

Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Vatnagróður

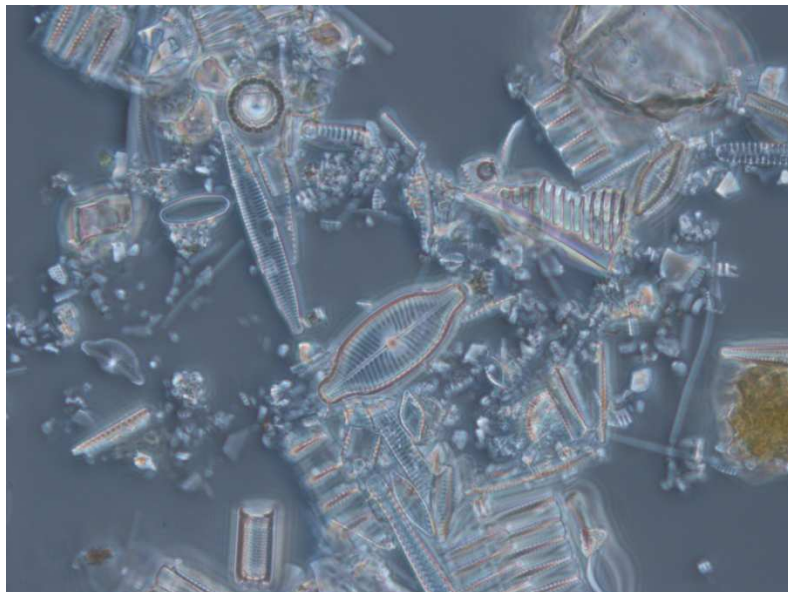
Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Gunnar Steinn Jónsson

Iris Hansen

Halla Margrét Jóhannesdóttir

Ingi Rúnar Jónsson



Veiðimálastofnun
Umhverfisstofnun

Forsíðumynd: Kísilpörungar og grot úr Grímsá í Borgarfirði, frá 10. september
2007
Myndataka: Iris Hansen

**Mat á vistfræðilegu ástandi
vatnshlota: Vatnagróður**
Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Gunnar Steinn Jónsson

Iris Hansen

Halla Margrét Jóhannesdóttir

Ingi Rúnar Jónsson

Febrúar 2014

Efnisyfirlit

| | |
|--|----|
| Ágrip | 1 |
| Inngangur | 2 |
| Þörungar | 3 |
| Staða þekkingar | 3 |
| Þörungar sem gæðapáttur | 3 |
| Erlendar aðferðir og möguleikar til notkunar á Íslandi | 5 |
| Frankvæmd | 7 |
| Tiltæk gögn | 9 |
| Úrvinnsla og niðurstöður | 10 |
| Umræða | 15 |
| Vatnablöntur | 18 |
| Staða þekkingar | 18 |
| Vatnablöntur sem gæðapáttur | 18 |
| Vatnablöntur á norrænum slóðum | 18 |
| Erlendar aðferðir og möguleikar til notkunar á Íslandi | 19 |
| Niðurstöður og umræða | 21 |
| Niðurlag | 22 |
| Heimildir | 24 |

Ágrip

Vatnagróður er einn af þeim líffræðilegu gæðabáttum sem nota skal þegar ástand straum- og stöðuvatnshlota er metið, samkvæmt lögum nr. 36/2011 um stjórn vatnamála. Svo hægt sé að skilgreina vistfræðileg ástand vatnshlota út frá vatnagróðri þarf fyrst að skilgreina aðferðir til að meta vistfræðilegt ástand. Slíkar aðferðir eru víða notaðar erlendis, fyrir bæði þörunga og vatnablöntur en engar aðferðir hafa verið þróaðar sérstaklega eða aðlagðar fyrir Ísland. Nokkuð hefur skort á kerfisbundnar rannsóknir á vatnagróðri hér á landi og er þekking á útbreiðslu og samfélögum þörunga og vatnablantna takmörkuð. Í þessari greinargerð eru teknar saman upplýsingar um aðferðir annarra landa, fyrirbyggjandi íslenskar rannsóknir og tiltæk gögn auk greininga sem framkvæmdar voru eftir því sem unnt var. Áhersla var lögð á skoðun kísilþörunga fyrir straumvötn en vatnablöntur fyrir stöðuvötn. Niðurstöður benda til þess að góðir möguleikar séu á því að aðlaga aðferðir frá öðrum löndum að íslenskum aðstæðum, að uppfylltum tilteknum skilyrðum. Af þeim flokkunarkerfum sem skoðuð voru fyrir kísilþörunga er IPS umhverfisvísirinn talinn henta vel fyrir íslenskar aðstæður. Af þeim aðferðum sem skoðaðar voru fyrir vatnablöntur er talið líklegast að TIC aðferðin sem notuð er í Noregi geti hentað fyrir íslenskar aðstæður. Skoðun kísilþörunga sem gæðabáttar fyrir straumvötn er komin lengra en skoðun vatnablantna fyrir stöðuvötn en ekki voru ekki tiltæk sambærileg gögn um vatnablöntur til úrvinnslu eins og fyrir kísilþörunga.

Inngangur

Vatnagróður er einn af þeim líffræðilegu gæðabáttum sem nota skal þegar ástand straum- og stöðuvatnshlota er metið, samkvæmt lögum nr. 36/2011 um stjórn vatnamála. Hugtakið vatnagróður nær yfir fjölbreyttan lífveruhóp með misskörpum skilum á milli hópa innan hans. Í þessari greinagerð er vatnagróðri skipt í tvo meginhópa og er fjallað um þá sitt í hvoru lagi. Annars vegar er fjallað um þörungum og er þá átt við smærri þörungum s.s. kísilþörungum og hins vegar vatnablöntur (e. macrophytes) sem ná yfir stærri plöntur s.s. æðplöntur, kransþörungum eða mosa.

Skilgreina þarf fimm ástandsflokkum út frá þéttleika og tegundasamsetningu samfélaga í samræmi við reglugerð nr. 535/2011. Fyrst eru skilgreind viðmiðunarskilyrði fyrir aðstæður sem eru næst náttúrulegu ástandi og samsvara ástandsflokkum yfir mjög gott ástand. Því næst 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 lífsfélög. Í byrjun árs 2013 voru lagðar fram fyrstu tillögur að gerðum straum- og stöðuvatnshlota fyrir Ísland (Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir 2013).

Svo að hægt sé að skilgreina ástand vatnshlota út frá vatnagróðri þarf fyrst að skilgreina aðferðir til að meta ástand. Slíkar aðferðir eru víða notaðar erlendis, fyrir bæði þörungum og vatnablöntur en engar aðferðir hafa verið þróaðar sérstaklega eða aðlagðar fyrir Ísland. Aðferðirnar byggja á þáttum eins og tegundafjölbreytni eða þolni/viðkvæmni einstakra tegunda fyrir næringarefnaálagi eða öðru álagi. Forsenda fyrir notkun slíkra aðferða er að nægileg gögn um vatnagróður í mismunandi gerðum vatna á Íslandi séu til staðar og séu aðgengileg.

Nokkuð hefur skort á kerfisbundnar rannsóknir á vatnagróðri hér á landi og þekking á útbreiðslu og samfélögum þörungum og vatnablöntum er takmörkuð. Innviði skortir hjá háskólum og stofnunum til þess að safna og greina ferskvatnspörungum til tegunda og viðhalda þeirri þekkingu. Ein af ástæðum þess kann að vera að hér á landi eru vandamál af völdum ferskvatnspörungum ekki með sama hætti og víða erlendis. Slík vandamál eru t.d. tengd neysluvatnskerfum (stíflum og eitradar tegundir) eða ofauðgun í ám og stöðuvötnum vegna landbúnaðar og skólps. Vatnablöntur hafa að sama skapi víða verið notaðar sem vísar um álag á vatnavistkerfi t.d. vegna formfræðilegra breytinga eða mengunar. Samfélög þörungum og vatnablöntum hafa því verið töluvert rannsökuð í öðrum löndum með hliðsjón af umhverfisáðstæðum, sérstaklega tegundir sem tengjast umhverfisvandamálum, -eftirliti eða -stjórnun. Þannig eru t.a.m. þekktar helstu tegundir sem sækja í súrt eða basískt umhverfi, háa eða lága rafleiðni vatns og mismunandi styrk næringarefna. Á grundvelli tegundasamsetningar má þannig draga ályktanir um vistfræðilegar aðstæður og meta áhrif vegna álags.

Tilgangur þessarar greinagerðar er að kanna möguleika þess að nota vatnagróður, þörungum eða vatnablöntur til að meta vistfræðilegt ástand í ferskvatnshlotum á Íslandi. Farið er yfir stöðu þekkingar og fyrirliggjandi gögn, aðferðir annarra landa skoðaðar og mat lagt á möguleika þess að beita þeim hér. Í kafla um þörungum er unnin greining á kísilþörungum og hvernig má

nýta þá til að meta vistfræðilegt ástand í straumvatnshlotum. Í kafla um vatnablöndur er lögð áhersla á vistfræðilegt ástand í stöðuvatnshlotum. Í lokin eru heildarniðurstöður teknar saman og lagðar fram tillögur um vatnagróður sem gæðabátt.

Pörungar

Staða þekkingar

Hérlendis hafa rannsóknir á þörungum að mestu verið grunnrannsóknir. Fyrstu frumkvöðlar söfnuðu sýnum vítt og breitt um landið, í skipulagðri leit að ólíkum þörungategundum. Síðar var leitast við að lýsa tegundasamsetningum í heild sinni á hverjum stað og tíma. Slíkar rannsóknir hafa einkum farið fram í stöðuvötnum eins og Þingvallavatni (Ostenfeld og Wesenberg-Lund 1906, Jónsson 1987 og 1992, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2012), Mývatni (Ostenfeld og Wesenberg-Lund 1906, Jónasson og Aðalsteinsson 1979), Lagarfljóti (Iris Hansen o.fl. 2013) og í svonefndri „Yfirlitskönnun íslenskra vatna“ á árunum 1992–1998, en þar voru tekin setsýni úr stöðuvötnum og greindir úr þeim kísilþörungar (Karst-Riddoch o.fl. 2009, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2010). Niels Foged (1974) ferðaðist víðsvegar um landið og safnaði sýnum til greininga á kísilþörungum, m.a. úr ám. Einnig má nefna rannsókn í ám á vatnasviði Vestari Jökulsár árið 1997 (Hansen o.fl. 2006) og rannsóknir í tengslum við útbreiðslu vatnaflóka (*Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt) um landið eftir 1990 (Gunnar Steinn Jónsson o.fl. 1997 og 1998, Jónsson o.fl. 2000). Doktorsverkefni Rakelar Guðmundsdóttur (2012) um þörungalíf í heitum og köldum lækjum á Hellisheiði, var bein rannsókn á áhrifum umhverfisþátta á þörungasamfélög í ferskvatni. Þá hafa aðrir nemendur við Háskóla Íslands rannsakað þörunga í Reykjadalssá (Sigurður Á. Þráinsson 1983) og í Elliðaám (Magnús Björnsson 1998).

Helgi Hallgrímsson (2007) tók saman skrá yfir vatna- og landþörunga á Íslandi. Í því eru um 1450 tegundir land- og vatnaþörunga, þar af skiptast flestar tegundir á milli fylkinga kísilþörunga (770), grænþörunga (385) og bláþörunga (180). Færri tegundir tilheyra fylkingum gullþörunga (45), gulgrænþörunga (40), skorubörunga (10), rauðþörunga (5), dulþörunga (5) og dílþörunga (5). Fjórar tegundir tilheyra öðrum fylkingum. Helgi gerir einnig grein fyrir sögu þörungarannsókna í ferskvatni á síðustu öld, þar kemur m.a. fram að líklega er skipuleg leit að tegundum þörunga hér á landi einna lengst komin hvað varðar bláþörunga og kísilþörunga.

