

Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Botnhrygggleysingjar í straumvötnum

Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Elísabet R. Hannesdóttir og Jón S. Ólafsson



Veiðimálastofnun

Veiðinýting • Lífríki í ám og vötnum • Rannsóknir • Ráðgjöf

Forsíðumynd: Haus á bitmýslirfu – lírfan notar net á höfði til að sía fæðuagnir úr vatninu
Myndataka: Elísabet R. Hannesdóttir

Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Botnhrygggleysingjar í straumvötnum

Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Elísabet R. Hannesdóttir og
Jón S. Ólafsson

Febrúar 2014

Efnisyfirlit

Inngangur	1
Hryggleysingar sem gæðapáttur til að meta vistfræðilegt ástand	2
Staða þekkingar á Íslandi	3
Erlendar aðferðir og möguleikar til notkunar á Íslandi	4
Aðferðir	5
Tiltæk gögn	5
Meðhöndlun gagna	9
Tölfræðileg úrvinnsla gagna	10
Tengsl smádýragagna við straumvatnsgerðir	10
Vistfræðilegt ástand vatnshlota – metið fyrir hverja straumvatnsgerð	11
Niðurstöður og umræður	11
Þakkir	13
Heimildaskrá	14

Inngangur

Markmið vatnatilskipunar Evrópusambandsins (EU Water Framework Directive) er að varðveita vistfræðileg gæði vatns og halda ástandi þeirra góðu. Aðgerða er þörf ef ástand vatna fer úr góðu í slæmt. Lög um stjórn vatnamála (nr. 36/2011) og reglugerð um flokkun vatnshlota (sem skilgreint er sem eining vatns), eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun (nr. 535/2011) voru sett árið 2011. Markmið laganna er „að vernda vatn og vistkerfi þess, hindra frekari rýrnun vatnsgæða og bæta ástand vatnavistkerfa til þess að vatn njóti heildstæðrar verndar. Jafnframt er lögunum ætlað að stuðla að sjálfbærri nýtingu vatns og langtíma-vernd vatnsauðlindarinnar“ (nr. 36/2011). Setja skal fram vatnaáætlun, aðgerðaáætlun og vöktunaráætlun til að ná fram markmiðum þessara laga (nr. 36/2011). Vatnaáætlun felur m.a. í sér að flokka skal vatnshlot og lýsa hugsanlegu álagi á það. Í aðgerðaáætlun skal lýsa þeim ráðstöfunum sem grípa skal til að ná fram umhverfismarkmiðum sem sett hafa verið fyrir vatnshlotin. Vöktunaráætlun felur í sér tillögur um kerfisbundna vöktun á ástandi vatns og veita heildarsýn á ástandi vatnshlota (nr. 36/2011). Reglugerðin (nr. 535/2011) segir til um hvernig framfylgja skal vatnaáætluninni.

Tillögur að skiptingu vatnshlota í mismunandi gerðir, sem er hluti af vatnaáætluninni (nr. 36/2011), voru lagðar fram af Veiðimálastofnun og Veðurstofu Íslands í skýrslu til Umhverfisstofnunar í mars 2013. Þar sem lagt var til að straumvötnum yrði skipt í níu gerðir sem afmarkaðar voru með fjórum lýsum sem byggir á kerfi B (VÍ 2013-002/VMST 13007). Þekja jökuls á vatnasviði, aldur berggrunns, hæð yfir sjávarmáli og þekja vatna og votlendis á vatnasviði voru þeir fjórir lýsar sem notaðir voru í gerðargreiningu straumvatna (VÍ 2013-002/VMST 13007). Ákveðið var að breyta forsendum lýsisins „vatn og votlendi á vatnasviði“ á þann hátt að í stað þess að setja mörkin við 10 km² þekju á vatnasviði var miðað við 12% af vatnasviði, sem þótti falla betur að gögnum um seiðapétteleika laxfiska (Minnisblað til Umhverfisstofnunar vegna breytingar á gerðum straumvatnshlota, VMST 26. nóvember 2013).

Til að ná fram markmiðum vatnaáætlunar (nr. 36/2011), sem felur m.a. í sér að meta vistfræðilegt ástand vatnshlota, voru skipaðir þrjú hópar sérfræðinga innan Veiðimálastofnunar. Hver um sig hafði það að markmiði að skoða einn tiltekinn lífveruhóp, þ.e. þörungna, hryggleysingja eða fiska, og kanna möguleika á að nota hann til mats á vistfræðilegu ástandi vatnshlota. Vistfræðilegt ástand er metið út frá þéttleika og tegundasamsetningu lífverusamfélaga ásamt viðmiðum fyrir eðlisefnafræðilega þætti í samræmi við reglugerð nr. 535/2011. Skilgreina þarf viðmiðunaraðstæður sem eru sem næst

náttúrulegu ástandi og samsvara ástandsflokki yfir mjög gott ástand. Síðan eru skilgreind mismikil frávik frá viðmiðunarskilyrðum, sem rekja má til álags af mannavöldum og samsvara fjórum síðri ástandsflokkum. Taka þarf tillit til mismunandi gerða vatnshlota í þessu samhengi, þar sem hver gerð hefur ólíka vistfræðilega eiginleika og þ.a.l. ólík lífsamfélög. Í upphafi var áhersla lögð á straumvatnshlot og hópunum falið að taka saman öll tiltæk gögn og vinna úr.

Tilgangur þessarar skýrslu er að gefa yfirlit yfir stöðu á vinnu hryggleysingjahópsins, þar sem farið er yfir verkferlið og rætt um áframhaldandi vinnu með gögnin. Megin hluti vinnunnar hefur farið í að safna saman tiltækum gögnum, yfirfara þau svo hægt sé að framkvæma tölfræðilegar prófanir á þeim.

