

Tungufljót í Biskupstungum. Lífríkisrannsóknir vegna fyrirhugaðrar virkjunar

Magnús Jóhannsson
Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir
Benóný Jónsson
Jón S. Ólafsson
Jónína Herdís Ólafsdóttir



Veiðimálastofnun



Forsíðumynd: Tungufljót nálægt stíflustæði fyrirhugaðrar virkjunar

Myndataka: Magnús Jóhannsson

Tungufljót í Biskupstungum.
Lífríkisrannsóknir
vegna fyrirhugaðrar
virkjunar

Magnús Jóhannsson
Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir
Benóný Jónsson
Jón S. Ólafsson
Jónína Herdís Ólafsdóttir

Selfossi og Reykjavík janúar 2016, VMST/15028

Rannsóknin var unnin fyrir HS-Orku



Veiðimálastofnun

Veiðinýting • Lífríki í ám og vötnum • Rannsóknir • Ráðgjöf

Efnisyfirlit	Bls.
Ágrip	1
Inngangur	2
Lýsing á virkjunarframkvæmd	4
Staðhættir	4
Aðferðir	5
Eðlisþættir	6
Þörungar og botndýr	6
Búsvæðamat	9
Fiskrannsóknir	11
Töluleg úrvinnsla	11
Niðurstöður	12
Eðlisþættir	12
Þörungar	13
Botndýr	16
Búsvæðamat	18
Fiskrannsóknir	21
Umræða	23
Áhrif virkjunar	27
Þakkarorð	30
Heimildir	31
Viðaukar	34
Ljósmyndir	35

Töfluskra

Tafla 1. Botngildisstuðlar fyrir urriða og bleikju	10
Tafla 2. Gæðamat búsvæða eftir hundraðsmörkum	10
Tafla 3. Staðsetning sýnatökustöðva, eðlisþættir, vatnshiti, rafleiðni og sýrustig	13
Tafla 4. Magn blaðgrænu a á flatareiningu	14
Tafla 5. Niðurstöður búsvæðamats	19
Tafla 6. Vísitala seiðapéttleika	21
Tafla 7. Meðallengd seiða eftir tegundum og aldri	22

Myndaskra

Mynd 1. Yfirlitsmynd yfir rannsóknarsvæðið í Tungufljóti.....	5
Mynd 2. Vatnshiti í Tungufljóti við brú hjá Geysi.....	12
Mynd 3. Magn blaðgrænu a á fjórum sýnatökustöðvum í Tungufljóti	14
Mynd 4. Skipting blaðgrænu a milli blágrænbaktería, grænþörungna og kísilþörungna	15
Mynd 5. Smásjármyndir af kísilþörungnum vatnaflóka	15
Mynd 6. Meðalþéttleiki botndýra í Tungufljóti.....	16
Mynd 7. Hlutföll fjögurra algengustu hópa botndýra	17
Mynd 8. Hlutföll rykmýstegunda á fjórum sýnatökustöðvum í Tungufljóti.....	18
Mynd 9. Samanburður á heildarþéttleika botndýra í nokkrum lindám á landinu.....	25
Mynd 10. Hlutfall rykmýs af heildarfjölda botndýra í nokkrum lindám á landinu.	26

Ágrip

Tungufljót í Biskupstungum er ein af þverám Hvítár í Árnessýslu. Lax, urriði og bleikja eru í Tungufljóti og eru staðbundinn urriði og bleikja ríkjandi tegundir laxfiska. Meginhluti vatns sem fellur til Tungufljóts er fremur kalt lindarvatn. Í ánni er einkum laxveiði og þá helst neðantil í henni. HS-Orka vinnur að umhverfismati á 9,9 MW rennslisvirkjun í efri hluta Tungufljóts, Brúarvirkjun. Megin tilgangur þessarar rannsóknar var að fá heildstæða mynd af lífríki Tungufljóts og helstu hliðaráa hennar og meta áhrif fyrirhugaðrar virkjunar á vatnalíf og veiðinytjar. Lífmassi þörunga var hár í Tungufljóti. Þéttleiki botnlægra hryggleysingja í Tungufljóti var í hærri kantinum í samanburði við aðrar lindár í landinu. Rykmý var ríkjandi hópur botndýra. Á áhrifasvæði virkjunar fundust urriði og bleikja en þéttleiki þeirra var lítill. Laxaseiði fundust ekki, en lax er ekki talinn þrífast á svæðinu m.a. vegna lágs vatnshita. Við myndun lóns í árfarvegum breytast samfélög frumframleiðenda og smádýra úr því að einkennast af tegundum sem aðlagðar eru straumvatni í tegundir sem aðlagðar eru stöðuvatni. Vegna veitu vatns úr farvegi Tungufljóts til virkjunar mun verða umtalsverð skerðing á rennsli í árfarvegum neðan veitumannvirkja. Skerðing á rennsli mun hafa umtalsverð og neikvæð áhrif á allar vatnalífverur. Komi til virkjunar verða 2.980 m af árfarvegi í Tungufljóti og þverám með skertu rennsli. Metið er að þar séu um 8% af framleiðslueiningum búsvæða fyrir urriða og bleikju í Tungufljóti og þverám í hættu vegna fyrirhugaðrar virkjunar. Rennlisskerðingin kemur ekkert síður niður á framleiðslu frumframleiðenda og botndýra en fiska.

Inngangur

Tungufljót í Biskupstungum er ein af þverám Hvítár í Árnessýslu. Fossinn Faxi eða Vatnsleysufoss er 10,8 km frá ósum Tungufljóts við Hvítá. Fiski er gengt úr sjó að fossinum frá náttúrunnar hendi. Byggður var fiskstigi við fossinn árið 1975 (Þórður Jasonarson 1977) og kemst nú sjógenginn fiskur í Tungufljót að Náttthagafossi í Ásbrandsá og í þverár fljótsins (mynd 1). Lax, urriði og bleikja eru í Tungufljóti og eru staðbundinn urriði og bleikja ríkjandi tegundir laxfiska einkum ofan við Faxe. Veitt er á stöng í Tungufljóti bæði ofan og neðan við fossinn. Svæðið neðan Faxe heyrir til Veiðifélags Árnesinga en ofan við fossinn heyrir til Veiðifélagsins Faxe. Frá árinu 2003 hefur verið sleppt umtalsverðu magni af laxagönguseiðum á vatnasvæði Tungufljóts. Sleppingar þessar skiluðu sér í talsverðri stangveiði á laxi á tímabili, en veiði í Tungufljóti hafði verið mjög lítil áður. Á árunum 2007 til 2010 var veiðin að jafnaði 1.500 laxar á ári en hefur verið að jafnaði 262 laxar síðustu fimm árin. Samkvæmt veiðiskýrslum var meðalveiði bleikju síðustu fimm árin 10 bleikjur og 3 urriðar. Líklega er silungsveiðin vanskráð.

Nokkrar rannsóknir hafa verið gerðar á fiski í Tungufljóti. Árið 1985 var gerð frumathugun á uppeldisskilyrðum fyrir lax ofan við Faxe (Magnús Jóhannsson 1986). Metið var að skilyrði fyrir uppeldi laxaseiða væru takmörkuð á svæðinu. Helst væru þau í hliðarlækjum, Einholtslæk og Brúarlæk. Enn fremur var ályktað út frá þessum rannsóknum að Haukadalsárnar og meginhluti Tungufljóts væru of kaldar til uppeldis fyrir lax auk þess sem botngerð væri víða óhentug fyrir laxaseiði.

Seiðarannsóknir sem gerðar voru árið 2010 sýndu að nokkurt náttúrulegt uppeldi laxaseiða var í Tungufljóti og þverám þess, bæði ofan og neðan við Faxe (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2011). Laxaseiði var einkum að finna í Einholtslæk og í Tungufljóti neðanverðu. Seiðin voru að öllum líkindum flest úr hrygningu laxa sem alin voru í eldisstöð og því tilkomin vegna sleppinga árin áður. Urriða- og bleikjuseiði var víða að finna, m.a. á athugunarstöð rétt neðan við brú á Tungufljóti austan Geysis, en það er rétt neðan áhrifasvæðis fyrirhugaðrar virkjunar. Þar fundust ekki laxaseiði 2010. Árið

2011 fór fram mat á búsvæðum laxfiska á vatnasvæði Tungufljóts. Niðurstöður þess gefa til kynna að nokkur skilyrði séu til uppeldis laxaseiða á vatnasvæði Tungufljóts og að þar geti með tíð og tíma komið upp sjálfbær laxastofn (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2012). Skilyrði fyrir lax eru helst í lækjum með dragvatni. Lágur vatnshiti að sumri er víða takmarkandi en sums staðar er botn of fíngerður til seiðauppeldis. Þetta á einkum við um Haukadalsárna og ofanvert Tungufljót. Metið var að nokkrir möguleikar til uppeldis laxaseiða gætu verið í Ásbrandsá. Þar nær vatn að hlýna að sumri svo lax ætti að geta þrífist og botngerð er þar hagstæð fyrir uppeldi seiða. Neðar bætist mikið af köldu lindarvatni í farveg Tungufljóts sem gerir uppeldisskilyrði fyrir lax afar rýr. Þar þrífast hins vegar urriði og bleikja. Höfundum er ekki kunnugt um að rannsóknir hafi farið fram á frumframleiðendum eða botndýrum um í Tungufljóti eða þverám þess.

HS-Orka vinnur nú að umhverfismati á virkjun í efri hluta Tungufljóts. Vorið 2015 óskaði HS-Orka eftir því við Veiðimálastofnun að gerðar yrðu rannsóknir sem tengjast áhrifum virkjunarinnar á vatnalíf. Engar sértækar rannsóknir hafa áður farið fram á lífríki í ám á áhrifasvæði fyrirhugaðrar virkjunar.

Markmið rannsókna á lífríki Tungufljóts eru:

- Að fá heildstæða mynd af lífríki Tungufljóts, lífmassa botnlægra þörungna, fjölbreytileika og þéttleika botndýra og fiska.
- Að meta gæði búsvæða fyrir laxfiska á áhrifasvæði virkjunar.
- Að meta áhrif fyrirhugaðrar virkjunar á vatnalíf og veiðinytjar.

Rannsókuð voru svæði sem eru á fyrirhuguðu áhrifasvæði virkjunarinnar og utan þess til samanburðar. Með því móti er vonast til að með endurteknum rannsóknum verði hægt að meta hver áhrifin hafi orðið af framkvæmdum og rekstri virkjunar ef til þeirra kemur.

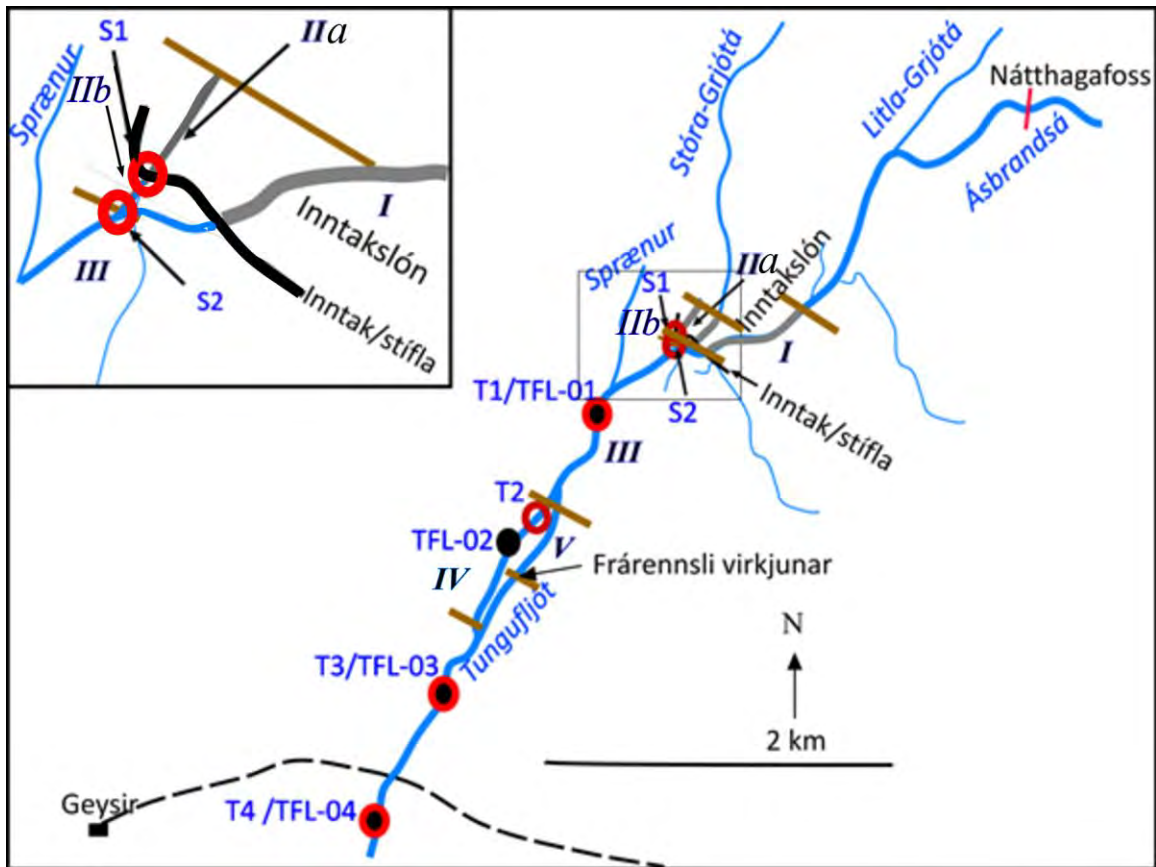
Lýsing á virkjunarframkvæmd

HS-Orka vinnur að umhverfismati á 9,9 MW rennslisvirkjun í efri hluta Tungufljóts í Biskupstungum, Brúarvirkjun. Tilhögun virkjunar er með þeim hætti að stífla inntakslóns er rétt ofan við ármót Stóru-Grjótár og Tungufljóts (Mannvit 2015b). Við inntak verða farvegir Sprænuhúsakvíslar og Stóru-Grjótár stíflaðir ásamt Tungufljóti. Flatarmál lóns í hæstu stöðu verður 8,6 ha en 3,8 ha í lægstu stöðu og mun vatnsborð þess geta sveiflast um 3 m. Gert er ráð fyrir að vatni verði veitt um veituskurð að stöðvarhúsi í grennd við Brúarhólma en þar rennur Tungufljót nú í tveimur kvíslum. Frárennsli virkjunar mun renna í eystri kvíslina og neðan frárennslis verður grafinn um 120 m langur fráveituskurður. Fyrirhugað er að hindra rennsli til eystri kvíslarinnar með stíflu efst í henni. Meginhluta rennslis Tungufljóts, um $23\text{m}^3/\text{sek}$, verður veitt til virkjunar og við það myndi rennsli skerðast verulega neðan við stíflu í inntakslóni að frárennsli virkjunar. Umframvatn í flóðum sem virkjunin mun ekki nýta mun fara á yfirfalli í farveginn.