Þörungar sem gæðabáttur

Til að nýta þörunga við mat á vistfræðilegu ástandi vatns á Íslandi þurfa aðgengileg gögn og upplýsingar um þörunga í ferskvatni að vera til staðar. Því er nauðsynlegt að koma upp innviðum þar sem haldið er utan um gögn um þörunga á samræmdan hátt. Í ljósi þess þarf að:

- Setja upp gagnagrunn yfir þekktar þörungategundir hér á landi þar sem hægt er að safna saman upplýsingum um vaxtarform og vaxtarstaði (straumvötn, stöðuvötn, tjarnir).
- Taka saman tegundir sem taldar eru einkenna t.d. hreint vatn eða álag s.s. næringarefnaauðgun eða mengun og er líklega hægt að nota til að meta vistfræðilegt ástand vatns.
- Finna sterkar einkennistegundir sem auðvelt er að þekkja og meta möguleika þess að byggja ástandsmat á fáum slíkum tegundum.
- Skilgreina mismunandi ástandsflokka út frá einkennistegundum.

Þörungar hafa verið notaðir á margvíslegan hátt við að meta ástand vatns, en sameiginlegt með þeim aðferðum er að horft er bæði til tegundasamsetningar og magns þörunga. Magn þörunga er hægt að mæla (t.d. sem fjöldi, þyngd eða rúmmál) eða meta sjónrænt (t.d. sem þekju). Nauðsynlegt er að nýta allar þær einkennistegundir sem finnast hér og hafa verið notaðar annars staðar, t.d. á Norðurlöndum til að segja fyrir um mjög gott eða gott ástand.

Kísilþörungur

Þekktar þörungategundir í vatni hér á landi, flokkast flestar innan fylkingar kísilþörunga. Síðari tíma rannsóknir innlendra sérfræðinga hafa aðallega beinst að þeim hópi þörunga, en kísilþörungur eru víða í heiminum notaðir einir sér eða með öðrum þörungum til þess að meta ástand og gæði vistkerfa. Þar sem töluvert skortir af gögnum um aðra þörungur en kísilþörungur, er lögð áhersla á þá hér.

Tegundir kísilþörunga eru mis viðkvæmar fyrir álagi og kjöraðstæður þeirra geta verið ólíkar. Þannig getur samsetning kísilþörungasamfélags á hverjum stað og tíma gefið vísbendingar um hvernig ástand vatnsins er. Aukin fjölbreytni í tegundasamsetningu ætti að vera vísbending um góðar umhverfisaðstæður, þar sem margar tegundir fá þrifist. Umhverfisálag eins og efnamengun, ofnæring, röskun á undirlagi eða annað hefur mismunandi áhrif á tegundir þar sem sumar þola vel álag en aðrar illa. Sumar tegundir kísilþörunga sem finnast í háu hlutfalli geta verið vísbending um að lífríkið í vatninu sé undir sérstöku álagi eða að álag hafi átt sér stað fyrir ekki svo löngu síðan. Skammtíma álag eins og til dæmis árstíðabundin mengun frá landbúnaði getur breytt tegundasamsetningu kísilþörunga í einhvern tíma á eftir þar sem sumar tegundir hverfa og aðrar verða ríkjandi. Þannig má sjá merki um atburði sem hafa átt sér stað en mælast ef til vill ekki við sýnatökuna. Ýmsir umhverfisvísar hafa því verið þróaðir til að nota við vatnsgæðamat, sem byggja á mismunandi eiginleikum kísilþörungategunda og hvernig þær svara álagi.

Erlendar aðferðir og möguleikar til notkunar á Íslandi

Hér á landi eru umhverfisaðstæður þannig að ýmsa náttúrulega þætti má skilgreina sem álag. Þetta má sérstaklega heimfæra upp á þætti eins og flóð, rof, grugg, hitastig og næringarefni. Viðmiðunarástand er lýsing á ástandi vatnavistkerfa þegar mannleg áhrif eru lítil eða óveruleg og náttúrulegir áhrifavaldar eru einir ríkjandi. Í reglugerð nr. 535/2011 er gert ráð fyrir að náttúrulegur breytileiki í gæðapáttum við viðmiðunarástand sé þekktur. Þar er jafnframt tekið fram að ef ekki er unnt að ákvarða áreiðanlega viðmiðunaraðstæður vegna slíks breytileika, þá sé heimilt að útiloka viðkomandi gæðapátt frá mati á vistfræðilegu ástandi.

Hér á eftir eru tekin dæmi um þekktar erlendar aðferðir þar sem kísilþörungur eru notaðir til að meta vistfræðilegt ástand vatns og þær skoðaðar með hliðsjón af íslenskum aðstæðum.

Mat á vistfræðilegu ástandi byggt á almennum athugunum

Mikilvægt er að skoða hvort hægt sé að gera gæðamat sem byggir á almennum athugunum á staðnum og sem jafnframt styður við mat sérfræðinga um gott ástand á grundvelli álagsmats. Þetta á við um aðferðir eins og mat á gróðurmagni, þekju, lit og áferð smápörungaþekju og tilvist vísitögunda sem auðvelt er að þekkja s.s. vatnamosa og stærri þörungur. Í reglugerð nr. 798/1999 um fráveitur og skólp, eru dæmi um viðmið fyrir útlitsleg gæði (sjá fylgiskjal 1, reglugerðarinnar).

Umhverfisvísar sem byggja á tegundafjölbreytni

Umhverfisvísar sem byggja á tegundafjölbreytni eiga það sameiginlegt að nýtast við að lýsa vistfræðilegu ástandi, einkum ef fylgst er með breytingum í tíma eða rúmi. En mun fleiri þættir hafa áhrif á tegundafjölda og fjölbreytni en álag af mannavöldum og því eru þeir ekki notaðir beint við eiginlegt vatnsgæðamat.

Tegundaauðgi (fjöldi tegunda). Mikil tegundaauðgi kísilþörungur er talin segja til um gott ástand, þar sem margar tegundir eru aðlagðar að ástandi búsvæðisins, en að hún fari minnkandi með auknu álagi. Búsvæði geta verið undir náttúrulegu álagi sem viðheldur lágum tegundarfjölda, eins og lágum styrk næringarefna, takmörkuðu ljósi eða öðrum umhverfisþáttum sem hamla vexti þörungur. Við slíkar aðstæður geta mannleg áhrif vegið á móti náttúrulegum álagsþáttum t.d. með lítilsháttar næringarefnaálagi og aukið tegundaauðgi (Stevenson og Bahls 1999).

Fjöldi ættkvísla svipar til tegundaauðgi að því leyti að búist er við mestum fjölda ættkvísla við mjög gott ástand en minnstum fjölda þar sem álag gerir viðkvæmum ættkvíslum erfitt uppdráttar. Tegundir innan sömu ættkvíslar hafa gjarnan sambærileg líffræðileg einkenni eins og vaxtarform, hreyfanleika og botnfestu. Fjöldi ættkvísla er grófur mælikvarði sem getur gefið upplýsingar um breytingar í fjölbreytni vaxtarforma.

Fjölbreytileikastuðlar eru notaðir fyrir kísilþörungur, þó meira sem mælikvarði á breytingar á vistfræðilegu ástandi heldur en á ástandið sjálf. Fjölbreytileikastuðull Shannon-Wiener hefur

verið notaður með góðum árangri sem mælikvarði á skólpmengun og breytingar á vatnsgæðum (sjá Stevenson og Bahls 1999).

Umhverfivísar sem lýsa tilteknu álagi

Umhverfivísar sem lýsa tilteknu álagi byggja gjarna á útvöldum tegundum kísilþörungum sem eru þekktar fyrir að einkenna ákveðið ástand fremur en aðrar tegundir. Til dæmis ef finnst hátt hlutfall af kísilþörungum af sýruþolnum ættkvíslum (t.d. *Eunotia*, *Frustulia*, *Pinnularia* og *Tabellaria*) þykir það vera vísir um lágt sýrustig í vatnshlotinu. Annað dæmi er þegar hlutfall ættkvísla með hreyfanlegar tegundir (t.d. *Navicula*, *Nitzschia* og *Surirella*) er notað sem mælikvarði á grugg í vatni eða óstöðugan botn (Hill o.fl. 2001). Þessu til viðbótar eru hér tvö dæmi um umhverfivísar sem lýsa tilteknu álagi:

Hlutfall mengunarþolinnar/-viðkvæmra tegunda kísilþörungum, er aðferð sem þykir mikilvæg fyrir litlar ófrjósamar ár, þar sem aðrar aðferðir vanmeta vatnsgæði (Stevenson og Bahls 1999). Valdar eru tegundir sem þekktar eru fyrir að þola vel lífræna mengun og hlutfall þeirra fundið af heildarfjölda kísilþörungum. Sem dæmi hefur þetta hlutfall verið skilgreint fyrir Svíþjóð sem; mjög góð og góð gæði við <10%, ekki viðunandi við <20%, slakt við 20-40% og lélegt við >40% (Naturvårdverket 2007).

Hlutfall afmyndaðra einstaklinga (kísilþörungum). Skeljar kísilþörungum geta afmyndast í lögum eða mynstri á mismunandi hátt vegna álagspátta í umhverfinu. Tengsl eru þekkt á milli mismunandi afmyndana og tiltekinna álagspátta t.d. við mengun vegna þungmálma eða skordýraeiturs (Falasco og Badino 2011). Víða er hlutfall afmyndaðra skelja metið um leið og samfélagsgerðir kísilþörungum eru greindar, það er jafnvel tekið með í suma umhverfivísar eins og BDI, sem fjallað er um hér á eftir. Ef afmyndaðir kísilþörungum eru algengir í vatnshloti er það mikilvæg vísibending um að álagspættir eru á lífríkið sem þarf að skoða nánar, það á eins við héraðs sem annarsstaðar. Í Svíþjóð er miðað við að ef hlutfall afmyndaðra kísilþörungum fer yfir 1% þá megi búast við að gæti þungmálmamengunar (Kahlert 2012).

Umhverfivísar sem byggja á tegundasamsetningu kísilþörungum samfélaga

Í umhverfivísarum sem byggja á tegundasamsetningu samfélaga kísilþörungum er tegundum gefnar einkunnir (vægi) eftir því hvernig þær þola tiltekið álag og summa einkunnar reiknuð upp fyrir allt samfélagið. Þannig fæst gildi sem á að vera hægt að yfirfæra á vistfræðilegt ástand. Ýmsar útgáfur eru til af tegundalistum yfir mismunandi mengunarþol tegunda eða þoli gegn öðru álagi, hér eru dæmi um fjóra umhverfivísar sem byggja á slíkum listum:

Einfaldir vísar um mengunarþol kísilþörungum;

PTI (e. Pollution tolerance index) er einföld útgáfa af vísi fyrir næringarefnaálag (Muscio 2002). Hann er töluvert notaður í Bandaríkjunum, en minna í Evrópu. Hverri tegund er gefin einkunn, þar sem viðkvæmustu tegundir fá hæsta gildið. Einkunn hverrar tegundar er margfölduð upp með fjölda fruma af viðkomandi tegund í sýninu. Þetta er gert fyrir allar tegundirnar, meðaltal er fundið fyrir allt sýnið og fæst þá svonefnt PTI gildi.

TDI (e. Trophic diatom index) er aðferð sem notuð er á Bretlandseyjum (Kelly og Whitton 1995) og svipar til PTI. Tegundum eru gefnar einkunnir eftir því hversu viðkvæmar þær eru fyrir næringarefnaálagi, einkum vegna fosfórs. Vísirinn er reiknaður á sama hátt og PTI og á að gilda almennt fyrir næringarefnaauðgun samkvæmt Kelly og félögum (2005).

Vísir um næmni kísilþörungum fyrir líffræðilegu álagi; BDI (e. Biological diatom index) er franskur vísir sem ætlað er að leggja almennt mat á vistfræðilegt ástand vatns. Í honum fær hver tegund einkunn m.t.t. efna- og eðlisþátta vatnsins sem þær finnast í (Coste o.fl. 2009). Til dæmis hefur vatnagerðum í Frakklandi verið skipt upp í 7 flokka, sem kísilþörungategundum eru gefnar mismunandi einkunnir eftir því hvar þær finnast. Flokkun vatnsins fer eftir eðlisefnafræðilegum þáttum s.s. pH, rafleiðni, súrefnismettun, magni köfnunarefnis og fosfórs.