Hryggleysingar sem gæðabáttur til að meta vistfræðilegt ástand

Til fjölda ára hafa hryggleysingar verið notaðir víða í heiminum til að flokka og meta ástand ferskvatns. Þannig hefur tegundasamsetning og fjölbreytni hryggleysingja í straumvötnum verið notuð til að meta umfang mengunar og næringarástand ferskvatnsvistkerfa (sjá t.d. D. R. Rosenberg og V. H. Resh 1993). Hryggleysingar þykja hentugir til að meta vistfræðilegt ástand straumvatna m.a. vegna hversu fjölbreyttur hópur þeir eru og með mikla útbreiðslu. Þeir finnast í miklum mæli í flestum ám og lækjum, eru lítt hreyfanlegir og endurspeglar því vel ástand á þeim stað sem þeim er safnað á. Auk þess má víða finna samfélög hryggleysingja af ólíkum tegundum sem hafa mismundandi þol gagnvart mengun og því gefur samfélagið í heild sinni góða mynd af vistfræðilegu ástandi straumvatna (M. T. Barbour o.fl. 1999, R.T. Clarke o.fl. 2003). Í Bandaríkjunum hefur Umhverfisverndarstofnunin (United States Environmental Protection Agency) búið til leiðavísi um notkun hryggleysingja við mat á ástandi straumvatna þar sem farið er yfir helstu aðferðir í sýnatöku, úrvinnslu sýna og tölfræðilega úrvinnslu á gögnum (M. T. Barbour o.fl. 1999). Hliðstæðir leiðavísar hafa verið útbúnir í allflestum Evróplöndum sem innleitt hafa Vatnatilskipun ESB (sjá töflu 1 í D. Hering o.fl. 2003) Þeir mælikvarðar sem eru notaðir við mat á vistfræðilegu ástandi eru m.a. tegundaauðgi (þ.e. fjöldi tegunda sem til staðar eru), hlutföll ákveðinna lífveruhópa sem eru næmir gagnvart mengun/raski (t.d. prósentu dægurflugna, steinflugna og vorflugna) og hlutfall þolinna lífvera í samfélaginu. Við mengun eða rask má búast við því að tegundaauðgi minnki, að það dragi úr hlutfalli tegunda sem eru næmar fyrir mengun og að hlutfall þolinna lífvera í samfélaginu aukist (M. T. Barbour o.fl. 1999). Í þeim Evrópulöndum þar sem Vatnatilskipunin hefur verið innleidd hefur miklum tíma verið varið í að þróa og samræma

aðferðir mismunandi landa til aðmeta vistfræðilegt ástand straumvatnshlota. Í flestum löndum er hægt að nota ýmsar stórar skordýrategundir s.s. drekaflugur, dægurflugur, steinflugur og vorflugur sem mælikvarða á ástand vatna. En, einnig verða þessar þjóðir að notast við aðra hryggleysingja s.s. rykmý, sem oft eru ríkjandi hópur hryggleysingja í ferskvatnsvistkerfum. Flokkun vatnshlota í gerðir byggir m.a. á samfélögum hryggleysingja í straumvötnum. Með samanburðarrannsóknnum hefur verið sýnt fram á nauðsyn þess að unnið sé með sem mesta upplausn gagna t.a.m. þar sem hryggleysingjar eru greindir til tegunda eða ættkvísla (P.F.M. Verdonschot 2006). Því er vert að hafa í huga að þar sem gerðir straumvatna hafa verið flokkaðar og vistfræðilegt ástand þeirra mælt hefur þurft að fara út í allitarlegar greiningar á botnlægum hryggleysingjum (sjá t.d. D. Hering o.fl. 2003).

Staða þekkingar á Íslandi

Hér á landi eru gögn sem aflað hefur verið með reglubundninni vöktun á lífríki straumvatna fremur fátækleg, en á hinn bóginn er töluvert til af upplýsingum úr stökum mælingum eins og kynnt er í þessari skýrslu. Sem fyrr segir hafa aðferðir mismunandi Evrópulanda til að flokka gerðir straumvatna og mæla vistfræðilegt ástand þeirra verið samræmdar. Ísland var ekki þátttakandi í þeirri undirbúningsvinnu og hefur því þurft að vinna út frá þeim viðmiðunum sem aðrar Evrópuþjóðir byggja á. Hryggleysingjafána straumvatna hér á landi er mun fábreyttari en sunnar í álfunni. Hér eru fáar eða engar tegundir sem tilheyra stórum hryggleysingjum s.s. dægurflugum, steinflugum og vorflugum (EPT: Ephemeroptera, Plecoptera og Trichoptera) sem víða eru notaðar sem mælikvarðar á vistfræðileg ástand vatna. Af dægurflugum og steinflugum hefur aðeins ein tegund fundist hér á landi og er dægurfluguna helst að finna í tjörnum og stöðuvötnum en ekki í straumvötnum (Helgi Hallgrímsson 1979). Alls hafa fundist 12 tegundir vorflugna sem aðeins sumar hverjar eru í straumvötnum en aðrar í tjörnum, stöðuvötnum og mýrlendi (Gísli Már Gíslason 1978, Erling Ólfasson og Gísli Már Gíslason 2010). Með því að styðjast við samræmdar aðferðir og líkön sem þróuð hafa verið í öðrum Evrópulöndum má komast langt í að flokka vistfræðilegt ástand straumvatna hér á landi. Ríkjandi hópar botnlægra hryggleysingja í straumvötnum á Íslandi heyra til tvívængja skordýra (Diptera), einkum bitmýs (Simuliidae) og rykmýs (Chironomidae). Af fyrrnefndu ættinni hafa 4 tegundir fundist á Íslandi en yfir 80 rykmýstegundir (Helgi Hallgrímsson 1979, Thora Hrafnisdóttir 2005). Útbreiðsla helstu hryggleysingjahópa í straumvötnum á Íslandi er þokkalega vel þekkt, einkum á það þó við um þessar tvær ættir tvívængja. Um lifnaðarhætti hryggleysingja í einstökum gerðum straumvatna er minna vitað, en þekking þar að lútandi fer þó vaxandi einkum um lífsferla skordýra t.d.

bitmýs (Vigfús Jóhannsson 1986), rykmýs (Elísabet Ragna Hannesdóttir o.fl. 2012 og Elísabet Ragna Hannesdóttir o.fl. 2013) og vorflugna (Gísli Már Gíslason 1978). Vistfræðileg flokkun straumvatna hér á landi, þar sem stuðst var við tegundasamsetningu bitmýs og rykmýs, leiddi í ljós að samfélög mýteygunda endurspeglu einkenni vatnasviða s.s. berggrunn, gróðurfar og þekju vatna og votlendis á vatnasviðum (Jón S. Ólafsson o.fl. 2002). Auk þess sýndu niðurstöðurnar að fjölbreytni mýteygunda var mest í þeim straumvötnum sem runnu um land innan virka gosbeltisins og minnst í jökulám og dragám. Eins og fyrr segir er tegundasamsetning hryggleysingja töluvert frábrugðin því sem gerist í nágrannalöndum okkar. Því er ljóst að við verðum að aðlaga verklag héraðsins að þeim samfélögum sem hér finnast. Þar sem bitmý og rykmý eru oftast en ekki ríkjandi botndýr í straumvötnum verður vart komist hjá því að nota þá hópa við vistfræðilega flokkun vatnshlota. Víða erlendis eru þessir skordýrahópar, ásamt öðrum hryggleysingjum, notaðir við vistfræðilega flokkun straumvatna (sjá t.d. D. Hering o.fl. 2003). Þrátt fyrir að úrvinnsla hefðbundinna botndýrasýna geti verið tímafrelk þá verður ekki hjá þessu komist ef nota skal botnlæga hryggleysingja í straumvötnum til vistfræðilegrar flokkunar líkt og vatnatilskipunin gerir kröfu um. Púpuhamir rykmýs hafa víða verið notaðir til flokkunar ferskvatns með góðum árangri í straumvötnum, bæði austan (R. S. Wilson og P. L. Bright 1973, R. S. Wilson og L. P. Ruse 2005) og vestan Atlantshafs (L. C. Ferrington Jr. o.fl. 1991). Aðferð þessi er mun fljótvirkari og þar með ódýrari en hefðbundin sýnataka og úrvinnsla á botnlægum hryggleysingjum. Ein og sér getur þessi aðferð þó ekki komið í stað hefðbundinna botndýrasýna þar sem sýnatökur á púpuhömum rykmýs eru ekki magnbundnar, verið er að mæla viðbrögð eins hóps hryggleysingja og gefa athuganir einungis til kynna hvaða rykmýstegundir voru að klekjast nokkru fyrir sýnatöku ofan við þann stað þar sem hömum er safnað. Á hinn bóginn getur þessi aðferð verið notadryg við vöktun en þá verður að hafa í huga að sýnatökur verður að endurtaka nokkrum sinnum yfir klaktíma flugnanna (vor-sumar-haust).