Staðhættir

Tungufljót er ein af þverám Hvítár í Árnessýslu. Fljótið á upptök sín á Haukadalsheiði, það er um 40 km langt og vatnasviðið er um 720 km^2 (Sigurjón Rist 1990). Efst heitir áin Ásbrandsá en Tungufljót neðan við ármót Litlu-Grjótár. Fossinn Faxi er í ánni um 10,8 km ofan við ármótin við Hvítá og kemst fiskur óhindrað að honum. Meðalrennsli í fossinum er um $40,8\text{ m}^3/\text{sek}$ (Mannvit 2015b). Tungufljót hefur haft þá sérstöðu að vera sum ár jökulvatn en önnur bergvatnsá (Finnur Guðmundsson og Geir Gígja 1941). Árið 1986 var rennsli úr Sandvatni stíflað til Ásbrandsár og öllu jökulvatni veitt um Sandá til Hvítár. Hefur Tungufljót verið að mestu hrein bergvatnsá síðan. Í Tungufljót bætist mikið lindarvatn norðaustan Haukadals frá Haukadalsheiðinni og í grennd við Haukadal. Þar eru Stóra-Grjótá, Litla-Grjótá, Almenningsá, Stekkjartúnsá, Beiná og Laugaá en þær þrjár síðarnefndu falla til Almenningsár sem sameinast Tungufljóti nokkru neðan við Geysissvæðið. Núverandi virkjun í Beiná við Geysi var reist árið 2003 og er afl hennar 75 kW, en fyrst var virkjað í Beiná árið 1932 (www.hotelgeysir.is). Nokkrir smærri lækir falla

til Tungufljóts ofan við Faxa, helstir eru Einholtslækur og Farvegur. Lækir þessir eru myndaðir af dragavatni og er rennsli þeirra talið vera innan við 1 m³/sek (mynd 1).



Mynd 1. Yfirlitsmynd af rannsóknarsvæðinu í Tungufljóti. Sýnatöku- og mælistöðvar eru táknaðar með rauðum hring (seiðarannsóknir) og fylltum svörtum hring (þörunga og botndýrarannsóknir). Brúnar línur þvert á farvegi tilgreina kaflaskil í búsvæðamati og heiti búsvæðakafla eru með bláu letri. Gráar línur afmarka farvegi sem fara undir lón. Stækkuð mynd efst til vinstri er af stíflustæðinu og ramminn sýnir stækkaða svæðið. Rautt strik þvert á árfarveginn sýnir ófiskgengan foss.

Aðferðir

Mælingar á eðlisþáttum voru gerðar 25. júní og 7. og 8. september 2015. Sýnatökur á botndýrum og þörungum fóru fram dagana 7. og 8. september 2015 og var sýnum safnað á tveimur stöðum innan skilgreinds áhrifasvæðis virkjunar (TFL-01 og TFL-02) og á tveimur stöðum neðan við skilgreint áhrifasvæði (TFL-03 og TFL-04) (mynd 1). Seiðarannsóknir og búsvæðamat fóru fram 25. júní 2015 og voru seiðarannsóknir gerðar

á sex stöðum, fjórum á áhrifasvæði virkjunar (S1, S2, T1, T2) og tveimur utan þess (T3 og T4, mynd 1).

Eðlisþættir

Vatnshiti, rafleiðni (leiðni) og sýrustig (pH) voru mæld á hverri sýnatökustöð með YSI Pro 1030 mæli og YSI EC300 og YSI pH100 mælum. Allar mælingar voru staðlaðar miðað við 25°C. Hér eru einnig birtar sírita hitamælingar frá sumrinu 2011. Fóru þær fram í Tungufljóti rétt neðan við brú hjá Geysi. Síritamælingarnar voru gerðar á klukkustundar fresti. Allar sýnatökustöðvar voru hnitsettar með GPS tæki miðað við WGS-84, botngerð og staðháttum var lýst og ljósmyndir teknar af hverju svæði.

Þörungar og botndýr

Við sýnatökur á botndýrum og þörungum var lagt út 30 m málband eftir bakka árinna. Fyrir sýnatökurnar var útbúinn listi með hnitum sem fengin voru með tilviljanatölum og voru botnsýni og steinar til blaðgrænumælinga teknir á þessum hnitum. Tilviljanatölurnar gáfu til kynna hvar á skilgreindu 30 m svæði meðfram árbakkanum og hvar í árfarveginum (hornrétt á straumstefnu á allt að 60 cm dýpi) ætti að taka hvert sýni. Byrjað var á sýnatökum neðst innan þessa skilgreinda svæðis og farið gegn straumi. Með því móti var komist hjá raski þar sem sýnataka átti eftir að fara fram.

Notaðar voru tvær aðferðir við að meta lífmassa þörunga (magn blaðgrænu a). Annars vegar voru teknir níu til tíu steinar á hverri sýnatökustöð og þörungar burstaðir af hverjum steini með litlum vírbursta innan úr ramma (24 × 36 mm) sem lagður var á steininn og skolaður með eimuðu vatni ofan í bakka. Hvert sýni var síað í gegnum glertrefjasíu (Whatman® GFC 47 mm í þvermál) við vægt sog. Að síun lokinni var sían tekin af trektinni, brotin saman til helminga og allt vatn þerrað úr henni með því að setja hana á milli samanbrotins þerripappírs og pressa létt á í fyrstu en svo þéttingsfast. Sýninu var komið fyrir í plastglasi (CryoTube™ Thermo Scientific) og sett í fljótandi köfnunarefni. Við úrvinnslu voru blaðgræmusýnin tekin úr frysti og látin þiðna á ís. Sían var þerruð með pappír svo enginn vökvi væri í henni. Blaðgrænan var leyst upp úr þörungunum á GFC síunni með 14 ml af 96% etanóli. Sían var pressuð lauslega með

skeið eða öðru áhaldi til að sprengja þörungafrumurnar svo blaðgrænan gæti dregið í sig etanólið. Sýnin voru geymd í kæli (4°C) í 24 klst. fyrir mælingu og þess gætt að þau væru varin fyrir ljósi. Fyrir mælingu voru sýnin snúin niður í skilvindu í um 5 mínútur á 3000 snún./mín. til að losna við trefjar úr GFC síunni og óhreinindi úr sýninu. Að því loknu voru um 4 ml teknir með pípettu í 10 × 10 ml kúvettu til mælinga á ljósgleypni. Ljósgleypnin var mæld með HACH Lange DR5000 litrófsmæli við 665 nm og 750 nm bylgjulengd. Mælirinn hafði áður verið núllstilltur með hreinni lausn af 96% etanóli (blank). Mælingarnar voru endurteknar til að finna út hve mikið af blaðgrænu (grænkornum) hafi verið virk. Fyrir þá mælingu voru fimm dropar af 0,1 N HCl settir í hverja kúvettu og sýrunni blandað við sýnið með því að snúa henni þrisvar á hvolf. Þetta var gert til þess að koma allri blaðgrænunni yfir á niðurbrotsform, phaeophytins, svo hægt væri að reikna út magn virkrar blaðgrænu í sýninu. Útreikningar á magni blaðgrænu *a* byggjast á jöfnu eftir Lorenzen (1967) og fasta fyrir 96% etanól eftir Wintermans og De Mots (1965).

Lífmassi þörunga var einnig mældur með bbe moldaenke BenthosTorch litmæli (colorometer) en hann greinir jafnframt í sundur grænþörunga, kísilþörunga og blágrænbakteríur út frá endurkasti mismunandi bylgjulengda. Mælt var með BenthosTorch litmælinum á 8–10 steinum á hverri sýnatökustöð, þrjár mælingar á hverjum steini, á sömu hnitum og steinar voru teknir til hefðbundinna blaðgrænumælinga.

Botndýrasýni voru tekin á þeim stöðum sem tilviljanatölur gáfu til kynna með því að taka stein af botni árinna (steinasýni). Steinasýni voru tekin þannig að háfi með 25 × 25 cm opi og poka með 250 µm möskvastærð var komið fyrir hlémegin við hvern stein og steininum síðan lyft upp af botninum þannig að lífverur sem losnuðu lentu í háfnum. Sýnið var síað í gegnum sigti (125 µm), sett í plastdöllu og varðveitt í 70 % etanóli. Grófleiki steinanna var metinn á skalanum 1–5. Steinn með slétt yfirborð fékk gildið 1, 2 fremur slétt yfirborð, 3 fremur gróft, 4 gróft yfirborð og steinn sem hafði mjög gróft yfirborð var gefið gildið 5. Ofanvarp allra steina var dregið á blað og mesta hæð mæld. Á hverri sýnatökustöð voru tekin 10 steinasýni. Unnið var úr fimm til sex sýnum af tíu og

voru sýni til úrvinnslu valin af handahófi. Botndýr úr hverju sýni voru grófflokkuð og helstu hópar greindir og taldir undir víðsjá. Vegna mikils þéttleika botndýra var hlutsýni tekið úr öllum sýnum nema tveimur. Við hlutsýnatöku var sýnið sett á bakka að flatarmáli 770 cm². Sex hringjum hver að flatarmáli 39,59 cm² var komið fyrir á tilviljanakenndan hátt á bakkanum og hreinsað upp úr þeim með pípettu. Fjöldi lífvera var talinn úr 1–3 hringjum og margfaldað upp með viðeigandi margföldunarstuðli. Á tveimur sýnatökustöðvum var notast við minni hlutsýnatöku við útvinnslu sýna, þau sett á skál að flatarmáli 147,41 cm² og átta hringjum hver að flatarmáli 6,16 cm² komið fyrir á tilviljanakenndan hátt og hreinsað upp úr þeim eins og úr stærri hringjunum. Fjöldi lífvera var talinn úr 4–8 hringjum og heildarfjöldinn reiknaður með viðeigandi margföldunarstuðli. Miðað var við að hlutsýnið innihéldi a.m.k. 300 einstaklinga. Ofanvarp hvers steins og teikning af 4 cm² reit var skannað inn í tölvu með myndskanna og flatarmál steinanna metið með tölvuforriti (PixelSum 1.2) út frá fjölda punkta (pixels) í myndum steinanna og fjölda punkta í 4 cm². Við útreikninga á heildarfjölda lífvera var viðeigandi margföldunarstuðull notaður fyrir hlutsýni og allar fjöldatölur umreiknaðar í fjölda lífvera á fermetra (fjöldi dýra í sýni x (1 m²/flatarmál steins m²)).

Rykmýslirfur voru greindar til tegunda eða hópa á öllum sýnatökustöðum í Leica DM1000 smásjá við 100–1000x stækkun. Miðað var við að greina a.m.k. 180 rykmýslirfur á hverri stöð. Hlutsýni var tekið af lirfunum ef fjöldi þeirra var meiri og þá miðað við að steypa a.m.k. 30 lirfur úr hverju sýni. Fyrir hlutsýnatöku var lirfunum dreift sem jafnast yfir botn petrískálar. Botn skálarinnar hafði áður verið skipt upp í jafn stóra reiti (1 × 1 cm), lirfurnar voru síðan tíndar úr reitunum sem valdir voru á tilviljanakenndan hátt og var hreinsað úr hverjum reit sem lirfurnar voru teknar úr. Hauslengd og hausbreidd rykmýslirfanna var mæld og þær því næst steyptar í Hoyer's steypiefni (Andersson 1954) á smásjargler og þekjugler (10 mm í þvermál) sett yfir hverja þeirra. Passað var upp á að kviðlæg hlið lirfuhausanna sneri upp áður en þekjuglerinu var þrýst gætilega niður. Við tegundagreiningu rykmýslirfanna var notast við eftirfarandi heimildir: Cranston (1982), Wiederholm (1983) og Schmid (1993).