Sérhæfður vísir um næmni kísilþörungum fyrir mengun; IPS (e. Specific pollution sensitivity index) (Coste in Cemagref 1982)) er franskur vísir sem byggir á að notað er annars vegar tölulegt gildi sem segir til um þol eða viðkvæmni aðallega fyrir næringarefnaálagi og hins vegar tölulegt gildi sem vísar til hvort tegundin hafi vítt eða þröngt svið þegar kemur að kjöraðstæðum og útbreiðslu. Mörg evrópsk ríki hafa tekið þennan vísi upp, enda byggir hann á stóru gagnasafni víða að úr Evrópu. Ítarlegar tegundagreiningar eru nauðsynlegar til að nota þennan vísi, en hann þykir vera með nákvæmari vísnum sem notaðir eru í Evrópu. Hverri tegund eru gefnar tvær einkunnir, fyrst fyrir viðkvæmni fyrir álagi þar sem viðkvæmustu tegundir fá hæsta gildið. Önnur einkunn er gefin fyrir hversu vítt eða þröngt svið tegundin hefur þegar kemur að kjöraðstæðum. Einkunnirnar tvær eru margfaldaðar upp með fjölda fruma af viðkomandi tegund. Í framhaldi af því er reiknað út meðaltal fyrir allt sýnið sem er IPS gildi sýnisins. IPS gildin geta verið á bilinu 1-20 (tafla 2, bls. 17). Hærra gildi gefur vísbendingu um betra ástand því að tegundir sem eru viðkvæmar fyrir mengun geta þrífist þar.

Framkvæmd

Í byrjun árs 2013 lögðu Veðurstofa Íslands og Veiðimálastofnun fram fyrstu tillögu að greiningu straum- og stöðuvatna í gerðir (Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir 2013). Greiningin fólst í að nota lýsa til að skilgreina mismunandi gerðir vatnshlota, en hver gerð þarf að hafa ólík viðmiðunarskilyrði sem byggja á líffræðilegum, eðlisefnafræðilegum og vatnsformfræðilegum eiginleikum. Niðurstöður þessarar tillögu voru að straumvatns- og stöðuvatnshlot skiptust í níu gerðir hvort. Hér er unnið út frá þeirri tillögu að viðbætti breytingu Veiðimálastofnunar frá nóvember 2013, um hlutfall vatna og votlendis á vatnasviði.

Til að kanna hvernig kísilþörungasamfélög endurspeglu framlagða tillögu um gerðir straumvatnshlota, voru fyrirbyggjandi kísilþörungagögn úr straumvötnum á láglandi skoðuð með hliðsjón af gerðunum (tafla 1).

Tafla 1. Einkennandi þættir fyrir mismunandi gerðir straumvatnshlota á láglandi (< 600 m h.y.s).

| Vatnshlotagerð (Nr. gerðar) | Jökuláhrif (Jökull) | Aldur bergs (Aldur) | Votlendisáhrif (Votlendi) |
|--|--|--|---|
| RIL111 | Lítill | Ungt | Lítill |
| RIL112 | Lítill | Ungt | Mikil |
| RIL121 | Lítill | Eldra | Lítill |
| RIL122 | Lítill | Eldra | Mikil |
| RIL211 | Mikil | Ungt | Lítill |
| RIL212 | Mikil | Ungt | Mikil |
| Skýringar | Lítill: < 15% vatnasviðs Mikil: ≥15% vatnasviðs | Ungt : <0,8 millj. ára Eldra: ≥0,8 millj. ára | Lítill: votlendi <12% vatnasviðs Mikil: votlendi ≥12% vatnasviðs |

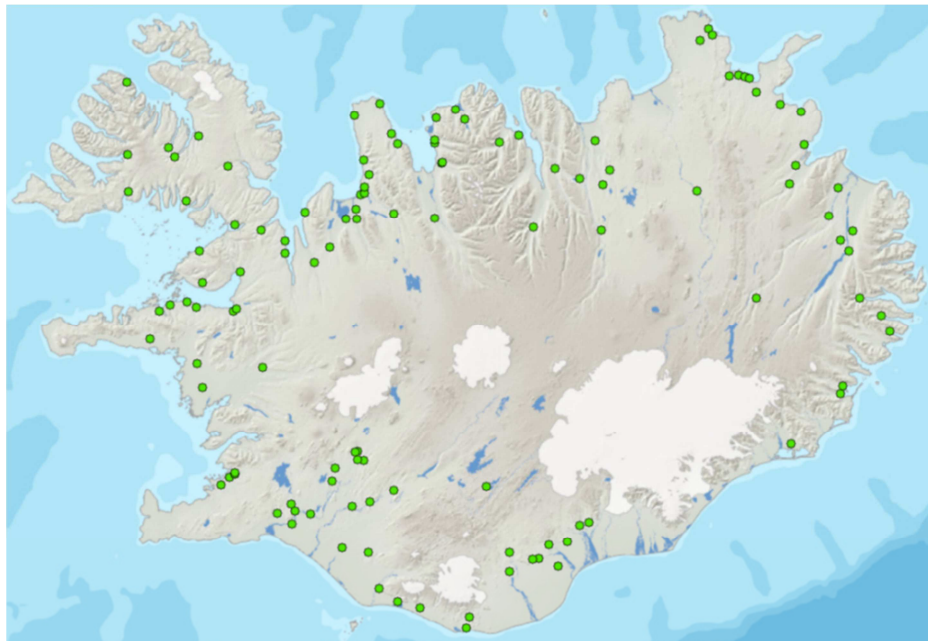
Eins og fram hefur komið er hægt að nota kísilþörungasamfélög til að segja fyrir um vistfræðilegt ástand vatnavistkerfa, t.a.m. út frá næringarefnum. Styrkur uppleystra efna í vatni, sérstaklega fosfórs, sem og manngert álag eru mikilvægir þættir í sumum af framangreindum vísunum. Þar sem styrkur næringarefna getur verið mismunandi milli vatnshlotagerða er mikilvægt að kanna það sérstaklega. Til þess að kanna styrk næringarefna í mismunandi gerðum vatnshlota voru landnýtingar- og efnagögn borin saman við gerðir vatnshlota með tölfræðilegum aðferðum (SPSS tölfræðiforrit).

Að lokum var beitt nokkrum af þeim aðferðum sem lýst er hér að framan til að nota kísilþörunguna til mats á vistfræðilegu ástandi. Reiknaðir voru út eftirfarandi vísar: tegundaaudgi, Shannon-Wiener fjölbreytileikastuðull og IPS; sérhæfði vísirinn um næmni kísilþörunguna fyrir mengun. Hér á eftir er gerð grein fyrir þessum greiningum og þeim gögnum sem lögð voru til grundvallar.

Tiltæk gögn

Eftirfarandi gögn voru lögð til grundvallar;

1. **Kísilþörungagögn.** Fyrirliggjandi gagnasafn frá 1997 vegna rannsókna á vatnaflóka (*Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Smith.) (Gunnar Steinn Jónsson o.fl. 1998). Safnið samanstendur af þörungasýnum úr 102 vatnsföllum, sem valin voru af handahófi úr lista allra vatnsfalla á landinu með vatnasvið yfir 10 km². Að auki innheldur safnið sýni úr um 20 vatnsföllum sem bættust við á síðari stigum (mynd 1). Gagnasafnið spannar allar gerðir straumvatnshlota á láglandi (tafla 1). Vegna óska um að nýta sýnin vegna vinnu við stjórn vatnamála, voru þau send til tegundargreininga í Kanada (Bio-limno Research & Consulting, Inc.) og var þeirri vinnu lokið seint á árinu 2012.

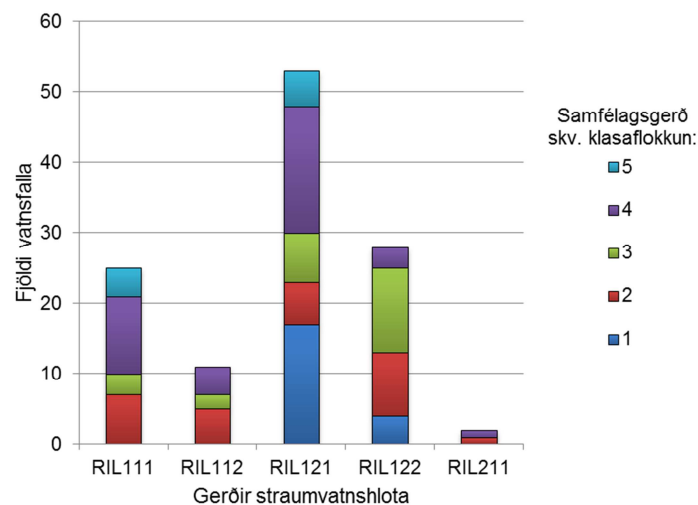


Mynd 1. Sýntökustaðir í könnun á útbreiðslu vatnaflóka árið 1997 (Gunnar Steinn Jónsson o.fl. 1998).

2. **Vatnshlotagrunnur** (Veðurstofa Íslands). Í vatnshlotagrunninum er skrá yfir öll vatnshlot og upplýsingar um þau, s.s. gerð, álag og ástand. Við þessa greiningu voru notaðar úr grunninum upplýsingar um vatnshlot og gerðir þeirra.
3. **Landfræðileg gögn.** Veðurstofa Íslands vann greiningu á vatnasviðum vatnshlota þar sem dregið var fram hlutfall landnýtingar innan hvers vatnshlots, samkvæmt CORINE 2006 (Landmælingar Íslands).
4. **Efnafræðigögn.** Tekin hafa verið saman efnafræðigögn úr um 40 vatnsföllum á landinu, þar sem a.m.k. 10 efnamælingar eru tiltækar úr hverju vatnsfalli fyrir tímabilið 1996 til 2012. Þessi gögn koma úr gagnagrunni á Veðurstofu Íslands (Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar) og úr gagnagrunni Tryggva Þórðarsonar (2003a-k, 2004a-b, 2005, 2007). Í efnafræðigögnunum eru upplýsingar um 17 af þeim vatnsföllum sem eru í gagnasafni vegna rannsókna á vatnaflóka.

Úrvinnsla og niðurstöður

Tegundasamsetning kísilþörungasamfélaga í vatnaflókasýnunum var skoðuð með tölfræðilegum aðferðum, annars vegar klasaflokkun og hins vegar hnitunargreiningu (DCA og CCA). Samkvæmt niðurstöðum úr klasaflokkun er hægt að skipta vatnshlotum í nokkra hópa (3-5) samfélagsgerða kísilþörungna, sem einkennast af líkri tegundasamsetningu í megin dráttum. Þegar þessir hópar voru bornir saman (með Pearson's fylgni prófi) við tillögu um vatnshlotagerðir (tafla 1) reyndist hins vegar ekki marktæk fylgni þar á milli ($r=-0,096$; $P=0,269$; $N=119$). Þó má sjá hugsanlegt mynstur í dreifingu samfélagsgerða á milli vatnshlotagerða (mynd 2), þar sem þær eru mis algengar á milli vatnshlota.



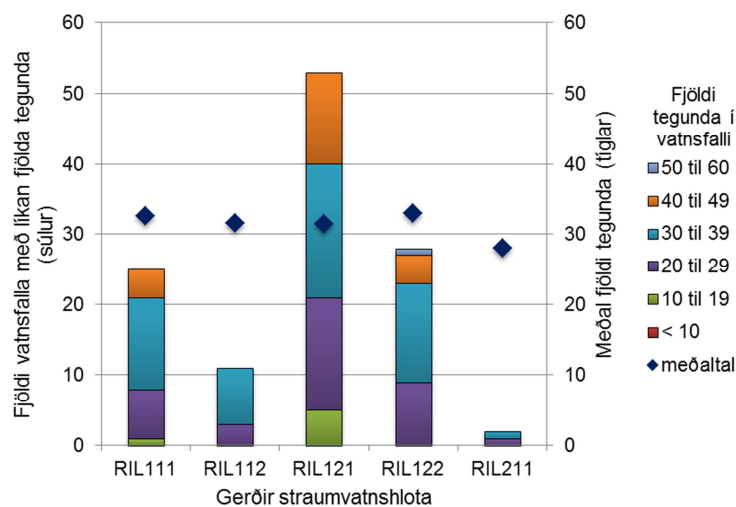
Mynd 2. Samfélagsgerðir kísilþörungna í vatnsföllum í vatnaflókagrunni. Líkar tegundasamsetningar samfélaga hafa hér verið flokkaðar saman í 5 hópa með klasaflokkun. Myndin sýnir hvernig samfélagshóparnir raðast á milli gerða straumvatnshlota.

