

Tillögur að líffræðilegum og
eðlisefnafræðilegum
gæðapáttum til ástandsflokkunar
straum- og stöðuvatna á Íslandi

Skýrsla til Umhverfisstofnunar
Desember 2019



Tillögur að líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum til ástandaflokkunar straum- og stöðuvatna á Íslandi

Skýrsla til Umhverfisstofnunar

Eydís Salome Eiríksdóttir, Hafrannsóknastofnun
Sunna Björk Ragnarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands
Gerður Stefánsdóttir, Veðurstofu Íslands

Skýrsla

Lykilsíða

Skýrsla nr.	Dags.	ISSN	Opin ☒	Lokuð ☐
HV-2019-55 NÍ-19005 VÍ-2019-004	Desember 2019	1670-8261		

Titill: Tillögur að líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum til ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna á Íslandi

Höfundar/ritstjórar: Eydis Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir og Gerður Stefánsdóttir

Unnið fyrir: Umhverfisstofnun

Ágrip

Á grundvelli reglugerðar 535/2011 eru hér lagðar fram rökstuddar tillögur að líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum til ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna á Íslandi. Þeir líffræðilegu gæðapáttir sem lagt er til að verði notaðir í stöðuvötnum eru: lífmassi svifþörungna (blaðgræna *a*), tegundasamsetning vatnaplantna, tegundasamsetning, tegundafjölbreytni og fjöldi botnlæggra hryggleysingja í strandbelti stöðuvatna og fjöldi og aldursdreifing fiska í stöðuvötnum. Þeir líffræðilegu gæðapáttir sem lagt er til að verði notaðir í straumvötnum eru: lífmassi botnþörungna (blaðgræna *a*), tegundasamsetning, tegundafjölbreytni og fjöldi rykmýs og tegundasamsetning, aldursdreifing og þéttleiki laxfiska í straumvötnum. Unnið er að greiningu botnþörungna úr straumvötnum og mun niðurstaða þeirrar greiningar liggja fyrir á miðju ári 2020. Ákvörðun um hvort botnþörungur úr straumvatni henti sem gæðapáttur fyrir straumvötn bíður þar til niðurstaða næst á þeim greiningum. Þeir eðlisefnafræðilegu gæðapáttir sem lagt er til að verði notaðir í straum- og stöðuvötnum eru súrnunarástand (pH-gildi og basavirkni), leiðni, næringarefnaástand (NO_3 , NH_4 , PO_4 , N-total, P-total), súrefnismettun (O_2 og BOD), auk sjón-dýpis í stöðuvötnum og svifauris í jökulám. Jafnframt er bent á aðra þætti sem nauðsynlegt er að vakta samhliða, bæði til þess að styrkja gerðargreiningarviðmið stöðuvatna (svifaur) og vatnsformfræðilega gæðapætti sem þurfa vöktun til lengri tíma, s.s. rennsli og vatnshæð. Bent er á að mögulega þarf að huga að vöktun málmsambanda á síðari stigum. Þess er vænst að fyrirbyggjandi upplýsingar um þá gæðapætti sem lagðir eru til í skýrslunni nýtist til að setja viðmiðunarmörk til ástandsflokkunar fyrir straum- og stöðuvatnshlot á Íslandi. Hins vegar er það ljóst að gögn vantar til að skilgreina viðmiðunaraðstæður fyrir sumar vatnagerðir og hugsanlega þarf að byggja á sérfræðiáliti í vatnagerðum þar sem gögnin eru takmörkuð.

Lykilorð: Stjórn vatnamála, vatnatilskipun, líffræðilegir gæðapáttir, eðlisefnafræðilegir gæðapáttir, vatnshlotagerðir, vatnagerðir.

Undirskrift f.h. HV:

Guðni Guðbergsson

Undirskrift f.h. NÍ:

Transta Baldursson

Undirskrift f.h. VÍ:

Jónna Hauksdóttir

Efnisyfirlit

1 Inngangur.....	7
2 Framkvæmd.....	8
3 Samningar við Umhverfisstofnun.....	8
4 Gæðapættir.....	9
5 Líffræðilegir gæðapættir stöðuvatna.....	11
5.1 Svíförungar í stöðuvötnum.....	11
5.2 Vatnablöntur í stöðuvötnum (háplöntur og mosar).....	13
5.3 Botnhryggleysingar í stöðuvötnum.....	18
5.4 Fiskur í stöðuvötnum.....	19
6 Líffræðilegir gæðapættir straumvatna.....	20
6.1 Botnþörungar í straumvötnum.....	20
6.2 Botnhryggleysingar í straumvötnum.....	22
6.3 Fiskur í straumvötnum.....	24
7 Eðlisefnafræðilegir gæðapættir.....	25
7.1 Súrunarástand.....	26
7.1.1 Sýrustig.....	26
7.1.2 Hæfni vatns til þess að hlutleysa sýru (basavirkni).....	27
7.2 Næringarefnaástand.....	28
7.3 Sjóndýpi/svifaur.....	29
7.4 Selta.....	30
7.5 Hitastig.....	30
7.6 Súrefnismettun.....	31
7.6.1 Styrkur súrefnis.....	31
7.6.2 Líffræðileg súrefnisþörf.....	31
7.7 Aðrir mikilvægir vöktunarpættir.....	31
8 Niðurstöður.....	33
Heimildir.....	35

Mynda- og töfluskrá

Mynd 1. Flokkunarlykill Vatnatilskipunar.	10
Tafla 1. Einkunnagjöf byggð á þekju vatnagróðurs, fjölda einstaklinga og vaxtarformi.	13
Tafla 2. Fjöldi stöðuvatna sem flokkuð voru í vistgerðir.....	14
Tafla 3. Tillaga að líffræðilegum- og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum til flokkunar á ástandi straum- og stöðuvatnshlota	34

1 Inngangur

Í samræmi við rammatilskipun Evrópusambandsins um verndun vatns (Vatnatilskipun Evrópu, 2000/60/EB) voru sett lög á Alþingi um stjórn vatnamála, lög nr. 36/2011, og á grundvelli þeirra reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun sem og reglugerð um stjórn vatnamála nr. 935/2011. Umhverfisstofnun hefur umsjón með framkvæmd innleiðingar vatnatilskipunarinnar sem nær yfir ferskvatn, árósavatn, strandsjó og grunnvatn. Meginmarkmið lagarammans er að vernda vatn og vatnavistkerfi og tryggja gæði vatns til lengri tíma. Skilgreindar eru aðferðir til að flokka vatnshlot, meta eiginleika þeirra og álagsgreina þau. Niðurstöður, aðferðarfræði og umhverfismarkmið eru sett fram í vatnaáætlun fyrir vatnaumdæmið Ísland.

Samkvæmt reglugerðinni þarf að skilgreina vatnshlotagerðir til að flokka ferskt yfirborðsvatn og strandsjó og setja viðmið fyrir líffræðilega eðlisefnafræðilega og vatnsformfræðilega gæðapætti. Skilgreina þarf líffræðilega gæðapætti sem greina á milli mjög góðs, góðs, ekki viðunandi, slaks og lélegs vistfræðilegs ástands vatnshlota. Jafnframt þarf að skilgreina eðlisefnafræðilega þætti sem hafa áhrif á lífríki vatna. Gæðapættir gefa þannig mælikvarða á vistfræðilegt ástand vatnshlota og viðmiðunaraðstæður lýsa vistfræðilegu ástandi sem er til staðar þar sem mjög gott ástand ríkir og álag er hverfandi. Umhverfismarkmiðin eru að allt vatn skuli vera í mjög góðu eða góðu vistfræðilegu ástandi.

Fyrstu skref að innleiðingu Vatnatilskipunar fóru fram á árunum 2011–2013. Hins vegar var vinna vegna stjórnar vatnamála lögð niður árið 2014 vegna skorts á fjármögnun. Árið 2017 var að nýju sett fjármagn í málaflokkinn og lágu samningar við fagstofnanir fyrir haustið 2018. Vinnan við innleiðinguna heldur áfram þar sem frá var horfið.

Á tímabilinu 2011 til 2013 var unnið að því að safna saman fyrirbyggjandi upplýsingum um lífríki og efnasamsetningu straum- og stöðuvatna auk strandsjávar. Vinnan var í höndum Veðurstofu Íslands og Hafrannsóknarstofnunar (áður veiðimálastofnun og Hafrannsóknastofnun).

Fyrirbyggjandi eru eftirfarandi skýrslur um ferskt yfirborðsvatn og gæðapætti til ástands-flokkunar þeirra frá Veiðimálastofnun, Hafrannsóknarstofnun, Veðurstofu Íslands og Náttúrufræðistofnun Íslands. Skýrslurnar eru allar aðgengilegar á vatn.is:

- Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir 2013. Gerðir straumvatna og stöðuvatna. VÍ 2013-002; VMST/13007.
- Bjarni Bragi Jónsson 2013. Efnaeiginleikar straumvatnshlota á Íslandi, tölfraðileg úttekt. Greinargerð, BBJ/2013-01.
- Gerður Stefánsdóttir, Bogi Brynjar Björnsson, Sigurjón Magnússon og Davíð Egilson. Verklókaskýrsla vegna stjórnar vatnamála. Vinna ársins 2013. VÍ GST/BBB/SM/DE/2014-01
- Elísabet R. Hannesdóttir og Jón S. Ólafsson 2014. Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Botnhryggleysingar í straumvötnum. VMST/14009.
- Friðbjófur Árnason 2014. Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í stöðuvötnum. VMST/14013.

- Gunnar Steinn Jónsson, Iris Hansen, Halla Margrét Jóhannesdóttir, Ingi Rúnar Jónsson 2014. Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Vatnagróður. VMST/14010.
- Halla Margrét Jóhannesdóttir 2014. Framvinda verkþátta vegna innleiðingar laga nr. 36/2011 um stjórn vatnamála. VMST/14012.
- Þórólfur Antonsson, Leó A. Guðmundsson, Ingi Rúnar Jónsson, Guðmunda Björg Þórðardóttir 2014. Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í straumvötnum. VMST/14007.
- Eydis Salome Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir og Sunna Björk Ragnarsdóttir 2019. Endurskoðun á gerðargreiningu straum- og stöðuvatnshlota. VÍ 2019-002/NÍ 19003/HV 2019-28.

Í þessari stöðuskýrslu verður fjallað um líffræðilega- og eðlisefnafræðilega gæðapætti í ferskvatni sem nota skal við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna samkvæmt lögum um stjórn vatnamála og lögð fram rökstudd tillaga að gæðapáttum sem hægt verður að nota við skilgreiningu á vistfræðilegu ástandi ferskvatnshlota á Íslandi.

2 Framkvæmd

Starfsmenn sem unnið hafa að verkefninu eru: Eydis Salome Eiríksdóttir, Friðþjófur Árnason, Hlynur Bárðarson, Ingi Rúnar Jónsson, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson og Magnús Jóhannsson á Hafrannsóknastofnun, Sunna Björk Ragnarsdóttir á Náttúrufræðistofnun Íslands og Gerður Stefánsdóttir og Svava Björk Þorláksdóttir á Veðurstofu Íslands. Hópurinn hefur leitað til annarra sérfræðinga stofnananna við þessa vinnu. Vinna við mat á gæðapáttum og viðmiðunaraðstæðum er alfarið byggð á fyrirliggjandi gögnum, eins og kveðið er á um í samningi Umhverfisstofnunar við rannsóknastofnanirnar sem koma að verkinu.

Rannsóknir á lífríki og eðlisefnafræðilegum þáttum í ferskvatni sem sérstaklega miða að þeim gæðapáttum sem liggja til grundvallar eru frekar takmarkaðar og hvergi nægjanlegar til að fá heildarmynd af vistkerfinu. Þau gögn sem tiltæk voru árið 2013 voru tekin saman í skýrslum sem taldar eru upp í 1. kafla. Í þessari skýrslu verða gögnin metin og fjallað um ný gögn sem nýst geta við vinnu við stjórn vatnamála. Á grundvelli fyrirliggjandi gagna um eðlisefnafræði og lífríki straum- og stöðuvatna verður svo lögð fram rökstudd tillaga um hvaða lífríkispætti verður hægt að nota sem gæðapætti til ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna.

3 Samningar við Umhverfisstofnun

Í lok árs 2018 gerði Umhverfisstofnun samninga við Hafrannsóknastofnun, Náttúrufræðistofnun Íslands og Veðurstofu Íslands um vinnu að verkefnum er lúta að stjórn vatnamála á árunum 2018–2020. Þar á meðal er liður sem miðar að því að færa fram rökstudda tillögu að líffræðilegum- og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum, sem nefndir eru í reglugerð 535/2011 og lýsa vistfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna. Í framhaldinu skal svo leggja fram tillögu að viðmiðunaraðstæðum út frá líffræðilegum- og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum fyrir hverja gerð ferskvatnshlota.

Í þessari skýrslu er farið í gegnum þá líffræðilegu- og eðlisefnafræðilegu gæðapætti sem nota skal við ástandsflokkun vatnshlota samkvæmt lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 og fjallað er um í III. viðauka reglugerðar 535/2011. Hér er einnig lögð fram rökstudd tillaga að öðrum gæðapáttum sem talið er mikilvægt að nota við vistfræðilega flokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi. Notast verður við áður útgefnar skýrslur sem taldar eru upp hér í 1. kafla auk nýrra gagna sem safnað var við vistgerðarflokkun (Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl., 2016).