Erlendar aðferðir og möguleikar til notkunar á Íslandi

Þrátt fyrir að þau Evrópuríki sem innleitt hafa Vatnatilskipunina hafi lagt mikla vinnu við samræmingu á aðferðum þá eru engu að síður nokkuð mismunandi tól notuð við ástandsflokkun vatns (S. Birks o.fl. 2012). Víða er stuðst við líkön sem byggja á RIVPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System) m.a. í Bretlandi, Svíþjóð (SWEPACSRI) og Tékklandi (PERLA) (D. Hering o.fl. 2003, J. Davy-Bowker o.fl. 2006). Líkönin eiga það sameiginlegt að byggja á tengslum botndýrafánu og umhverfisþátta á stóru úrtaki viðmiðunarstaða (e. reference site) til að spá fyrir um væntanlegt ástand á hverjum

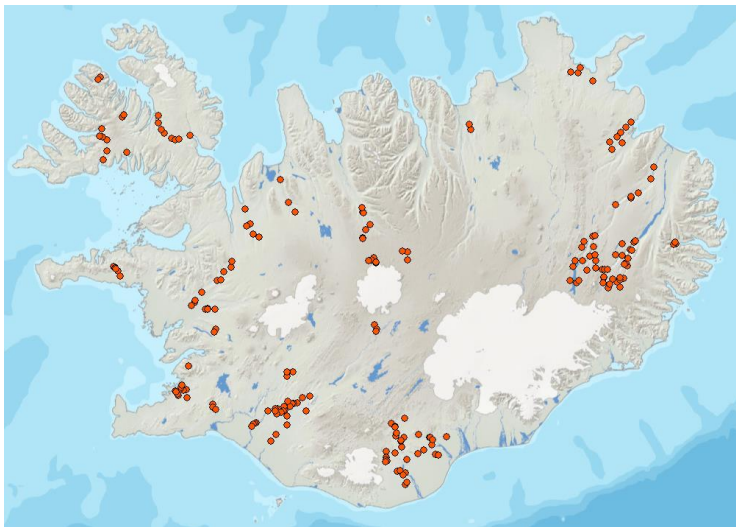
þeim stað sem er undir álagi t.d. vegna mengunar (R. T. Clarke o.fl. 2003, sjá einnig: <http://www.ceh.ac.uk/products/software/rivpacs-model.html>). En hver sem aðferðin er og hvaða líkönum er beitt er í sjálfu sér ekki aðalatriðið, heldur að ávalt sé leitast við að standa þannig að flokkun og vöktun að hægt sé að tryggja að gögnin nemi breytingar á ástandi vatns hverju sinni. Þannig geta gæði greininga og flokkunarfræðileg upplausn (e: taxonomic resolution) gagna um hryggleysingja í ám skipt sköpum við skilgreiningar á vistfræðilegu ástandi (P.F.M. Verdonschot 2006). Ein af niðurstöðum evrópsku rannsóknarverkefnanna AQEM og STAR sýndu þetta bersýnilega. Þar var gerður samanburður á 1660 sýnum úr 48 ám víða í Evrópu þar sem greiningar hryggleysingja voru mjög misítarlegar (tegundir–ættkvíslir–ættir–hópar o.s.frv.). Flestar þær tegundir hryggleysingja sem finnast hér í straumvötnum má finna í nágrannalöndum okkar s.s. á Bretlandseyjum og í Noregi (Gísli Már Gíslason 2005). Því ætti að vera hægt að heimfæra upplýsingar um mismunandi þol gagnvart álagi s.s. mengun sem þekkt er erlendis frá á þær tegundir sem hér finnast.

Aðferðir

Tiltæk gögn

Tiltæk gögn um hryggleysingja í straumvatni spanna tímabilið frá 1979 til 2012, en flestar rannsóknirnar voru framkvæmdar eftir 1990 (Tafla 1). Í flestum tilfellum fóru mælingar/sýnatökur fram í eitt skipti en í fáeinum tilvikum eru til gögn þar sem til eru upplýsingar úr nokkrum mælingum/sýnatökum innan árs eða árlegum kerfisbundum sýnatökum yfir lengri tíma (vöktun). Yfirleitt var þremur til tíu sýnum safnað á hverri sýnatökustöð en breytilegt var milli verkefna hversu mörg sýni voru tekin. Yfirlitsrannsóknir vegna mats á fyrirhuguðum framkvæmdum (s.s. virkjunum og álverum) og áhrif þeirra eru veigamikill hluti af gagnasafninu, en þar má nefna verkefni vegna Kárahnjúkavirkjunar (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001) og álvers í Reyðarfirði (Þórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson 2000). Sérhæfð verkefni voru af ýmsum toga en þar má nefna rannsókn í Laxá í S. Þingeyjarsýslu (Árni Einarsson o.fl. 2004, Jón S. Ólafsson o.fl. 2004), sem fól í sér mat á sambandi milli botngerðar og botndýra og rannsókn í Norðurá og Selá, sem fólst í því að meta framleiðslugetu. Gögn voru einnig fengin úr nemendaverkefnum við Háskóla Íslands, en þar má nefna meistaraverkefni Stefáns M. Stefánssonar sem skoðaði samfélög og lífsferla hryggleysingja í dragám á Íslandi (Stefán Már Stefánsson 2005 og Stefán Már Stefánsson o.fl. 2006). Í nokkrum rannsóknum var sýnum safnað í lækjum (með < 10 km² vatnasvið) en slík gögn voru ekki höfð með í þessari samantekt um tiltæk gögn.