Búsvæðamat

Við búsvæðamat fyrir laxfiska var stuðst við kerfi sem hafa verið þróuð erlendis en staðfært íslenskum aðstæðum (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 1998). Farið var með ánum og botngerð metin á þversniðum yfir árfarveginn með vissu millibili. Á hverju þversniði var breidd árinna mæld og botngerð metin að eins metra dýpi eða ef dýpi var innan við metri þá var botngerð metin yfir allan farveginn. Lengd árkaflanna var mæld eftir loftmyndum. Straumhraði var metinn sem hægur eða stríður. Botngerð var metin eftir grófleika botnsins í eftirfarandi flokka: leir/sandur (kornastærð < 1cm), mól (steinastærð 1–7cm), smágrýti (7–20 cm), stórgrýti (>20 cm) og svo klöpp. Hlutdeild (%) hvers flokks var metin.

Ánum var skipt upp í kafla með áþekkri botngerð. Við þá skiptingu var tekið tillit til áhrifa fyrirhugaðrar virkjunar, hvort um væri að ræða farvegi sem fara undir lón eða verða með skertu rennsli komi til virkjunar. Í flestum tilfellum voru tekin fleiri en eitt snið á hverjum árkafla og var þá reiknað meðaltal fyrir hlutdeild hvernar botngerðar. Framleiðslugildi (FG) hvers árkafla var reiknað út frá botngerðaflokkum sem gefið var ákveðið gildi (botngildi) eftir mikilvægi þeirra sem búsvæði fyrir laxfiska (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 1998). Summa margfeldis botngildis og hlutdeildar botngerða mynda framleiðslugildið sem er mat á gæðum viðkomandi árkafla til hrygningar- og uppeldis fyrir laxfiska út frá botngerð. Búsvæði voru metin fyrir urriða og bleikju, sér fyrir hvora tegund. Hæsta mögulega FG (bestu uppeldisskilyrði) fyrir urriða er 50 og 40 fyrir bleikju. Botngildisstuðlar fyrir urriða og bleikju sem notaðir voru byggja á mati búsvæða fyrir þessar tegundir í Vatnsdalsá í Húnavatnssýslu (Sigurður Guðjónsson og Ingi Rúnar Jónsson 2010) (tafla 1). Búsvæði fyrir lax voru ekki metin vegna þess að hann er ekki talinn þrífast á svæðinu (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2012).

Tafla 1. Botngildisstuðlar fyrir urriða og bleikju (Sigurður Guðjónsson og Ingi Rúnar Jónsson 2010).

Botngerð	Kornastærð (cm)	Botngildi	
		Urriði	Bleikja
Leir / sandur	<1	0,05	0,09
Möl	1–7	0,3	0,4
Smágrýti	7–20	0,5	0,4
Stórgkýti	>20	0,1	0,09
Klöpp		0,05	0,02

Hnattstaða allra sniða og skil árkafla var skráð sem (WGS 84). Flatarmál árbotsins var reiknað út frá lengd og breidd árfarvega. Reiknaðar voru framleiðslueiningar (FE) sem er margfeldi flatarmáls árbotsins og framleiðslugildis deilt með 1000. Við útreikning á framleiðsluflatarmáli hefur almennt verið miðað við að botnflötur á meira en eins metra vatnsdýpi hafi helmings vægi (margfaldað með 0,5) (Þórólfur Antonsson 2000). Þetta er gert vegna þess að seiði laxfiska halda sig mest á fremur grunnu vatni og eru sjaldnast á meira en eins metra dýpi (Heggenes o.fl. 1999). Við frekari úrvinnslu og framsetningu gagna er búsvæðum skipt í gæðaflokka, eftir framleiðslugildi innan hvers 20 hundraðsmarks, þar sem FG ≤20 hundraðsmark eru *fremur rýr* búsvæði; FG >20–40 hundraðsmörk eru *sæmileg* búsvæði; FG >40–60 hundraðsmörk *miðlungs* búsvæði; FG >60–80 hundraðsmörk *góð* búsvæði og FG >80–100 eru *ágæt* búsvæði (tafla 2).

Tafla 2. Gæðamat búsvæða eftir hundraðsmörkum, mörk framleiðslugilda fyrir urriða og bleikju.

Búsvæði	Hundraðsmörk	FG (framleiðslugildi)	
		Urriði	Bleikja
Ágæt	>80-100	>40-50	>32-40
Góð	>60-80	>30-40	>24-32
Miðlungs	>40-60	>20-30	>16-24
Sæmileg	>20-40	>10-20	>8-16
Fremur rýr	≤ 20	≤ 10	≤ 8

Fiskrannsóknir

Við fiskrannsóknir voru seiði veidd í ánum með rafmagni (mynd 1). Veitt var yfir valinn botnflöt og flatarmál hans mælt. Vísitala þéttleika seiða var fengin með því að reikna fjölda veiddra seiða sem fengust með rafveiði í einni yfirferð, miðað við 100 m² botnflatar. Þetta gefur ekki heildarþéttleika seiða þar sem aðeins hluti þeirra veiðist með þessari aðferð. Aðferðin gefur vísitölu fyrir þéttleika sem hér eftir er nefndur seiðarþéttleiki til hægðarauka. Seiðamælingar með rafveiðum í ám sem framkvæmdar eru með þessum hætti endurspegla vel mat á þéttleika eins árs laxaseiða (1⁺) og eldri en gefa lakara mat á þéttleika yngri seiða (0⁺) (Friðþjófur Árnason o.fl. 2005). Allir fiskar sem veiddust voru greindir til tegunda, lengd þeirra var mæld í sporðsýlingu (cm) og hluti þeirra tekinn til aldursákvörðunar þar sem notast var við kvarnir og hreistur. Auk þess voru seiðin krufin á staðnum og magainnihald greint til fæðugerða og einstakra tegunda fæðudýra. Metið var hlutfall (%) hveirrar fæðugerðar, metin magafylli og gefin gildi 0–5 þar sem 0 er tómur magi og 5 úttroðinn magi.

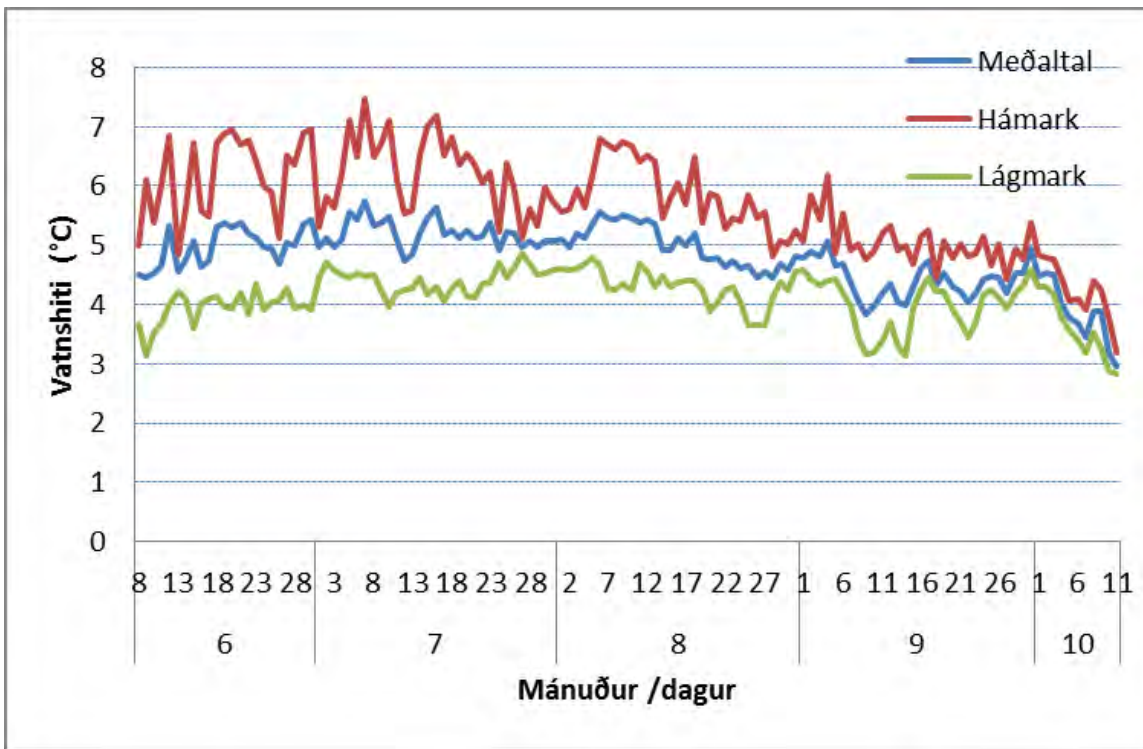
Töluleg úrvinnsla

Við samanburð á magni blaðgrænu milli stöðva þar sem þörungar voru burstaðir innan úr ramma (24 × 36 mm) var notuð einþátta fervikagreining (One Way Analysis of Variance) og Holm-Sidak próf (*post hoc*) við frekari greiningu á breytileika á milli stöðva. Þar sem blaðgræna var mæld með BenthosTorch litmæli var notað óparametrískt próf, Kruskal-Wallis, fyrir tilviljanakennt úrtak og Dunn's próf (*post hoc*) við frekari greiningu á breytileika milli stöðva. Við samanburð á þéttleika botndýra milli stöðva var notuð einþátta fervikagreining (One Way Analysis of Variance). Tölfræðileg úrvinnsla var unnin í Microsoft Excel 2010 og SigmaPlot 12.3.

Niðurstöður

Eðlisþættir

Vatnshiti var mældur með sírita við brú á Þjóðvegi frá 8. júní til 11. október árið 2011 (mynd 2). Á mælitímabilinu var meðalhiti flesta sólarhringa nálægt 5°C. Hitinn mældist lægstur 2,8°C og fór hæst í 7,5°C. Dægursveiflur vatnshita voru litlar, náðu mest um 3,2°C í byrjun júlí. Meðalvatnshiti þeirra mánaða sem mælingar náðu til var; 5,0°C í júlí, 5,2°C í ágúst og 4,4°C í september.



Mynd 2. Vatnshiti í Tungufljóti við brú hjá Geysi, mældur með síritandi hitamæli. Mælingar voru gerðar í júní til október árið 2011. Fram kemur meðaltal (blár), hámark (rauður) og lágmark (grænn) sólarhringsgilda.

Vatnshitamælingar í Tungufljóti sumarið 2015 gáfu 3,8 til 6,4°C. Vatnshiti mældist lægstur á efstu stöð (TFL-1) í byrjun september en hæstur í lok júní um 400 m neðan við rafveiðistöð T1. Rafleiðni árvatnsins á rannsóknarstöðvum í Tungufljóti var frá 42–49 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og sýrustigið (pH) frá 8,12–9,24. Sýrustigið var hæst á efstu stöð en fór lækkandi eftir því sem neðar dró (tafla 3).

Tafla 3. Staðsetning sýnatökustöðva, eðlisþættir, vatnshiti, rafleiðni og sýrustig (pH) í Tungufljóti og þverám þess 25. júní og 7. og 8. september 2015.