Með óþvingaðri hnitunargreiningu (DCA-hnitun) er greind samsvörun á milli sýnatökustaða út frá hlutfalli kísilþörungategunda en ekki er gerð tilraun til að skýra hvað valdi þeirri röðun sem kemur. Ekki kom marktæk niðurstaða út úr slíkri greiningu, sem þýðir að í vatnsföllum vatnaflókagrunnsins eru kísilþörungasamfélögin ekki nægilega frábrugðin hverju öðru í tegundasamsetningu til að skýra út breytileika á milli þeirra. Vatnshlotagerðir voru ekki marktækur áhrifaþáttur á breytileikann, þegar þær voru teknar með í greiningu gagnanna með þvingaðri hnitunargreiningu (CCA-greiningu). Þar sem takmarkaðar upplýsingar eru til um efna- og umhverfisþætti fyrir þessi sýni var ekki hægt gera nánari greiningar á þessum gögnum til að skýra hvað valdi breytileikanum. Niðurstöðurnar benda til að vatnshlotagerðir geti ekki skýrt á marktækan hátt tegundasamsetningu kísilþörungasamfélaga sem fannst í vatnsföllum vatnaflókagrunnsins, samkvæmt þeirri tegundagreiningu sem liggur fyrir á gögnunum.

Kísilþörungavísar eftir gerðum straumvatnshlota

Tegundaauði

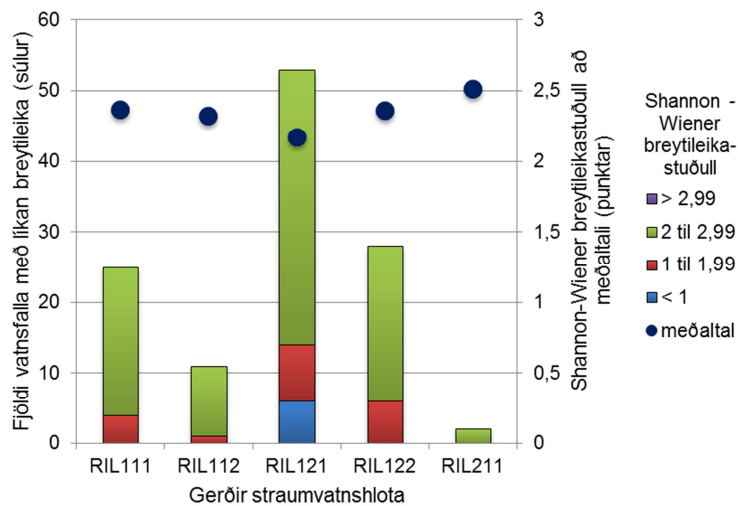
Í vatnaflókasafninu voru greindar á bilinu 11 – 50 tegundir í hverju sýni. Samkvæmt Teply og Bahls (2006) er ástand ekki viðunandi (í Montana ríki í Bandaríkjunum) þegar tegundafjöldi fer undir 20 tegundir (en fjöldi tegunda tengist einnig nákvæmni þess sem framkvæmir greininguna). Vatnsföll með undir 20 tegundum kísilþörungum í sýni eru öll með lítil votlendisáhrif, 5 sem tilheyrir RIL121, þ.e. á gömlu bergi og eitt vatnsfall sem tilheyrir RIL111, á ungu bergi (mynd 3). Lítil tegundaauði í þessum ám er þó ekki vísbending um að ástandi sé ábótavant, þar sem þær eru ekki undir neinu verulegu manngerðu álagi. Ríkjandi kísilþörungategundir í þessum sýnum finnast gjarna við næringarsnauðar aðstæður og er líklegt að svo sé einnig í þessum vatnsföllum.



Mynd 3. Fjöldi kísilþörungategunda í vatnsföllum vatnaflókaverkefnisins, eftir gerðum straumvatnshlota. Súlurnar sýna fjölda vatnsfalla innan hvernar vatnshlotagerðar. Tegundafjöldi er skipt niður í 6 hópa með 10 tegunda millibili, sem eru sýndir með mismunandi litum í súlunum. Tíglar tákna meðal tegundafjölda hvernar gerðar straumvatnshlota.

Fjölbreytileikastuðull Shannon-Wiener

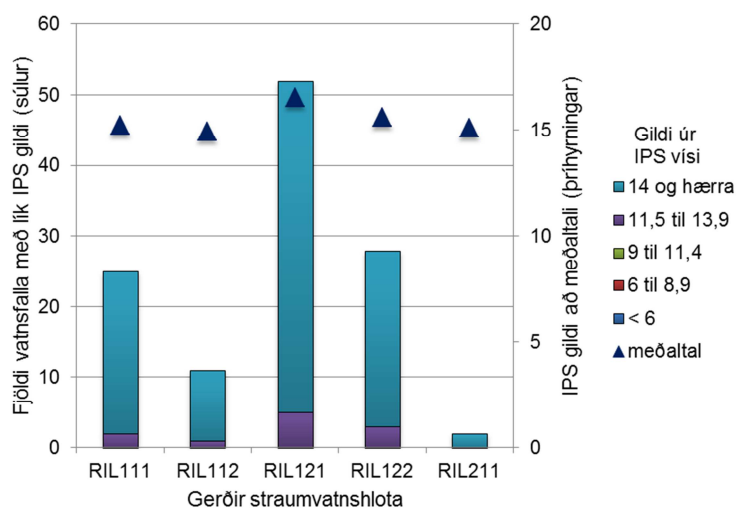
Samkvæmt Teply og Bahls (2006) er mjög gott ástand (Shannon-Wiener) við $>2,99$, gott ástand við 2,0 til 2,99 og ekki viðunandi ástand við 1,0 til 1,99 og slök við $<1,0$. Í vatnaflókasafninu reyndust sex vatnsföll með fjölbreytileikastuðul lægri en 1,0, þau flokkast öll sem RIL121 (mynd 4) og þar af eru fjögur af þeim sem einnig höfðu færstar tegundir. Þau einkenndust af fáum tegundum, með einni til tveimur tegundum kísilþörungum sem voru langalgengastar. Þessi vatnsföll eru ekki undir neinu verulegu þekktu álagi og því ekki hægt að tengja litla fjölbreytni við lakara vistfræðilegt ástand af mannavöldum, en tegundasamsetningin ber vott um næringarsnauðar aðstæður. Vatnsföll með breytileikastuðul á milli 1 til 1,99 voru um 20 talsins og tilheyrir öllum vatnshlotagerðum án jökuláhrifa. Ekkert vatnsfall var með breytileikastuðul hærri en 2,99 samkvæmt þeim tegundagreiningum sem útreikningar hér byggja á (mynd 4).



Mynd 4. Gildi Shannon-Wiener breytileikastuðulsins fyrir kísilþörungasamfélög í vatnsföllum vatnaflókaverkefnisins, eftir gerðum straumvatnshlota. Súlurnar sýna fjölda vatnsfalla innan hversrar vatnshlotagerðar. Sambærilegum gildum fyrir breytileikann hefur verið skipt upp í 4 hópa sem eru sýndir með mismunandi litum í súlunum. Punktarnir tákna meðal Shannon-Wiener breytileika fyrir hverja gerð straumvatnshlota.

Sérhæfður vísir um næmni kísilþörungum fyrir mengun; IPS

Bráðabirgða útreikningar á IPS gildum út frá tegundagreiningu á vatnaflókasýnum voru gerðir (mynd 5) þar sem tegundum voru gefnar einkunnir í samræmi við sænskan tegundalista (Sveriges lantbruksuniversitet 2008). Tegundagreiningar voru ófullnægjandi fyrir þá nákvæmni sem krafist er fyrir IPS vísinn, því er ekki víst að þetta séu réttar niðurstöður fyrir hvert sýni, en nýtast til að gefa hugmynd um hverju má eiga von á.



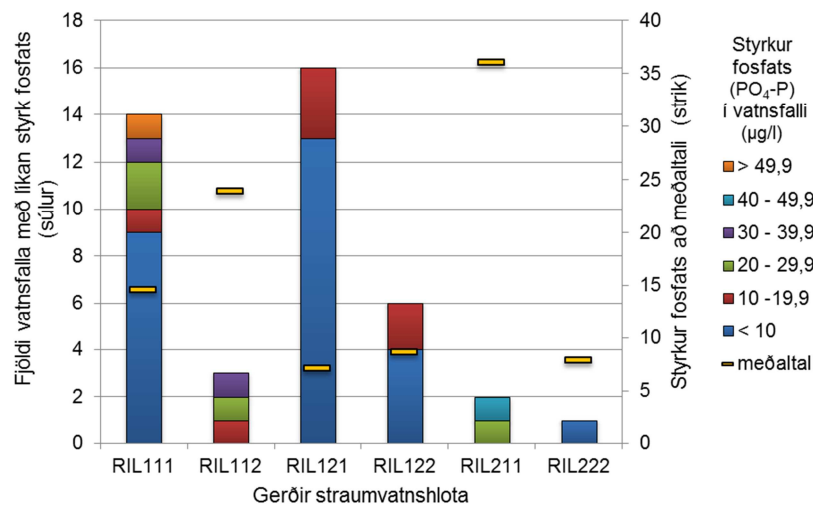
Mynd 5. Gildi fyrir IPS vísinn, um mengunarnæmni kísilþörungum, í vatnsföllum vatnaflókaverkefnisins eftir gerðum straumvatnshlota. Hver súla sýnir fjölda vatnsfalla innan hversrar vatnshlotagerðar. Samkvæmt tillögu að skilgreiningu á IPS gildum fyrir vatnsgæðamat á Íslandi (tafla 2) hefur gildunum verið skipt niður í flokka, sem sýndir eru með mismunandi litum í súlunum. Þríhyrningarnir tákna meðalgildi úr IPS vísni fyrir hverja gerð straumvatnshlota.

Hæsta gildi sem fékkst úr IPS vísinum var 19,9 og lægsta var 11,9 bæði voru fyrir vatnsföll af vatnshlotagerð RIL121. Þegar gögnin voru greind með þvingaðri hnitunargreiningu (CCA) kom ekki fram marktæk fylgni á milli vatnshlotagerða og IPS gilda, sama má segja þegar fylgnin var skoðuð með Pearsons fylgni prófi ($r=0,0363$; $P=0,695$; $N=119$).

Næringarefni og álag eftir gerðum straumvatnshlota

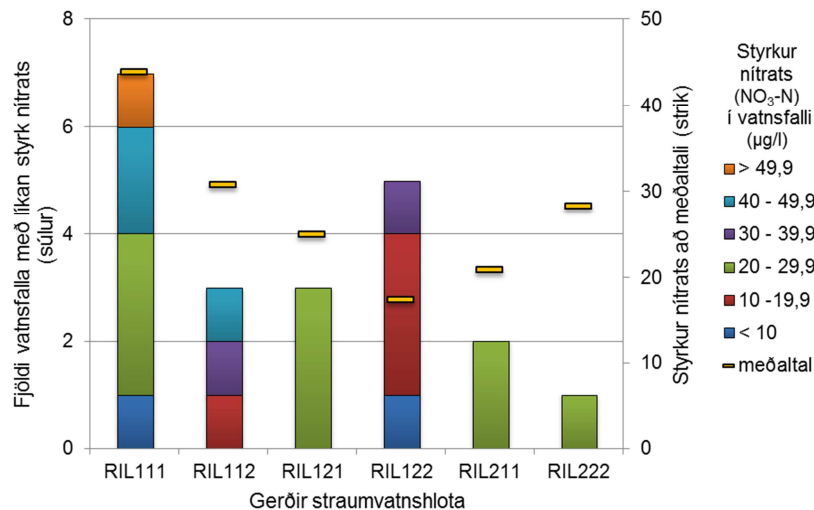
Við gerð þessarar skýrslu var talið æskilegt að kanna breytileika í þekktum umhverfisþáttum á milli vatnshlota ef til þess kæmi að skýra þyrfti breytileika í þörungasamfélögunum. Tiltækar efnamælingar komu þar sterkt til álita og var eftirfarandi samanburður gerður. Bornar voru saman gerðir straumvatnshlota á láglandi m.t.t. þriggja næringarefna, þ.e. styrks fosfats ($\text{PO}_4\text{-P}$) (mynd 6), nitrats ($\text{NO}_3\text{-N}$) (mynd 7) og ammóníums ($\text{NH}_4\text{-N}$) (mynd 8). Einnig voru könnuð tengsl hlutfalls landnýtingar og styrks þessara sömu næringarefna.