Sýnatökustöðvarnar voru hnitsettar með GPS tækjum um leið og mælingar/sýnatökur fóru fram. Í sumum tilfellum voru hnitin ekki skráð og þurfti því að ákvarða hnitin af kortum (Mynd 1). Sýnatökustaðirnir dreifðust vítt um landið en eins og sjá má þá voru punktarnir nokkuð hnappdreifðir, til dæmis má sjá marga punkta á austurlandi sem tilheyrðu rannsókn vegna Kárahnjúkavirkjunar, einnig í kringum Skaftá (Benóný Jónsson o.fl. 2003, Benóný Jónsson o.fl. 2004, Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2012, Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2012, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir o.fl. 2012) og Þjórsá (Magnús Jóhannsson o.fl. 2002.). Í Vatnsfallaverkefnum var sýnum var safnað af öllu landinu.



Grunnkort: Veðurstofa Íslands
2012. Byggt á IS50V gögnum
© Landmælingar Íslands

Mynd 1. Yfirlit yfir sýnatökustöðvar í straumvatni (með $> 10 \text{ km}^2$ vatnasvið) þar sem hryggleysingjum var safnað. Sumar sýnatökustöðvar vantar á kortið því eftir er að leiðrétta hnit fyrir þær stöðvar sem lentu á röngum stað.

Ýmsum sýnatökuaðferðum var beitt en einna helst var steina- og sparksýnum safnað. Auk þess var Surber-, rek-, greiparsýnum safnað í nokkrum vatnshlotum. Í rannsókn í Laxá í S. Þingeyjarsýslu, sem fól í sér mat á sambandi milli botngerðar og botndýra, var sýnum safnað af fernskonar undirlagi (þ.e. steinar, möl, sandur og slý). Upplýsingar um mismunandi sýnatökuaðferðir má nálgast í skýrslum frá Veiðimálastofnun, Náttúrustofu Kópavogs og í fjölrítum Líffræðistofnunar Háskóla Íslands (sjá heimildalista neðan við Töflu 1).

Við grófflokkun á sýnum voru hryggleysingjar taldir og greindir í hópa eða tegundir undir víðsjá, frekari greiningar t.d. rykmýs þurfti að gera við meiri stækkun í smásjá. Misjafnt var eftir verkefnum hversu ítarlega smádýrin voru greind sem tekið verður tillit til við tölfraðilega úrvinnslu (sjá næsta undirkafla). Í sumum verkefnum var markmiðið að skoða tiltekna hópa hryggleysingja eingöngu og annað ekki talið, sem dæmi má nefna lífsferlarrannsókn í Dælísá þar sem eingöngu rykmý var talið og greint. Úrvinnsla sýna var oft

á tíðum í höndum nokkurra einstaklinga sem gat leitt til skekkju í nákvæmni tegundagreininga sem taka varð mið af við meðhöndlun gagnanna (sjá næsta kafla).

Tafla 1: Yfirlit yfir tiltæk smádyragögn sem notuð verða við mat á vistfræðilegu ástandi straumvatna, sem sýnir hvaða verkefnum þau tilheyra, upplausn sýnatöku (þ.e. stakar mælingar, ársrerit eða langtímagögn) og gerð sýna. Verkefnum voru unnin af Veiðimálastofnun (VMST), Líffræðistofnun Háskóla Íslands (HÍ) og Náttúrustofa Kópavogs (NÁKÓ). Í Vatnsfallaverkefnum var sýnum einnig safnað 1995 á austfjörðum en úrvinnla sýna er ekki lokið. Heimildalisti yfir skýrslur/greinar sem fjalla um margar af þeim rannsóknnum sem nefnar eru í töflunni er sýndur.

Verkefni	Straumvötn	Sýnataka	Gerð sýna
Lýkilarverkefnið (1990-2010 í Elliðaám og haustsýni frá 1997-2011 og vorsýni 2006-2011 í Vesturdalsá) - VMST	Elliðaár, Vesturdalsá	Langtímagögn, árleg sýnataka	Steirn
Sogið (1995-2008) - VMST ^{13,14}	Sogið	Langtímagögn, árleg sýnataka	Steirn - rek
Reykjadalssá (1979-80) - nemandaverkefni á vegum Gísla M. Gíslasonar, HÍ	Reykjadalssá	Stakar mælingar (3 mælingar)	Steirn
Elliðaár 1982-83 (í kjölfar flóða) og 1996 - HÍ ⁶	Elliðaár	Ársrerit 1982-1983, stök mæling 1996	Steirn
AASER 1996 til 1997 (samamburður á jökulám og lindám) - HÍ ⁶	5 straumvötn norðan Hofsíðskuls	Stakar mælingar (2-3 mælingar)	Steirn - spærk
Vatnsfallaverkefnið (safnað frá 1996 til 1999, þar af var hluti gegna partur af meistaraverkefni Stefáns M. Stefánssonar) - HÍ ^{20,21}	ca. 20 straumvötn af öllum landshlutum	Stakar mælingar	Steirn - spærk - greip
Bomdýr í Úlfarsá, könnun í maí 1999 (yfirframsókn) - HÍ ⁹	Úlfarsá	Stakar mælingar	Steirn - spærk
Vatnalfríki á virkjanslóð, áhrif fyrrihugaðrar Kárahnjúkavirkjunar (2000) - VMST, NÁKÓ og HÍ	23 straumvötn á Austurlandi	Stakar mælingar	Steirn - spærk - rek
Rannsóknir á lífríki áa í Reyðarfirði (uminn árið 2000, vegna fyrrihugaðrar álvinnslu í Reyðarfirði) - VMST ²²	Fagradalsá, Sléttuá, Stúðlóa og Norðurá	Stakar mælingar	Steirn - spærk
Smádyralíf í vötnum á Hellisheiði, könnun í júlí 2001 (yfirframsókn, mat á verndargildi) - HÍ ¹⁰	Hengjadalssá	Stakar mælingar	Steirn - spærk
Lífríki Hnífjár í Þjórsáverum, könnun gerð ágúst 2001 (yfirframsókn, mat á verndargildi) - HÍ ²	Hnífá	Stakar mælingar	Steirn - spærk
Rannsóknir á lífríki Þjórsár og þverrá hennar vegna virkjana neðan Búrfells (frankvæmr 2001) - VMST ¹²	Þjórsá og þverrá hennar	Stakar mælingar	Steirn
Lífstærar rýknýs í Dælisá 2001 til 2002 (hluti af meistaragerð Stefáns M. Stefánssonar) - HÍ ²⁰	Dælisá	Stakar mælingar	Steirn - spærk
Samhengi bongerðar og bomdýra í Lavá í S. Þingeyjarsýslu (2003) - HÍ ¹¹	Lavá í S. Þingeyjarsýslu	Stakar mælingar	Steirn - möl - sandur - slý
Bomdýra- og seðrarannsóknir í vanakerfi Skafjár og Kúðafjós 2002 (yfirframsókn, hugsanleg áhrifasvæði vegna virkjanframkvæmda) - VMST ²	Vatnasvíð Skafjár og Kúðafjós	Stakar mælingar	Steirn
Bomdýra- og seðrarannsóknir í vanakerfi Skafjár og Kúðafjós 2003 (yfirframsókn, hugsanleg áhrifasvæði vegna virkjana, ný sveði könnuð) - VMST ³	Vatnasvíð Skafjár og Kúðafjós	Stakar mælingar	Steirn
Frisk- og smádyrannsóknir í Hólmsá 2011 (yfirframsókn vegna fyrrihugaðrar Hólmsárvirkjunar) - VMST ⁴	Hólmsá og þverrá hennar	Stakar mælingar	Surber
Vatnalframsóknir vegna Bítlandsvirkjunar 2012 (yfirframsókn vegna fyrrihugaðrar virkjunar, ný sveði könnuð frá fyrri rannsóknnum) - VMST ^{5,18}	Vatnasvíð Skafjár og Kúðafjós	Stakar mælingar	Steirn
Bomdýrannsóknir í Straumfjarðará 2004 (fyrir Múlavirkjun hf. vegna fyrrihugaðrar virkjunarframkvæmda) - VMST ⁶	Straumfjarðará	Stakar mælingar	Steirn
Bomdýrannsóknir í Straumfjarðará, samamburður áramna 2004 og 2007 (mat á áhrifum Múlavirkjunar sem tók til starfa 2005) - VMST ¹⁷	Straumfjarðará	Stakar mælingar	Steirn
Bomdýrannsóknir í Straumfjarðará 2012 (mat á áhrifum Múlavirkjunar og samamburður við niðurstöður 2007 rannsóknarinnar) - VMST ¹⁹	Straumfjarðará	Stakar mælingar	Steirn
Framléttslugerá áa (2010) - VMST	Norðurá og Selá	Stakar mælingar (2 mælingar)	Steirn - Surber