Samkvæmt samningum við Veðurstofu Íslands tók Umhverfisstofnun þá ákvörðun að vatnsformfræðilegir þættir yrðu ekki notaðir sem hluti af vistfræðilegu ástandsflokkunarkerfi vatnshlota í þessum vatnahring. Bent er á nauðsyn þess að mæla rennsli vatnsfalla við vöktun eigi að skilja efnaferla í stöðuvötnum og meta álag á straumvötn út frá vöktuðum viðmiðunarvatnshlotum. Að öðru leyti verður ekki nánar fjallað um þá í þessari samantekt.

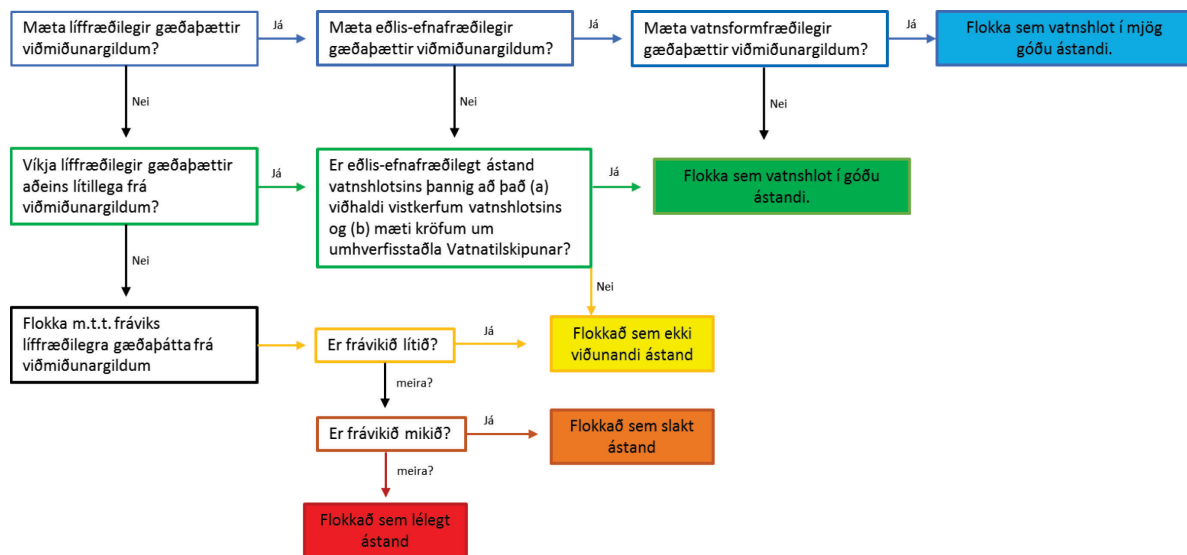
4 Gæðapættir

Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) skal skilgreina vistfræðilegt ástand vatnshlota í samræmi við skilgreinda gæðaflokkun í mjög gott, gott, ekki viðunandi, slakt og lélegt. Skal flokkunin byggja á gæðapáttum sem ákvarðaðir eru í 6. grein reglugerðar nr. 535/2011. Gæðapættir fyrir yfirborðsvatn eru þættir sem eru næmir fyrir því álagi sem getið er um í áhættumati tilskipunarinnar (Tafla 4.1 í WFD CIS, 2003a). Hver líffræðilegur gæðapáttur getur orðið fyrir áhrifum af mörgum þeim álagsþáttum sem starfsemi manna veldur, t.d. lífræn og ólífræn ákoma efna, notkun mengandi efna og breytingar á eðlisefnafræðilegum aðstæðum. (WFD CIS 2003a; Reglugerð 535/2011; EES-viðbætur, 2011, V. viðauki). Við skilgreiningu á viðmiðunarástandi gæðapátta er mikilvægt að miðað sé við náttúrulegar eða því sem næst náttúrulegar aðstæður.

Eðlisefnafræðilegir og vatnsformfræðilegir gæðapættir eru notaðir til stuðnings líffræðilegu gæðapáttunum til að fastsetja gerðarsértækar eðlisefnafræðilegar og vatnsformfræðilegar viðmiðunaraðstæður (EES-viðbætur, 2011, V. viðauki). Eðlisefnafræðilegar viðmiðunaraðstæður er hægt að meta t.d. út frá vatnshita, súrefnisskilyrðum, seltu, sýrustigi og næringarskilyrðum, ásamt mælingum á sérstökum mengunarvöldum (forgangsefni – priority substances í Annex II Directive 2008/105/EC) sem og öðrum efnum sem sýnt hefur verið fram á að sleppt hafi verið í umtalsverðu magni í vatnshlotið. Vatnsformfræði tekur til mælinga á vatnsmagni, straumpunga, rennslissamfellu og vatnsformfræðilegum skilyrðum (s.s. breytileiki varðandi dýpi og breidd árinna, gerð og undirlag farvegjar og bakkagerð). Ekki verður fjallað um vatnsformfræðilega gæðapætti í þessari skýrslu.

Árlegur breytileiki er m.a. tilkomin vegna ástíðabundinna veðurþátta s.s. úrkomu, snjóbráðar og hitastigi sem og líffræðilegum þáttum s.s. með framleiðni og niðurbroti lífmassa í vistkerfum vatna. Miðlað rennsli hefur oft á tíðum umtalsverð áhrif á þá ferla sem eru til staðar, þar má nefna hliðrun í tíma, stærðargráðu o.s.frv. Þennan breytileika þarf að hafa í huga við skipulagningu vöktunar og við gerð viðmiðunaraðstæðna fyrir hvern gæðapátt.

Samfelld vöktun á ýmsum eðlisefnafræðilegum þáttum nýtist því vel við túlkun mæligagna (WFD CIS, 2009), sem dæmi má nefna sýrustig, leiðni og rennslishættir sem endurspeglar líffræðilegar aðstæður. Sem dæmi má nefna ef sýnataka er alltaf tekinn 15. júlí þá er sú sýnataka í sumum tilfellum tekin á hápunkti framleiðni en stundum ekki. Mikilvægt er að vita á hvaða stigi framleiðnin er þegar sýnataka fer fram til þess að geta túlkað niðurstöður með viðunandi hætti.



Mynd 1. Flokkunarlykill Vatnatilskipunar sem sýnir afstætt hlutverk líffræðilegra, eðlisefnafræðilegra og vatnsformfræðilegra gæðapátta við flokkun vatnsfalla eins og gert er ráð fyrir í lögum um Stjórn vatnamála (WFD CIS, 2003b).

Þeir gæðapættir sem nota skal til að greina vistfræðilegt ástand í straum- og stöðuvatni eru tilgreindir í 6. grein reglugerðar 535/2011¹ og einnig er fjallað um þá í V. viðauka í tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2000/60/EB.

Líffræðilegir gæðapættir í stöðuvötnum eru eftirfarandi:

- Tegundasamsetning, þéttleiki² og lífmassi svífförunga
- Tegundasamsetning og þéttleiki vatnplantna
- Tegundasamsetning og þéttleiki botnhryggleysingja
- Tegundasamsetning, þéttleiki og aldursdreifing fiska

Líffræðilegir gæðapættir í straumvötnum eru eftirfarandi:

- Tegundasamsetning og þéttleiki botngróðurs³ (vatnplantna og botnpörunga)
- Tegundasamsetning og þéttleiki botnhryggleysingja
- Tegundasamsetning, þéttleiki og aldursdreifing fiska

¹ Gæðapættirnir eru einnig tilgreindir í kafla 1.1 í III. viðauka reglugerðarinnar en það er misræmi á milli þess sem kemur fram þar og því sem kemur fram annarsstaðar í reglugerðinni.

² Í III. viðauka reglugerðar 535/2011 er talað um fjölda en í 6. grein er talað um þéttleika.

³ Skv. V. viðauka í tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2000/60/EB. Botngróður í ám er ekki hluti af gæðapáttum skv. töflu í kafla 1.1 í III. Viðauka reglugerðar 535/2011. Misræmi á milli tilskipunar og reglugerðar.

Eðlisefnafræðilegir gæðapættir í straum- og stöðuvötnum eru eftirfarandi⁴:

- Hitastig
- Styrkur súrefnis
- Styrkur næringarefna
- Selta
- pH

Auk þessara þátta er nefnt í reglugerð 535/2011 að nota skuli eftirfarandi þætti til ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna:

- Basavirkni (Alkalinity; ANC)
- Sjónkýpi gæðapáttur fyrir stöðuvötn

Heimild er fyrir því í stjórn vatnamála að sleppa þáttum sem taldir eru upp hér að ofan ef breytileiki þeirra er svo mikill að ekki er hægt að nota þá (sjá kafla 3.7 í WFD CIS 2003b og viðauki II, kafla 1.3 í reglugerð 535/2011).

Nauðsynlegt er að upplýsingar um viðkomandi gæðapætti liggi fyrir svo hægt sé að nota þá til að meta ástand vatnshlota. Grundvöllur þess að meta ástand vatnshlota er að ákvarða svokallað viðmiðunarástand (e. reference value) sem er það ástand sem ríkir við náttúrulegar, óraskaðar aðstæður í hverri gerð vatnshlota. Til að meta vistfræðilegt ástand í vatnshlotum hefur verið þróaður fimm flokka stuðull, sem er byggður á líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum og kallast Ecological Quality Ratio (EQR). EQR stuðullinn er skilgreindur sem hlutfallið á milli viðmiðunarástands og þess ástands sem mælist á hverjum tíma í hverju vatnshlotti.

Í þessari skýrslu er fjallað um líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðapætti sem hægt er að nota til að meta ástand straum- og stöðuvatna og lögð er fram tillaga að gæðapáttum sem nýst geta við ástandsflokkun vatnshlota á Íslandi. Þeir gæðapættir eru valdir úr sem talið er mögulegt að nota miðað við þau gögn sem fyrirleggjandi eru, en það voru forsendur vinnunnar við gerð fyrstu vatnaáætlunarinnar. Auk þess er mögulegt að notað verði sérfræðimat þar sem gögn skortir.

5 Líffræðilegir gæðapættir stöðuvatna

5.1 Svifþörungur í stöðuvötnum

Höf.: Iris Hansen

Einn af þeim líffræðilegu gæðapáttum í stöðuvötnum sem skylt er að meta samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (535/2011) er tegundasamsetning, fjöldi og lífmassi svifþörungna.

Svifþörungur eru notaðar sem líffræðilegur gæðapáttur fyrir stöðuvötn í 23 löndum af þeim 25 sem notuðu gæðapætti fyrir stöðuvötn í annarri vatnaáætlun sinni (River Basin Management Plan, 2016). Líkar aðferðir eru notaðar við mat á svifþörungum í vötnum á Bretlandi, í Noregi og í Svíþjóð (Havs- och vattenmyndigheten, 2013; WFD-UKTAG, 2014a; Direktoratsgruppen

⁴ Skv. kafla 1.1 í III. viðauka reglugerðar 535/2011.

vanndirektivet, 2018). Þar eru gerðar mælingar á lífmassa svifþörunga með mælingum á magni blaðgrænu *a* annars vegar og hins vegar með mælingum á rúmmáli þörunga. Þörungar í svifi eru greindir til ættkvísla eða tegunda og tegundasamsetning þeirra er metin með umhverfisvísinum Plankton Trophic Index (PTI). Í Svíþjóð er einnig litið sérstaklega til fjölda tegundahópa svifþörunga, þar sem vötn undir álagi vegna súrnunar eru tegundafátækari en önnur. Bæði í Noregi og Bretlandi er lífrúmmál blábaktería skoðað sérstaklega, en ef lífmassi blábaktería er meiri en eðlilegt getur talist getur það verið vísbending um aukinn styrk fosförs í vatni. Margir umhverfisvísar sem byggja á tegundasamsetningu þörunga eru næmir fyrir auknum styrk fosförs í vatni. Styrkur fosförs í ferskvatni á Íslandi er oft hár af náttúrlegum (jarðfræðilegum) orsökum og oft hærri en í þeim löndum sem við viljum bera okkur saman við, sérstaklega í vatni sem rennur af ungu, auðleystu bergi á gosbeltunum. Á ungu bergi á Íslandi er fosfór að jafnaði ekki takmarkandi fyrir frumframleiðni í ferskvatni og því er líklegt að breyta þurfi viðmiðum fyrir vísana um hvað sé gott ástand miðað við í nágrannalöndunum. Þar af leiðandi er líklegt að ekki verði hægt að nota þá óbreytta í öllum vatnagerðum. Til dæmis gæfu þeir ranga mynd af stöðu ferskvatns á ungu bergi. Engu að síður má ætla að sömu umhverfisvísar geti gagnast hérlandis til að meta álag á straum- og stöðuvötn, en til að staðfesta það vantar upp á bakgrunnsþekkingu fyrir Ísland.

Hérlandis er litið álag talið vera á ferskvatni vegna mengunar af mannavöldum og ekki nema eitt stöðuvatnshlot er flokkað í hættu, Tjörnin í Reykjavík, og þrjú stöðuvötn eru flokkuð í óvissu, Þingvallavatn, Mývatn og Bakkatjörn á Seltjarnarnesi (Jóhanna Björk Weissappel, 2013).