Mælingar á fosfati eru til úr 42 hlotum sem flokkuðast sem láglandishlot (mynd 6). Mjög ólíkur fjöldi af sýnum er til fyrir hverja vatnshlotagerð. Jökulár með lítil votlendisáhrif á ungu bergi (RIL211 (2 vatnsföll)) virðast hafa hátt fosfatgildi líkt og RIL112 (3 vatnsföll), sem er á ungu bergi, með lítil jökuláhrif og mikil votlendisáhrif. Meðaltal fosfatsstyrks er nokkuð hærra fyrir þessar tvær gerðir straumvatnshlota en fyrir hinar gerðirnar, en mjög fá sýni eru þar að baki.



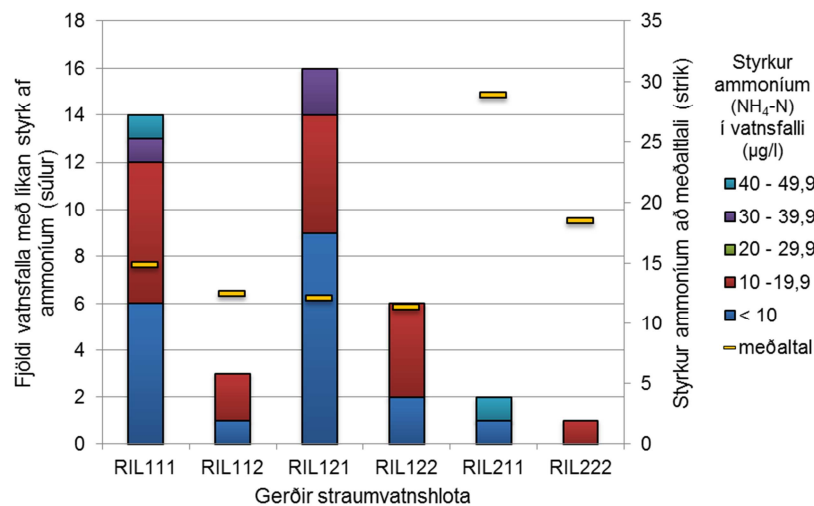
Mynd 6. Styrkur fosfats ($\text{PO}_4\text{-P}$, $\mu\text{g/l}$) í mismunandi vatnshlotagerðum straumvatns á Íslandi. Í gagnasafninu eru niðurstöður úr 42 vatnsföllum sem skipt er niður eftir gerðum straumvatnshlota sem þau tilheyra. Hver súla sýnir fjölda vatnsfalla innan hversrar vatnshlotagerðar og styrk fosfats í þeim. Gögnin hafa verið hópuð saman eftir styrk fosfats með 10 $\mu\text{g/l}$ millibili og eru hóparnir sýndir með mismunandi litum í súlunum. Gul strik tákna meðal fosfatstyrk hversrar vatnshlotagerðar.

Til eru mælingar á styrk nitrats í 21 straumvatnshlota á láglandi (mynd 7) og þar af leiðandi eru fáar mælingar til innan tiltekinnar gerða straumvatnshlota. Aðeins þrjú hlot eru í gerð RIL121. Vífilstaðalækur (RIL111) er með hæsta nitrátgildið, 144 $\mu\text{g/l}$. Önnur vatnshlot dreifast á milli 9 og 41 $\mu\text{g/l}$, óháð gerð.



Mynd 7. Styrkur nitrats ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\mu\text{g/l}$) í mismunandi vatnshlotagerðum straumvatns á Íslandi. Í gagnasafninu eru niðurstöður úr 21 vatnsfalli sem skipt er niður eftir gerðum straumvatnshlota sem þau tilheyra. Hver súla sýnir fjölda vatnsfalla innan hversrar vatnshlotagerðar og styrk nitrats í þeim. Gögnin hafa verið hópuð saman eftir styrk nitrats með 10 $\mu\text{g/l}$ millibili upp að > 49,9 $\mu\text{g/l}$ og eru hóparnir sýndir með mismunandi litum í súlunum. Gul strik tákna meðal níturstyrk hversrar vatnshlotagerðar.

Mælingar á ammoníum eru úr 42 vatnsföllum (mynd 8). Vatnsföll sem eru með styrk yfir 20 $\mu\text{g/l}$ ($\text{NH}_4\text{-N}$) eru annað hvort við þéttbýli eða jökulá (Skaftá).



Mynd 8. Styrkur ammoníum ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\mu\text{g/l}$) í mismunandi vatnshlotagerðum straumvatns á Íslandi. Í gagnasafninu eru niðurstöður úr 42 vatnsföllum sem skipt er niður eftir gerðum straumvatnshlota sem þau tilheyra. Hver súla sýnir fjölda vatnsfalla innan hversrar vatnshlotagerðar og styrk ammoníum í þeim. Gögnin hafa verið hópuð saman eftir styrk ammoníum með 10 $\mu\text{g/l}$ millibili og eru hóparnir sýndir með mismunandi litum í súlunum. Gul strik tákna meðal ammoníumstyrk hversrar vatnshlotagerðar.

Til að kanna hvort munur á styrk fosfórs, nítrats eða ammoníum væri marktækur milli gerða var beitt t-prófi og Pearson's fylgni prófi. Niðurstöður þeirra prófa sýndu hvorki marktækan mun né fylgni á milli vatnshlotagerða og efnastyrks, en hluti af ástæðunni er líklega að fáar mælingar eru til úr flestum gerðunum. Full ástæða er til að kanna þetta nánar með ýtarlegri mælingum, því sjónrænt virðist vera munur á milli gerðanna að einhverju leiti í styrk uppleystra efna (myndir 6, 7 og 8).

Ekki reyndist marktæk fylgni milli manngerðrar landnýtingar (landbúnaðarland og manngert yfirborð) og styrks fyrrnefndra efna. Hlutfall landbúnaðarlands nær aðeins í tveimur tilvika yfir 10% af flatarmáli vatnasviðs (hæst um 20%). Ef manngerðu yfirborði er bætt við nær hlutfallið upp í 25% af vatnasviði og 6 vatnasvið fara yfir 10% viðmiðið.

Umræða

Gerðir straumvatna

Þau gögn sem hafa verið kynnt hér geta ekki staðfest að munur sé á milli vatnshlotagerða í samfélagsgerðum kísilþörungum eða styrk næringarefna við góðar aðstæður. Hugsanlega má skýra það að hluta til vegna skorts á bæði þörungum og efnasýnum úr sumum gerðum vatnshlota, en einnig að tegundagreiningar voru ekki nógu nákvæmar. Þar að auki virðist sem að breytileiki á milli straumvatnshlota innan hvernar gerðar sé meiri en finnst á milli vatnshlotagerðanna eins og þær eru skilgreindar í dag og því er erfitt að skilja á milli þeirra. Niðurstöðurnar benda til að hægt sé að setja ein gæðamörk sem gilda fyrir allar vatnshlotagerðir. Þetta þyrfti að kanna nánar með tilliti til fleiri vatnshlota, en þegar gögnin eru skoðuð án tölfraðilegrar úrvinnslu virðist vera tilhneiging til aðgreiningar á milli vatnshlota hvað varðar efnafræðilegt ástand.

Mat á vistfræðilegu ástandi

Samfélögum kísilþörungum í gagnasafni vatnaflókarannsóknarinnar má skipta niður í nokkra megin hópa samfélagsgerða, sem eru allir táknrænir fyrir mjög gott eða gott ástand miðað við IPS umhverfisvísinn (mynd 5 og tafla 2). Gögnin sýna ekki afgerandi mun á milli vatnshlotagerða eins og fyrr segir. Tegundaaðgi og breytileiki virðist vera minni en gert er ráð fyrir að finna í Montana (Teply og Bahls 2006) sem eru gildin sem hér hefur verið miðað við. Þessir tveir mælikvarðar sem eru notaðir til að lýsa vistfræðilegu ástandi nýtast ekki beint til að meta álag af mannavöldum en breytingar á þeim í tíma gefa vísbendingar um að umhverfisaðstæður hafi breyst (Hill o.fl. 2001). Hæstu gildin fyrir tegundaaðgi og Shannon-Wiener breytileikastuðul voru fremur lág. Það má mögulega skýra með skorti á nákvæmni í tegundagreiningu á kísilþörungum, þar sem í sumum tilfellum voru nokkrar tegundir settar undir eitt nafn sem dró úr fjölbreytni. Einnig er hugsanlegt að í vatnsföllum á Íslandi séu almennt færri tegundir að finna en í Montana af náttúrulegum ástæðum, áframhaldandi upplýsingasöfnum mun væntanlega geta svarað því. Búast má við að aðrir mælikvarðar á vistfræðilegt ástand, til dæmis mat á hlutfall tegunda sem einkenna sérstakar aðstæður eigi eins við hér eins og í Evrópu. Til að staðfesta það þarf þó að safna upplýsingum úr vatnshlotum sem eru undir þekktu álagi.

Fyrirliggjandi kísilþörungagögnum var safnað úr straumvötnum sem ekki eru undir teljanlegu álagi en hlutfall landbúnaðarlands nær aðeins í tveimur tilvika yfir 10% af flatarmáli vatnasviðs (hæst um 20%). Gögnin eru því eingöngu af svæðum þar sem vatnshlot ættu að vera í sem næst náttúrulegu ástandi ef miðað er við önnur Evrópulönd. Þetta veldur vandkvæðum þegar kemur að því að skilgreina skala fyrir mismunandi ástand, þar sem okkur vantar gildi fyrir hlot með lakara ástand og því er ekki hægt að beita aðhvarfi til að skilgreina alla fimm ástandsflokkana. Nauðsynlegt er að kanna sérstaklega þau vatnshlot hér á landi þar sem álag er mest, svo hægt sé að fá fram breiðari skala sem kerfið getur byggt á.

Niðurstöðurnar benda til þess að sambærileg flokkunarkerfi og ýmis Evrópuríki nota við mat á vistfræðilegu ástandi, geti vel nýst hér. Sérhæfði vísirinn um næmni kísilþörungna fyrir mengun; IPS, er líklegur til að gagnast hérlendis, enda hafa margar Evrópu þjóðir valið að nota hann með öðru. Þó þyrfti einnig að skoða fleiri vísa og finna út hvað hentar best til að meta álag af mannavöldum á vistfræðilegt ástand vatnshlota á Íslandi. Þegar litið er á IPS gildi fyrir mismunandi ástand vatns í nokkrum löndum í Evrópu, er lægsta gildi fyrir mjög gott ástand á bilinu 15,5-17,5 (tafla 2). Fáir vatnshlot lægra gildi fellur það um ástandsflokk, en neðstu gildi fyrir gott ástand eru á bilinu 11,5-15,5. Af þeim löndum sem tekin eru hér til samanburðar eru mörkin lægst í Ungverjalandi (van Dam o.fl. 2005) og hæst í Finnlandi (Eloranta og Soininen 2002).