Heimildir:

- ¹Árni Einarsson o.fl. 2004, ²Benóný Jónsson o.fl. 2003, ³Benóný Jónsson o.fl. 2004, ⁴Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2012, ⁵Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson 2001, ⁶Gísli Már Gíslason o.fl. 2001, ⁷Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001, ⁸Jón S. Ólafsson o.fl. 1998, ⁹Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2002, ¹⁰Jón S. Ólafsson, ¹¹Jón S. Ólafsson o.fl. 2004, ¹²Magnús Jóhannsson o.fl. 2002, ¹³Magnús Jóhannsson o.fl. 2006, ¹⁴Magnús Jóhannsson o.fl. 2011, ¹⁵Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2012, ¹⁶Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2006, ¹⁷Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2008, ¹⁸Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir o.fl. 2012, ¹⁹Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir o.fl. 2013, ²⁰Stefán Már Stefánsson 2005, ²¹Stefán Már Stefánsson o.fl. 2006 og ²²Þórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson 2000.

Meðhöndlun gagna

Tiltækum gögnum (Tafla 1) var safnað saman, tegundalistar samræmdir fyrir hvert verkefni og gögnunum komið fyrir í gagnagrunni (Microsoft Access Database). Í flestum tilfellum var unnið með eininguna fjöldi dýra á m² en eingöngu var hægt að nota fjölda einstaklinga í sýni þegar um sparksýni var að ræða. Í tilfelli sýna sem safnað var fyrir Vatnsfallaverkefnið 1997 og 1999 (Tafla 1) þá töpuðust flatarmálsteikningar steinanna og því ekki hægt að reikna þéttleika dýra og því eingöngu hægt að nota hlutfall líkt og fyrir sparksýnin. Í Laxárverkefninu (Tafla 1) var þéttleiki á botngerðinni „slý“ reiknaður sem fjöldi á grömm af þurrvigt slýsins. Einingin fyrir reksýni sem safnað var í Kárahnjúkaverkefninu er fjöldi á rúmmetra. Úrvinnsla sýna var oftast í höndum nokkurra einstaklinga sem gat leitt til þess að upplausn tegundagreininga var misjöfn milli sýna. Þetta var haft í huga þegar unnið var að samræmingu gagnanna og reynt að leiðrétta fyrir þessu.

Staðsetning sýnatökustöðva, sem skráð höfðu verið með ýmsu móti, voru samræmd sem hnit í gráðum og færð inn á kort Landmælinga Íslands (grunnkort: Veðurstofa Íslands 2012, byggt á IS50V gögnum © Landmælingar Íslands) og til þess notað forritið ArcGIS (útgáfa 10.2). Farið var yfir staðsetningu stöðva á korti og borið saman við útgefin kort í skýrslum og greinum til að tryggja að hnitin væru rétt. Í sumum tilfellum voru hnit vitlaus og þau löguð með hliðsjón af kortum í skýrslum og greinum. Eftir er að staðfesta gps hnit nokkurra stöðva í samvinnu við þá sem fóru í umræddar sýnatökur.

Vatnshlotanúmer (e. European code) var fundið fyrir hverja sýnatökustöð í kortagrunninum og í kjölfarið var fundið út í hvaða gerð hver stöð tilheyrði byggt á gerðargreiningu Veiðimálastofnunar og Veðurstofu Íslands (VÍ 2013-002/VMST 13007). Í þeim fáu tilfellum þar sem hnit vantaði en upplýsingar voru til um staðsetningu sýnatökustöðva var hægt að finna rétt vatnshlotanúmer og þ.a.l. rétta gerð. Í þau skipti þar sem sýnatökustaður var á mörkum tveggja vatnshlota var tekin sú ákvörðun að sleppa þeim gögnum. Vatnshlotin voru flokkuð í níu gerðir í samræmi við gerðargreiningu sem unnin var af Veðurstofu Íslands og Veiðimálastofnun og gert grein fyrir í stöðuskýrslu til Umhverfisstofnunar (VÍ 2013-002/VMST 13007). Ákveðinn kóði (e. typology code) var notaður fyrir hverja gerð sem vísað er til í Töflu 2 í niðurstöðukafla. Fjöldi vatnshlota í hverri gerð var reiknaður ásamt heildarfjölda vatnshlota þar sem smádýrasýnum var safnað.

Tölfræðileg úrvinnsla gagna

Í Vatnatilskipun Evrópusambandsins er gerð krafa um að nota hryggleysingja í straum- og stöðuvötnum sem mælikvarða á vistfræðilegt ástand vatnsins. En eins og fram er komið eru hryggleysingjar víða notaðir til að meta mengunarástand vatns eða við vistfræðilega flokkun þess. Í 6. mgr. (Lýsing á vistfræðilegu ástandi yfirborðsvatnshlota) reglugerðar um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun (nr. 535/2011) er skýrt tekið fram að nota skuli þéttleika og tegundasamsetningu botnhryggleysingja.