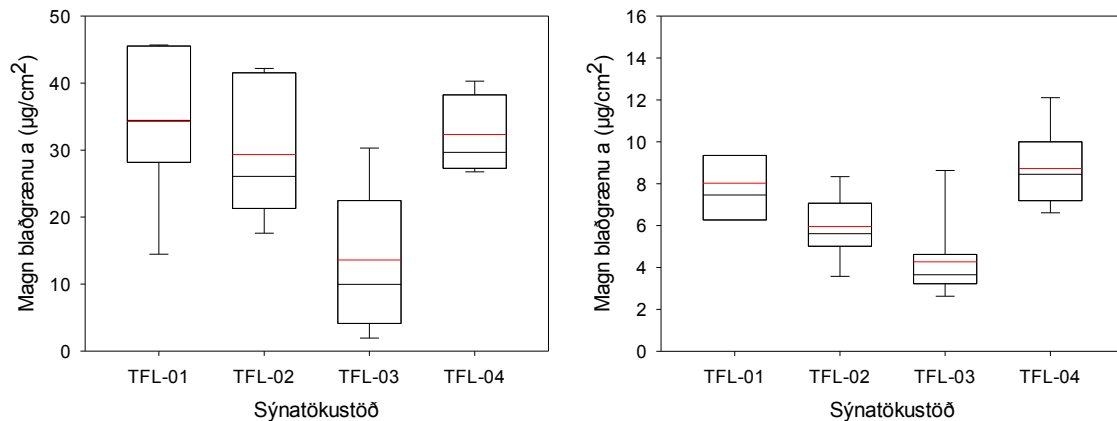
Vatnsfall	Stöð	Dagsetning	KL	Hnit (WGS84)		Botndýr	Þörungar	Rafveiði	Vatnshiti (°C)	Rafleiðni (µS/cm)	Sýrustig (pH)
				°N	°V						
Tungufljót	TFL-01	7.9.2015	16:40	64°19.936'	20°14.551'	X	X		3,8	49	9,24
Tungufljót	TFL-02	8.9.2015	11:25	64°19.482'	20°15.189'	X	X		4,8	48	9,02
Tungufljót	TFL-03	8.9.2015	16:10	64°19.145'	20°15.572'	X	X		4,9	48	8,97
Tungufljót	TFL-04	8.9.2015	20:58	64°18.701'	20°16.077'	X	X		4,6	48,2	8,12
Tungufljót		25.6.2015	16:01	64°19.761'	20°14.826'				6,4	42	8,6
Sprænur	S1	25.6.2015		64°20.195'	20°14.017'			X			
Sprænur	S2	25.6.2015		64°20.151'	20°14.050'			X			
Tungufljót	T1	25.6.2015		64°19.931'	20°14.543'			X			
Tungufljót	T2	25.6.2015		64°19.632'	20°14.968'			X			
Tungufljót	T3	25.6.2015		64°19.110'	20°15.589'			X			
Tungufljót	T4	25.6.2015		64°18.699'	20°16.093'			X			

Þörungar

Magn blaðgrænu a á steinum gefur upplýsingar um lífmassa þörungar á botni. Nokkuð hærri gildi mældust með hefðbundinni aðferð þ.e. að burstar þörungar innan úr ramma og leysa blaðgrænuna upp í etanóli ($13,6\text{--}34,3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) heldur en með BenthosTorch litmælinum ($4,3\text{--}8,7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) (mynd 3, tafla 4). Magn blaðgrænu mældist hæst á efstu og neðstu stöð í Tungufljóti (TFL-01 og TFL-04) en lægst á næst neðstu stöðinni (TFL-03), en þar var klöpp meira áberandi á botni (mynd 3, tafla 4). Magn blaðgrænu var nokkuð breytilegt milli sýna innan stöðva og staðalfrávik meðaltalsins stundum vítt (mynd 3, tafla 4). Munur á magni blaðgrænu var þó tölfræðilega marktækur með báðum aðferðum: rammar (einþátta ferkagreiðing: $P < 0,001$) og BenthosTorch (Kruskal-Wallis: $P < 0,001$). Við frekari greiningu á breytileika milli einstakra sýna reyndist magn blaðgrænu marktækt minna á næst neðstu sýnatökustöðinni í Tungufljóti (TFL-03) en á hinum stöðvunum (rammar): Holm-Sidak próf (*post hoc*) og marktækt minni á næst neðstu stöðinni (TFL-03) en á efstu og neðstu sýnatökustöðinni (TFL-01 og TFL-04) með BenthosTorch litmæli: Dunn's próf (*post hoc*).

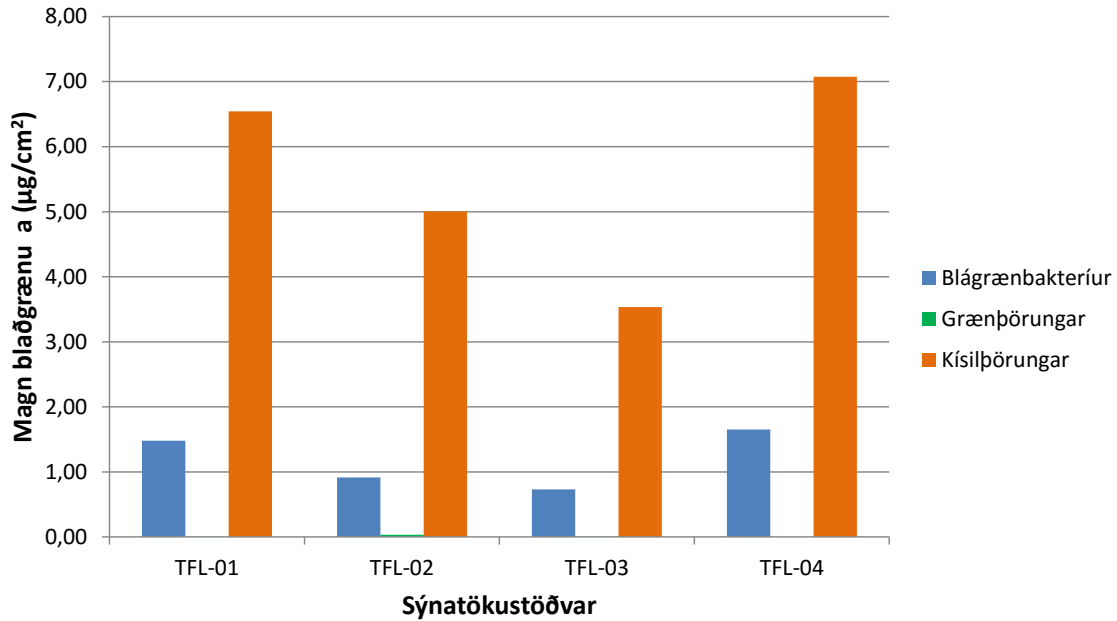
Tafla 4. Magn blaðgrænu *a* á flatareiningu á fjórum sýnatökustöðvum í Tungufljóti 7. og 8. september 2015, annars vegar þar sem þörungar voru burstaðir innan úr ramma (24 × 36 mm) og hins vegar út frá mælingum með BenthosTorch litmæli. Sýnd eru meðaltöl, staðalfrávik meðaltalsgilda, lægsta og hæsta gildi fyrir báðar aðferðir.

Vatnsfall	Stöð	Dagsetning	Blaðgræna <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)							
			Þörungar burstaðir innan úr ramma			Benthos Torch litmælir				
			Meðaltal	Staðal- frávik	Lægsta gildi	Hæsta gildi	Meðaltal	Staðal- frávik	Lægsta gildi	Hæsta gildi
Tungufljót	TFL-01	7.9.2015	34,3	11,0	13,9	45,7	8,0	3,2	3,8	14,6
Tungufljót	TFL-02	8.9.2015	29,3	9,8	17,3	42,3	6,0	1,5	3,4	8,4
Tungufljót	TFL-03	8.9.2015	13,6	10,0	1,9	30,3	4,3	1,8	2,6	9,0
Tungufljót	TFL-04	8.9.2015	32,3	5,8	26,7	40,4	8,7	1,8	6,6	12,3



Mynd 3. Magn blaðgrænu *a* á fjórum sýnatökustöðvum í Tungufljóti (TFL-01, TFL-02, TFL-03 og TFL-04) 7. og 8. september 2015. Myndin vinstra megin sýnir magn blaðgrænu þar sem þörungar voru burstaðir innan úr ramma en myndin hægra megin sýnir magn blaðgrænu mældu með BenthosTorch litmæli. Lóðrétt lína sýnir hvar neðri (5%) og efri (95%) mörk mælinga liggja. Efri mörk hvers kassa sýna hvar efri 75% og neðri 25% mörk mælinga liggja. Lárétt svört lína innan hvers kassa sýnir miðgildi fyrir hverja stöð og rauð lína meðaltal. Athugið að kvarði á lóðrétta kvarðanum (y -ás) er ekki sá sami.

Hlutfall þörungahópa (blágrænbakteríur, grænþörungar og kísilþörungar), mælt með BenthosTorch litmæli, var mjög svipað milli sýnatökustöðva. Kísilþörungar voru alls staðar algengasti hópur þörungna með 81,1–84,0% hlutdeild (mynd 4) og var kísilþörungurinn vatnaflóki (*Didymosphenia geminata*) (mynd 5) mjög áberandi á öllum stöðvum. Hlutdeild blágrænbaktería var á bilinu 15,4–18,9% en hlutdeild grænþörungna mjög lítil eða undir 1% (mynd 4)



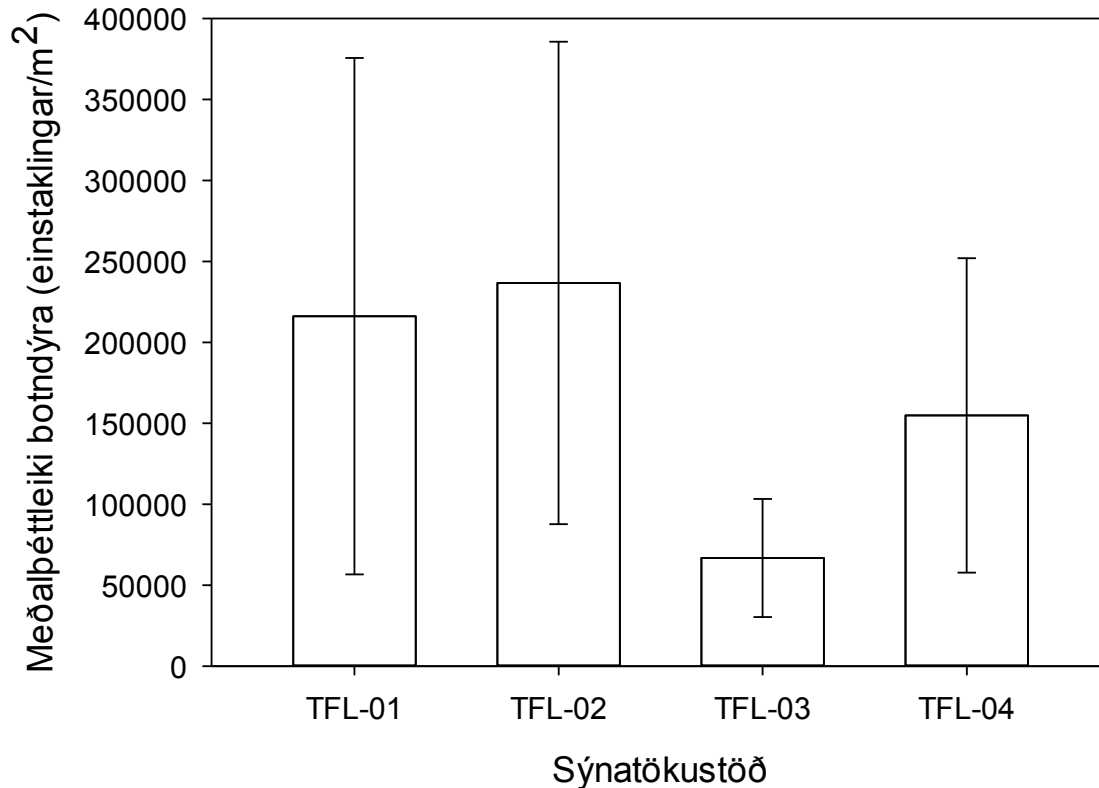
Mynd 4. Hlutfallsleg skipting blaðgrænu á milli blágrænbaktería, grænþörungar og kísilþörungar mælt með BenthosTorch litmæli á fjórum sýnatökustöðvum í Tungufljóti (TFL-01, TFL-02, TFL-03 og TFL-04) 7. og 8. september 2015.



Mynd 5. Smásjármyndir af kísilþörungnum vatnaflóka (*Didymosphenia geminata*) teknar við 40x stækkun. Myndin hægra megin er stækkuð mynd af einni frumu.

Botndýr

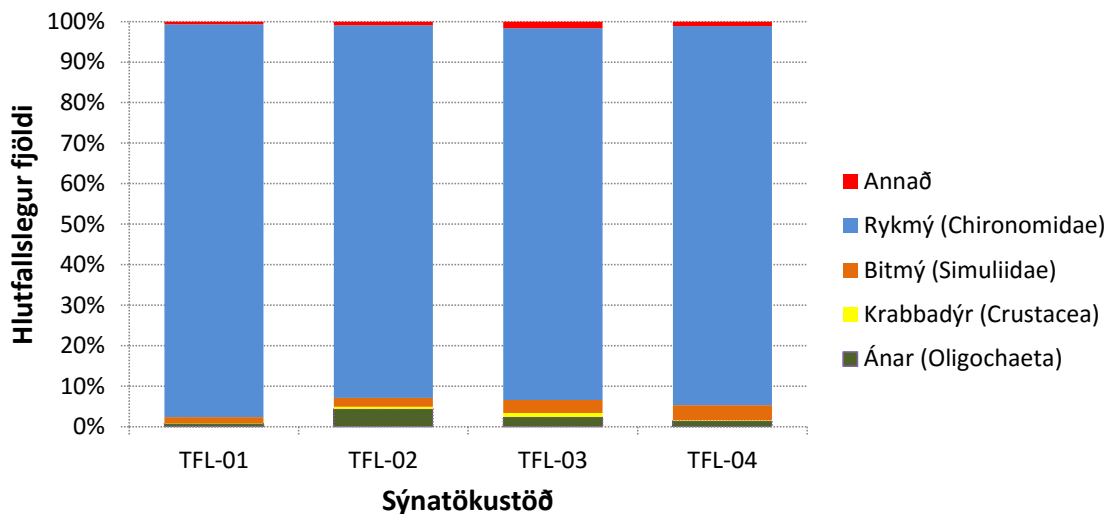
Meðalþéttleiki botndýra á steinum í Tungufljóti var á bilinu 66.774–236.656 dýr/m² (mynd 6, viðauki 1). Nokkur munur var á milli einstakra steinasýna á þéttleika botndýra og staðalfrávik meðaltalsins vítt (mynd 6, viðauki 1). Þéttleiki botndýra var meiri á efri sýnatökustöðvunum 216.145 dýr/m² (Stf.=159.579) (TFL-01) og 236.656 dýr/m² (Stf.=149.016) (TFL-02). Á neðri sýnatökustöðvunum var þéttleiki botndýra 154.885 dýr/m² (Stf.=97.109) (TFL-04) og minnstur á næst neðstu stöðinni (TFL-03) 66.774 dýr/m² (Stf.=36.485) (mynd 6, viðauki 1). Munur á þéttleika botndýra milli stöðva var þó ekki tölfræðilega marktækur (einpátta fervikagreining: P=0,105).