Tafla 2. Skilgreiningar á vistfræðilegu ástandi út frá tegundasamsetningu kísilþörungasamfélaga. Skilgreiningar Teply og Bahls (2006) á vistfræðilegu ástandi í vatnsföllum í Montana ríki í BNA út frá tegundaauði og Shannon-Wiener breytileika stuðli eru sýndar í fyrstu tveimur dálkunum. Í næstu 4 dálkunum eru dæmi um skilgreiningar á IPS gildum fyrir vatnsgæðaflokkun í Frakklandi/Belgíu (van Dam o.fl. 2005), Ungverjalandi (van Dam o.fl. 2005), Svíþjóð (Naturvårdverket 2007) og Finnlandi (Eloranta og Soininen 2002). Í síðustu 3 dálkunum eru tillögur að skilgreiningu á IPS gildum fyrir vatnsgæðaflokkun vatnagerða á Íslandi; á ungu bergi; RIL11X, eldra bergi; RIL12X og fyrir allar gerðir. Tillögurnar byggja á tegundagreiningum Bio-limno Research & Consulting, Inc. í Kanada á kísilþörungum vatnaflókasafnsins.

| Vistfræðilegt ástand | Tegunda auði | Shannon-Wiener breytileiki | Dæmi um IPS gildi í Evrópu | | | | Tillaga að IPS gildum fyrir Ísland | | |
|----------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|-----------|----------|------------------------------------|----------|--------------|
| | | | Frakkland Belgía | Ungverjaland (lowland) | Svíþjóð | Finnland | RIL11X | RIL12X | Allar gerðir |
| Mjög gott | > 29 | > 2,99 | 17-20 | 15,5-20 | > 17,5 | > 17 | > 15 | > 16 | > 14 |
| Gott | 20-29 | 2,0-2,99 | 13-17 | 11,5-15,5 | 14,5-17,5 | 15-17 | 11,5-15 | 12,5-16 | 11,5-14 |
| Ekki viðunandi | 10-19 | 1,0-1,99 | 9-13 | 8-11,5 | 10,5-14,5 | 12-15 | 9-11,5 | 9,5-12,5 | 9-11,5 |
| Slakt | < 10 | < 1,0 | 5-9 | 5-8 | 7-10,5 | 9-12 | 6-9 | 6-9,5 | 6-9 |
| Lélegt | | | < 5 | < 5 | < 7 | < 9 | < 6 | < 6 | < 6 |

Verði IPS vísirinn notaður til að meta vistfræðilegt ástand vatns á Íslandi er rétt að taka mið af flokkunarkerfi annarra landa. Dreifingu IPS gilda þarf að aðlaga fyrir íslensk vatnshlot þannig að gildi vatnshlota án teljanlegs álags falli að mestu innan tveggja efstu flokkanna. Hægt væri

að setja ein mörk fyrir Ísland, eða ein mörk fyrir ungt berg og önnur fyrir eldra berg (tafla 2). Almenna reglan er að mörkin fyrir gott ástand séu við 75-80% af viðmiðunargildi (mjög gott ástand), við 55-60% fyrir ekki viðunandi og við 40% fyrir slakt ástand. Taka þarf ákvörðun um afmörkun gildis fyrir mjög gott ástand. Hér er gerð tillaga um mörk milli mjög góðs- og góðs ástands við 16 fyrir RIL12X en við 15 fyrir RIL11X (tafla 2). Tillagan um IPS gildi sem sett er fram fyrir allar vatnagerðir (tafla 2) byggir á niðurstöðum úr vatnflókasafninu. Mörkin á milli mjög góðs ástand og góðs ástands eru sett sem næst einu staðalfrávik (1,75) frá meðaltali allra gilda (15,9) og mörkin milli góðs og ekki viðunandi ástands sett við 11,5 sem er meira en tvö staðalfrávik frá meðaltalinu.

Ef nota á umhverfisvísa eins og IPS til að meta vistfræðilegt ástand vatnshlota m.t.t. kísilþörungum er nauðsynlegt að hefja sýnatöku og mælingar hið fyrsta í völdum vatnshlotum. Þannig er hægt að sannreyna vísana fyrir mismunandi ástand vatns og í framhaldinu stilla af mörk milli ástandsflokka. Að auki þarf að skoða aðrar aðferðir sem byggja á almennum athugunum og má nota til viðbótar við tegundasamsetningu til þess að segja fyrir um vistfræðilegt ástand vatnshlota, s.s. blaðgrænu, þurrvigt, rúmmál og þekju þörungum.

Efnainnihald og álag

Þau efnagögn sem liggja hér fyrir gefa vísbendingar um að styrkur næringarefna í vatni við gott ástand geti verið mismunandi milli vatnshlotagerða. Aldur bergs og votlendisáhrif á vatnasviði hafa þar áhrif. Talið er að um 40% heildarfosfórs í ám sé uppleyst ólífrænt fosfat og að náttúrulegur styrkur uppleysts fosfórs í ám á heimsvísu sé 25 µg/l. Náttúrulegur fosfór í vatni á uppruna sinn í veðrun bergs. Þættir sem valda aukningu frá náttúrulegum styrk fosfórs, eru jarðvegsrof, losun frá landbúnaði og byggð (Berner og Berner 1996). Fosfatstyrkur í RIL112 (og e.t.v. einnig RIL2XX) ám er í nokkrum tilvikum hærri en framangreindur meðal náttúrulegur styrkur, en aðrar gerðir láglandshlota hafa styrk neðan þessa alþjóðlega viðmiðs. Náttúrulegur styrkur fosfats á Íslandi er því víða hærri en heimsviðmiðið. Af mynd 6 má ætla að þessi breytileiki í fosfór eftir vatnagerðum geti haft vistfræðileg áhrif, en ekki er hægt að styðja það beint tölfræðilega með þeim gögnum sem hér eru notuð.

Niðurstöður greininga á fyrirbyggjandi gögnum sýna ekki fylgni milli landnýtingar (landbúnaðarlands eða annars manngerðs yfirborðs) annars vegar og köfnunarefnis og fosfórs hins vegar. Í öðrum Evrópulöndum hefur hámarkshlutfall landbúnaðarlands við val á viðmiðunar vatnshlotum (mjög gott vistfræðilegt ástand) verið skilgreint við 10%.

Mikilvægt er að skoða tengsl milli tegundasamsetningar kísilþörungum og eðlisefnafræðilegra þátta s.s. næringarefna. Þannig er gert mögulegt að leggja mat á hvernig kísilþörungum samfélög í tilteknum vatnshlotagerðum bregðast við slíku álagi og um leið að skilgreina mörk fyrir mismunandi ástandsflokka. Í ljósi þessa er mikilvægt að vakta samtímis líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðapætti s.s. kísilþörungum og næringarefni.

Vatnablöntur

Staða þekkingar

Vatnablöntur á Íslandi hafa lítið verið rannsakaðar fram að þessu, þó þær hafi verið sýnu meira kannaðar í tjörnum og vötnum heldur en ám. Helstu heimildir um tegundir vatnablöntna á Íslandi, útbreiðslu þeirra og gróðurgerðarflokkun er að finna í *Vegetationstyper i Norden* (Lars Páhlsson 1994), *Veröldin í vatninu* eftir Helga Hallgrímsson (1979) og *Íslenskt plöntutal* eftir Hörð Kristinsson (2008), en þar eru skráðar allar tegundir blómplantna og byrkninga sem taldar eru til hinnar villtu íslensku flóru, þ.á.m. vatnablöntur. Þekking á þessu sviði mun aukast með verkefninu Natura Ísland, sem hófst árið 2012 á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands. Þar er unnið í samræmi við vistgerðatilskipun Evrópusambandsins og sinnir Náttúrufræðistofa Kópavogs þeim hluta verkefnisins sem snýr að vistgerðum í straum- og stöðuvötnum. Með því er hafin fyrsta skipulega kortagerð á útbreiðslu og tegundasamsetningu vatnagróðurs í landinu. Í byrjun hefur vinnan beinst að stöðuvötnum en meðal þess sem kannað er eru gróðurþekja á botni og tegundasamsetning botnlægra æðplantna, mosa og þörunga.

Vatnablöntur sem gæðabáttur

Það gildir um vatnablöntur eins og þörunga, að grunnforsenda þess að hægt sé að þróa aðferðir sem nota vatnablöntur til að meta ástand vatna, er samræmdur gagnagrunnur um útbreiðslu og samfélög vatnablöntna í íslenskum vötnum. Þar sem ekki er til slíkur gagnagrunnur hér á landi er hér byggt á heimildum og öðrum aðgengilegum upplýsingum um tegundir og samfélög vatnablöntna á Íslandi. Það er borið saman við upplýsingar frá nágrannalöndum í leit að hentugum vísitögum til að meta vistfræðilegt ástand vatns. Þá er lagt mat á möguleika þess að aðlaga aðferðir nágrannalanda að íslenskum aðstæðum, ef farið yrði að safna markvisst gögnum um vatnablöntur á Íslandi.

Vatnablöntur á norrænum slóðum

Í skýrslunni *Vegetationstyper i Norden* (Lars Páhlsson 1994) er gróðurgerðum í vatni á norðurlöndum skipt í eftirfarandi flokka eftir vaxtarformi;

- 1) Loftgróður, þ.e. grös og jurtir í strandsefi (no. helofyter).
- 2) Flotgróður, þ.e. gróður með flotblöð (no. nymphaeider).
- 3) Fljótandi gróður, þ.e. gróður sem ekki er botnfastur (no. lemnider)
- 4) Flækjugróður (no. langskudsplanter, elodeider), vex oft sem uppréttur sproti frá jarðstöngli.
- 5) Botnlægur gróður (no. kortskudsplanter, isoetider), vex oft sem krans beint upp af rótinni.
- 6) Mosar (no. bryider)

Íslensk vötn búa ekki yfir sama fjölda tegunda vatnplantna eins og vötn á hinum Norðurlöndunum, en fljótandi tegundir vantar t.d. alveg hér á landi. *Carex* og *Potamogeton* tegundir eru færri hér og mjög hávaxinn loftgróður finnst ekki. Á lista Harðar Kristinssonar (2008) eru 59 tegundir vatnplantna, þar af 19 tegundir sem eru algengar eða nokkuð algengar víða um land. Aðrar tegundir eru algengar innan tiltekinnna landshluta en finnast ekki annarstaðar og enn aðrar tegundir eru frekar eða mjög sjaldgæfar á landsvísu. Meðal algengustu tegunda eru mara og nykrutegundir, einkum síkjamari (*Myriophyllum alterniflorum*), grasnykra (*Potamogeton gramineus*), fjallnykra (*P. alpinus*), þráðnykra (*Stuckenia filiformis*) og blöðrunykra (*P. natans*). Meðal stórvaxinna þörungum eru mest áberandi kransþörungur af ættkvíslinni *Nitella* og er vatnanálin (*Nitella opaca*) líklega algengasti vatnagróðurinn í íslenskum stöðuvötnum (Náttúrufræðistofa Kópavogs, 2012).

Erlendar aðferðir og möguleikar til notkunar á Íslandi

Í framangreindri skýrslu, *Vegetationstyper i Norden* (1994) var lagður grunnur að norrænu flokkunarkerfi fyrir gróður, þ.á.m. vatnplöntur. Það kerfi byggir m.a. á mismunandi útbreiðslu tegunda eftir næringarefnaástandi og álagi. Noregur og Svíþjóð hafa þróað þetta kerfi áfram í þá átt að gefa töluleg gildi fyrir ástand, þó löndin fari aðeins mismunandi leiðir. Hér á eftir er fjallað stuttlega um þær aðferðir sem nágrannalönd okkar, Noregur, Svíþjóð og Bretland hafa beitt til að meta ástand stöðuvatna út frá samfélögum vatnplantna. Í lok kaflans er gerður samanburður á þessum aðferðum og mat lagt á hvaða aðferðir komi helst til greina við að meta vistfræðilegt ástand stöðuvatnshlota á Íslandi.

Noregur

Í Noregi eru vatnplöntur notaðar sem mælikvarði á ofauðgun í stöðuvötnum en með ofauðgun minnkar gegnsæi vatnsins og þ.a.l. vaxtarskilyrði ljóstillífanði lífvera (Direktoratsgrúppa Vandirektivet 2009). Notaður er næringarefnavísir sem kallast TIC (Trophic Index count) og byggir á tegundasamsetningu vatnplantna. Til að byrja með var eingöngu notað „til staðar“ eða „ekki til staðar“, en ekki magn hverrar plöntutegundar. TIC byggir á hlutfalli milli viðkvæmra og þolinna tegunda m.t.t. næringarefnaálags. Notaðir eru eftirfarandi flokkar vaxtarforma; botnlægur gróður, flækjugróður, flotgróður, fljótandi gróður og kransþörungur. Vatnamosar, loftgróður og ásætupörungur eru ekki hluti af þessum vísi. Tegundum er skipt í þrjá hópa; viðkvæmar tegundir, þolnar tegundir og hlutlausar tegundir. Viðkvæmar tegundir finnast eingöngu í stöðuvötnum sem ekki eru undir teljanlegu álagi (viðmiðunarvötn) og oft í miklum þéttleika. Þolnar tegundir eru tegundir sem eru í herra hlutfalli í stöðuvötnum undir næringarefnaálagi. Þær finnast sjaldan eða með litla þekju í stöðuvötnum sem ekki eru undir teljanlegu álagi. Hlutlausar tegundir eiga kjörlendi við mjög mismunandi aðstæður og finnast því í viðmiðunarvötnum og vötnum undir álagi. Þær hverfa þó jafnan í mjög ofauðguðum vötnum.