Tölfræðileg úrvinnsla hefur ekki verið framkvæmd á gögnum um hryggleysingja enn sem komið er, en í þessum kafla er að finna hugmyndir að því hvernig bera megir sig að í áframhaldandi vinnu með gögnin. Unnið er út frá hugtakinu vatnshlot sem felur í sér að skoða samfélög hryggleysingja í hverju vatnshloti fyrir sig, sem þýðir að reikna út meðaltöl smádýrategunda/hópa fyrir þær stöðvar sem lenda í sama vatnshloti. Mismunandi sýnatökuaðferðir gera það að verkum að einingin sem notuð er, t.d. fjöldi í sýni og fjöldi á m^2 , er ekki sú sama sem gæti leitt til þess að skoða þyrfti hlutföll smádýrahópa í staðinn fyrir eiginlegan fjölda, svo hægt sé að nýta meira af þeim gögnum sem til eru. Mikilvægt er að gera sér grein fyrir hvernig best megir nýta langtíma gagnaraðir, en þær geta gefið greinargóðar upplýsingar um náttúrulegan breytileika í samfélögum yfir lengri tíma samanborið við stakar mælingar. Eins og fyrr segir byggist mestur hluti gagna um hryggleysingja í straumvatni á Íslandi á stökum mæligildum, þar sem eingöngu var farið í eitt skipti til að safna sýnum. Slík gögn veita eingöngu upplýsingar um samfélagið eins og það var á þessum tímapunkti, óháð árstíðabreytingum. Ítarlegri mynd fæst af samfélagi hryggleysingja þegar sýnum hefur verið safnað árið um kring samanborið við stakar mælingar og upplýsingar um breytileika milli ára fæst með langtíma gagnaröðum. Fara þarf með aðgát þegar tegundasamsetning hryggleysingja er skoðuð á einum tímapunkti því fjarvera ákveðinna tegunda þarf ekki endilega að merkja að þær finnast ekki, heldur getur það stafað af því að tegundin sé á því stigi sem hún finnst síður t.d. ef um skordý er að ræða geta þau verið flogin upp.

Tengsl smádýragagna við straumvatnsgerðir

Í næstu skrefum þessa verkefnis er áætlað að kanna að hve miklu leyti skýra má breytileika í tegundasamsetningu hryggleysingja við skilgreindar gerðir straumvatna. Klasagreining (e. Ward's hierarchical cluster analysis, bootstrap: $n = 1000$) sem byggir á evklíðskum fjarlægðum er hægt að framkvæma á gögnunum til að skoða skyldleika milli vatnshlota og til þess notaður pvclust pakkinn í tölfræðiforritinu R 3.0.2 (The R project, <http://www.r-project.org/>). Hægt verður að teikna mynd sem sýnir klasagreininguna með tvenns konar p -

gildum, „AU (Approximately Unbiased)“ og „BP (Bootstrap Probability)“, sem eru á bilinu 0 til 1 sem segja til um hversu vel klasinn er studdur af gögnunum (<http://www.is.titech.ac.jp/~shimo/prog/pvclust/>, síða heimsótt 12.12.2013). „AU“ gildið er talið betri mælikvarði og mælt er með notkun hans við svipaðar greiningar (<http://www.is.titech.ac.jp/~shimo/prog/pvclust/>, síða heimsótt 12.12.2013). Hægt er að framkvæma fjölbáttagreiningu til að skoða nánar skyldleika milli einstakra vatnshlota og nota til þess tölfræðiforritið CANOCO 4.5 (C. J. F. ter Braak og P. Šmilauer 2002, J. Lěps og P. Šmilauer 2003). DCA hnitun (Detrended Correspondence Analysis) er framkvæmd fyrst til að skoða lengd fallandans (e. gradient length) sem gefur vísbendingar um hvort nota eigi línulegar (e. linear methods) eða eintoppa (e. unimodal methods) aðferðir (J. Lěps og P. Šmilauer 2003). Auk þess er hægt að skoða tegundaaúðgi (þ.e. fjöldi tegunda/hópa) og meðalþéttleiki smádyra með hliðsjón af gerðunum.

Vistfræðilegt ástand vatnshlota – metið fyrir hverja straumvatnsgerð

Nauðsynlegter að skilgreina viðmiðunarástand hryggleysingjasamfélaga í straumvatni fyrir hverja gerð, svo hægt sé að skilgreina frávik frá því og einnig stærðargráðu fráviksins.

Vistfræðilegt ástand vatnshlota er hægt að meta með því að skoða samfélög hryggleysingja fyrir hverja straumvatnsgerð. Hægt er að skoða tegundasamsetningu hryggleysingja fyrir hverja gerð fyrir sig auk þess að kanna tegundaaúðgi og meta fjölbreytileikann með fjölbreytileikastuðlum.

Til eru ýmsir fjölbreytileikastuðlar, en Simpson og Shannon stuðlar eru einna mest notaðir (A. E. Magurran 2004). Simpson fjölbreytileikastuðull er reiknaður með jöfnunni $D = \sum p^2$, þar sem p er hlutfall hvernar tegundar af heildinni og er stuðullinn tjáður sem andhverfa sín $1/D$ (A. E. Magurran 2004). Shannon fjölbreytileikastuðull er reiknaður með jöfnunni $H' = -\sum p \ln p$, þar sem p er hlutfall hvernar tegundar af heildinni (A. E. Magurran 2004). Eftir því sem stuðlarnir (þ.e. H' og $1/D$) hækka því fjölbreyttara er samfélagið (A. E. Magurran 2004).

Vistfræðilegt ástand er einnig hægt að meta með líffræðilegum stuðlum (e. biotic indices), þar sem hverri tegund eða hverjum hóp er gefin einkunn sem byggir á þoli/næmni lífveranna gagnvart mengun (M. T. Barbour o.fl. 1999, S. M. Mandeville 2002).

Niðurstöður og umræður

Alls voru rúmlega 3200 smádyrasýni frá 225 sýnatökustöðvum sem tilheyra 107 vatnshlotum lögð til grundvallar í þessari samantekt. Vatnshlotin skiptust niður í níu gerðir, þar sem

fjöldinn í hverri gerð var misjafn (Tafla 2). Flest vatnshlot höfðu minna en 15% þekju af jökli á vatnasviði og féllu því undir bergvatnsár en vatnshlot með meira en 15% þekju voru í minnihluta, einungis 15 talsins. Flest vatnshlot voru á láglendi, á eldra bergi og þar sem þekja vatna og votlendis á vatnasviði var minna en 12% (Tafla 3). Fá vatnshlot voru á hálendinu, einungis 16 talsins (Tafla 2).

Tafla 2: Fjöldi vatnshlota af hverri straumvatnsgerð ásamt hlutfalli (%), þar sem smádyrasýnum var safnað, sem byggir á fjórum lýsum (þekja jökuls á vatnasviði, aldur berggrunns, hæð yfir sjávarmáli og þekja vatna og votlendis á vatnasviði). Kóðinn (e. typology code) fyrir gerðir er sýndur í sviga aftan við fjöldann.

