Ölfusá<br/>Stöng</i> | <i>Hvítá<br/>Net</i> | <i>Hvítá<br/>Stöng</i> | <i>Sog<br/>Stöng</i> |
|-----------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| 1973      | 6128                  | 636                     | 4158                 | 1236                   | 936                  |
| 1974      | 5689                  | 572                     | 4199                 | 653                    | 526                  |
| 1975      | 6853                  | 298                     | 3604                 | 1175                   | 593                  |
| 1976      | 6039                  | 549                     | 3294                 | 1159                   | 589                  |
| 1977      | 7415                  | 542                     | 3609                 | 599                    | 537                  |
| 1978      | 6416                  | 825                     | 4990                 | 1169                   | 620                  |
| 1979      | 4768                  | 503                     | 2898                 | 1028                   | 439                  |
| 1980      | 8475                  | 11                      | 2529                 | 299                    | 238                  |
| 1981      | 4587                  | 102                     | 3766                 | 762                    | 329                  |
| 1982      | 2910                  | 368                     | 2440                 | 634                    | 343                  |
| 1983      | 3846                  | 237                     | 3361                 | 846                    | 248                  |
| 1984      | 2902                  | 381                     | 2503                 | 941                    | 361                  |
| 1985      | 2748                  | 254                     | 1448                 | 550                    | 424                  |
| 1986      | 3800                  | 405                     | 2424                 | 990                    | 497                  |
| 1987      | 2248                  | 393                     | 2127                 | 933                    | 490                  |
| 1988      | 3983                  | 535                     | 2154                 | 788                    | 714                  |
| 1989      | 2025                  | 680                     | 1477                 | 744                    | 325                  |
| 1990      | 2383                  | 315                     | 1761                 | 508                    | 397                  |
| 1991      | 1963                  | 255                     | 1602                 | 385                    | 396                  |
| 1992      | 2468                  | 293                     | 2043                 | 687                    | 341                  |
| 1993      | 2343                  | 515                     | 2021                 | 938                    | 429                  |
| 1994      | 2057                  | 375                     | 1595                 | 723                    | 283                  |
| 1995      | 1792                  | 366                     | 1670                 | 580                    | 300                  |
| 1996      | 1605                  | 192                     | 1215                 | 599                    | 254                  |
| 1997      | 1853                  | 185                     | 1456                 | 405                    | 252                  |
| 1998      | 1186                  | 224                     | 1841                 | 436                    | 413                  |
| 1999      | 2393                  | 155                     | 1363                 | 190                    | 491                  |
| 2000      | 1536                  | 258                     | 1158                 | 204                    | 249                  |
| 2001      | 651                   | 172                     | 719                  | 250                    | 317                  |
| 2002      | 1060                  | 186                     | 1059                 | 262                    | 289                  |
| 2003      | 1605                  | 118                     | 1636                 | 244                    | 370                  |
| 2004      | 1668                  | 159                     | 1293                 | 228                    | 257                  |
| 2005      | 2084                  | 204                     | 1137                 | 298                    | 307                  |
| 2006      | 1324                  | 138                     | 987                  | 361                    | 345                  |
| 2007      | 436                   | 324                     | 1983                 | 307                    | 669                  |
| 2008      | 1100                  | 573                     | 3120                 | 608                    | 576                  |
| Meðaltal  | 3121                  | 342                     | 2240                 | 631                    | 421                  |

**Viðauki IV. Fjöldi laxaseiða sem sleppt var í Sog og þverár þess árin 1985–2008.**

| <i>Ár</i> | <i>Kviðpoka-<br/>seiði</i> | <i>Sumar-<br/>alin seiði</i> | <i>Haut-<br/>seiði</i> | <i>Eins árs<br/>seiði</i> | <i>Göngu-<br/>seiði</i> |
|-----------|----------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 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                       | 2.233                   |
| 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      | 28.600                     |                              |                        |                           | 7.500                   |
| 1999      |                            | 15.775                       |                        |                           |                         |
| 2000      |                            |                              |                        |                           | 14.069                  |
| 2000      | 12.000                     | 15.800                       |                        |                           |                         |
| 2001      |                            |                              |                        |                           | 15.502                  |
| 2002      | 15.500                     |                              |                        |                           | 18.766                  |
| 2003      | 5.000                      | 5.700                        |                        |                           |                         |
| 2003      |                            |                              |                        |                           | 12.171                  |
| 2004      | 111.000                    |                              |                        |                           |                         |
| 2005      | 99.000                     |                              |                        |                           |                         |
| 2006      | 149.000                    |                              |                        |                           | 17.740                  |
| 2007      | 115.000                    |                              |                        |                           |                         |
| 2008      | 72.500                     |                              |                        |                           |                         |