Í stöðuskýrslu sem gefin var út af Veiðimálstofnun árið 2014 um mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota út frá vatngróðri (Gunnar Steinn Jónsson o.fl., 2014) var ekki fjallað um svifþörunga í stöðuvötnum. Jafnframt var mjög litið til af gögnum um svifþörunga í íslenskum stöðuvötnum og hefur það litið breyst síðan þá. Þó er nokkuð til af niðurstöðum úr mælingum á blaðgrænu *a*, sem er óbein mæling á lífmassa plöntusvifs, í íslenskum stöðuvötnum. Gögnin eru úr ýmsum áttum, svo sem úr rannsóknum Hafrannsóknastofnunar (áður Veiðimálstofnunar), úr Natura Ísland verkefni Náttúrufræðistofnunar Íslands (Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl., 2016), vöktunarverkefnum Náttúrufræðistofnu Kópavogs o.fl. Flest sýni sem safnað hefur verið til mælinga á blaðgrænu *a* hefur verið safnað úr stöðuvötnum sem ekki eru talin vera undir álagi. Auk þess eru til gögn um blaðgrænu *a* úr Reykjavíkurtjörn (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2008; Haraldur R. Ingvason o.fl., 2017), sem er eina stöðuvatnshlotið á Íslandi sem er í hættu á að ná ekki markmiðum laga um stjórn vatnamála um gott vistfræðilegt ástand skv. álagsgreiningu frá Umhverfisstofnun (2013). Einnig eru til gögn úr Þingvallavatni (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2013; Haraldur R. Ingvason o.fl., 2018) og Mývatni (Náttúrufrannsóknastöðin við Mývatn, óbirt gögn), en þau vatnshlot voru í óvissu um að ná markmiðum laganna.

Lagt er til að blaðgræna *a* verði notuð sem líffræðilegur gæðapáttur, sem óbeinn mælikvarði á lífmassa svifþörunga í stöðuvötnum, þar sem fyrirleggjandi gögn um þann vísi eru umfangsmest þeirra vísa sem snúa að svifþörungum í stöðuvötnum. Líklegt er að hægt verði að nota blaðgrænu *a* til að skilgreina viðmiðunaraðstæður fyrir stöðuvötn. Eins er hugsanlegt að búa megi til fimm flokka kerfi til ástandsflokkunar stöðuvatnshlota þar sem að gögn um blaðgrænu *a* eru bæði til úr vatnshlotum sem ekki eru talin vera undir álagi og vatnshlotum sem eru undir álagi eða í hættu. Hins vegar væri æskilegt að afla meiri þekkingar á svifþörungum í vötnum á Íslandi með samskonar aðferðum og gert hefur verið í nágrannalöndum eins og Bretlandi, Noregi og Svíþjóð. Það væri gert með greiningum á þörungum í plöntusvifi til ættkvísla og tegunda og mati á lífmassa þörunga út frá rúmmáli auk mælinga á blaðgrænu *a*.

5.2 Vatnablöntur í stöðuvötnum (háplöntur og mosar)

Höf.: Sunna Björk Ragnarsdóttir

Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og III. viðauka reglugerðar nr. 535/2011, um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun, á að nota vatnablöntur sem líffræðilegan gæðapátt í stöðuvötnum til að meta vistfræðilegt ástand. Í þessum kafla er rætt um hvort raunhæft sé að nota vatnablöntur sem hluta af vistfræðilegu flokkunarkerfi líkt og kveður á um í samningi Umhverfisstofnunar við Náttúrufræðistofnun Íslands og Hafrannsóknastofnun. Einnig er fjallað um hvort hægt sé að nota vatnablöntur sem líffræðilegan gæðapátt til að meta vistfræðilegt ástand í stöðuvötnum út frá þeim gögnum sem liggja fyrir úr Natura Ísland verkefni Náttúrufræðistofnunar Íslands.

Hugtakið vatnagróður nær yfir fjölbreyttan lífveruhóp sem skipta má í tvo meginhópa, kísilþörunga annars vegar og vatnablöntur (e. macrophytes) hins vegar. Vatnablöntur ná yfir stærri plöntur, s.s. æðplöntur, kransþörunga og mosa.

Vatnablöntur eru notaðar sem líffræðilegur gæðapáttur fyrir stöðuvötn í 18 löndum af þeim 25 sem nota gæðapætti fyrir stöðuvötn í vatnaáætlun sinni (River Basin Management Plan 2016). Breytilegt er milli landa hve umfangsmikil gögn eru til staðar um vatnablöntur og því er misjafnt hve stór hluti stöðuvatnshlota er metinn út frá gæðapættinum. Vatnagróður er almennt talinn mikilvægur líffræðilegur gæðapáttur þar sem hann er móttækilegur fyrir breytingum á næringarefnum í vatni (Kristensen o.fl., 2018; Penning, 2008).

Í stöðuskýrslu Veiðimálastofnunar frá 2014 (Gunnar Steinn Jónsson o.fl., 2014) er fjallað um aðferðir sem heppilegar gætu verið til þess að meta vistfræðilegt ástand vatnshlota og hvernig vatnagróður gæti hentað til þess. Í skýrslunni eru teknar saman upplýsingar um aðferðir annarra landa, fyrirliggjandi íslenskar rannsóknir og tiltæk gögn.

Tafla 1. Einkunnagjöf byggð á þekju vatnagróðurs, fjölda einstaklinga og vaxtarformi.

Einkunn	Skýring
1	Fágæt (<5%)
2	Sjaldgæf eða strjál (5–25%)
3	Algeng (25–50%)
4	Mjög algeng (50–75%)
5	Ríkjandi (>75%)

Fáar rannsóknir hérlandis hafa beinst að því að afla gagna um vatnablöntur í tengslum við flokkun straum- og stöðuvatna. Um 50 tegundir kransþörunga og æðplantna, sem vaxa að hluta til eða alveg á kafi í vatni, hafa verið skrásettar hérlandis (Steindór Steindórsson, 1964; Helgi Hallgrímsson, 2007; Hörður Kristinsson, 2010). Við vistgerðarflokkun Náttúrufræðistofnunar Íslands (Jón Gunnar Ottósson o.fl., 2016) sem hófst árið 2012, var í fyrsta skipti gerð samræmd rannsókn á vatnablöntum í stöðuvötnum á Íslandi, auk þess sem blaðgræna *a* var mæld (Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl., 2016). Rannsóknin sneri að vistgerðarflokkun lands, fjöru og yfirborðsvatns að evrópskri fyrirmynd samkvæmt EUNIS-flokkunarkerfinu. Við gagnasöfnun

voru 72 stöðuvötn valin til vettvangsathugana með megináherslu á gróðurathuganir. Flatarmál stöðuvatna var frá 0,02– 25,7 km², hæð yfir sjávarmáli 2–777 m og mesta dýpt hvers vatns var frá 0,35–73,5 m.

Við valið var tekið mið af vatnafarslegri flokkun vatnasvæða en sú flokkun byggist á því hvernig landsvæði bregðast við úrkomu og miðla henni (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 2006). Gróður var kannaður á 3246 stöðvum í stöðuvötnunum 72. Alls fundust 39 tegundir æðplantna, 28 tegundir mosa, sex tegundir kransþörungna, auk vatnaskúfs (*Aegagropila linnaei*). Tegundir vatnagróðurs í stöðuvötnum voru flokkaðar í fimm flokka innan 2,25 m² rannsóknareits eftir því hvort þær voru algengar eða sjaldgæfar (Tafla 1).

Niðurstöðum verkefnisins var safnað í gagnagrunn sem nýtist nú til að varpa ljósi á hvort vatnaplöntur sé heppilegur líffræðilegur gæðabáttur til að meta vistfræðilegt ástand stöðuvatna á Íslandi.

Tafla 2. Fjöldi stöðuvatna sem flokkuð voru í vistgerðir í verkefninu Natura Ísland og ná skilgreindi stærð fyrir vatnshlot.

Vatnagerð	Almenn lýsing	Fjöldi
LL1	Grunn vötn á láglendi, berggrunnur eldri en 0,8 má.	6
LL2	Grunn vötn á láglendi, berggrunnur yngri en 0,8 má.	3
LL3	Djúp vötn á láglendi, berggrunnur eldri en 0,8 má.	18
LL4	Djúp vötn á láglendi, berggrunnur yngri en 0,8 má.	7
LH1	Grunn vötn á hálendri á eldri og yngri berggrunni.	1
LH2	Grunn vötn á hálendri á eldri og yngri berggrunni.	2
Óflokkuð		33

Af þeim 72 stöðuvötnum sem voru rannsökuð í Natura Ísland verkefninu eru 37 nógu stór að flatarmáli til að vera flokkuð í vatnagerðir þar sem vötn undir 0,5 km² að flatarmáli voru ekki skilgreind sem vatnshlot (Bogi B. Björnsson o.fl., 2013). Skipting á milli vatnagerða er sýnd í 2. töflu. Misjafnt er hve mörg vötn voru könnuð í hverri vatnagerð og því liggur fyrir að þessi gögn eru ekki nægjanleg til þess að hægt sé að leggja mat á hve hentugur vísir vatnaplöntur eru fyrir allar vatnagerðir. Í verkefninu Natura Ísland voru könnuð sex hálendisvötn en einungis

þrjú þeirra eru flokkuð sem vatnshlot. Því eru fyrirbyggjandi gögn um vatnaplöntur í hálendisvötnum ekki nægjanleg til þess að hægt sé að fullyrða um hvort vatnaplöntur geti nýst sem líffræðilegur gæðapáttur í öllum vatnagerðum.

Næringarefnaálag í ferskvatni kemur oft til af völdum köfnunarefnis og fosförs sem berast í vatn með áburði frá landbúnaði eða með fráveitu, einnig getur verið aukning í ýmsum kísilsamböndum og snefilefnum. Aukning á styrk næringarefna veldur oft röskun í vexti lífvera og tegundasamsetningu, þá sérstaklega ljóstillífandi lífvera. Vatnaplöntur eru misþolnar fyrir magni næringarefna í vatni sem getur valdið ólíkri útbreiðslu tegunda. Þannig geta viðkvæmar tegundir oft horfið með öllu úr vötnum sem eru undir næringarefnaálagi og þolnar tegundir, sem þrífast vel í stöðuvötnum undir álagi, geta tekið yfir. Síðan eru tegundir sem eru nokkuð hlutlausar þegar kemur að næringarefnum og eiga kjörlendi við mismunandi aðstæður og finnast því bæði í viðmiðunarvötnum og vötnum undir álagi. Hérlandis er styrkur næringarefna í ferskvatni oft ólíkur því sem finnst í nágrannalöndum okkar. Eins og fram kemur í kafla 5.1 getur styrkur fosförs verið hár í íslensku ferskvatni frá náttúrunnar hendi vegna efnasamsetningar bergrunns, sérstaklega í vatni sem rennur af ungu, auðleysanlegu bergi á gosbeltunum (Sigríður Magnea Óskarsdóttir o.fl. 2011; gagnagrunnur Hafrannsóknarstofnunar óbirt gögn). Þannig geta vatnaplöntur á Íslandi sýnt útbreiðslusvörun við náttúrulega háu magni fosförs fremur heldur en næringarefnaálagi, t.d. frá landbúnaði. Styrkur fosförs í yfirborðsvatni er hins vegar lágur á elsta hluta landsins og því gæti tilvist næringarefnapólinna vatnaplantna í stöðuvötnum á gömlu bergi vakið grunsemdir um mengun af mannavöldum. Það er því ljóst að tilvist næringarefnapólinna vatnaplantna í stöðuvötnum á Íslandi þarf ekki endilega að vera merki um mengun af mannavöldum heldur getur stafað af náttúrulegum, landfræðilegum breytileika á milli vatnagerða.

Í skýrslu Veiðimálastofnunar (Gunnar Steinn Jónsson o.fl., 2014) er farið yfir erlendar aðferðir við notkun á vatnaplöntum sem gæðapátt og rætt um möguleikana við að aðlagja aðferðir nágrannalanda að íslenskum aðstæðum og hvaða vísir gæti hentað hérlandis. Þar er fjallað um norrænt flokkunarkerfi fyrir gróður sem var sett fram í skýrslunni *Vegetationstyper i Norden* (Páhlsson, 1994) og talið að það gæti hentað vel hérlandis sem mælikvarði á vistfræðilegt ástand stöðuvatna. Í Noregi eru vatnaplöntur notaðar sem mælikvarði á ofauðgun í stöðuvötnum en með ofauðgun minnkar gegnsæi vatnsins og þ.a.l. vaxtarskilyrði ljóstillífandi lífvera (Direktoratsgruppen Vanddirektivet, 2018). Notaður er næringarefnavísir eða ofauðgunarstuðull sem kallast Trofi-indeks, Tlc (Trophic Index count 2019) og byggir á tegundasamsetningu vatnaplantna. Sú aðferðarfræði sem notuð er við sýnasöfnun fyrir Tlc er sambærileg þeirri aðferðarfræði sem var beitt í verkefninu Natura Ísland (Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl., 2016) og því henta þau gögn vel til þess að aðlagja að notkun Tlc hérlandis.

Í Noregi eru skilgreindar 148 tegundir plantna sem sannarlega eru vatnaplöntur (botnlægur gróður, flækjugróður, flotgróður, lausfljótandi gróður og kransþörungur) (Direktoratsgruppen Vanddirektivet, 2018). Mosum, ásætupörungum og loftgróðri er sleppt við útreikninga á Tlc. Þessum tegundum vatnaplantna er síðan skipt upp í viðkvæmar, þolnar og hlutlausar tegundir vatnaplantna m.t.t. næringarefnaálags í norskum stöðuvötnum.

Tlc er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$Tlc = \frac{N_s - N_T}{N} \times 100$$

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

Á norska tegundalistanum eru samtals 112 viðkvæmar tegundir, 25 þolnar tegundir og 11 hlutlausar tegundir. Einungis eitt Tlc-gildi er reiknað út fyrir hvert stöðuvatn, með því að sameina gögn frá öllum mælistöðvum innan vatnsins. Íslensk vötn búa ekki yfir sama fjölda tegunda vatnaplantna eins og vötn á hinum Norðurlöndunum, til dæmis finnast ekki rótarlausar/lausfljótandi tegundir hérlandis að undanskilinni einni tegund, blöðrujurt (*Utricularia minor*). Nykrur (*Potamogeton*) eru einnig færri en í nágrannalöndum okkar (Hörður Kristinsson o.fl., 2018). Í verkefninu Natura Ísland fundust 32 tegundir „sannra“ vatnaplantna og einungis ein þeirra, kransþörungategundin *Tolypella glomerata*, er ekki notuð í Tlc.