				Þekja Jökuls		
				< 15 % Bergvatn	≥ 15 % Jökulvatn	
				↓	↓	
Samtals				92 (tafla að neðan)	15*	
				Vatn og votlendi á vatnsviði		
				< 12 %	≥ 12 %	
Láglendi (< 600 m)	Yngra berg (< 0,8 m. ár)			25/27,2 % (RIL111)	4/4,3 % (RIL112)	
		Eldra berg (≥ 0,8 m. ár)			34/37,0 % (RIL121)	13/14,1 % (RIL122)
Hálendi (≥ 600 m)	Yngra berg (< 0,8 m. ár)			2/2,2 % (RIH111)	1/1,1 % (RIH112)	
		Eldra berg (≥ 0,8 m. ár)			10/10,9 % (RIH121)	3/3,3 % (RIH122)

* hefur nokkur númer: RIH211, RIH221, RIH222, RIL211, RIL221 og RIL222

Tafla 3: Fjöldi vatnshlota bergvatnsáa fyrir hvern lýsi (sjá skýringar við Töflu 2)

	Summa
Láglendi	76
Hálendi	16
Yngra berg	32
Eldra berg	60
< 12 %	71
≥ 12 %	21

Þegar tengsl milli tegundasamsetningu smádyranna og straumvatnsgerða verða skoðuð er mikilvægt að hafa í huga að vatnshlotunum er misskipt milli gerðanna, þar sem lítið er af hlotum á hálendinu og á láglendi þar sem þekja vatna og votlendis á vatnasviði er yfir 12% (Tafla 2). Mikilvægt er að safna gögnum úr þeim gerðum sem minnst er vitað um svo hægt sé að skilgreina viðmiðunaraðstæður þeirra með áreiðanlegum hætti.

Þakkir

Ingi Rúnar Jónsson fær þakkir fyrir aðstoð við vinnu í gagnagrunninum Access og kortagrunni Landmælinga Íslands. Guðmunda Björg Þórðardóttir fær þakkir fyrir aðstoð við vinnu í kortagrunninum. Halla Margrét Jóhannesdóttir las yfir skýrsluna og færði margt til betri vegar og er henni veittar þakkir fyrir.

Heimildaskrá

Árni Einarsson, Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson. 2004. Laxá í Suður-Þingeyjarsýslu, samanburður á botngerð 1978 og 2003. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 73. Unnið fyrir Landsvirkjun. 22 bls.

Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder og J.B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.

Benóný Jónsson, Erla Björk Örnólfsdóttir, Magnús Jóhannsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir. 2003. Botndýra- og seiðarannsóknir í vatnakerfi Skaftár og Kúðafljóts sumarið 2002. Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Landsvirkjun og Rarik. VMST-R/0303. 32 bls.

Benóný Jónsson, Magnús Jóhannsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir. 2004. Botndýra- og seiðarannsóknir í vatnakerfi Skaftár og Kúðafljóts sumarið 2003. Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Landsvirkjun og Rarik. VMST-S/04007. 30 bls.

Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir. 2012. Fisk- og smádýrarannsóknir í Hólmsá 2011. Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Landsvirkjun og Orkusöluna ehf. VMST/12012. 24 bls.

Birk S., W. Bonne, A. Borja, S. Brucet, A. Courrat, S. Poikane, A. Solimini, W. van de Bund, N. Zampoukas og D. Hering. 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* 18:31-41.

Clarke, R. T., J. F. Wright og M. T. Furse. 2003. RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers. *Ecological Modelling*, 160(3):219-233.

Davy-Bowker J., R. T. Clarke, R. K. Johnson, J. Kokes, J. F. Murphy og S. Zahrádková. 2006. A comparison of the European Water Framework Directive physical typology and RIVPACS-type models as alternative methods of establishing reference conditions for benthic macroinvertebrates. Í: *The Ecological Status of European Rivers: Evaluation and Intercalibration of Assment Methods* (ritstj.: Fures MT, D Hering, K Brabec A Buffagni, L Sandin & PFM Verdonschot). *Developments in Hydrobiology*, 188:91-105.

Elísabet Ragna Hannesdóttir, Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson. 2012. Life cycles of *Eukiefferiella claripennis* (Lundbeck 1898) and *E. minor* (Edwards 1929) (Family: Chironomidae) in spring-fed streams of different temperatures with relation to climate change. *Fauna norvegica*, 31:35-46.

Erling Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2010. *Micropterna lateralis* (Stephens, 1837) (Trichoptera, Limnephilidae) recorded in Iceland. *Norwegian Journal of Entomology* 57, 17–19.

Ferrington, L. C., Jr. M. A. Blackwood, C. A. Wright, N. H. Crisp, J. L. Kavanaugh and F. J. Schmidt. 1991. A Protocol for Using Surface-Floating Pupal Exuviae of Chironomidae for Rapid Bioassessment of Changing Water Quality. Pp. 181-190. Í: *Sediment and Stream Water Quality in a Changing Environment: Trends and Explanations*. IAHS Publication Number 203. 374 bls.

Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir. 2013. Gerðir straumvatna og stöðuvatna. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Reykjavík. Veðurstofa Íslands og Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Umhverfisstofnun. VÍ 2013-002/VMST 13007. 28 bls.

Gísli Már Gíslason 1978. Íslenskar vorflugur (Trichoptera). (English summary: A key to the adults of the Icelandic Trichoptera, with notes on their distribution and flight periods). *Náttúrufræðingurinn* 48: 62-72.

Gísli Már Gíslason 1978. Flight periods and ovarian maturation in Trichoptera in Iceland. *Proc. 2nd Int. Symp. Trich. ed. I. Crichton. Dr. W. Junk Pub., Haag*, bls. 135-146.

Gísli Már Gíslason 2005. The origin of the freshwater fauna of the North-Atlantic Islands. Present distribution in relation to climate and possible migration routes. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 29:198-203.

Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson og Hákon Aðalsteinsson. 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 Jón S. Ólafsson. 2001. Lífríki Hnífár í Þjórsárverum. Könnun gerði í ágúst 2001. *Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 56*. 20 bls.

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.

Helgi Hallgrímsson 1979. *Veröldin í vatninu. Handbók um vatnalíf á Íslandi*. Bókagerðin Askur, Reykjavík. 215 bls.

Hering D., A. Borja, J. Carstensen, L. Carvalho, M. Elliott, C. K. Feld, A.-S. Heiskanen, R. K. Johnson, J. Moe, D. Pont, A. L. Solheim og W. van de Bund. 2010. The European Water Framework Directive at the age of 10: A critical review of the achievements with recommendations for the future. *Science of the Total Environment*, 408: 4007-4019.