**Viðauki V.** Sleppingar örmerktra laxaseiða í Sog árin 1986–2006 og heimtur þeirra í veiði. GS: gönguseiði, HS: haustseiði og SS: sumaralin seiði. Einnig er sýndur heildar fjöldi seiða í hópum (merkt og ómerkt) og reiknaðar heildar fjöldi endurheimtra laxa í veiði eftir sleppihópum.

| Sleppistaður            | Sleppiár | Seiða-<br>gerð | Merktur<br>fjöldi | Endurheimtur fjöldi |       |       |       | Endur-<br>heimtur<br>(%) | Heildar-<br>fjöldi<br>sleppt | Heildar-<br>fjöldi<br>heimt |
|-------------------------|----------|----------------|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                         |          |                |                   | 1. ár               | 2. ár | 3. ár | Samt. |                          |                              |                             |
| Bildsfell               | 1986     | GS             | 1.504             | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0,00                     | 1.504                        | 0                           |
| Bildsfell               | 1987     | GS             | 2.028             | 6                   | 1     | 0     | 7     | 0,35                     | 2.028                        | 7                           |
| Bildsfell               | 1993     | GS             | 1.914             | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0,00                     | 2.660                        | 0                           |
| Bildsfell               | 1994     | GS             | 999               | 13                  | 1     | 0     | 14    | 1,40                     | 2.459                        | 34                          |
| Bildsfell               | 1995     | GS             | 1.021             | 2                   | 0     | 0     | 2     | 0,20                     | 2.971                        | 6                           |
| Bildsfell               | 1996     | GS             | 2.005             | 8                   | 1     | 0     | 9     | 0,45                     | 4.066                        | 18                          |
| Bildsfell               | 1997     | GS             | 1.017             | 18                  | 0     | 0     | 18    | 1,77                     | 7.106                        | 126                         |
| Sakkargil               | 1997     | GS             | 1.007             | 7                   | 0     | 0     | 7     | 0,70                     | 6.015                        | 42                          |
| Bildsfell               | 1998     | GS             | 1.996             | 13                  | 0     | 0     | 13    | 0,65                     | 4.110                        | 27                          |
| Sakkargil               | 1998     | GS             | 2.005             | 10                  | 0     | 0     | 10    | 0,50                     | 4.110                        | 20                          |
| Álftavatn               | 1998     | HS             | 3.004             | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0,00                     | 6.000                        | 0                           |
| Bildsfell               | 1999     | GS             | 2.005             | 12                  | 0     | 0     | 12    | 0,60                     | 3.244                        | 19                          |
| Sakkargil               | 1999     | GS             | 2.002             | 10                  | 0     | 0     | 10    | 0,50                     | 4.373                        | 22                          |
| Tunguá                  | 1999     | SS             | 1.992             | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0,00                     | 8.000                        | 0                           |
| Brúará                  | 1999     | SS             | 2.010             | 0                   | 0     | 1     | 1     | 0,05                     | 3.830                        | 2                           |
| Ásgarðslækur            | 1999     | SS             | 2.013             | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0,00                     | 3.945                        | 0                           |
| Sakkargil               | 2000     | GS             | 2.015             | 8                   | 2     | 1     | 11    | 0,55                     | 6.986                        | 38                          |
| Bildsfell               | 2000     | GS             | 2.019             | 5                   | 1     | 0     | 6     | 0,30                     | 7.083                        | 21                          |
| Sakkargil               | 2001     | GS             | 2.008             | 15                  | 0     | 0     | 15    | 0,75                     | 6.700                        | 50                          |
| Bildsfell               | 2001     | GS             | 2.006             | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0,00                     | 8.802                        | 0                           |
| Sakkargil               | 2002     | GS             | 1.500             | 3                   | 0     | 0     | 3     | 0,20                     | 10.838                       | 22                          |
| Bildsfell               | 2002     | GS             | 1.500             | 0                   | 1     | 1     | 2     | 0,13                     | 7.928                        | 11                          |
| Sakkargil               | 2003     | GS             | 1.507             | 2                   | 0     | 0     | 2     | 0,13                     | 6.967                        | 9                           |
| Bildsfell               | 2003     | GS             | 1.512             | 4                   | 0     | 0     | 4     | 0,26                     | 5.204                        | 14                          |
| Ofan Álftavatns         | 2003     | SS             | 2.504             | 0                   | 1     | 0     | 1     | 0,04                     | 2.850                        | 1                           |
| Álftavatn og neðan þess | 2003     | SS             | 2.518             | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0,00                     | 2.850                        | 0                           |
| Sakkargil               | 2006     | GS             | 1.504             | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0,00                     | 6.361                        | 0                           |
| Bildsfell               | 2006     | GS             | 1.504             | 0                   | 1     | 0     | 1     | 0,07                     | 11.379                       | 8                           |
| Samtals                 |          | GS             | 36.578            | 136                 | 8     | 2     | 146   | 0,40                     | 122.894                      | 494                         |