Líkt og sést í 2. töflu verður ekki hægt að leggja drög að gerðasértækum viðmiðunaraðstæður fyrir Tlc stuðullinn fyrir allar íslenskar vatnagerðir út frá Natura Ísland gögnunum. Hálendisvötn eru einungis sex sem myndi ekki gefa sterkan bakgrunn til tölfræðiútreikninga. Í Noregi er Tlc-stuðullinn ekki notaður fyrir hálendisvötn (vötn yfir skóglínu eða >800 metrum yfir sjávarhæð í S-Noregi) og því er lagt til að fylgja fordæmi Norðmanna og nota ekki Tlc fyrir hálendisvötn á Íslandi að svo stöddu (Direktoratsgruppen Vanddirektivet, 2018). Gögn um vatnaplöntur eru til í fáum stöðuvötnum í vatnagerðinni LL2 (grunn stöðuvötn á láglendi, á yngri berggrunni) og því er ekki hægt að leggja mat á stuðullinn fyrir þá vatnagerð. Þar sem mörg vatnanna sem skoðuð voru í Natura Ísland voru undir 0,5 km² að flatarmáli er ekki búið að gerðargreina þau. Ef í ljós kemur að ekki er tölfræðilega marktækur munur í tegundasamsetningu eða þéttleika eftir stærð stöðuvatna er möguleiki á að gerðargreina þau og nota gögnin sem var safnað í þeim við að leggja mat á gerðarsértækar viðmiðunaraðstæður.

Kostir sem fylgja því að taka upp Tlc-stuðul Norðmanna er fölginn í því að þar er verið að byggja á miklum þekkingargrunni sem unnið hefur verið að lengi. Tlc hefur farið í gegnum millikvörðun (e. intercalibration) við önnur lönd líkt og gerð er krafa um í Vatnatilskipun og er því samanburðarhæfur á milli landa (Poikane, 2014). Tlc-stuðullinn tekur ekki til heildarþéttleika plantna við útreikninga heldur er þéttleiki stakra tegunda notaður til þess að reikna út viðmiðunaraðstæður fyrir hverja vatnagerð (Poikane, 2014).

Gallarnir sem fylgja því að taka upp ofauðgunarstuðullinn (Tlc) er aðallega fölginn í því að hérlandis eru færri tegundir vatnaplantna sem gerir það að verkum að stuðullinn er viðkvæmari fyrir breytingum í tegundasamsetningu og því er erfitt að nota hann fyrir vötn sem eru tegundafátæk. Einnig þarf að hafa í huga að ekki er hægt að nota Tlc-stuðullinn eingöngu til að benda á vatnshlot sem eru undir álagi frá mengun af mannavöldum þar sem ferskvatn sem rennur af ungu bergi á gosbeltunum hefur háan styrk fosfórs af náttúrunnar völdum. Einnig er ljóst að leggjast þyrfti í frekari gagnaöflun þar sem mismunandi er hve mikið af gögnum um vatnaplöntur eru fyrirbyggjandi í ólíkum vatnagerðum.

Bretar nota aðra aðferðarfræði en Norðmenn við flokkun stöðuvatna út frá vatnaplöntum. Stuðullinn sem notaður er í Bretlandi er kallaður LEAFAC2 (WFD-UKTAG, 2014b) og er flóknari en Tlc-stuðullinn og nær til fleiri þátta. Lagt er til í skýrslu Veiðimálastofnunar (Gunnar Steinn Jónsson o.fl. 2014) að notaðir séu þeir vísar LEAFAC2 sem ná yfir þekju vatnaplantna og þráðlaga þörungna (mælibreytur IV-V). Samkvæmt LEAFAC2 bendir fjölbreytt flóra vatnaháplantna til góðs ástands í vötnum. Sé dreifð eða blettótt þekja af plöntum og mikið magn af þráðþörungum bendir það til slæms ástands. Þekja vatnaplantna getur breyst töluvert milli ára og árstíma og er viðkvæm fyrir breytingum í aðferðafræði við sýnatökur,

fjölda sýnataka og jafnvel veðri (Poikane, 2014). Fyrirliggjandi upplýsingar um þekju þráðlaga þörunga (0–100%) í íslenskum stöðuvötnum eru fátæklegar og því er ekki líklegt að hægt sé að nota LEAF PAC2 stuðul til ástandsflokkunar stöðuvatna á Íslandi að svo stöddu. Þekja tegunda í verkefninu Natura Ísland er skráð sem einkunn á bilinu 1–5 (tafla 1) og er því ekki að fullu sambærileg LEAF PAC2-þekjuskráningu. Þrátt fyrir það væri mögulega hægt að nota þekju-mælingar Natura Ísland en þar sem þær eru gefnar upp yfir nokkuð stór prósentubíl yrðu niðurstöður ónákvæmari. Hins vegar má benda á er það alvanalegt í íslenskum vötnum að sjá auða bletti á botni sem eru ekki þaktir gróðri þrátt fyrir að ekkert bendi til þess að þau vötn séu undir neinu álagi. Því er ekki mælt með því að stuðullinn LEAF PAC2 verði notaður við vistfræðilega flokkun stöðuvatna að svo stöddu.

Mosar eru enn lítið notaðir við að meta vistfræðilegt ástand stöðuvatna í öðrum Evrópulöndum. Hópurinn getur verið erfiður viðfangs og erfiðlega hefur gengið að þróa vísa sem henta. Þær 28 tegundir mosa sem fundust í verkefninu Natura Ísland höfðu mismikla útbreiðslu en margar tegundir fundust einungis einu sinni. Einnig getur reynst snúið að greina mosa til tegunda og því var algengt við gagnasöfnun í Natura Ísland að mosi væri einungis flokkaður sem *Bryophyta* spp. Með betri og víðfeðmari gögnum um útbreiðslu og þekju mosategunda væri möguleiki að taka mosa inn sem líffræðilegan gæðapátt á seinna meir. Á þessu stigi er því ekki mælt með að nota mosa sem líffræðilegan gæðapátt þar sem ekki er sterkt fordæmi fyrir því frá öðrum aðildarlöndum Vatnatilskipunnar og íslensk þekking á útbreiðslu og þéttleika mosa ekki byggð á víðfeðmum grunni.

Hérlandis er almennt talið lítið álag á ferskvatni og ekki nema eitt stöðuvatnshlot flokkað í hættu, Tjörnin í Reykjavík. Þrjú önnur stöðuvötn eru flokkuð í óvissu (Jóhanna Björk Weisschappel, 2013). Þau gögn sem hér hefur verið fjallað um úr verkefninu Natura Ísland eru því einungis úr vötnum sem ekki eru talin vera undir álagi. Ekki er þó hægt að útiloka að einhver þeirra vatna sem skoðuð voru í Natura Ísland séu undir álagi, þá sérstaklega þau sem eru á landbúnaðarsvæðum og því mögulega undir álagi vegna dreifðrar mengunar. Til er þó nokkuð af gögnum um vatnaplöntur í Tjörnininni sem safnað hefur verið á undanförunum árum. Hægt væri að nota þau gögn til að styðja við sérfræðiálit en til að hægt væri að gera tölfræðilega úttekt á því hvort vatnaplöntur sýni svörun við bágbornu vistfræðilegu ástandi þyrfti að hafa gögn úr fleiri vötnum sem vitað er að eru undir álagi.

Notkun á vatnaplöntum sem líffræðilegum gæðapætti hjá aðildarríkjum Vatnatilskipunar er algeng og eru vatnaplöntur m.a. notaðar af öllum ríkjum Norðurlanda, Írlandi og Bretlandi. Oft eru vatnaplöntur þó einungis notaðar fyrir lítinn hluta af skilgreindum vatnshlotagerðum því ekki eru til gögn um plöntusamfélög allra vatna. Hérlandis er góður möguleiki að fara sömu leið og finna viðmiðunaraðstæður fyrir tegundasamsetningu og fjölda vatnaplöntutegunda í þeim gerðum stöðuvatna þar sem gögn eru til og þar sem náttúrulegar aðstæður eru þannig að Tlc stuðullinn hentar. Með auknum upplýsingum er mögulegt að endurskoða notkun á stuðlinum í fleiri vatnagerðum. Því er lagt til að vatnaplöntur verði notaðar sem líffræðilegur gæðapáttur í íslenskum stöðuvötnum og að safnað verði gögnum um tegundasamsetningu þeirra sem nota má til að reikna Tlc.

5.3 Botnhryggleysingar í stöðuvötnum

Höf.: Jón S. Ólafsson

Hryggleysingar eru hluti af þeim líffræðilegu gæðapáttum, sem nota skal til að meta ástand stöðuvatnshlota samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (535/2011). Tegundasamsetning og fjölbreytni hryggleysinga eru meðal þeirra matsþátta sem hafa verið notaðar víða í heiminum til að flokka og meta ástand stöðuvatna, m.a. til að meta umfang og næringarefnaástand í ferskvatnsvistkerfum. Botnhryggleysingar í stöðuvötnum eru fjölbreyttur hópur sem hefur mikla útbreiðslu en eru þó lítt hreyfanlegir og endurspegla því vel ástand á þeim stað sem þeim er safnað á. Þeir mælikvarðar sem notaðir eru í mörgum Evrópulöndum við mat á vistfræðilegu ástandi eru m.a. tegundaauði hryggleysinga, hlutföll lífveruhópa sem eru viðkvæmir fyrir mengun eða raski og hlutfall þolinn lífvera í samfélaginu. Hryggleysingar í stöðuvötnum eru notaðir í 17 af 25 löndum sem nota gæðapætti fyrir stöðuvötn í 2. vatnaáætlun sinni (River Basin Management Plan, 2016). Ýmsir stuðlar eru notaðar við ástandsflokkunina eftir aðstæðum á hverjum stað. MultiClear (Multimetric index Clear lakes) og LAMI (Lake Acidification Macroinvertebrate Index) eru t.d. stuðlar sem eru notaðir í Noregi og miða að því að finna vötn sem eru undir áhrifum af sýringu stöðuvatna. Hliðstæður stuðull er notaður í Bretlandi (UK-LAMM; Lake Acidification Macroinvertebrate Metric) auk þess sem notast er við púpuhami rykmýs (UK-CEPT; Chironomid Pupal Exuviae Technique) (sjá t.d. töflu 1 í Poikane o.fl., 2016).

Hérlandis hefur ekki verið stuðst við neina sérstaka stuðla líkt og víða eru notaðir við flokkun á ástandi vatna s.s. vegna mengunar eða ofauðgunar. Sumir af þeim stuðlum sem eru notaðir víða í Evrópu geta tæplega virkað hér s.s. þar sem flokkunin er miðuð út frá stórvöxnum skordýrum sk. EPT hópar, þ.e. Ephemeroptera (dægurflugur), Plecoptera (steinflugur) og Trichoptera (vorflugur). Af fyrstnefndu ættbálkunum hefur einungis ein tegund innan hvors ættbálks fundist hérlandis og 12 tegundir vorflugna (Elísabet R. Hannesdóttir og Jón S. Ólafsson, 2014). Ríkjandi botnlægir hryggleysingar í stöðuvötnum hérlandis t.d. á strand-svæðum er rykmý (sjá t.d. Erlín Emma Jóhannsdóttir 2016) sem er líkt því sem þekktist í vötnum á norðlægum breiddargráðum (sjá t.d. Lento o.fl., 2019).

Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna er án efa víðfeðmasta rannsóknaverkefni um stöðuvötn hér á landi. Alls eru tiltæk gögn úr 80 stöðuvötnum víðsvegar af landinu, láglendi sem og hálendi (Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna: samræmdur gagnagrunnur). Rannsóknaverkefni þetta var samstarf Náttúrufræðistofu Kópavogs, Hafrannsóknastofnunar (áður Veiðimálastofnunar), Hólaskóla og Háskóla Íslands. Í þessu verkefni var aflað gagna um lífræna sem og ólífræna þætti í stöðuvötnunum, þeirra á meðal botnlægra hryggleysinga. Frumúrvinnslu á sýnum af botnlægum hryggleysingjum er að mestu lokið. Ein afurð þessara rannsókna er meistararitgerð Erlínar Emmu Jóhannsdóttur (2016) þar sem vötn eru flokkuð m.t.t. rykmýs í fjörubelti vatnanna. Í ritgerð Erlínar voru tekin fyrir u.þ.b. helmingur þeirra 80 vatna sem verkefnið náði til. Auk þess eru tiltækar upplýsingar um botnlæga hryggleysinga úr sértækum lífríkisrannsóknum s.s. í Mývatni, Þingvallavatni og í vötnum víða á landinu tengdum ýmsum framkvæmdum.

Fjölbreytni og þéttleiki botnlægra hryggleysinga er gjarnan meiri innan strandbelt vatna en á djúpsvæðum (e. profundal zone) (sjá t.d. Pétur M. Jónasson (ritstj.), 1979 og 1992). Í því ljósi væri vert að nýta upplýsingar um fjölbreytni og tegundasamsetningu hryggleysinga í fjörubelti við ástandsflokkun þeirra.