Hering, D., A. Buffagni, O. Moog, L. Sandin, M. Sommerhauser, I. Stubauer, C. Feld, R. Johnson, P. Pinto, N. Skoulikidis, P. Verdonschot og S. Zahradkova 2003. The development of a system to assess

the ecological quality of streams based on macroinvertebrates – Design of the sampling programme within the AQEM project. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 88(3-4): 345–361.

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. Vatnalífríki á virkjanaslóð. Áhrif fyrirhugaðrar Kárahnjúkavirkjunar ásamt Laugarfellsveitu, Bessastaðaárveitu, Jökulsárveitu, Hafursárveitu og Hraunaveitum á vistfræði vatnakerfa. Náttúrufræðistofa Kópavogs, Veiðimálastofnun og Líffræðistofnun Háskólans. LV-2001/025. Unnið fyrir Náttúrufræðistofnun Íslands og Landsvirkjun. 254 bls.

Hrafnisdóttir, Þ. 2005. Diptera 2 (Chironomidae). *The Zoology of Iceland III*, 48b: 1-169.

Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir og Gísli Már Gíslason. 1998. Botndýralíf í Elliðaánum. *Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit* 41. 51 bls.

Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason, Sesselja G. Sigurðardóttir og Stefán Már Stefánsson. 2001. Botndýr í Úlfarsá: Könnun í maí 1999. *Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit* 54. 31 bls.

Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason. 2002. Smádýralíf í vötnum á Hellsheiði, könnun í júlí 2001. *Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr.* 59. 31 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. Unnið fyrir Landsvirkjun. 35 bls.

Jón S. Ólafsson, Hákon Aðalsteinsson, Gísli Már Gíslason, Iris Hansen og Thora Hrafnisdóttir 2002. Spatial heterogeneity in lotic chironomids and simuliids in relation to catchment characteristics in Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28:157-163.

Léps, J. og P. Šmilauer. 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge. 269 bls.

Lög nr. 36/2011 um stjórn vatnamála.

Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Erla Björk Örnólfsdóttir, Sigurður Guðjónsson og Ragnhildur Magnúsdóttir. 2002. Rannsóknir á lífríki Þjórsár og þveráa hennar vegna virkjana neðan Búrfells. Unnið fyrir Landsvirkjun. Veiðimálastofnun. VMST-S/02001. 124 bls.

Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og Jón S. Ólafsson. 2006. Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2005. Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Landsvirkjun. VMST-S/06002. 32 bls.

Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Jón S. Ólafsson. 2011. Lífríki Sogs. Samatekt og greining á gögnum frá árunum 1985-2008. Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Landsvirkjun. VMST/11049. 111 bls.

- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson. 2012. Vatnalíf og veiðinytjar á fyrirhuguð áhrifasvæði Búlandsvirkjunar. Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Suðurorku. VMST/12040. 68 bls.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd., Oxford, England.. 256 bls.
- Mandeville, S. M. 2002. Benthic macroinvertebrates in freshwaters – taxa tolerance values, metrics, and protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. 48 bls auk viðauka.
- Minnisblað til Umhverfisstofnunar vegna breytingar á gerðum straumvatnshlota, Veiðimálastofnun, 26. nóvember 2013. 1 bls.
- Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir. 2006. Botndýrarannsóknir í Straumfjarðará sumarið 2004. Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Múlavirkjun hf. VMST-R/0616. 18 bls.
- Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir. 2008. Botndýrarannsóknir í Straumfjarðará. Samanburður árána 2004 og 2007. Veiðimálastofnun. VMST/08030. Unnið fyrir Múlavirkjun ehf. 19 bls.
- Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson. 2012. Vatnalífsrannsóknir vegna Búlandsvirkjunar 2012. Veiðimálastofnun. Unnið fyrir Suðurorku. VMST/12039. 56 bls.
- Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Friðþjófur Árnason, Eydís Njarðardóttir og Kristinn Ólafur Kristinsson. 2013. Botndýrarannsóknir í Straumfjarðará 2012. Samanburður við árin 2004 og 2007. Veiðimálastofnun. VMST/13041. 24 bls.
- Reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun.
- Rosenberg D. M. og V. H. Resh. 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York. 488 bls.
- Stefán Már Stefánsson. 2005. Mýsamfélög og lífsferlar rykmýs í dragám á Íslandi. 45 eininga MS ritgerð. Háskóli Íslands, Raunvísindadeild, Líffræðiskor. 64 bls.
- Stefán Már Stefánsson, Jón S. Ólafsson, Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason. 2006. The structure of chironomid and simuliid communities in direct run-off rivers on Tertiary basalt bedrock in Iceland. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 29: 2015-2020.
- Thora Hrafnisdóttir 2005. Diptera 2 (Chironomidae). The Zoology of Iceland III, 48b:1-169.
- ter Braak, C. J. F. og P. Šmilauer. 2002. CANOCO. Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA. 500 bls.
- Verdonschot P.F.M. 2006. Data composition and taxonomic resolution in macroinvertebrate stream typology. Hydrobiologia 566:59–74.

Vígfús Jóhannsson 1986. The life history strategies of blackflies in Icelandic lake-outlets. Ph.D. thesis, University of Newcastle upon Tyne. 502 bls.

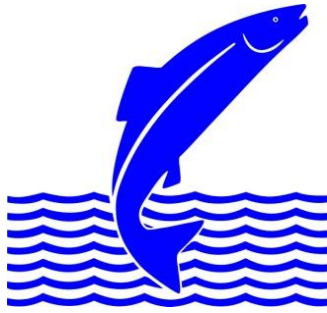
Wilson R. S. og P. L. Bright 1973. The use of chironomid pupal exuviae for characterizing streams. *Freshwater Biology*, 3(3):283-302.

Wilson R. S. og L. P. Ruse 2005. A guide to the identification of genera of chironomid pupal exuviae occurring in Britain and Northern Ireland (including common genera from Northern Europe) and their use in monitoring lotic and lentic fresh waters. Freshwater Biological Association, Special Publication no. 13. 176 bls.

Vefsíðan: <http://www.is.titech.ac.jp/~shimo/prog/pyclust/>, síðan heimsótt 12.12.2013.

Vefsíðan: www.ceh.ac.uk/products/software/rivpacs-model.html, síðan heimsótt 24.01.2014.

Þórólfur Antonsson og Jón S. Ólafsson. 2000. Rannsóknir á lífríki áa í Reyðarfirði. Veiðimálastofnun. VMST-R/0019x. 22 bls.



Veiðimálastofnun

Árleyni 22, 112 Reykjavík
Sími 580-6300 Símbréf 580-6301

www.veidimal.is veidimalastofnun@veidimal.is



Ásgarður, Hvanneyri
311 Borgarnes



Brekkugata 2
530 Hvammstangi



Háeyri 1
550 Sauðárkrókur



Austurvegur 3-5
800 Selfoss