Mynd 6. Meðalþéttleiki botndýra (meðalfjöldi einstaklinga/m²) og staðalfrávik meðalþéttleikans (lóðréttar línur) á fjórum sýnatökustöðvum í Tungufljóti 7. og 8. september 2015.

Í Tungufljóti var rykmý (Chironomidae) (lirfur og púpur) alls staðar ríkjandi hópur botndýra á steinum og var hlutdeild þess af heildarfjölda botndýra á bilinu 91,8–97% og

meðalþéttleiki 61.268–217.759 dýr/m² (mynd 7, viðauki 1). Hlutdeild annarra hópa var þar af leiðandi lítil og var hlutdeild bitmýslirfa 1,4–3,7% og meðalþéttleiki 2.135–5.798 dýr/m² og hlutdeild ána 0,7–4,4% og meðalþéttleiki þeirra 1.596–10.364 dýr/m². Krabbadýr (Crustacea) fundust einnig á öllum sýnatökustöðvum en hlutdeild þeirra var lág 0,1–1% líkt og meðalþéttleiki 162–1.273 dýr/m². Önnur dýr fundust einnig en hlutdeild þeirra var lág eða samtals á bilinu 0,6–1,7% (mynd 7, viðauki 1). Önnur dýr voru vatnamítlar (Hydrachnellae), steinflugugyðlur (Plecoptera), vorflugulirfur (Trichoptera), bakkabreddulirfur (Empididae), lirfur af húsfluguætt (Muscidae) og stökkmor (Collembola).

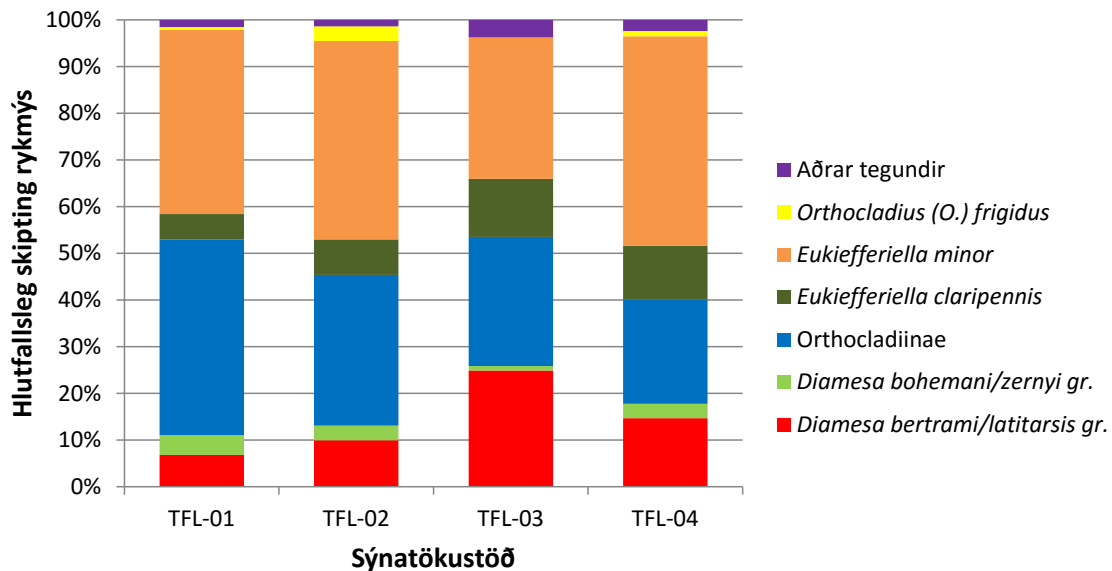


Mynd 7. Hlutföll fjögurra algengustu hópa botndýra á fjórum sýnatökustöðvum í Tungufljóti 7. og 8. september 2015. Sjaldgæfari dýrahópar eru settir saman í hóp sem „Annað“.

Alls greindust 13 tegundir/ættkvíslir/ættir rykmýslirfa í Tungufljóti. Bogmýstegundir (Orthocladiinae) voru ríkjandi á öllum sýnatökustöðvum og var hlutdeild þeirra 73,5–88,1% af heildarfjölda rykmýs sem greint var. Kulmýstegundir (Diamesinae) fundust einnig á öllum sýnatökustöðvum en hlutdeild þeirra var 11,7–25,9%. Þeymý (Chironominae) af ættkvíslinni *Micropsectra* fannst einnig á öllum sýnatökustöðvum en hlutdeild þess var alls staðar undir 1% og ránmýslirfa (Tanypodinae) fannst á næst efstu stöðinni (TFL-02). Af einstökum tegundum rykmýs var

bogmýstegundin *Eukiefferiella minor* algengust á öllum sýnatökustöðvum en á efstu sýnatökustöðinni (TFL-01) voru ógreindar bogmýstegundir (aðallega fyrsta lírfustig) stærsti hópurinn og sá næst algengasti annars staðar. Hlutdeild *E. minor* var 30,2–44,9% en hlutdeild ógreindra bogmýstegunda 22,3–41,8% (mynd 8). Tegundin *Eukiefferiella claripennis* fannst á öllum sýnatökustöðvum og var hlutdeild hennar 5,5–12,4% en hlutdeild *Orthocladius (O.) frigidus* var lítil eða allt að 3,1%. Af öðrum bogmýstegundum sem komu fyrir en voru í litlum þéttleika voru *Thienemanniella*, *Rheocricotopus*, *Orthocladius (O.) oblidens*, *Chaetocladus* og *Cricotopus (C.) tibialis* en samanlögð hlutdeild þessara tegunda var 1,4–3,8% (mynd 8).

Af kulmýstegundum var *Diamesa bertrami/latitarsis* hópurinn algengari með 6,8–24,9% hlutdeild en *Diamesa bohemani/zernyi* hópurinn fannst einnig á öllu sýnatökustöðvum en hlutdeild hans var lægri eða 0,9–4,2% (mynd 8).



Mynd 8. Hlutföll rykmýstegunda á fjórum sýnatökustöðvum í Tungufljóti 7. og 8. september 2015. Sýnd er hlutfallsleg skipting sex algengustu tegunda rykmýslirfa en sjaldgæfari tegundir eru settir saman í hóp sem „aðrar tegundir“.

Búsvæðamat

Hér er lýst niðurstöðum búsvæðamats fyrir seiði laxfiska og byrjað í fyrirhuguðu lónstæði og farið niður eftir rannsóknarsvæðinu.

Árkafli I

Kaflinn er sá hluti Tungufljóts sem er í fyrirhuguðu lónstæði (mynd 1, tafla 5). Kaflinn er um 650 m langur og einkenndist hann af fremur lítið gróinni klöpp og stríðum straumi (ljósmynd 1). Búsvæði eru fremur rýr og framleiðslueiningar (FE) fyrir urriða voru metnar 155 og 118 fyrir bleikju.

Tafla 5. Niðurstöður búsvæðamats á svæðum sem fara undir lón og verða með skertu rennsli vegna fyrirhugaðrar virkjunar. Fram koma hlutfallstölur (%) botngerðarflokka.

Botngerðarflokkar														
Vatnsfall	Árkafli	Staður	Lengd (m)	Arbreidd (m)	Leir/sandur	Möl 1-7sm	Smágrýti 7-20 (cm)	Stórgrýti 20 (cm)	Klöpp	FG urriði	FG bleikja	Flatarmál (m ²)	FE urriði/1000	FE bleikja/1000
Tungufljót	I	Lónstæði	650	25	2	7	6	8	78	10	7	15.925	155	118
Stóra-Grjótá o.fl.	Ila	Lónstæði	750	19	6	4	30	50	10	22	19	14.250	314	268
Stóra-Grjótá o.fl.	IIb	Skert	200	10	10	11	28	33	18	22	20	2.067	46	41
Tungufljót	III	Skert o.kvísla	1.440	42	2	3	17	18	60	14	11	60.720	855	654
Tungufljót	V	Skert a-kvísl	530	25	1	4	14	37	45	14	11	13.250	186	150
Tungufljót	IV	Skert v-kvísl	810	31	1	4	14	37	45	14	11	25.110	352	284
Samtals skert rennsli og undir lón			4.380									131.322	1.907	1.515

Árkafli Ila

Hér er um að ræða árkafla í Stóru-Grjótá og fleiri lækjum sem falla til Tungufljóts og fara undir lón (mynd 1, ljósmynd 2). Farvegir eru um 750 m langir. Búsvæði eru miðlungs og FE fyrir urriða voru metnar 314 og 268 fyrir bleikju.

Árkafli IIb

Kaflinn nær yfir þann hluta farvega lækja og áa sem verða með skertu rennsli neðan stíflu inntakslóns. Á kaflanum eru miðlungs búsvæði fyrir urriða og bleikju, kaflinn er stuttur, um 200 m, og botnflötur því lítill. FE fyrir urriða voru metnar 46 og bleikju 41.

Árkafli III

Árkafllinn er efsti hluti farvegar Tungufljóts sem verður með skertu rennsli neðan við stíflu inntakslóns komi til virkjunar. Á þessum kafla rennur Tungufljót að mestu í einum farvegi, neðan hans rennur áin í tveimur kvíslum. Lengd farvegarins er um 1440 m. Straumur var stríður og voru sum staðar flúðir. Fremur gróðursnaud klöpp er víða einkennandi. Þó er allnokkur breytileiki í botngerðinni og að jafnaði sæmileg búsvæði fyrir urriða og bleikju (ljósmyndir 3 og 5). FE fyrir urriða voru metnar 855 og 654 fyrir bleikju.

Árkafli V

Hér skiptist áin og falla kvíslar sín hvoru megin við allnokkurn hólma í miðri ánni. Árkafllinn sem um ræðir er austan megin hólman. Komi til virkjunar verður hann með skertu rennsli og endar við fyrirhugað frárennsli virkjunar. Kaflinn er um 530 m langur og er landhalli nokkur og alls staðar var stríður straumur. Einkennandi botnefni er lítið gróin klöpp og stórgrýti. Búsvæði eru sæmileg fyrir urriða og bleikju. FE fyrir urriða voru metnar 186 og 150 fyrir bleikju.

Árkafli IV

Árkafllinn nær yfir alla kvíslina vestan megin fyrrnefnds hólma (sjá árkafli V) og verður með skertu rennsli komi til virkjunar. Kaflinn er um 810 m langur og er landhalli nokkur. Þar var stríður straumur og sum staðar flúðir (ljósmyndir 6 og 7). Búsvæði eru sæmileg og einkennandi botnefni er lítið gróin klöpp og stórgrýti. FE fyrir urriða voru metnar 352 og 284 fyrir bleikju.

Samtals voru metnar 1.907 FE urriða og 1.515 FE bleikju í farvegum með skertu rennsli og í lónstæði, komi til virkjunar. Undir lón fara um 469 FE fyrir urriða og 386 FE fyrir bleikju. Í farvegum með skertu rennsli voru 1.439 FE fyrir urriða og 1.129 fyrir bleikju.

Fiskrannsóknir

Fiski til rannsókna var safnað með rafveiði á 6 stöðum á áhrifasvæði virkjunarinnar, fjórum í Tungufljóti og tveimur í Sprænum sem falla til fljótsins (mynd 1, ljósmynd 4, tafla 6). Í Sprænum, nálægt fyrirhuguðu stíflustæði, fundust engin seiði á samtals 183 m². Á efstu athugunarstöð í Tungufljóti (T1, ljósmynd 5), þar sem farvegur verður með skertu rennsli verði af virkjun, fundust bleikju- og urriðaseiði. Bleikjuseiðin voru eins til þriggja ára og var heildarþéttleiki þeirra 1,2 seiði á 100 m² (tafla 6). Tvö fjögurra ára urriðaseiði veiddust og var þéttleiki þeirra 0,6 seiði á 100 m². Á neðri stöð þar sem rennsli verður skert (T2), fundust eingöngu bleikjuseiði. Voru þau eins og þriggja ára og var heildarþéttleiki þeirra 1,8 seiði á 100 m². Á efri viðmiðunarstöð neðan frárennslis fyrirhugaðrar virkjunar (T3) fundust eingöngu urriðaseiði og voru þau eins til þriggja ára og var heildarþéttleiki þeirra 2,7 seiði á 100 m². Á neðri viðmiðunarstöð (T4) fundust tvö seiði, eins árs bleikja og fjögurra ára urriði og var þéttleiki beggja tegunda 0,7 seiði á 100 m² (ljósmynd 8).

Tafla 6. Vísitala seiðapétteleika í seiðarannsóknum í Tungufljóti og þverám þess 25. júní 2015. Tölur standa fyrir veidd seiði á 100 m² í einni yfirferð í rafveiði.