Lagt er til að botnhryggleysingar í strandbelti stöðuvatna (e. littoral zone) verði notaðir sem líffræðilegur gæðapáttur við ástandsflokkun stöðuvatna. Við mat á þeim verði eftirfarandi vísar notaðir í þeim gerðum þar sem fyrirbyggjandi gögn eru nægileg; tegundafjölbreytileiki, tegundasamsetning og fjöldi botnlægra hryggleysinga.

5.4 Fiskur í stöðuvötnum

Höf.: Friðþjófur Árnason

Tegundasamsetning, fjöldi og aldursdreifing fiska í stöðuvötnum eru hluti af þeim líffræðilegu gæðapáttum, sem nota skal til að meta ástand stöðuvatnshlota samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (535/2011). Fiskar í stöðuvötnum eru notaðir í 16 af 25 löndum sem nota gæðapætti fyrir stöðuvötn í 2. vatnaáætlun sinni (River Basin Management Plan, 2016). Misjafnt er milli landa hvaða matsþættir hafa verið notaðir til að meta ástand fiskstofna í stöðuvötnum. Notaðir hafa verið þættir eins og tegundasamsetning, fjöldi fiska (afli á sóknareiningu – t.d. CPUE), lífmassi, aldursdreifing og kynþroskastærð. Þessir þættir hafa m.a. verið notaðir í nágrannalöndum okkar t.d. í Noregi og Svíþjóð til að meta ástand fiska í stöðuvötnum (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018, Havs- och vattenmyndigheten, 2018). Mikilvægt er að sýnataka og úrvinnsla sé stöðluð til að samanburður milli stöðuvatna, stöðuvatnsgerða og landa sé raunhæfur.

Fiskur í stöðuvötnum bregst við eðlis- og efnafræðilegu álagi t.d. vegna áhrifa á hrygningu/hrygningarstöðvar, fæðuöryggi og vegna beinna áhrifa á lífeðlisfræði fisksins. Aukin vatnshæð vegna stíflugerðar og vatnsmiðlun í lónum getur t.d. haft mikil áhrif á fæðu- og hrygningarstöðvar fiska. Breytingar á sýrustigi vatna, hvort sem er til hækkunar eða lækkunar, er dæmi um bein efnafræðileg áhrif á lífeðlisfræði fiska, bæði vegna áhrifa pH á fiskinn og eins vegna þess hve pH vatns hefur mikil áhrif á leysni margra málma, t.d. ál (Al), sem í miklum styrk, getur reynst hættulegur ferskvatnslífríki.

Fimm tegundir fiska í ferskvatni á Íslandi teljast innlendar (e. native). Þessar tegundir eru lax (*Salmo salar*), urriði (*Salmo trutta*), bleikja (*Salvelinus alpinus*), Evrópuáll (*Anguilla anguilla*) og hornsíli (*Gasterosteus aculeatus*). Regnbogasilungur (*Oncorhynchus mykiss*) var fluttur til Íslands til eldis og hefur verið alinn á einstaka stað en hefur ekki náttúrulega útbreiðslu. Þessi tegundafjöldi ferskvatnsfiska er lítill samanborið við flest önnur Evrópulönd og ræðst fyrst og fremst af landfræðilegri einangrun Íslands en allar íslensku tegundirnar hafa borist til landsins eftir síðustu ísöld. Landfræðileg útbreiðsla tegunda í stöðuvötnum á Íslandi ræðst af þáttum eins og aðgengi og skilyrðum til hrygningar og vaxtar. Á hverjum tíma er samsetning fiskstofna í stöðuvötnum afleiðing af margskonar áhrifapáttum sem þeir hafa þurft að ganga í gegnum bæði í tíma og rúmi.

Árið 2014 var gefin út skýrsla um fiska í stöðuvötnum þar sem gert var mat á vistfræðilegu ástandi með tilliti til gerðargreiningar á vatnshlotum á Íslandi en þetta var gert vegna vinnu við vatnatilskipun (Friðþjófur Árnason, 2014). Markmiðið með þeirri vinnu var að greina fyrirbyggjandi gögn um fiska í stöðuvötnum og skoða hvort ákveðnir matsþættir samsvöruðu flokkun stöðuvatna sem byggð var á þáverandi tillögu að gerðargreiningu. Þeir þættir sem voru skoðaðir voru fjöldi (afli á sóknareiningu – CPUE), tegundasamsetning, vöxtur og kynþroskastærð laxfiska. Fram kom í skýrslunni að í flestum tilfellum kom fram marktækur munur milli vatnshlotagerða á þeim matsþáttum sem lágu til grundvallar. Slíkt bendir til að gerðargreining vatnshlota endurspegli mismun í umhverfisþáttum sem bein áhrif hafi á fiskistofna viðkomandi

gerða. Í skýrslunni er þó bent á að mikilvægt sé að túlka þessar niðurstöður með fyrirvara þar sem gögnin sem notuð voru við greininguna voru takmörkuð. Munur á milli gerða var oftast en ekki vegna þess að ein eða fáar gerðir aðgreindu sig frá öðrum, aðeins ein sýnataka úr hverju vatni var til grundvallar útreikningum og því er breytileikinn aðeins í rúmi en ekki tíma og í sumum tilfellum voru fisksýni aðeins til úr einu stöðuvatni innan gerða og í þeim tilfellum því ekki um að ræða samanburð á milli gerða heldur einstakra stöðuvatna. Einkennandi fyrir Ísland er mikill fjölbreytileiki í umhverfi milli landshluta (jarðfræði og veðurfar) og fáar tegundir ferskvatnsfiska sem gerir samanburð á milli vatnshlota flókinn. Fáar tegundir útiloka t.d. nánast samanburð á tegundasamsetningu sem aðrar þjóðir hafa notað við ástandsmat stöðuvatnshlota.

Þau gögn sem notuð voru til grundvallar á mati á vistfræðilegu ástandi fiskstofna í stöðuvötnum voru fengin úr einu verkefni, yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna, þar sem sýni voru tekin einu sinni úr 64 stöðuvötnum á tímabilinu 1992 til 1998, sem ná viðmiðunarstærð fyrir vatnshlot. Ástæða þess að þessi gögn voru notuð var að sýnataka þeirra var með samræmdum hætti og gögnin aðgengileg í einum gagnagrunni. Mun fleiri gögn um fiskstofna í stöðuvötnum eru til. Flest eru þau vegna margskonar verkefna Hafrannsóknastofnunar (áður Veiðimála-stofnun) og í sumum vötnum ná þau yfir margra ára tímabil. Forgangsverkefni í núverandi vinnu við vatnatilskipun er að safna þessum gögnum saman og koma í samræmdan gagnagrunn. Með þeim gögnum þarf að meta aftur, með sambærilegum hætti og gert var árið 2014 (Friðþjófur Árnason, 2014), þá matsþætti fyrir ferskvatnsfiska sem til greina koma við ástandsmat stöðuvatnshlota. Einnig þarf í því sambandi að taka tillit til nýrrar gerðagreiningar sem hefur áhrif á flokkun stöðuvatna á hálendinu (<600 m h.y.s.) en hefur ekki áhrif á láglendisvötn.

Miðað við fyrirliggjandi greiningar sem gerðar hafa verið á fiskum í íslenskum stöðuvötnum, og reynslu frá öðrum löndum, má gera ráð fyrir að fiskar í stöðuvötnum geti nýst við ástandsflokkun stöðuvatna á Íslandi, þrátt fyrir að fáar tegundir ferskvatnsfiska finnist hérlandis. Þá eru rannsóknargögn um fiska, og þá sérstaklega urriða og bleikju, oft viðameiri en önnur líffræðileg gögn úr stöðuvötnum og stundum þau einu sem til eru um viðkomandi vatn. Því er lagt til að fjöldi (CPUE) og aldursdreifing laxfiska í stöðuvötnum verði líffræðilegur gæðapáttur við ástandsflokkun íslenskra stöðuvatnshlota í vinnu við stjórn vatnamála.

6 Líffræðilegir gæðapáttir straumvatna

6.1 Botnþörungar í straumvötnum

Höf.: Iris Hansen

Tegundasamsetning og þéttleiki botnþörunga er hluti af þeim líffræðilegu gæðapáttum í straumvötnum sem nota skal samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (6. grein 535/2011).

Botnþörungar eru allir þeir þörungar sem vaxa á eða við botninn í straum- eða stöðuvötnum. Þeir eru af mörgum gerðum en kísilþörungar er sá hópur þörunga sem finnst víðast hvar í vatni. Kísilþörungar vaxa flestir best við ákveðnar kjörumhverfisaðstæður sem eru jafnvel mjög mismunandi á milli tegunda. Tegundasamsetning kísilþörunga getur því verið góður mælikvarði á gæði líffræðilegra aðstæðna þar sem þeir vaxa.

Mismunandi er hvernig nágrannarþjóðir Íslands hafa valið að meta botngróður í straumvötnum sem líffræðilega gæðarætti. Í Svíþjóð eru kísilþörungar notaðir sem eini mælikvarðinn á botngróður (Havs- och vattenmyndigheten, 2013). Tegundasamsetning kísilþörungna er skoðuð með umhverfisvísinum IPS (Idice de polluo-sesibilité spécifique) til að meta líffræðilegt ástand eins og næringarefnaálag. Annar umhverfisvísir sem einnig er notaður, er mælikvarði á hvort umhverfisaðstæður séu eða hafi nýlega verið súrar (acid index). Til staðfestingar á niðurstöðum úr fyrrnefndum umhverfisvísnum eru þær bornar saman við niðurstöður úr umhverfisvísnum %PT (Pollution Tolerant valves) og TDI (Trophic Diatom Index) auk tegundafjölda, tegundafjölbreytileika og mælikvarða á hlutfall afmyndaðra kísilþörungna (afmyndast t.d. vegna þungmálmamengunar).

Allir botnfastir þörungar aðrir en kísilþörungar eru greindir til ættkvísla eða tegunda í Noregi (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Þar eru notaðir umhverfisvísarnir PIT (Periphyton Index of Trophic status), til að meta næringarefnaálag, og vísirinn AIP (Acidification Index Periphyton) sem er ætlað að meta hvort umhverfisaðstæður hafi verið súrar. Kísilþörungar eru ekki greindir til tegunda. Til viðbótar við þessa tvo umhverfisvísa er mæld þykkt bakteríu- og sveppaskánar eða -þekju sem geta vaxið á botni eða á botngróðri og eruð þá notuð sem mælikvarði á ofauðgun. Við aðstæður þar sem er mikið framboð næringar fyrir slíkar örverur, eins og þar sem skolp eða mengað afrennsli frá iðnaði er losað út í ár, geta örverurnar náð sér á strík og myndað mikinn lífmassa.

Á Bretlandseyjum eru kísilþörungar greindir til tegunda og notuð sérstök útfærsla af umhverfisvísinum TDI (Trophic Diatom Index) (WFD-UKTAG, 2014b). Því til viðbótar er annar botngróður (þörungar og plöntur) greindur og metinn með svonefndri LEAFPACS2 aðferð (sjá kafla 5.2) og gert sjónrænt mat á hvort og hver mikið er af bakteríu- og sveppaskán eða -þekju á botngróðri eða botni. Heildarmat á ástandi botngróðurs er að lokum fengið með því að bera þessa þrjá þætti saman og sameina í eina niðurstöðu.

Þegar stöðuskýrsla Veiðimálastofnunar um mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota út frá vatnagróðri var tekin saman árið 2014 (Gunnar Steinn Jónsson o.fl., 2014) höfðu engar aðferðir til að meta ástand vatnshlota m.t.t. botngróðurs verið þróaðar eða aðlagðar sérstaklega fyrir Ísland. Var það skýrt með að nokkuð skorti á að gerðar hefðu verið kerfisbundnar rannsóknir og að þekking á botngróðri í straumvötnum væri takmörkuð. Töldu höfundar skýrslunnar líklegt að aðlaga mætti aðferðir frá öðrum löndum að íslenskum aðstæðum. Í skýrslunni var gerð forkönnun á því hvaða flokkunarkerfi gæti hentað fyrir kísilþörungna við íslenskar aðstæður og var IPS umhverfisvísirinn talinn líklegastur.

Á síðustu árum hefur botnþörungasýnum verið safnað úr straumvötnum víða um Ísland á vegum Hafrannsóknastofnunar, samhliða ýmsum rannsóknum, og bíða sýnin þess að unnið verði úr þeim. Sýnum hefur verið safnað kerfisbundið samhliða því að mælingar hafa verið gerðar á efnasamsetningu vatnsins og blaðgrænu *a* á steinum í árfarveginum. Í ár verður greint úr völdum sýnum úr þessu sýnasafni, valin verða sýni úr sem flestum vatnshlotagerðum hringinn í kringum landið, auk þess sem tryggt verður að sýni úr vatnsföllum með ólíkan styrk næringarefna verði greind. Ætlunin er að greina kísilþörungna til tegunda, meta fjölda þeirra, lífrúmmál, tegundafjölbreytileika og skoða sem flesta umhverfisvísa sem aðgangur er að og gætu hentað hérlandis. Og út frá því meta hvort að einhverjir af umhverfisvísnum henti fyrir íslenskar aðstæður með eða án aðlögunar. Einnig verða aðrir þörungar sem finnast í þessum sýnum greindir til ættkvísla eða tegunda, eins og hægt er, og lífrúmmál þeirra metið. Unnið verður úr þeim niðurstöðum á líkan hátt og fyrir kísilþörungna. Þess er vænst að 1. júní 2020

verði komin niðurstaða um það hvort að Hafrannsóknastofnun telji botnþörunga nothæfa sem líffræðilegan gæðapátt í vistfræðilegu ástandsflokkunarkerfi fyrir straumvötn á Íslandi.