TIC er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$TIC = \frac{N_S - N_T}{N} 100$$

Þar sem N_S er heildarfjöldi viðkvæmra tegunda sem fannst í stöðuvatninu, N_T er heildarfjöldi þolinna tegunda og N er heildarfjöldi allra tegunda, þ.m.t. hlutlausra.

Í leiðbeiningariti Noregs fyrir flokkun vistfræðilegs ástands í vatni (Direktoratsgrúppa Vanddirektivet 2009) er gefinn er upp listi yfir viðkvæmar, þolnar og hlutlausar tegundir vatnplantna m.t.t. næringarefnaálags í norskum stöðuvötnum. Á honum eru samtals 53 viðkvæmar tegundir, 25 þolnar tegundir og 8 hlutlausar tegundir. Einungis eitt TIC gildi er reiknað út fyrir hvert stöðuvatn, með því að sameina gögn frá öllum mælistöðvum innan vatnsins. Til að fá sem réttasta mynd af ástandi vatnshlots m.t.t. vatnplantna, verður að tryggja að mælistöðvar séu á öllum gerðum búsvæða innan vatnsins. Safna skal einu sinni á ári, síðsumars (júlí-september). Þá er nauðsynlegt að tryggja gæði gagna með því að nota staðlaðar aðferðir við val á mælistöðum, gagnasöfnun og greiningar.

Vatnablöntur eru notaðar á mismunandi hátt til að meta vistfræðilegt ástand í mismunandi gerðum norskra stöðuvatna. Til að byrja með voru stöðuvötn undir 800 m hæð sett saman í eina gerð, en meiningin var að greint yrði á milli þeirra þegar nægum gögnum hefur verið safnað. Ekki er horft til vatnplantna í stöðuvötnum á hálendi (ofan 800m) vegna mjög takmarkaðra gagna. Mörk milli ástandsflokka eru enn í þróun og til bráðabirgða eru mörkin þau sömu fyrir allar gerðir vatnshlota, að frátöldum mörkum milli mjög góðs og góðs ástands.

Svíþjóð

Í Svíþjóð eru vatnablöntur notaðar sem mælikvarði á næringarefnaálag í stöðuvötnum (Naturvårdsverket – Bilaga A til handbok 2007:4). Notaður er næringarefnavísir sem kallast TMI (se. trofiindex). Hann byggir á ólíkum kjöraðstæðum mismunandi tegunda vatnplantna m.t.t. styrks næringarefna, aðallega niturs og fosfórs. Loftgróður er ekki talinn endurspegla næringarefnaástand stöðuvatna og er því ekki hluti af þessum stuðli.

TMI vísirinn byggir á því að tegundum vatnplantna, þ.á.m. vatnamosa og kransþörungum, er gefin töluleg einkunn m.t.t. hversu vel þær þola aukningu í fosfór. Hann er því fyrst og fremst til þess fallinn að meta fosfórmengun. Kjöraðstæður hvernar tegundar m.t.t. fosfórstyrks eru notaðar til að finna vægi (se. viktfaktor) tegundarinnar. Þetta vægi og áður nefnd einkunn eru notuð til að reikna vegið meðaltal allra plantna sem til staðar eru í tilteknu stöðuvatni. Í leiðbeiningariti er gefinn upp listi yfir tegundir vatnplantna, einkunn þeirra m.t.t. þols gagnvart fosfór og vægi þeirra. Á honum eru samtals 10 tegundir kransþörungna, 27 tegundir vatnamosa og 68 tegundir æðplantna (Naturvårdsverket – Bilaga A til handbok 2007:4).

Bretland

Í Bretlandi eru vatnablöntur notaðar sem mælikvarði á næringarefnaálag í stöðuvötnum, sérstaklega m.t.t. fosfórs (WFD-UKTAG 2009). Búist er við mismunandi tegundum, fjölda og samsetningu í mismunandi gerðum stöðuvatna. Yfirleitt bendir fjölbreytt flóra vatnaháplanta til góðs ástands í vötnum. Séu eingöngu fáar tegundir til staðar, mikill þéttleiki þolinna tegunda eða dreifð eða blettótt þekja af plöntum og mikið magn af þráðþörungum, bendir það til slæms ástands.

Aðferðin sem beitt er í Bretlandi byggir á sameinuðum niðurstöðum eftirfarandi þátta:

1. Næringarefnavísir fyrir vatnablöntur í stöðuvötnum (e. Lake Macrophyte Nutrient Index)
2. Fjöldi hópa með tiltekna virkni (e. Number of functional groups of macrophyte taxa)
3. Fjöldi hópa vatnablantna (e. Number of macrophyte taxa)
4. Hlutfall þekju mismunandi tegunda vatnablantna (e. Mean percent cover of hydrophytes)
5. Hlutfallsleg þekja þráðlaga þörunga (e. Relative percent cover of filamentous algae)

Til að fá gögn fyrir hverja af þessum breytum þarf að taka sýni úr a.m.k. fjórum hlutum hvers vatns. Í stærstu vötnunum þarf að taka sýni úr átta hlutum. Hver hluti vatns þarf að hafa 100 metra langa strandlengju og þarf að ná frá strönd út að miðju vatnsins, eða að mesta dýpi þar sem vatnablöntur vaxa. Sýnatökur skulu fara fram á bilinu júní – september. Kannað er hvaða tegundir eru tilstaðar innan hvers hluta vatnsins.

Gefinn er upp listi yfir vatnablöntur sem búið er að gefa einkunn m.t.t. næringarefnaskors, fjölda hópa með tiltekna virkni og þar sem skilgreint er hvort tegund falli í hóp þráðlaga þörunga. Ef ekki er hægt að greina plöntur niður í tegundir skal a.m.k. greina hvaða hópi/fjölskyldu þær tilheyra. Lýsa þarf áætlaðri hlutfallslegri þekju hverrar tegundar/hóps. Nánari útlitun á útreikningum fyrir mælibreyturnar má nálgast í skýrslu UKTAG hópsins um vatnablöntur (WFD-UKTAG 2009).

Niðurstöður og umræða

Notkun vatnablantna til að meta ástand vatnshlota í Evrópulöndum einskorðast að mestu við stöðuvötn, en tíðkast sjaldnar fyrir straumvötn. Þar sem vatnablöntur eru bæði fágætar í straumvötnum hérlendis og lítið þekktar er ólíklegt að þær henti sem mælikvarði á ástand straumvatnshlota. Þær geta hins vegar hentað sem mælikvarði á ástand í stöðuvötnum ef nægileg gögn væru fyrir hendi. Hér á eftir er gerður grófur samanburður á aðferðunum m.t.t. þekktara vatnablöntutegunda á Íslandi og mat lagt á hver þessara aðferða henti best til aðlögunar að íslenskum aðstæðum.

Norska aðferðin (TIC).

Aðferðin er nokkuð einföld í framkvæmd, sérstaklega ef notað er til staðar /ekki til staðar í byrjun. Norski listinn byggir á 86 tegundum vatnablantna, þar af eru 53 viðkvæmar gagnvart næringarefnaálagi, 25 þolnar gagnvart næringarefnaálagi og 8 hlutlausar. Af þessum lista eru þekktar á Íslandi 22 viðkvæmar tegundir, 4 þolnar og 1 hlutlaus. Í skýrslu norðmanna um mat á vistfræðilegu ástandi í ferskvatni er eingöngu fjallað um ofauðgun eða næringarefnaálag, en ekki tekið sérstaklega til annaðhvort niturs eða fosfórs (Direktoratsgrúppa Vanndirektivet 2009). Samanburður á tegundum milli norska og íslenska listans bendir til þess að góðar líkur séu á að hægt sé að aðlaga þessa aðferð að íslenskum aðstæðum.

Sænska aðferðin (TMI)

Sænska aðferðin er flóknari en sú norska að því leyti að hún byggir á tveim þáttum, annars vegar viðkvæmni tegundar gagnvart næringarefnaálagi og hins vegar vægi hveirrar tegundar. Þá er hún miðuð sérstaklega við næmi gagnvart styrk heildarfosfórs í stöðuvötnum og ekki er ljóst hvernig megi aðlaga flokkunina að náttúrulegum styrk næringarefna í íslenskum vötnum. Á sænska listanum eru 105 tegundir sem búið er að gefa einkunn m.t.t. þols gagnvart næringarefnaálagi (heildarstyrk fosfórs) og vægi. Einkunnirnar eru á bilinu 1 – 10 þar sem tegund með einkunnina 10 á kjöraðstæður við mjög lágan heildarfosfór en tegund með einkunnina 1 á kjöraðstæður við háan heildarfosfór. Af 105 tegundum á sænska listanum eru samtals 27 tegundir á þeim íslenska, af þeim eru 16 með einkunn 8 og yfir, 9 tegundir með einkunn 6-7, ein tegund með einkunn 5 og ein tegund með einkunn 3. Samanburður íslenska og sænska listanum, auk þeirrar staðreyndar að sá sænski miðast við styrk heildarfosfórs bendir til þess að aðlögun þessarar aðferðar að íslenskum aðstæðum gæti reynst heldur erfiðari viðfangs, en aðlögun þeirrar norsku.

Breska aðferðin

Breska aðferðin er flóknari en sú norska og sænska og tekur til fleiri þátta. Ekki er talið hentugt að nota aðferðina hér á landi á sama hátt og gert er í Bretlandi en mögulega er hægt að nota hana að hluta til, t.a.m. mælibreytur nr. 4 og 5. Mælibreyta nr. 4 í bresku aðferðinni felst í að mæla hlutfall þekju hveirrar vatnablöntutegundar á botni. Þá er þekju tiltekinnar tegundar deilt með heildarfjölda plöntutegunda sem finnast í vatninu. Minni þekja hveirrar plöntu bendir til meiri fjölbreytni og yfirleitt betra ástands. Það getur þó verið mismunandi milli stöðuvatnsgerða. Mælibreyta nr. 5 felst í hlutfallslegri þekju þráðlaga þörungna. Hátt hlutfall grænna þráðlaga þörungna af heildar þekju vatnaplantna er talið benda til næringarefnaálags og mögulega ofauðgunar. Þetta eru vísar sem er tiltölulega auðvelt að mæla ef fjöldi tegunda vatnaplantna í tilteknu vatni er þekktur sem og heildarþekja þeirra á botni.

Í ljósi ofangreinds samanburðar er lagt til að á Íslandi verði litið til norsku aðferðarinnar og hluta af þeirri bresku. Útbúnir verði listar yfir íslensku tegundirnar og dreifing/þolni þeirra m.t.t. næringarefnaástand verði skráð. Í því samhengi verði horft til niðurstaðna úr vinnu Náttúrufræðistofu Kópavogs vegna flokkunar vistgerða í ferskvatni. Þegar búið er að varpa ljósi á tegundasamsetningu og dreifingu vatnaplantna í íslenskum stöðuvötnum er fyrst hægt að leggja raunverulegt mat á hvernig best megi nota þær til að lýsa vistfræðilegu ástandi vatnanna.

Niðurlag

Í þessari greinargerð hefur verið fjallað um vatnagróður sem líffræðilegan gæðapátt til að meta vistfræðilegt ástand í straumvötnum og stöðuvötnum sbr. III. viðauka reglugerðar nr. 535/2011. Teknar hafa verið saman upplýsingar um aðferðir annarra landa, fyrirbyggjandi íslenskar rannsóknir og tiltæk gögn auk þess að greiningar voru framkvæmdar eftir því sem unnt var. Niðurstöður benda til þess að góðir möguleikar séu á því að aðlaga tiltekna aðferðir annarra landa að íslenskum aðstæðum, að uppfylltum tilteknum skilyrðum. Af þeim

flokkunarkerfum sem skoðuð voru fyrir kísilþörungum er talið hentugast að aðlaga IPS flokkunarkerfið íslenskum aðstæðum. Þá yrði einn skali settur fyrir allar gerðir straumvatnshlota. Af þeim aðferðum sem skoðaðar voru fyrir vatnablöntur var talið líklegast að Tic aðferðin sem notuð er í Noregi gæti hentað við íslenskar aðstæður. Skoðun kísilþörungum sem gæðapáttar fyrir straumvötn er komin lengra en skoðun vatnablantna fyrir stöðuvötn enda voru ekki tiltæk sambærileg gögn um vatnablöntur til úrvinnslu.