Vatnsfall	Stöð	Tegund: Aldur: Veiddur flötur m ²	Bleikja			Urriði			
			1+	2+	3+	1+	2+	3+	4+
			Sprænur	S1	48	-	-	-	-
Sprænur	S2	135	-	-	-	-	-	-	-
Tungufljót	T1	312	0,3	0,6	0,3	-	-	-	0,6
Tungufljót	T2	108	0,9	-	0,9	-	-	-	-
Tungufljót	T3	110	-	-	-	0,9	0,9	0,9	-
Tungufljót	T4	150	0,7	-	-	-	-	-	0,7

Tafla 7. Meðallengd (cm) seiða eftir tegundum og aldri í Tungufljóti, ± staðalfrávik og fjöldi mældra seiða er í svigum. Seiðum var safnað 25. júní 2015.

Vatnsfall	Bleikja	Bleikja	Bleikja	Urriði	Urriði	Urriði	Urriði
	1+	2+	3+	1+	2+	3+	4+
Tungufljót	6,2 ±0,3 (3)	8,8 ±1,0 (2)	13,7±0,7 (2)	5,1 (1)	7,1 (1)	10,3 (1)	15,2±4,2 (3)

Eins árs bleikjuseiði voru 6,2 cm að meðallengd, tveggja ára 8,8 cm og þriggja ára 13,7 cm. Eins árs urriðaseiði var 5,1 cm, tveggja ára 7,1 cm, þriggja ára 10,3 cm og meðallengd 4 ára seiða var 15,2 cm (tafla 7). Í fæðu tveggja bleikjuseiða fundust rykmýslirfur (85% að rúmmáli) og vorflugulirfur (15%). Var magafylli þeirra að jafnaði 2,5. Í fæðu tveggja urriðaseiða fundust aðallega lirfur rykmýs (52%) og bitmýs (15%) og púpur bitmýs (15%). Í þeim var einnig fæða sem ekki var unnt að greina (15%), vorflugulirfur (3%) og rykmýspúpur (1%). Magafylli urriðaseiðanna var að jafnaði 3,5.

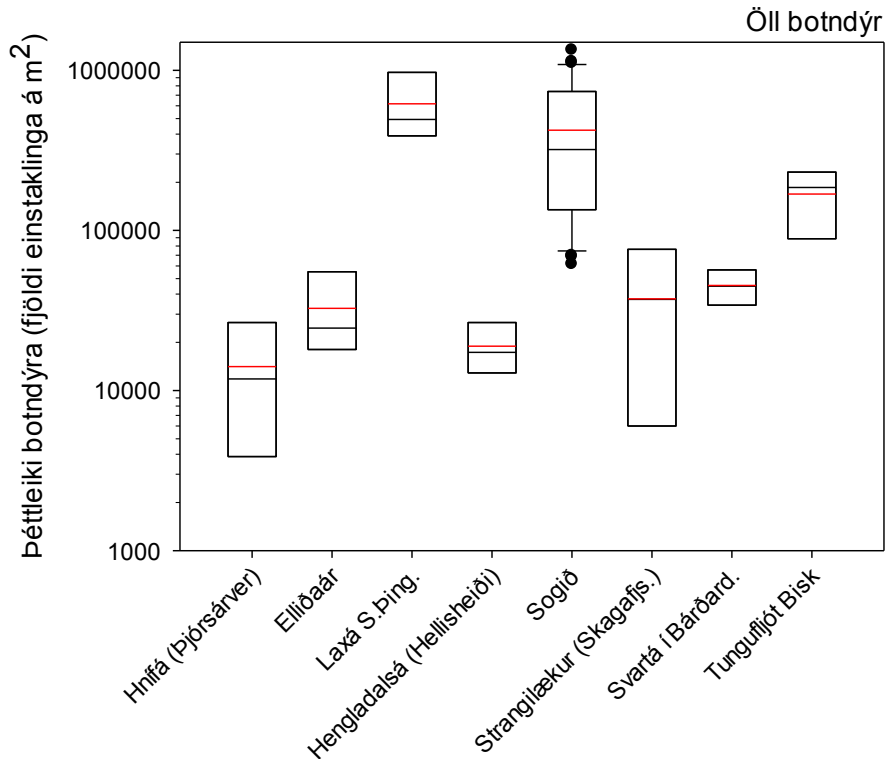
Umræða

Meginhluti vatns sem fellur til Tungufljóts er lindarvatn af Haukadalssvæðinu. Vatn þetta er kalt nálægt upptökum og sveiflast hitastig þess tiltölulega lítið með lofthita en hitastig lindarvatns er nærri meðalhita á viðkomandi svæði. Það sem einkennir mjög lindár er m.a. litlar sveiflur í rennsli og hita og er vatn þeirra jafnan ríkt af steinefnum sem oft endurspeglar lífauðgi lindáa (Hilmar J. Malmquist 1998). Rafleiðni er mælikvarði á magn uppleystra jóna í vatni og var lindarvatnið í Tungufljóti með heldur lægri rafleiðni (42–49 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en sjá má í mörgum lindám hér á landi eins og t.d. Elliðaánum (60–92 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Sogi (72,01–89,27 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Svartá í Bárðardal (83,5–92,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) og Laxá í Suður-Þingeyjarsýslu (153,1–163,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Jón S. Ólafsson o.fl. 1998, Magnús Jóhannsson o.fl. 2011, Benóný Jónsson o.fl. 2015 og Jón S. Ólafsson o.fl. 2004). Vegna þessara eiginleika lindáa sem felast í stöðugleika í rennsli, stöðugleika á botni ásamt hárrí og næringarefna er þar jafnan að finna gróskumikinn botngróður og er þekja mosa, grænþörunga eða smásærra þörunga oft mikil í slíkum ám eins og sjá má í Laxá í Suður-Þingeyjarsýslu (Jón S. Ólafsson o.fl. 2004), Soginu (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011), Elliðaánum (Jón S. Ólafsson o.fl. 1998) og Svartá í Bárðardal (Benóný Jónsson o.fl. 2015). Þrátt fyrir heldur lægri leiðni í Tungufljóti heldur en í fyrrgreindum ám reyndist lífmassi þörunga þar hár og síst minni en mælst hefur með svipuðum aðferðum t.d. í Svartá í Bárðardal (Benóný Jónsson o.fl. 2015). Tungufljót í Biskupstungum og Svartá í Bárðardal eru þó ekki sambærilegar að því leyti að í Svartá er mikil og samfelld þekja mosa sem var mun minna áberandi á botni Tungufljóts. Í hvorugri rannsókninni var gerð tilraun til að meta lífmassa stórgróðurs eins og mosa heldur eingöngu að fá mælikvarða á lífmassa smávaxnari þörunga sem er helsta fæðuuppspretta hryggleysingja. Enn sem komið er eru því miður fáar aðgengilegar birtar upplýsingar um magn frumframleiðenda í ám hér á landi. Hluti af reglubundnum rannsóknum Veiðimálastofnunar hefur þó í æ ríkara mæli beinst að því að gera mælingar á lífmassa þörunga og afla þannig grunnupplýsinga um magn frumframleiðenda í straumvatni hér á landi og byggja upp gagnagrunn um þá þekkingu. Kísilþörungar voru algengasti hópur þörunga í Tungufljóti (81,1–84%) en hlutdeild grænþörunga þar var mjög lítil (<1%). Þess skal þó geta að samanburður á

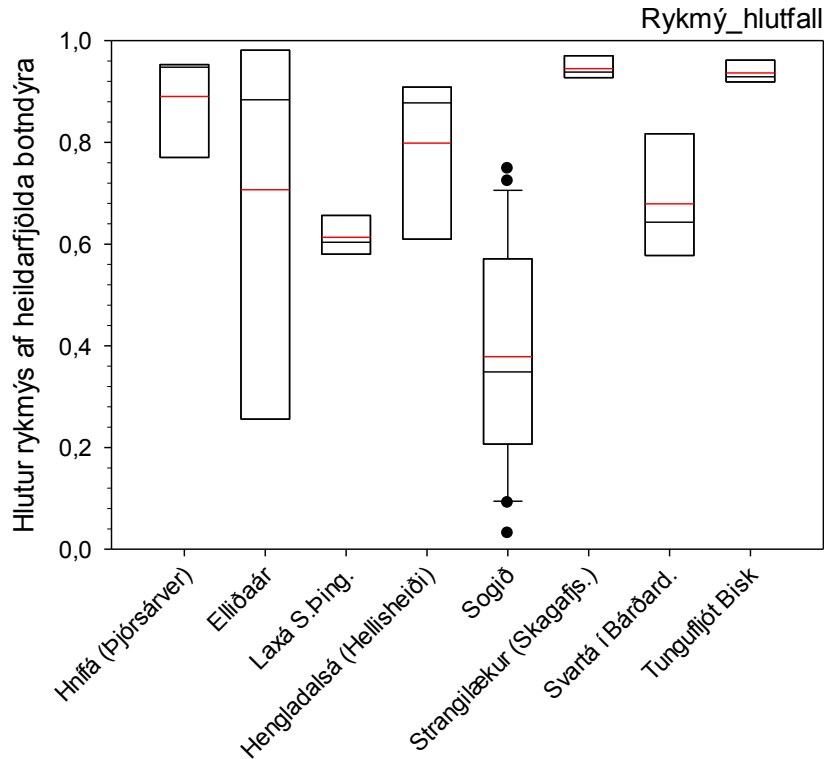
mælingum með BenthosTorch litmæli á skiptingu milli einstakra hópa þörunga (kísilþörunga, grænþörunga og blágrænbaktería) ber ekki vel saman við hefðbundnar eldri aðferðir (Maria Kahlert 2012). Við samanburð á lífmassa þörunga þarf jafnframt að hafa í huga að hann getur verið mjög breytilegur í tíma og rúmi og hafa þættir eins og ljósmagn, hiti, straumur, undirlag og efnasamsetning vatns áhrif á bæði vöxt og tegundasamsetningu þeirra (Allan og Castillo 2007).

Þéttleiki botnlægra hryggleysingja í Tungufljóti var allmikill, einkum á efri sýnatökustöðunum þar sem heildarþéttleiki botndýra var 216–236 þúsund einstaklingar á hvern fermetra en heldur lægri á neðri stöðvunum (154 og 66 þúsund einst./m²). Í samanburði við aðrar lindár á landinu má sjá að þéttleiki botndýra í Tungufljóti er í hærrí kantinum (mynd 9). Aðeins Laxá í Suður Þingeyjarsýslu og Sogið eru með áberandi meiri þéttleika en þar er þéttleiki botndýra með því mesta sem mælst hefur í straumvatni á Íslandi og munar þar stærðargráðu á þeim tveimur og öðrum ám. Sé rýnt í hlut einstakra hópa botndýra í Tungufljóti sést að rykmý var ríkjandi á öllum stöðvum og var hlutur þess yfir 90% allra botndýra. Er hlutur þess svipaður eða meiri en sést hefur í öðrum lindám sem hér eru til samanburðar (mynd 10). Rykmý er oftast en ekki ríkjandi botndýr í straumvatni á Íslandi (sjá t.d. Gísli Már Gíslason o.fl. 1999 og Jón S. Ólafsson o.fl. 2004) en þar sem sýnatökustaðir eru rétt fyrir neðan útfall stöðuvatna eins og t.d. í Soginu og Elliðaánum eru lírfur bitmýs að jafnaði í miklum meirihluta. Hér á landi eru þekktar um 80 tegundir rykmýs (Thora Hrafnadóttir 2005) og má flokka straumvötn í mismunandi samfélagsvistgerðir út frá því hvaða rykmýstegundir/ættkvíslir finnast í þeim (Jón S. Ólafsson o.fl. 2000). Rykmýssamfélögin í Tungufljóti einkenndust af fáum tegundum og var ein ættkvísl bogmýs (Orthocladinae) *Eukiefferiella* þar mjög áberandi ásamt fyrsta lírfustigi annarra bogmýstegunda. Hjá mörgum tegundum rykmýslirfa er fyrsta lírfustig mjög erfitt að tegundagreina þar sem greiningarlyklar byggja fyrst og fremst á einkennum eldri lírfustiga. Bogmý er einn algengasti hópur rykmýs í flestu straumvatni hér á landi (Gísli Már Gíslason o.fl. 2000, Þórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson 2000, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001, Magnús Jóhannsson o.fl. 2002, Erla Björk Örnólfsdóttir o.fl. 2003, Magnús Jóhannsson o.fl. 2015). Hlutdeild og tegundasamsetning þess var

mjög svipuð og fannst á vatnasviði Skaftár og Tungufljóts í V-Skaftafellsýslu í rannsókn þar árið 2012 (Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir o.fl. 2012) og á vatnasviði Stóru-Laxár í Hreppum árið 2015 (Magnús Jóhannsson o.fl. 2015) en þetta eru tegundir sem eru að jafnaði algengar í lindám eða neðarlega í jökulám og dragám (Gísli Már Gíslason o.fl. 1999). Kulmýstegundir (Diamesinae) voru minna áberandi í Tungufljóti og var hlutdeild þeirra jafnframt svipuð og fannst á vatnasviði Skaftár og Tungufljóts í V-Skaftafellsýslu 2012 og á vatnasviði Stóru-Laxár í Hreppum 2015. Kulmý er einkennandi fyrir jökulár eða ár sem renna af næringarsnauðum eða hrjóstrugum vatnasviðum og í straumvötnum þar sem mikillar snjóbráðar gætir (Jón S. Ólafsson o.fl. 2000, Þórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson 2000, Gísli Már Gíslason o.fl. 1999).