Mælingar á magni blaðgrænu a á steinum í árfarveginum er óbeinn mælikvarði á lífrúmmál þörunga á steinunum. Þess er vænst að slíkar mælingar geti nýst samhliða greiningum á þörungum til að meta ástand vatnshlota í vinnu við stjórn vatnamála. Því er lagt til að magn blaðgrænu a á steinum í árfarvegi verði notað sem líffræðilegur gæðapáttur í straumvötnum.

6.2 Botnhryggleysingar í straumvötnum

Höf.: Jón S. Ólafsson

Hryggleysingar eru hluti af þeim líffræðilegu gæðapáttum, sem nota skal til að meta ástand straumvatnshlota samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (535/2011). Tegundasamsetning og fjölbreytni hryggleysinga eru meðal þeirra matsþátta hafa verið notaðar víða í heiminum til að flokka og meta ástand straumvatna, m.a. til að meta umfang og næringarefnaástand í ferskvatnsvistkerfum. Hryggleysingar eru fjölbreyttur hópur sem hefur mikla útbreiðslu en eru þó lítt hreyfanlegir og endurspeglar því vel ástand á þeim stað sem þeim er safnað á. Þeir mælikvarðar sem notaðir eru í mörgum Evrópulöndum við mat á vistfræðilegu ástandi eru m.a. tegundaaudgi hryggleysinga, hlutföll lífveruhópa sem eru viðkvæmir fyrir mengun eða raski og hlutfall þolinnna lífvera í samfélaginu.

Hryggleysingar í straumvötnum eru notaðir í 26 lönd af 27 löndum sem nota gæðapætti fyrir straumvötn í 2. vatnaáætlun sinni (River Basin Management Plan, 2016). Ýmsir stuðlar eru notaðar fyrir ástandsflokkunina eftir aðstæðum á hverjum stað (sjá t.d. Birk o.fl., 2011). Hérlandis hefur ekki verið stuðst við neina sérstaka stuðla líkt og víða eru notaðir við flokkun á ástandi straumvatna s.s. vegna mengunar eða ofauðgunar. Sumir af þeim stuðlum sem eru notaðir víða í Evrópu geta tæplega virkað hér s.s. þar sem flokkunin er miðuð út frá stórvöxnum skordýrum sk. EPT hópum, þ.e. Ephemeroptera (dægurflugur), Plecoptera (steinflugur) og Trichoptera (vorflugur). Af fyrstnefndu ættbálkunum hefur einungis ein tegund innan hvors ættbálks fundist hérlandis og 12 tegundir vorflugna (Elisabet R. Hannesdóttir og Jón S. Ólafsson, 2014). Ríkjandi botnlægir hryggleysingar í straumvötnum hérlandis er rykmý (sjá t.d. Gísli Már Gíslason o.fl., 1998; Gísli Már Gíslason o.fl., 2001). Þrátt fyrir að þau Evrópuríki sem innleitt hafa Vatnatilskipunina hafi lagt mikla vinnu við samræmingu á aðferðum þá eru engu að síður nokkuð mismunandi matsþættir notaðir við ástandsflokkun vatns (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) (Hering o.fl., 2003). 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 (t.d. Clarke o.fl., 2003). En hver sem aðferðin er og hvaða líkönum er beitt er í sjálfu sér ekki aðalatriðið, heldur að ávallt 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 hryggleysinga í ám skipt sköpum við skilgreiningar á vistfræðilegu ástandi (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 hryggleysinga voru mjög misítarlegar (tegundir/ættkvíslir/ættir/hópar o.s.frv.). Flestar þær tegundir hryggleysinga 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.

Hér á landi eru gögn sem aflað hefur verið með reglubundinni vöktun á lífríki straumvatna fremur fátægleg, en á hinn bóginn er töluvert til af upplýsingum úr stökum mælingum. 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. 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). Því er ljóst að við verðum að aðlaga verklag hérlandis að þeim samfélögum sem hér finnast.

Þar sem bitmý og rykmý eru oftast en ekki ríkjandi botndýr í straumvötnum væri akkur í að geta notað þá hópna við vistfræðilega flokkun vatnshlota. Víða erlendis eru þessir skordýrahópar, ásamt öðrum hryggleysingjum, notaðir við vistfræðilega flokkun straumvatna (Hering o.fl., 2003). Þrátt fyrir að úrvinnsla hefðbundinna botndýrasýna geti verið tímafrek þá verður ekki hjá því komist að ráðast í þá vinnu ef nota skal botnlæga hryggleysingja í straumvötnum til vistfræðilegrar flokkunar. Púpuhamir rykmýs (sjá ÍST EN 15196:2006. Water quality — Guidance on sampling and processing of the pupal exuviae of Chironomidae (order Diptera)) hafa víða verið notaðir til flokkunar ferskvatns með góðum árangri í straumvötnum, bæði austan (Wilson og Bright, 1973; Wilson og Ruse, 2005) og vestan Atlantshafs (Ferrington o.fl., 1991). Aðferð þessi er mun fljótvirkari og þar með ódýrari en hefðbundin sýnatöku og úrvinnsla á botnlægum hryggleysingjum. Ein og sér getur þessi aðferð þó ekki komið í stað töku hefðbundinna botndýrasýna þar sem sýnatökur á púpuhömum rykmýs eru ekki magnbundnar, heldur er verið 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 notadrjúg við vöktun en þá verður að hafa í huga að sýnatökur verður að endurtaka nokkrum sinnum yfir klaktíma flugnanna (vorsumar-haust).

Tiltæk gögn um hryggleysingja í straumvatni spanna tímabilið frá 1979 til 2019, en flestar rannsóknirnar voru framkvæmdar eftir 1990. 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 kerfisbundnum 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 (Veidimálastofnun, 2016). Þessu til viðbótar má geta að hömum rykmýspúpa hefur verið safnað úr fjölmörgum straumvötnum víða af landinu, bæði á lág- og hálendi. Þrátt fyrir að ekki liggi fyrir tölur, hér og nú, um fjölda þeirra straumvatna sem púpuhömum hefur verið safnað úr, má ætla að þau séu ekki færri en 200. Þessum gögnum hefur verið safnað samhliða öðrum rannsóknum á straumvötnum sem framkvæmdar hafa verið af Háskóla Íslands, Veidimálastofnun og Hafrannsóknastofnun undir stjórn Jóns S. Ólafssonar.

Mælt er með því að nota upplýsingar um tegundafjölbreytileika, tegundasamsetningu og þéttleika (fjölda) botndýra í straumvötnum til ástandsflokkunar straumvatna sem safnað skal

þriðja hvert ár skv. reglugerð 535/2011. Til viðbótar við þá söfnun mælum við með því að safnað verði sýnum af púpuhömum rykmýs á sama tíma og sýnum til mælinga eðlisefnafræðilegum gæðapáttum verður safnað, að minnsta kosti þrisvar sinnum yfir sumarið. Það er sambærilegt og gert hefur verið í öðrum löndum (Ruse, 2013; Kranzfelder o.fl., 2015) skv. aðferð sem byrjað var að nota á áttunda áratugnum (Wilson og Bright, 1973). Söfnun á púpuhömum er frekar einföld og fljótlegt er að vinna úr sýnunum. Á hitt ber að líta að með þessum sýnum fást ekki upplýsingar um þéttleika botnlægra hryggleysingja, heldur hlutfallslegan fjölda rykmýs, en engu að síður er hægt að beita tölfræði greiningu við úrvinnslu þeirra gagna sem aflað er með þessari aðferð.

Lagt er til að botnlægir hryggleysingjar í straumvötnum verði notaðir sem líffræðilegur gæðapáttur líkt og kveðið er á um í lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (535/2011). Stuðst verður við tegundasamsetningu, tegundafjölbreytileika og fjölda botnlægra hryggleysingja auk upplýsinga um tegundasamsetningu rykmýs út frá greiningu á púpuhömum.

6.3 Fiskur í straumvötnum

Höf.: Ingi Rúnar Jónsson, Hlynur Bárðarson, Magnús Jóhannsson

Tilvist og ástand ferskvatnsfiska í straumvötnum er líffræðilegur gæðapáttur sem nota skal við flokkun á vistfræðilegu ástandi straumvatna samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (535/2011). Þeir matsþættir sem miða skal við eru samsetning, þéttleiki og aldursdreifing ferskvatnsfiska í straumvötnum.

Hér á landi finnast 5 tegundir fiska í fersku vatni, þ.e. laxfiskategundirnar lax, urriði og bleikja, en einnig hornsíli og áll. Flundru hefur auk þess orðið vart hér á síðustu u.þ.b. tveimur áratugum. Mikið er til af gögnum um laxfiskategundirnar þrjár og vitað er að þær eru líklegar til að svara breytingum í umhverfinu.

Árið 2014 var gefin út skýrsla um fyrstu tillögu að mati á vistfræðilegu ástandi straumvatnshlota hér á landi m.t.t. laxfiska (Þórólfur Antonsson o.fl., 2014). Þar voru skoðaðar þær aðferðir sem notaðar hafa verið við ástandsmat í Finnlandi (Vehanen o.fl., 2010), Svíþjóð (Beier o.fl., 2006) og Noregi (Bergan, 2011) sem hafa reynst vel til flokkunar á vistfræðilegu ástandi straumvatnshlota. Niðurstaða skýrslunnar var að best ætti við að byggja á aðferðafræði Norðmanna sem notuðu gögn úr seiðarannsóknnum með rafveiði og skoðuðu tegundasamsetningu laxfiska, aldur og þéttleika í náttúrulegum, óröskuðum straumvatnshlotum. Þar var sérstaklega horft annars vegar til þéttleika vorgamalla seiða (0+) og þéttleika eldri seiða hins vegar (>1+). Þannig var byggt upp stigakerfi sem samanlagt gaf ástand viðkomandi vatnshlots. Í tillögu að aðferðarfræði við mat á ástandi íslenskra straumvatnshlota m.t.t. fisks í straumvatni voru matsþættirnir eftirfarandi; árgangaskipan laxaseiða, skráning á hrygningarfiskum, þéttleiki 1+ seiða, þéttleiki 2+ seiða og tilvist bleikju og urriða (Þórólfur Antonsson o.fl., 2014). Í greiningunni voru notuð 67 vatnsföll eða 1 til 33 úr hverjum gerðarflokki straumvatna, eins og gerðirnar voru skilgreindar þá. Einungis var unnið með gögn sem safnað var af fiskgengum svæðum, þ.e. svæðum sem eru aðgengileg sjógengnum laxfiskum.

Niðurstöðurnar sýndu að mikill breytileiki var í seiðapéttleika innan þeirra gerða sem skilgreindar höfðu verið árið 2013 og mikil skörun milli gerða. Sjaldnast var því marktækur munur á meðaltölum á milli vatnshlotagerða. Niðurstaða skýrslunnar var að ekki væri marktækur munur á tegundasamsetningu laxfiska, þéttleika og árgangaskipan laxaseiða á milli

mismunandi gerða straumvatnshlota, eins og þau voru skilgreind á þeim tíma. Fram kemur að möguleiki væri að skoða aðra þætti, s.s. meðallengd og vöxt seiða, vinna gögn um seiðaþéttleika með öðrum hætti og greina þéttleikatölur sérstaklega fyrir urriða- og bleikjuseiði. Athuga verður að gögnum var ekki safnað sérstaklega fyrir innleiðingu á stjórn vatnamála heldur var aðeins notast við gögn úr seiðarannsóknnum sem safnað hefur verið í gegn um tíðina í öðrum rannsóknum. Því er hlutfall rannsakaðra vatnshlota innan hverrar gerðar mjög mismunandi. Tryggja þyrfti ákveðinn lágmarksfjölda/-hlutfall rannsakaðra vatnshlota innan hverrar gerðar til að gera niðurstöðurnar marktækari. Eingöngu var notast við gögn af fiskgengum svæðum en mikilvægt er að skoða betur gögn af ófiskgengum svæðum. Lítið er til af gögnum um fiska í straumvatnshlotum ofan við 600 m h.y.s. sem eru um 10,4% af heildarfjölda vatnshlota á Íslandi.

Nú liggja fyrir breytingar á skilgreiningum á gerðum vatnshlota, þar sem breytingar verða á lýsum, og er þar m.a. miðað við aðra aldursflokka berggrunns (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019). Þessar breytingar leiða til breytinga á vatnshlotagerðum og því þarf að endurvinna gögn um fiska í straumvatnshlotum m.t.t. þessara breytinga. Nauðsynlegt getur verið í framhaldinu að endurskoða þá þætti varðandi fisk sem notaðir voru í skýrslunni frá 2014 til að meta ástand straumvatnshlota (Þórólfur Antonsson o.fl., 2014). Þekkt er t.d. að útbreiðsla laxfiskategunda og þéttleiki þeirra breytist með hæð yfir sjávarmáli, auk þess sem mismunandi er hversu langt/hátt yfir sjávarmáli vatnsföll eru fiskgeng frá sjó en slíkt skiptir miklu máli varðandi tegundasamsetningu og þéttleika seiða. Því er ekki ólíklegt að taka verði hæð yfir sjávarmáli á viðmiðunarstað og fiskgengi vatnsfalls á einhvern hátt inn í mat á vistfræðilegu ástandi, líkt og gert er í Noregi (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018). Einnig þyrfti að skoða þéttleika urriða- og bleikjuseiða (eiginlegan og hlutfallslegan) m.t.t. til mismundi gerða og hæð yfir sjó.

Lagt er til að laxfiskar í straumvötnum verði notaðir sem líffræðilegur gæðapáttur við mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota í straumvötnum og að matsþættirnir verði þéttleiki, aldurs- og tegundasamsetning laxfiska. Það er í samræmi við það sem kemur fram að eigi að nota við ástandsflokkun straumvatna skv. stjórn vatnamála (reglugerð 535/2011) og það sem gert hefur verið í nágrannalöndum okkar.