Hér að neðan eru talin upp nokkur atriði sem mikilvægt er að framkvæma svo hægt sé að uppfylla markmið um skilgreiningu fimm flokka um vistfræðilegt ástand vatnshlotagerða út frá vatnagróðri.

Kísilþörungur

- Safna þarf sýnum úr þeim gerðum straumvatnshlota þar sem lítil/engin kísilþörungagögn eru til úr. Þetta er nauðsynlegt vegna skilgreininga á viðmiðunaraðstæðum þeirra.
- Endurskoða þarf greiningar hluta sýna úr vatnaflókagrunninum til þess að auka upplausn gagnanna svo þau nýtist betur m.a. fyrir umhverfisvísa eins og IPS.
- Æskilegt væri að endurtaka sýnatökur úr straumvötum úr vatnaflókarannsókn til þess að fá mat á náttúrulegan breytileika. Þannig má undirbyggja tillögu að flokkunarkerfi með sem áreiðanlegustum gögnum.
- Safna þarf þörungasýnum úr þeim straumvötum sem til eru efnamælingaraðir úr (40 vatnsföll). Þetta er nauðsynlegt til að greina tengsl milli gerða kísilþörungasamfélaga og eðlisefnafræðilegra þátta, s.s. næringarefna.
- Safna þarf sýnum úr vatnshlotum sem eru undir álagi. Með því má greina áhrif álags á þörungasamfélög, sem nýtast til að prófa flokkunarkerfið og stilla af gæðastuðla þess. Samtímis þarf að safna efnasýnum, til að athuga tengsl milli þörungum og álags vegna eðlisefnafræðilegra þátta.
- Safna þarf sýnum og gera sambærilega greiningu fyrir kísilþörungum í stöðuvötum, svo hægt sé að skilgreina samskonar flokkunarkerfi fyrir stöðuvatnshlot.

Vatnablöntur

- Safna þarf vatnablöntusýnum úr stöðuvatnshlotum af öllum gerðum og setja í gagnagrunn. Æskilegt væri að koma á samstarfi við Náttúrufræðistofnun Íslands sem stendur að baki Natura Ísland verkefninu svo samnýta megi þau gögn sem aflað hefur verið vegna þess.
- Vinna þarf sambærilegar greiningar og gerðar hafa verið fyrir aðra gæðapætti til þess að kanna hvernig vatnablöntur endurspeglar framlagða tillögu um gerðir stöðuvatnshlota.
- Prófa þarf þær aðferðir sem taldar eru líklegastar til að henta við íslenskar aðstæður á þeim gögnum sem safnað verður. Síðan þarf að leita leiða til að aðlaga þær að íslenskum aðstæðum.

Heimildir

Berner, E.K. og Berner, R.A. 1996. *Global Environment: Water, air and geochemical cycles*. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ 07458.

Coste, M., in Cemagref 1982. *Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q.E.Lyon-A.F.Bassin Rhône-Méditerranée-Corse*, 218 bls.

Coste, M, Boutry, S., Tison-Rosebery, J. og Delmas, F. 2009. Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators*, 9(4): 621–650.

Direktoratsgrúppa Vanddirektivet 2009. *Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann. Innsjøer og elver i henhold til vannforskriften*. Utgiver: Direktoratsgrúppa for gjennomføringen av vanddirektivet.

Eloranta, P. og Soininen J. 2002. Ecological status of some Finnish rivers evaluated using diatom communities. *Journal of Applied Phycology*, 14:1-7.

Falasco, E. og Badino, G. 2011. The role of environmental factors in shaping diatom frustule: Morphological plasticity and teratological forms. Í: Compton, J.C. (ritstj.). *Diatoms: Ecology and life cycle*, Nova Publisher Editor, New York, bls. 1-36.

Foged, N. 1974. *Freshwater diatoms in Iceland*. Bibliotheca Phycologica Band 15. J. Cramer, Vaduz, 118 bls.

Gagnagrúnnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason o.fl 1997 – 2013. *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna*.

Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir (ritstj.) 2013. *Gerðir straumvatna og stöðuvatna. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Veðurstofa Íslands, VÍ 2013-002 og Veiðimálastofnun, VMST 13007*.

Gunnar Steinn Jónsson, Ingi Rúnar Jónsson og Sigurður Már Einarsson 1997. Þörungurinn vatnaflóki í íslenskum ám. Grein í röðinni “Rannsóknir á Íslandi” í Lesbók Morgunblaðsins, 24. maí 1997, bls 17.

Gunnar Steinn Jónsson, Ingi Rúnar Jónsson og Sigurður Már Einarsson 1998. Rannsókn á útbreiðslu kísilþörungans vatnaflóka (*Didymosphenia geminata*) í ám á Íslandi 1997. Skýrsla Veiðimálastofnunar, VMST-R/98003, 30 bls.

Hansen, I., Gíslason, G.M. og Ólafsson, J.S. 2006. Diatoms in glacial and alpine rivers in Central Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 29: 1271-1274.

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

Helgi Hallgrímsson 2007. Þörungatal. Skrá yfir vatna- og landþörungum á Íslandi samkvæmt heimildum. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar. Nr. 48, júlí 2007, 94 bls.

- Hill, B.H., Stevenson, R.J., Pan, Y., Herlihy, A.T., Kaufmann, P.R. og Johnson, C.B. 2001. Comparison of correlations between environmental characteristics and stream diatom assemblages characterized at genus and species levels. *Journal of the North American Benthological Society*, 20(2): 299-310.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Þóra Hrafnadóttir 2012. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Yfirlit yfir fimm fyrstu vöktunarárin 2007–2011 og samanburður við eldri gögn. Náttúrufræðistofa Kópavogs, Fjölrit nr. 3-2012, 67 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Tammy Lynn Karst-Riddoch og John P. Smol 2010. Kísilþörungaflóra íslenskra stöðuvatna. Náttúrufræðingurinn, 80(1–2): 41–57.
- Hörður Kristinsson 2008. Íslenskt plöntutal. Blómplöntur og byrkningar. Fjölrit Náttúrufræði-stofnunar Nr. 51, 56 bls.
- Iris Hansen, Eydís Njarðardóttir, Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason og Jón S. Ólafsson 2013. Kísilþörungur og smádýr í Lagarfljóti 2006–2007. Veiðimálastofnun, VMST/13037, LV-2013-068, 78 bls.
- Jónasson, P. M. og Aðalsteinsson, H. 1979. Phytoplankton production in shallow eutrophic Lake Myvatn. *Oikos*, 32: 113 – 138.
- Jónsson, G.S. 1987. The depth-distribution and biomass of epilithic periphyton in Lake Thingvallavatn, Iceland. *Arch. Hydrobiol.*, 108: 531-547.
- Jónsson G.S. 1992. Photosynthesis and production of epilithic algal communities in Thingvallavatn. *Oikos*, 64: 222–240.
- Jónsson, G.S., Jónsson, I.R., Björnsson, M. og Einarsson, S.M. 2000. Using regionalization in mapping the distribution of the diatom species *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Smith in Icelandic rivers. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27: 340-343.
- Kahlert, M. 2012. Utvecling av en miljögiftsindikator – ksilalger i rinnande vatten. Länsstyrelsen Blekinge län, 2012:12, 38 bls.
- Karst-Riddoch, T.L., Malmquist, H.J. og Smol, J.P. 2009. Relationships between freshwater sedimentary diatoms and environmental variables in Subarctic Icelandic lakes. *Fundament and Applied Limnology*, 175(1): 1–28.
- Kelly, M.G., Bennion, H., Cox, E.J., Goldsmith, B., Jamieson, J., Juggins, S., Mann, D.G. og Telford, R.J. 2005. Common freshwater diatoms of Britain and Ireland: an interactive key. Environment Agency, Bristol.
- Kelly, M.G. og Whitton, B.A. 1995. The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7(4), 433-444.
- Lars Pålsson (ritstj.) 1994. Vegetationstyper i Norden. TemaNord 1994:665. Norræna Ráðherranefndin. ISBN 92 9120 593 1. ISSN 0903-7004.

Magnús Björnsson 1998. Kísilþörungar á botni Elliðaárna á árunum 1990 til 1997 og hugsanlegar breytingar af völdum vatnaflóka, *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Smith. 24 eininga 4. árs verkefni. Líffræðiskor Háskóla Íslands.

Muscio, C. 2002. The Diatom Pollution Tolerance Index: Assigning tolerance values. City of Austin - Watershed Protection & Development Review Department Environmental Resource Management. SR-02-02, 17 bls.

Naturvårdverket 2007. Bilaga A - Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Í: Klassificeringarna med de två indexen fungerar i hela Sverige och referensvärde och klassgränser är desamma i hela landet. Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon. En handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp. Handbok 2007:4 1.útgáfa, Stokkhólmur.

Náttúrufræðistofa Kópavogs (17.08.2012). Rannsóknir á vatnagróðri. Sótt þann 19.04.2013 af: <http://www.natkop.is/page.asp?ID=564>

Ostenfeld, C.H. og Wesenberg-Lund, C. 1906. A regular fortnightly exploration of the plankton of two Icelandic lakes, Thingvallavatn and Myvatn. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh B, 25: 1092-1167.

Rakel Guðmundsdóttir 2012. Primary producers in sub-Arctic streams and the effects of temperature and nutrient enrichment on succession. PhD dissertation, Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Iceland, 41 bls. + 4 viðaukar.

Sigurður Á. Þráinsson 1983. Kísilþörungar í Reykjadalssá í Borgarfirði. 4 árs verkefni. Líffræðiskor Háskóla Íslands.

Stevenson, R.J. og Bahls, L.L. 1999. Chapter 6, Periphyton protocols. Í: Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. og Stribling, J.B., 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2. útgáfa. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 23 bls.

Sveriges lantbruksuniversitet 2008. Vanligt förekommande kiselalgsarter - version 1 2008-12-30. Tafla í handriti.

Teply, M. og Bahls, L. 2006. Interpretation of periphyton samples for Montana streams - Middle Rockies Ecoregion. Gert fyrir: The Montana Department of Environmental Quality af Larix Systems, Inc. í Helena, Montana og Hannaea í Helena, Montana, 28 bls.

Tryggvi Þórðarson 2003a. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Kaldakvisl. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003b. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Botnsá. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003c. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Brynjudalsá. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003d. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Bugða. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003e. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Fossá. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003f. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Kiðafellsá. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003g. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Laxá í Kjós. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003h. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Leirvogsa. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003j. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Úlfarsá. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2003k. Varmá, Hveragerði. Vöktun vatnsgæða 2001 – 2002. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2004a Mengunarflokkun Hólmsár, Suðurár og Elliðaána. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

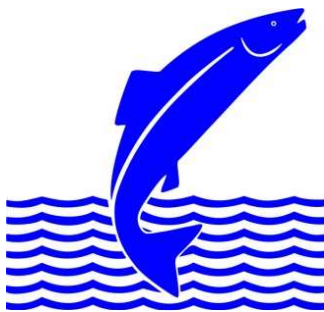
Tryggvi Þórðarson 2004b. Flokkun vatna á Norðurlandi eystra, Eyjafjarðará, Glerá, Hörgá og Svarfaðardalsá. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2005. Flokkun vatna á Norðurlandi eystra, Fnjóská, Skjálfandafljót og Laxá í Þingeyjarsýslu. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

Tryggvi Þórðarson 2007. Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Varmá. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði.

van Dam, H. Padisák, J. og Kovács, C. 2005. Ecosurv BQE report phytobenthos. Ministry of Environment and Water, Hungary, 54 bls.

Water Framework Directive - United Kingdom Advisory Group (WFD-UKTAG) 2009. Lake assessment methods: Macrophytes and phytobenthos.



Veiðimálastofnun

Árleyni 22, 112 Reykjavík
Sími 580-6300 Símbref 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