Mynd 9. Samanburður á heildarþéttleika botndýra í nokkrum lindám á landinu. Lárétt mörk kassana sýna hvar neðri (25%) og efri (75%) mörk mælinganna liggja. Lóðrétt línan sýnir hvar neðri (5%) og efri (95%) mörk mælinganna liggja, punktarnir sýna síðan útgildi mælinganna. Lárétt svört lína innan hvers kassa sýnir miðgildi og rauð lína meðaltal. Athugið að kvarðinn á lóðréttu ásnum er lógaritmískur. Byggt á eftirfarandi heimildum: Jón S. Ólafsson o.fl. 1998, Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson 2001, Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2002, Jón S. Ólafsson o.fl. 2004, Magnús Jóhannsson o.fl. 2011, Benóný Jónsson o.fl. 2015.



Mynd 10. Samanburður á hlutfalli rykmýs af heildarfjölda botndýra í nokkrum lindám á landinu. Lárétt mörk kassana sýna hvar neðri (25%) og efri (75%) mörk mælinganna liggja. Lóðrétt línan sýnir hvar neðri (5%) og efri (95%) mörk mælinganna liggja, punktarnir sýna síðan útgildi mælinganna. Lárétt svört lína innan hvers kassa sýnir miðgildi og rauð lína meðaltal. Byggt á eftirfarandi heimildum: Jón S. Ólafsson o.fl. 1998, Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson 2001, Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2002, Jón S. Ólafsson o.fl. 2004, Magnús Jóhannsson o.fl. 2011, Benóný Jónsson o.fl. 2015.

Mismunandi tegundir laxfiska velja sér búsvæði m.a. eftir hitafari og botngerð og hefur grófleiki botns þar mikið að segja. Almennt má segja að grófari botn henti seiðum betur en mjög finn. Bleikja er hánorrænn fiskur sem er kuldakærari en urriði og lax. Bleikja er því gjarnan ríkjandi í ófrjósömum og köldum ám en lax í hlýrri og frjósamari ám. Urriði er nær laxi en bleikju í búsvæðavali hvað varðar hita og frjósemi árvatnsins. Þegar tegundirnar lifa saman kemur til samkeppni milli tegunda og hver tegund velur sér þá búsvæði sér til hæfis. Vatnshiti er það lágur á þeim árköflum sem verða fyrir skertu rennsli eða fara undir lón, komi til virkjunar, að laxaseiði eru ekki talin þrífast þarna enda hafa þau ekki komið fram í seiðarannsóknum (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2011 og þessi rannsókn).

Á áhrifasvæði virkjunar fundust urriði og bleikja. Bleikja var í meirihluta á efri hluta svæðisins en urriði neðar. Vera kann að það tengist hitafari árinna, sem líklega er að jafnaði kaldari á svæðinu nær upptakalindum en neðar. Ekki varð vart við lax enda er ekki talið að hann geti þrífist á svæðinu vegna þess hversu vatnshiti er lágur. Vatnshiti hefur hæst mælst 7,5°C yfir sumarmánuðina við brú á Þjóðvegi sem er neðst á rannsóknarsvæðinu. Fyrri athuganir í Tungufljóti neðan brúar austan Geysis sýndu að þar var að finna urriða- og bleikjuseiði (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2011). Þéttleiki seiða mældist lágur eða frá 0 til 2,7 seiði á 100 m². Í Sprænum fannst ekki fiskur en það þarf ekki að þýða að þar sé fisklaust. Vitað er að bleikja er ofar í vatnakerfinu, hefur m.a. fundist í Ásbrandsá (Veiðimálastofnun óbirt gögn) og urriði hefur veiðst í Ásbrandsá við Selhagalæk sem er talsvert ofan við Nátthagafoss (Valur Lýðsson og Vilborg Guðmundsdóttir munnl. uppl.). Út frá meðallengdum seiða má ætla að vaxtarskilyrði laxfiska séu fremur slök á svæðinu. Fjögurra ára urriðar voru að jafnaði 15,2 cm sem gerir 3,2 cm vöxt á ári að jafnaði og þriggja ára bleikjur voru að jafnaði 13,7 cm, sem gerir 3,7 cm meðalársvöxt (gert ráð fyrir að seiði séu 2,5 cm við klak). Til samanburðar var hliðstæður meðalársvöxtur hjá urriða í Sogi um 4,0 cm á ári (Benóný Jónsson o.fl. 2010). Reikna má með að sá fiskur sem fannst á svæðinu sé staðbundinn þ.e. gangi ekki til sjávar, enda ekki þekkt að sjógöngustofnar urriða eða bleikju séu ofan við fossinn Faxa.

Áhrif virkjunar

Hér verður fjallað um líkleg áhrif fyrirhugaðra virkjanaframkvæmda á lífríki Tungufljóts og helstu hliðaráa hennar. Er þar um að ræða áhrif vegna mannvirkja og vegna rekstrar virkjunar. Hér verður ekki sérstaklega fjallað um áhrif á vatnalíf á meðan á framkvæmdum stendur, enda eru forsendur þar mjög óljósar. Ýmsir þættir eru einnig óljósir varðandi tilhögun framkvæmda og hvernig rekstri virkjunar verði háttað ef af verður. Veldur þetta nokkurri óvissu í því mati sem hér er gert.

Í megindráttum verða bein áhrif á vatnalíf tvíþætt, það eru breytingar vegna myndunar lóna og breytingar vegna skerts rennslis vatnsfalla og rennslissveiflna. Vegna

veitu vatns til virkjunar mun verða umtalsverð skerðing á rennsli í árfarvegum neðan veitumannvirkja (stíflu sem myndar inntakslón). Skerðing á rennsli mun hafa neikvæð áhrif á frum- og síðframléiðslu vatnalífvera. Bein áhrif af skertu rennsli er að minni botnflötur verður undir vatni og þar með verður skerðing á búsvæðum fyrir vatnalífverur. Hve mikil áhrifin verða ræðst m.a. af því hversu mikil rennisskerðingin verður og af lögun farvegarins. Sé lögun farvegarins V-laga er samband botnflatar undir vatni og rennisslínulegt. En sé farvegurinn U-laga, sem algengara er, minnkar flötur undir vatni hægar við litla skerðingu en þegar skerðingin er orðin mikil (Armstrong og Nislow 2012). Aukið vatn mun renna um farvegi neðan stíflna þegar lónhæð nær yfirfallshæð.

Ef til framkvæmda kemur verður skert rennsli á um 2.780 m af farvegi í Tungufljóti milli stíflu sem myndar inntakslón og frárenniss virkjunar og um 200 m í Stóru-Grjótá og kvíslum þar í grennd (Mannvit 2015b). Af þessum farvegum verða um 500 m í eystri kvísl árinna ofan frárenniss virkjunar á þurru vegna garðs sem þar er fyrirhugaður. Samkvæmt upplýsingum í tölvupósti frá Mannvit 23. október 2015 má ætla að í farvegi með skertu rennsli neðan stíflu verði um $1,6 \text{ m}^3/\text{sek}$ en það er reiknað innrennsli í farveginn, við bætist mögulegt lekavatn úr lóninu. Þetta er um 7% af rennsli Tungufljóts við brú á Þjóðvegi (mælt $23 \text{ m}^3/\text{sek}$). Skerðing á rennsli er því um 93%. Þar sem rennsli Tungufljóts og umrætt innrennsli er mjög stöðugt má ætla að þessar tölur breytist tiltölulega lítið. Mest mun vatnið koma úr Litlu-Grjótá og læk þar fyrir ofan og úr mýri á austurbakka. Í farvegum með skertu rennsli voru metnar 1.439 FE fyrir urriða og 1.129 FE fyrir bleikju. Ekki eru til þversniðsmælingar á farvegum sem verða fyrir skertu rennsli. Sé línulegt samband milli rennisskerðingar og flatarmáls (V-laga farvegur) sem fer á þurrt verður skerðing búsvæða í farvegum með skertu rennsli 93% og 100% á um 500 m kafla í eystri kvíslinni. Nú má gera ráð fyrir því að svo sé ekki og að farvegurinn sé að einhverju leyti U-laga eins og gjarnt er um íslenskar ár. Sé samband renniss og flatarmáls líkt og í Stóru-Laxá (Magnús Jóhannsson o.fl. 2015) má reikna með að 93% skerðing á rennsli gefi um 50% skerðingu á búsvæðum urriða og bleikju en skerðing verður áfram 100% á fyrrnefndum kafla í eystri kvíslinni. Reikna má með hliðstæðri skerðingu fyrir aðrar lífverur í vatni. Sé hins vegar lítið til allra svæða sem metin hafa

verið í Tungufljóti og þverám þess ofan við Faxa, er hlutur FE urriða í farvegum með skertu rennsli 7,7%, en þar voru FE fyrir urriða metnar samtals 18.674 (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2012). Ef gert er ráð fyrir að skerðingin fylgi ofangreindu sambandi rennslis og fjölda FE sem fékkst fyrir Stóru-Laxá, má reikna með að skerðing búsvæða fyrir urriða í Tungufljóti og þverám þess verði rúmlega helmingi minni eða rúm 4%. Ef svo illa færi að engin framleiðsla væri á fiski í farvegum með skertu rennsli myndi möguleg fiskframleiðsla urriða minnka um tæp 8%. Hafa verður í huga við þennan samanburð að þéttleiki seiða er lítill á svæðinu og þar er einnig bleikja sem dregur úr vægi svæðisins til framleiðslu urriðaseiða. Framleiðslueiningar fyrir bleikju hafa ekki verið metnar á sama hátt í heild á svæðinu ofan við Faxa og því er hér ekki áætlaður á sama hátt hlutur skerðingar búsvæða fyrir bleikju. Umrædd virkjanaframkvæmd getur að sama skapi haft áhrif á veiðimöguleika urriða á svæðinu ofan við Faxa. Hafa ber þó í huga að á virkjanasvæðinu er árvatnið kaldara og vöxtur seiða líklega hægari en neðar, sem gerir það að verkum að veltuhraði og þar með framleiðsla er minni en neðar.

Mikill lífmassi botnlægra þörungna og hár þéttleiki smádýra var á botni Tungufljóts þar sem rennsli verður skert komi til virkjunar. Frumframleiðendur eru undirstaða lífs í vatni og smádýr á árbotninum eru fæða fiska, ekki aðeins á því svæði sem þau alast upp, heldur geta þau rekið niður með árstraumnum og nýst fiski neðar á svæðinu. Rennslisskerðingin kemur ekkert síður niður á framleiðslu frumframleiðenda og botndýra en fiska. Til viðbótar má gera ráð fyrir að neðan við útrennsli virkjunar verði ónáttúrulegar sveiflur í rennsli vegna rekstrar virkjunar. Gera má ráð fyrir að slíkar rennslissveiflur hafi neikvæð áhrif á vatnalíf, ekki síst í lindá eins og Tungufljóti sem er með mjög stöðugt rennsli. Áhrifin verða væntanlega mest næst útrennsli virkjunar en minnka þegar neðar dregur. Hversu mikil áhrifin verða, fer mikið eftir því hvernig virkjunin verður rekin.

Við gerð inntakslóns virkjunar breytist árfarvegur í lón. Helstu breytingar verða væntanlega að lífverum sem aðlagðar eru rennandi vatni fækkar en þeim sem aðlagðar eru lygnu vatni kann að fjölga. Lón þetta er hins vegar lítið, með miklu gegnumstreymi og stuttum endurnýjunartíma (Mannvit 2015a). Fiskur fannst ekki á

svæðinu þar sem lón er fyrirhugað. Bleikja og urriði hafa hins vegar fundist ofar á vatnasvæðinu. Gera má ráð fyrir að bæði urriði og bleikja geti nýtt lónið til uppeldis og því má ætla að þau búsvæði sem fara undir lón nýtist þeim tegundum áfram komi til virkjunar.

Athygli vekur að nokkrir möguleikar virðast vera til uppeldis laxaseiða í Ásbrandsá sem er ofan við fyrirhugað lón virkjunar. Svæðin sem koma til greina eru stór, bæði neðan og ofan við Nátthagafoss. Þar nær vatn að hlýna að sumri og botngerð er hagstæð seiðum svo lax ætti að geta þrífist þar. Hitamælingar með sírita benda til að þar fari vatnshiti yfir 10°C í a.m.k. þrjá mánuði á ári (Veiðimálastofnun gagnagrunnur, Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2012). Neðar bætist við mikið af köldu lindarvatni úr Litlu-Grjótá sem gerir uppeldisskilyrði fyrir lax neðar á áhrifasvæði virkjunar í Tungufljóti að engu. Laxar sem skiluðu sér úr sjó og alast upp þar myndu nýtast til veiði neðar á svæðinu. Ef til virkjunar kemur lokast fyrir þann möguleika að nýta umrædd svæði til uppeldis laxaseiða. Seiði sem þar myndu alast upp þyrftu að fara niður til sjávar um virkjun með tilheyrandi afföllum.