7 Eðlisefnafræðilegir gæðapættir

Höf.: Gerður Stefánsdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir og Svava Björk Þorláksdóttir.

Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála eru eðlisefnafræðilegir þættir þeir efna- og eðlisþættir í umhverfinu sem hafa áhrif á vöxt og viðgang lífríki í vatnavistkerfum, undir þann flokk falla, t.d. styrkur næringarefna, súrefnis og hitastig. Breytingar hvað þetta varðar geta verið bæði af náttúrulegum uppruna en einnig vegna athafna mannsins. Hins vegar er hugtakið efnafræðilegt ástand notað yfir svokölluð forgangsefni, sem eru margskonar mengandi og þrávirk efni sem hafa alvarleg áhrif á lífríki og umhverfi. Aukning þeirra er að jafnaði vegna athafna mannsins. Ekki er fjallað um þau í þessari samantekt.

Eðlisefnafræðilegir eiginleikar vatns s.s. næringarefni, súrefni, hitastig, selta, leiðni og pH, hafa bæði umtalsverð áhrif á hverskonar lífríki er ríkjandi í viðkomandi straum- og stöðuvötnum en endurspegla jafnframt á hvað framleiðni stigi viðkomandi vatnshlot eru á hverjum tíma. Þeir eðlisefnafræðilegu gæðapættir sem nota skal við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna eru tilnefndir í III. viðauka reglugerðar 535/2011. Í kafla 1.1. í III. viðauka eru eðlisefnafræðilegir

gæðapættir fyrir straum- og stöðuvötn nefndir; hitastig, styrkur súrefnis, selta, pH, styrkur næringarefna. Í kafla 1.2.1 og 1.2.2 í sama viðauka eru sjóndýpi og hæfni til að hlutleysa síru jafnframt tilnefnd sem nauðsynlegir þættir við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna.

Samkvæmt 11 gr. laga nr. 36/2011 skal mat á yfirborðsvatnshloti byggjast á fyrirliggjandi gögnum hverju sinni og taka fyrir hverja vatnshlotsgerð mið af skilgreindum líffræðilegum gæðapáttum auk vatnsformfræðilegra og efna- og eðlisefnafræðilegra þátta eftir því sem við á. Í gegnum tíðina hafa þó nokkrar mælingar verið gerðar á þeim eðlisefnafræðilegu þáttum sem nota skal við ástandsflokkun íslenskra yfirborðsvatnshlota skv. stjórn vatnamála, en gögnin eru þó ekki öll á sama formi eða í sambærilegum vatnshlotum. Því getur samræming þeirra gagna sem nota á orðið tímafrek. Veðurstofa Íslands heldur úti viðamiklum, sjálfvirkum mælingum á hitastigi og leiðni straumvatna sem t.d. hefur verið notað við vöktun á jarðvá, s.s. eldgosum og jökulhlaupum. Einnig hefur samtengdur rekstur pH mæla á vöktunarstöðvum Veðurstofunnar verið prófaður með góðum árangri. Hafrannsóknastofnun (áður Veidimálastofnun) rekur einnig sjálfvirka hitamæla í mörgum vatnsföllum og hefur á undanförunum árum staðið fyrir kortlagningu á pH-gildi, basavirkni og styrk uppleystra aðal- og næringarefna í straumvötnum, samhliða söfnun á þörungasýnum úr sömu ám. Viðamikil vöktun á efnasamsetningu nokkurra íslenskra vatnsfalla hefur staðið yfir í mislangan tíma, allt frá árinu 1996 (Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Veðurstofunnar) auk þess sem rennsli og styrkur svifaurs hefur verið mældur síðan á sjötta/sjöunda áratugnum (gagnagrunnur Veðurstofunnar). Mest er til af upplýsingum um eðlisefnafræðilega þætti í straumvötnum á láglendi en minna er til af gögnum um stöðuvötn sem og vatnshlot á hálendi, >600 m h.y.s. sem skilur á milli hálendis og láglendis við gerðarflokkun vatnshlota. Lagt er til að við mat á viðmiðunaraðstæðum fyrir eðlisefnafræðileg gögn verði notaðar niðurstöður úr gagnagrunnum Hafrannsóknastofnunar, Raunvísindastofnunar og Veðurstofunnar, auk þess sem líklegt er að eðlisefnafræðileg gögn úr verkefnum hjá Náttúrufræðistofnun Íslands, Háskólasetrinu í Hveragerði og Náttúrustofu Kópavogs geti komið að gagni.

Hér er fjallað nánar um þær eðlisefnafræðilegu breytur sem taldar eru upp í III. viðauka í reglugerð 535/2011, og áhrif þeirra á lífríki í straum- og stöðuvötnum og vægi þeirra sem gæðapáttur hér á landi. Einnig eru lagðar til breytur sem nota ætti sem gæðapætti við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna.

7.1 Súrnunarástand

7.1.1 Sýrustig

Sýrustig (pH gildi) vatns er mikilvæg breyta sem segir til um grunn einkenni og ástand vatns og er mælikvarði á ýmsa mikilvæga efna- og frumframleiðniferla vatnsins. Breytt sýrustig getur verið svar við álagi af mannavöldum eða náttúrulegum atburðum. Samanlagt nota 20 af 27 löndum pH gildi sem gæðapáttur fyrir straumvötn og 22 af 25 löndum fyrir stöðuvötn.

Sýrustig úrkomu á Íslandi er að jafnaði um 5,6 en sýrustig ferskvatns á yfirborði er oftast á bilinu 7–8 vegna efnahvarfa í vatns við berggrunn/jarðveg. Skiptir þar mestu uppruni vatnsins, efnasamsetning berg- og jarðlaga sem vatnið rennur um og frumframleiðni í viðkomandi vistkerfi.

Oft á tíðum er yfirborðsvatn með umtalsvert hærra og lægra pH bæði af náttúrulegum orsökum m.a. vegna efnasamsetningar umhverfisins, vegna eldgosa eða jökulhlaupa en einnig vegna

álags af mannavöldum. Við náttúrulegar aðstæður getur pH verið mjög hátt í lindarvatni á basískum og hvarfgjörnum berggrunni. Í vötnum sem byggja á slíkum uppruna getur pH jafnvel farið yfir 10 þegar frumframleiðni er í hámarki þó ekki sé um álag af mannavöldum að ræða. Dæmi um slíkt eru grunn vötn sem byggja vatnsforða sinn á grunnvatni s.s. Mývatn. Sýrustig íslensk jarðvegs er að jafnaði, á bilinu 4,5–7,5 (Ólafur Arnalds, 2015). Sýrustig er alla jafna lágt í jarðvegi með miklu lífrænu efni t.d. í mýrlendi (4,3–5,6) og getur það haft áhrif á sýrustig og efnasamsetningu vatna ef áhrif mýra og votlendis eru ríkjandi á vatnasviði.

Álag sem breytt getur sýrustigi vatna getur verið af náttúrulegum orsökum s.s. vegna eldgosa eða jökulhlaupa en þá er að jafnaði um mjög skýra og afmarkaða atburði að ræða. Útblástur brennisteins og köfnunarefnisoxíðs veldur því að úrkoma súrnar. Súrt regn hefur valdið miklu álagi á ferskvatnslífriki í Evrópu. Súrt regn hefur ekki valdið eins miklu álagi á ferskvatn á Íslandi þar sem hröð efnahvörf á milli úrkomu og berggrunnsins taka upp síru úr úrkomunni. Hins vegar getur aukinn næringarefnastyrkur aukið frumframleiðni vatna umtalsvert sem getur valdið hækkun á pH.

Breytingar á pH-gildi vatns vegna frumframleiðni eða ákomu síru getur verið mjög mismunandi og stjórnast af basavirkni vatnsins og eru áhrifin minni í vötnum með mikla basavirkni. Basavirkni er mælikvarði á það hversu vel vatn jafnar út (bufferar) sýrustigsálag (sjá umfjöllum um basavirkni í kafla 7.1.2, ANC). Sérstaklega mikilvægt er að vakta pH þar sem álagspól vatnagerða er lítið gagnvart ákomu síru, þ.e. þar sem basavirkni er lág. Ýmislegt álag s.s. mengun beint í vatnsfall eða ákoma úr andrúmslofti getur haft umtalsverð áhrif á pH yfirborðsvatna með litla jónarýmd og þannig litla getu til þess að tempra sýrustigsbreytingar.

7.1.2 Hæfni vatns til þess að hlutleysa síru (basavirkni)

Basavirkni vatns (*e. alkalinity; acid neutralizing capacity, ANC*) er mælikvarði á getu vatns til þess að hlutleysa síru (*e. buffer capacity*) og metur þannig hæfni viðkomandi vatns til þess að tempra álag t.d. vegna brennisteinsákomu frá iðjuverum eða vegna eldgosa. Mælingar á basavirkni eru einn þeirra þátta sem styðja við upplýsingar um súrnunarástand vatna.

Að jafnaði er basavirkni í úrkomu engin en eftir að vatn fellur til jarðar byrjar vatnið að hvarfast við berggrunninn og við það eykst basavirkni vatnsins. Þar sem vatn rennur af nýjum, hvarfgjörnum berggrunni byggist basavirkni upp í vatninu vegna efnahvarfa á milli vatns og bergs. Á eldri berggrunni, þar sem jarðvegur er takmarkaður og berg er þéttara, er meira afrennsli beint af yfirborði landsins og því verða efnahvörfin á milli vatns og bergs minni en á unga berggrunni landsins. Basavirkni er því minni í vatni sem rennur af elsta berggrunni landsins en af yngri berggrunni, og þolir þar af leiðandi ekki mikla ákomu síru á vatnasviðið áður en pH gildi þess lækkar verulega. Mikilvægt er að þekkja þessa eiginleika fyrir mismunandi gerðir vatns og þannig álagspól þeirra.

Lagt er til að súrnunarástand straum- og stöðuvatna verði eðlisefnafræðilegur gæðapáttur sem notaður verður við ástandsflokkun straum- og stöðuvötnum vegna stjórnar vatnamála. Við mat á gæðapættinum skuli nota mælingar á pH-gildi og basavirkni. Lagt er til að vöktun á pH sé viðvarandi frá vori og fram á haust (u.þ.b. 8 mánuði) og einnig framkvæmd við aðrar sýnatökur. Með því móti er hægt að meta á hvaða stigi framleiðin og/eða álagið er mest og bera saman við stakar mælingar.

7.2 Næringarefnaástand

Styrkur og hlutföll næringarefna hefur grundvallaráhrif á það hverskonar lífríki getur verið til staðar í vatnshloti. Ljós- og efnatillífandi lífverur eru háðar næringarefnum til vaxtar og viðhalds og byggist öll frumframleiðni á réttum hlutföllum næringarefna í umhverfinu. Á meðan ljós nær til lífveranna og aðgengi að næringarefnum er nægjanlegt, er framleiðni til staðar. Ef ljós skerðist eða styrkur næringarefna minnkar getur dregið úr ljóstillífun, efnaferlar breytast, sem veldur því í flestum tilfellum að framleiðni vatnsins minnkar og tegundasamsetning breytist.

Mengun af mannavöldum er oft af lífrænum toga en slík mengun hefur áhrif á styrk og hlutföll næringarefna. Aukin ákoma næringarefna getur því haft umtalsverð áhrif á það vistkerfi sem er til staðar, breytt tegundasamsetningu og fjölbreytileika lífríkis. Styrkur næringarefna er notaður sem gæðapáttur í straumvötnum í 24 (N) og 25 (P) löndum af þeim 27 löndum sem upplýsingar eru um í River Basin Management Plan (2016). Styrkur næringarefna er einnig gæðapáttur í stöðuvötnum í 20 (N) og 22 (P) löndum.

Helstu næringarefni eru köfnunarefni (N) og fosfór (P), auk þess sem kísilþörungur, ein algengasta fylking plöntusvifs, þurfa kísil (Si) til byggingar á skeljum sínum. Helstu efnasambönd köfnunarefnis á uppleystu formi eru níturat (NO_3) og ammóníum (NH_4) og helsta uppleysanlega efnasamband fosfórs er fosfat (PO_4). Nítrít (NO_2) er einnig til staðar en styrkur þess er mjög lágur í yfirborðsvatni og oftast undir greiningarmörkum. Þessi efnasambönd berast til vatnsbolsins með úrkomu, frá berggrunni, við niðurbrot lífræns efnis í vatnsbolnum og frá botnseti stöðuvatna. Við skort á líffræðilega aðgengilegu köfnunarefni í vatni eykst oft á tíðum lífmassi blábaktería, en slíkt er t.d. vel þekkt í Mývatni þar sem blábakteriur binda köfnunarefni úr andrúmsloftinu.

Erlendis er ofauðgun vatna vegna landbúnaðar umtalsvert vandamál. Á Íslandi er talið að slíkt álag sé mjög lítið og þá yfirleitt mjög staðbundið en því miður eru litlar upplýsingar til um það. Hérlandis eru til straum- og stöðuvötn sem hafa háan styrk fosfórs af náttúrulegum uppruna, það háan að þau væru líklega skilgreind ofauðguð miðað við fosfórsstyrk í vatni víða um heim. Þetta eru að jafnaði vötn á ungum berggrunni og hafa mikinn lindarvatnspátt. Mikilvægt er að þekkja þessi einstöku náttúrufarsskilyrði vel og aðskilja þau frá ofauðguðum vötnum af mannavöldum.