Þakkarorð

Þakkir til Vals Lýðssonar og Vilborgar Guðmundsdóttur fyrir upplýsingar um veiði á urriðum í Ásbrandsá.

Heimildir

- Allan J.D. og M.M. Castillo 2007. *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. Önnur útgáfa. Springer, Dordrecht, Holland. 436 bls.
- Anderson L.E. 1954. Hoyer's solution as a rapid permanent mounting medium for bryophytes. *The Bryologist* 57:242–243.
- Armstrong J.D. og K.H. Nislow 2012. Modelling approaches for relating effects of change in river flow to populations of Atlantic salmon and brown trout. *Fisheries Management and Ecology*: 527–536.
- Benóný Jónsson, Magnús Jóhannsson og Ragnhildur Þ. Mangúsdóttir 2010. *Fiskrannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2009*. Veiðimálastofnun VMST/10004: 22 bls.
- Benóný Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Sigurður Óskar Helgason og Jón S. Ólafsson 2015. *Vatnalíf Svartár í Suður Þingeyjarsýslu og mat á áhrifum vatnsaflsvirkjunar*. Veiðimálastofnun VMST/15001: 47 bls.
- Cranston P.S. 1982. *A key to the larvae of the British Orthocladiinae (Chironomidae)*. Scientific publication No. 45. Freshwater Biological Association, Windermere Laboratory, Cumbria, England. 152 bls.
- Erla Björk Örnólfsdóttir, Benóný Jónsson, Magnús Jóhannsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2003. *Botndýra- og seiðarannsóknir í vatnakerfi Skaftár og Kúðaflijóts sumarið 2002*. Veiðimálastofnun, VMST-R/0303: 32 bls.
- Finnur Guðmundsson og Geir Gígja 1941. Vatnakerfi Ölfusár-Hvítár. *Rit Fiskideildar 1941*, nr. 1. 78 bls.
- Friðþjófur Árnason, Þórólfur 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, Hákon Aðalsteinsson, Jón S. Ólafsson og Iris Hansen 2000. Invertebrate communities of glacial and alpine rivers in the central highlands of Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 1602–1606.
- Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson 2001. *Lífriki Hnífár í Þjórsárverum. Könnun gerð í ágúst 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 56. 17 bls.
- Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson og Hákon Aðalsteinsson 1999. Macroinvertebrate communities in rivers in Iceland. Í: Biodiversity in Benthic Ecology, ritstj. N. Friberg og J.D. Carl. *Proceedings from Nordic Benthological Meeting in Silkeborg, Denmark, 13–14 November 1997*. NERI Technical Report, No. 266. Bls. 53–61.
- Heggenes J., J.L. Baglinière og R.A. Cunjak 1999. Spatial niche variability for young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in heterogeneous streams. *Ecology of Freshwater Fishes* 8: 1–21.
- Hilmar J. Malmquist 1998. Ár og vötn á Íslandi: Vistfræði og votlendistengsl. Í: *Íslensk votlendi. Verndun og nýting*, ritstj. Jón S. Ólafsson. Háskólaútgáfan, Reykjavík. Bls. 37–55.
- Hilmar J. Malmquist, Guðni Guðbergsson, Ingi Rúnar Jónsson, Jón S. Ólafsson, Finnur Ingimarsson, Erlín E. Jóhannsdóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Sesselja G. Sigurðardóttir, Stefán Már Stefánsson, Iris Hansen og Sigurður S. Snorrason 2001. *Vatnalífriki á virkjanaslóð. Áhrif fyrirhugaðrar Kárahnjúkavirkjunar ásamt Laugarfellsveitu, Bessastaðarveitu, Jökulsárveitu, Hafursárveitu og Hraunaveitu á vistfræði vatnakerfa*. Reykjavík, 254 bls.
- Jón S. Ólafsson, Árni Einarsson, Gísli Már Gíslason og Yann Kolbeinsson 2004. *Samhengi botnngerðar og botndýra í Laxá í S. Þingeyjarsýslu*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 72. 35 bls.
- Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2002. *Smádýralíf í vötnum á Hellisheiði, könnun í júlí 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 59. 28 bls.
- Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason og Hákon Aðalsteinsson 2000. Chironomids in glacial and non-glacial rivers in Iceland: a comparative study. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 27: 720–726.

- Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir og Gísli Már Gíslason 1998. *Botndýralíf í Elliðaánum*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 41. 51 bls.
- Lorenzen C.J. 1967. Determination of chlorophyll in pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Ocenogr.* 12, 343–346.
- Magnús Jóhannsson 1986. *Frumathugun á uppeldisskilyrðum fyrir laxaseiði ofan Faxa í Tungufljóti, Árnassýslu*. Veiðimálastofnun VMST-S/86003: 7 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2011. *Fiskrannsóknir á Tungufljóti í Biskupstungum 2010*. Veiðimálastofnun VMST/11029: 19 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2012. *Búsvæðamat fyrir laxfiska í Tungufljóti í Biskupstungum*. Veiðimálastofnun VMST/12030: 25 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Erla Björk Örnólfsdóttir, Sigurður Guðjónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2002. *Rannsóknir á lífríki Þjórsár og þveráa hennar vegna virkjana neðan Búrfells*. Veiðimálastofnun, VMST-S/02001: 124 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og Jón S. Ólafsson 2015. *Stóra-Laxá í Hreppum. Vatnalíf, veiðinytjar og virkjun*. Veiðimálastofnun. VMST/15011: 81 bls.
- Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Jón S. Ólafsson 2011. *Lífríki Sogs. Samantekt og greining á gögnum frá árunum 1985–2008*. Veiðimálastofnun, VMST/11049: 111 bls.
- Mannvit 2015a. *Brúarvirkjun, allt að 9,3 MW rennlisvirkjun í Biskupstungum Bláskógabyggð*. Mat á uhverfisáhrifum. Tillaga að matsáætlun: 16 bls.
- Mannvit 2015b. *Brúarvirkjun. Frumhönnun (drög)*. Mannvit HS-Orka: 28 bls.
- Maria Kahlert 2012. Påväxtalgsamhället i arktisk-alpina vattendrag. En första undersökning: startpunkt att upptäcka biologiska förändringar som följd av den globala uppvärmingen. *Institutionen för vatten och miljö, SLU, Uppsala. Rapport 2012*: 11. 28 bls.
- Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson 2012. *Vatnalífsrannsóknir vegna Búlandsvirkjunar 2012*. Veiðimálastofnun, VMST/12039; SO-2012-05: 56 bls.
- Schmid P.E. 1993. A key to the larval Chironomidae and their instars from Austrian Danube region, streams and rivers with particular reference to a numerical taxonomic approach. Part I, Diamesinae, Prodiamesinae and Orthoclaadiinae. *Wasser und Abwasser*, suppl. 3/93. Federal Institute for water quality in Wien – Kaisermühlen. 514 bls.
- Sigurður Guðjónsson og Ingi Rúnar Jónsson 2010. *Búsvæðamat fyrir urriða og bleikju í Vatnsdalsá, Húnavatnssýslu*. Veiðimálastofnun, VMST/10030: 11 bls.
- Sigurjón Rist 1990. *Vatns er þörf*. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík: 248 bls.
- Thora Hrafnadóttir 2005. Diptera 2 (Chironomidae). *The Zoology of Iceland* III. 48b: 1–169.
- Wiederholm T. (ritstj.) 1983. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1 – Larvae. *Ent. Scand. Suppl.* 19: 1–457.
- Wintermans J.F.G.M. og A. De Mots 1965. Spectrophotometric characteristic of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta* 109, 448–453.
- Þórður Jasonarson 1977. *Laxastigi í Faxa og vatnasvæði Tungufljóts*. Veiðimaðurinn nr. 98. Bls. 19–22.
- Þórólfur Antonsson 2000. *Verklýsing fyrir mat á búsvæðum seiða laxfiska í ám*. Veiðimálastofnun, VMST-R/0014: 8 bls.
- Þórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson 2000. *Rannsóknir á lífríki áa í Reyðarfirði*. Veiðimálastofnun, VMST-R/0019x: 24 bls.

Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 1998. *Búsvæði laxfiska í Elliðaáám. Framvinduskýrsla í lífríkisrannsóknnum*. Veiðimálastofnun, VMST-R/98001: 16 bls.

Af veraldarvefnum:

Heimasíða Hótel Geysis. <http://www.hotelgeysir.is/?c=webpage&id=26&lid=25&option=links> (sótt 15.12.2015).

Viðaukar

Viðauki 1. Þéttleiki (fjöldi/m²) mismunandi botndýrategunda/hópa í Tungufljóti 7. og 8. september 2015. Sýnd eru meðaltöl og staðalfrávik meðaltala af fimm steinum á stöð 2 (TFL-02) og sex steinum á öðrum sýnatökustöðvum (TFL-01, TFL-03 og TFL-04).

Botndýrahópar	TFL-01		TFL-02		TFL-03		TFL-04	
	N=6		N=5		N=6		N=6	
	Meðaltal	Staðalfrávik	Meðaltal	Staðalfrávik	Meðaltal	Staðalfrávik	Meðaltal	Staðalfrávik
Ánar (Oligochaeta)	1.619	1.888	10.364	11.065	1.596	1.531	2.267	2.070
Árfættur (Copepoda)	274	670	642	916	293	585	0	1
Skelkrebbs (Ostracoda)	0	0	631	1.077	379	732	162	394
Vatnamítlar (Hydrachnellae)	137	335	133	292	430	539	330	808
Steinflugugýðlur (Plecoptera)	153	376	249	557	293	332	99	244
Vorflugulírfur (Trichoptera)	197	338	0	0	63	155	0	1
Bitmýslírfur (Simuliidae)	3.125	3.097	5.100	7.165	2.135	2.898	5.798	6.840
Rykmýspúpur (Chironomidae)	1.525	1.512	2.070	1.444	275	224	693	1.124
Rykmýslírfur (Chironimidae)	259	634	0	0	0	0	0	0
Ránmýslírfur (Tanypodinae)	0	0	4	8	0	0	0	0
Kulmýslírfur (Diamesinae)	1.284	1.267	2.200	4.343	0	0	0	0
<i>Diamesa bertrami/latitarsis</i> hópur	7.337	5.168	10.931	12.381	6.054	7.029	11.330	14.328
<i>Diamesa bertrami</i>	2.456	2.754	5.064	5.146	5.809	4.745	7.719	6.758
<i>Diamesa latitarsis</i> hópur	4.468	3.222	5.461	8.264	3.343	3.047	2.182	3.776
<i>Diamesa bohemani/zernyi</i> hópur	8.837	9.642	6.803	5.515	567	953	4.428	4.890
Bogmýslírfur (Orthoclaadiinae)	87.073	67.028	69.598	38.598	16.875	14.081	32.181	27.984
<i>Chaetocladius</i>	0	0	0	0	0	0	769	1.884
<i>Cricotopus (C.) tibialis</i>	197	482	0	0	0	0	0	0
<i>Eukiefferiella</i>	518	1.268	397	888	186	457	0	0
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	11.436	9.872	16.393	17.332	7.584	4.157	16.548	13.832
<i>Eukiefferiella minor</i>	82.131	63.855	91.639	58.776	18.423	15.970	64.714	59.400
<i>Orthocladus (O.) frigidus</i>	1.230	1.372	6.791	9.850	22	53	1.614	3.945
<i>Orthocladus (O.) oblidens</i>	405	992	0	0	0	0	0	0
<i>Rheocricotopus</i>	0	0	0	0	483	1.182	0	0
<i>Thienemanniella</i>	165	404	11	24	1.259	2.029	1.815	2.805
<i>Micropsectra</i>	405	992	397	888	388	951	921	2.247
Bakkabreddulírfur (Empididae)	20	49	674	684	157	176	398	974
Stökkmor (Collembola)	0	0	156	348	0	0	0	0
Lírfur af húsflugugætt (Muscidae)	894	1.757	948	1.068	159	202	916	1.682
Samtals	216.145	159.579	236.656	149.016	66.774	36.485	154.885	97.109

Ljósmyndir



Ljósmynd 1. Tungufljót í lónstæði fyrirhugaðs inntakslóns, árkaflí I í búsvæðamati.



Ljósmynd 2. Botn metinn í Stóru-Grjótá á árkafla IIa í búsvæðamati.



Ljósmynd 3. Tungufljót rétt neðan við fyrirhugað stíflustæði inntakslóns virkjunar, árkaflí III.



Ljósmynd 4. Rafveitt í Sprænum á seiðarannsóknarstöð S2.



Ljósmynd 5. Efsti rannsóknarstaður seiða (T1) í Tungufljóti á árkafla III. Hér verður rennsli verulega skert komi til virkjunar.



Ljósmynd 6. Flúðasvæði efst á árkafla IV í Tungufljóti þar sem rennsli verður skert.



Ljósmynd 7. Tungufljót á árkafla IV.



Ljósmynd 8. Tungufljót á neðsta rannsóknarstað seiða (T4). Horft er upp eftir ánni að brú á Þjóðvegi.



Veidimálastofnun

Keldnaholt, 112 Reykjavík

Sími 580-6300 Símbref 580-6301

www.veidimal.is veidimalastofnun@veidimal.is



Ásgarður, Hvanneyri
311 Borgarnes



Brekkugata 2
530 Hvammstangi



Austurvegur 3-5
800 Selfoss