Mælingar á lífrænum köfnunarefnis- og fosfór efnasamböndum eru óbeinar og miðast við að mæla öll ólífræn sambönd N og P (NO_3 , NO_2 , NH_4 og PO_4) auk heildarstyrks N og P (N-total og P-total) og draga síðan styrk ólífrænna efnasambanda N og P frá heildarstyrk þeirra. Mikilvægt er að hafa upplýsingar um heildarstyrk næringarefna og styrk uppleystra ólífrænna efnasambanda (NO_3 , NO_2 , NH_4 og PO_4) til þess að vita á hvaða formi næringarefnin eru og hversu aðgengileg þau eru. Einnig þarf að gæta þess að styrkur næringarefna breytist mjög mikið yfir árið þar sem lífríkið tekur upp næringarefni að sumri og byggir upp lífræn efnasambönd sem losna svo við niðurbrot lífmassans að hausti og vetri. Styrkur uppleystra næringarefna er, vegna þessarar líffræðilegu hringrásar, að jafnaði mun hærri að vetri en sumri og verður að gæta að því við gerð viðmiðunaraðstæðna. Stærð og styrkur þessarar hringrásar er háð grunn eiginleikum vatnsins og þannig gerð vatnshlotsins.

Lagt er til að næringarefnaástand verði eðlisefnafræðilegur gæðapáttur við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi vegna stjórnar vatnamála, og mælingar á styrk uppleystra næringarefna (NO_3 , NH_4 , PO_4 , N-total og P-total) verði notaðar við mat á gæðapættinum. Vakta

þarf styrk næringarefna á ársgrundvelli þannig að sýnatakan endurspegli árstíðabreytileika. Styrkur næringarefna að vetri endurspeglar það næringarefnaforða sem er í vatninu þegar lífræn virkni er lítil. Styrkur þeirra næringarefna í vatnahloti sem eru takmarkandi fyrir vöxt lífvera að sumri endurspeglar ekki þann styrk sem er í sama vatnshloti að vetri. Því er líklegt að viðmiðunargildi byggi á vetrarstyrk þeirra í hverri vatnagerð áður en að líffræðileg upptaka hefst. Jafnframt er mikilvægt að mæla styrk næringarefna þegar líklegast er að álag eða umtalsverð ákoma sé til staðar t.d. að vori vegna áburðarnotkunar í landbúnaði eða losunar frá jarðvegi, einkum þar sem niturbindandi gróður er til staðar í miklum mæli.

7.3 Sjóndýpi/svifaur

Sjóndýpi er óbeinn mælikvarði á grugg í vatni, lífrænt og ólífrænt. Grugg hefur áhrif á gegnsæi vatnsins og þannig á ljóstillífun, grunnstöð annars lífríkis. Sjóndýpi er notað sem eðlisefnafræðilegur gæðapáttur í straumvötnum og stöðuvötnum í 7 og 14 löndum sem af þeim 27/25 (straumvötn/stöðuvötn) löndum sem upplýsingar eru um í River Basin Management Plan (2016).

Sjóndýpi í vötnum getur breyst af náttúrulegum orsökum og/eða vegna athafna mannsins. Það minnkar t.d. með auknum fjölda svifþörunga í vötnum (lífrænt svif), með auknum svifaur í jökulám og þegar jökulbráð berst í jökulskotin vötn (ólífrænt svif/svifaur). Útskolun næringarefna af landi (t.d. vegna landbúnaðar eða fráveitu) getur valdið auknum þörungablóma í vötnum sem hefur áhrif á sjóndýpið. Einnig getur grugg borist í vatn vegna mannlegra athafna á landi s.s. vegna framræslu eða losunar frá framleiðsluferlum. Aukið grugg getur haft bæði bein og óbein áhrif á styrk ýmissa efnasambanda í vatni s.s. súrefnisstyrk í vatni, þar sem eðlisþyngd vatns breytist með styrk fastra efna. Misjöfn eðlisþyngd veldur því að blöndun vatns verður ekki jöfn t.d. þar sem ferskvatn rennur út í gruggugt vatn. Aukið grugg getur valdið aukinni umsetningu efna í botnseti (efnatillífun) vegna minnkandi ljóss og/eða aukinnar uppsöfnunar sets á botni og þannig lækkun á súrefnisstyrk og jafnvel myndun metans (CH₄) og brennisteinsvetnis (H₂S) ef heitt brennisteinsríkt vatn rennur í vatnið. Þetta hefur umtalsverð áhrif á það lífríki sem er til staðar í vatnsbolnum. Sjóndýpi í stöðuvötnum gefur þannig mikilvægar upplýsingar um ástand og eðli stöðuvatna og lagt er til að sjóndýpi verði gæðapáttur sem hægt verði að nota við ástandsflokkun stöðuvatnshlota og jökulvatnshlota vegna stjórnar vatnamála.

Svifaursstyrkur er afgerandi greiningarviðmið fyrir gerðir jökuláa og jökulskotinna stöðuvatna. Styrkur svifaurs hefur áhrif á vatnsformfræðilega, eðlisefnafræðilega þætti og getur einnig stutt við þekkingu á sjóndýpi. Svifaur er almennt skilgreindur sem afleiðing rofs sem á sér stað þegar ár sverfa undirlag sitt. Rof á landi eykst með aukinni landnotkun s.s. landbúnaði og minnkun skóglendis. Þrátt fyrir að landrof hafi aukist frá því að landbúnaður og akuryrkja hófust, hefur aukinn fjöldi á stíflum í ám valdið uppsöfnun á seti á landi sem annars hefði borist til sjávar. Breytingar á árframburði sets eru þannig mjög háðar framkvæmdum af mannavöldum sem hefur mikil áhrif á landmótun vatnsfalla og lífríki. Á Íslandi er svifaur að auki ættaður frá jarðhitasvæðum (s.s. vegna efnaveðrunar) og kemur sérstaklega í ljós í jökulhlaupum t.d. í Skaftá þegar mikið magn kemur fram á stuttum tíma. Svifaur er sá hluti framburðar vatnsfalla sem sekkur seint til botns á meðan ákveðins hraða eða iðustreymis gætir í vatninu.

Almennt er ekki mikið æðra lífríki í jökulvötnum, ljós nær illa niður í vatnsbolinn vegna þess hve styrkur svifaurs er mikill og því er framleiðni lífræns efnis í lágmarki. Rofmáttur svifaursins hefur áhrif á búsetu- og hrygningarskilyrði lífvera. Svifaur getur einnig haft skaðandi

áhrif á það lífríki sem þar er til staðar s.s. tálkn fiska, hann getur fyllt upp í hrygningarstöðvar og rofið botngróður úr farvegi árinna. Breytingar á landslagi niður eftir ánni hefur áhrif á burðargetu árinna og á lygnum svæðum hennar sest grófari hluti svifaursins til og því getur farvegur jökuláa verið mjög breytilegur eins og sést á þeim miklu sandbreiðum sem einkenna farvegi þeirra. Minnkandi svifaur hefur áhrif á landmótun við ósa sem og framburð næringarefna í sjó og á árósarsvæðum. Svifaur hefur verið mældur á mörgum stöðum en oftast í tengslum við virkjanaframkvæmdir.

Hér er lagt til að sjóndýpi verði notaður sem gæðapáttur stöðuvatna og að styrkur svifaurs verði notaðar sem gæðapáttur fyrir ástandsflokkun jökuláa.

7.4 Selta

Í reglugerð 535/2011 er selta sett fram sem gæðapáttur í straum- og stöðuvötnum. Selta er mælikvarði á styrk uppleystra jóna í lausn og er eðlisefnafræðilegur gæðapáttur í 17 af 27 löndum fyrir straumvötn og 13 af 25 löndum fyrir stöðuvötn (River Basin Management Plan, 2016).

Algengast er að nota rafleiðni (leiðni) sem mælingu á styrk uppleystra jóna í ferskvatni og talsvert til af gögnum um leiðni (rafleiðni). Hér er því lagt til að í stað seltu sé leiðni notuð sem mælipáttur á styrk uppleystra jóna í ferskvatni.

Leiðni vatns (μS) er mæling á hve auðveldlega vatnið getur leitt rafmagn og endurspeglar það styrk uppleystra rafhlaðinna efna og efnasambanda í vatninu (jóna). Leiðnin er hærri eftir því sem styrkur jóna í vatnfasa er meiri. Við náttúrulegar aðstæður stjórnast leiðni af jónum sem eiga sér uppruna í sjó eða bergi/jarðvegi sem og úr nærliggjandi umhverfi. Þekkt er að leiðni vatna eykst með nálægð þeirra við sjó (seltuýring frá sjó) en einnig með auknum dvalartíma á landi þar sem að efnahvörf á milli bergs og vatns aukast með auknum tíma. Einnig eykst leiðni vegna áhrifa jarðhitavirkni. Þekkt er að leiðni eykst verulega í jökulhlaupum þegar jarðhitavatn og jökulbráð ryður sér leið út í vatnsföll og er vöktun þess m.a. hluti af náttúruvárvöktun Veðurstofunnar.

Leiðni vatns getur aukist talsvert með losun mengandi efna eða jarðhitavatns út í umhverfið. Mengunarefnin þurfa þá að vera af völdum hlaðinna efna og í töluverðu magni. Leiðni er auðveld og hagkvæm leið til að mæla heildarstyrk jóna í vatni og gefur miklar upplýsingar um vatnið. Lagt er til að leiðni verði einn þeirra gæðapátta sem notaðir verða við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna vegna stjórnar vatnamála.

7.5 Hitastig

Hitastig er notað sem eðlisefnafræðilegur gæðapáttur í straumvötnum og stöðuvötnum í 16 og 10 löndum sem af þeim 27/25 (straumvötn/stöðuvötn) löndum sem upplýsingar eru um í River Basin Management Plan (2016).

Vatnshiti er mikilvæg breyta fyrir lífríki og framleiðni vatna og hefur einnig áhrif á marga aðra eðlisefnafræðilega þætti s.s. leiðni og pH og er því nauðsynleg breyta til útreikninga. Hitastig hefur bein áhrif á virkni lífríkisins, hvort heldur sem litið er til þörunga, hryggleysingja eða hryggdýra í ám og vötnum. Vöktun á hitastigi gefur mikilsverðar upplýsingar um veðurtengda ferla s.s. hvenær leysingar eiga sér stað og þannig ástand og forsendur í vistkerfinu sem aftur hefur áhrif á efnaferla og framleiðni. Ekki er lagt til að vatnshiti verði notaður sem gæðapáttur

ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna en mikilvægt er að vakta hitastig í ám og vötnum til þess að túlka aðstæður, sem og niðurstöður líffræðilegra og efnafræðilegra ferla, kvarða mælingar auk þess að túlka og stilla af líkanreikninga.

7.6 Súrefnismettun

Súrefnismettun er eðlisefnafræðilegur gæðapáttur í straumvötnum og stöðuvötnum í 23 og 17 löndum sem af þeim 27/25 (straumvötn/stöðuvötn) löndum sem upplýsingar eru um í River Basin Management Plan (2016).

7.6.1 Styrkur súrefnis

Súrefnisstyrkur í vatni er frumforsenda þess lífríkis sem er til staðar í straumvötnum og stöðuvötnum. Ýmsir ferlar í stöðuvötnum hafa áhrif á súrefnisaðstæður í vatni s.s. ljóstillífur, öndun líffvera, niðurbrot lífræns efnis og hitastigi vatnsins. Ljóstillífur í straum- og stöðuvötnum veldur því að styrkur súrefnis í vatni eykst en öndun og súrefnisháð niðurbrot lífrænna leifa í vatnsbol og botnseti gengur á súrefni í vatninu. Niðurbrot lífrænna leifa getur gengið svo langt að súrefnisþurrð myndast í vatninu sem getur valdið dauða súrefnisháðra lífvera, s.s. fisks.

Hérlandis er að jafnaði mest hættu á lækkun súrefnisstyrks við botn næringarefnaríkra stöðuvatna sem eru ísilögð, þegar lagskipting vatns viðhelst til lengri tíma og/eða þegar næringarefnaþenging veldur aukinni frumframleiðni og niðurbroti lífrænna efna. Súrefnisþurrð getur verið mjög staðbundin og breyting á súrefnismettun eykst að jafnaði fljótt þegar ís fer af vötnum og/eða þegar vindar og hitaferlar stuðla að uppblöndun vatnsmassans. Ekki er líklegt að staðbundinn súrefnisþurrðar verði vart t.d. í útfalli vatna þó svo að hún eigi sér stað á stórum svæðum við botn þeirra. Þar sem styrkur súrefnis getur verið mjög misjafn eftir staðsetningu og dýpi innan vatnshlota getur verið erfitt að greina hvort súrefnisstyrkur sé utan við það sem eðlilegt getur talist. Því getur verið erfitt að meta súrefnisstyrk út frá einni mælingu í hverju vatnshloti einkum og sér í lagi þar sem að fyrirliggjandi gögn um slíkt eru afar takmörkuð.

7.6.2 Líffræðileg súrefnisþörf

Líffræðileg súrefnisþörf, BOD (e. Biological Oxygen Demand), er mælikvarði á það magn súrefnis sem súrefnisháð niðurbrot lífrænna efna í vatninu þarfnast. Mælingar á líffræðilegri súrefnisþörf (BOD) gefa því miklar upplýsingar um uppsöfnun á lífrænu efni vegna næringarefnaálags á vatnshlot. Líffræðileg súrefnisþörf er einn af þeim grunnþáttum sem notaður er við mat á ástandi vatna í Evrópu og hluti af millikvörðun (intercalibration) á gæðum vatns í löndum vatnatilskipunar og mikilvægt er að meta líffræðilega súrefnisþörf í ferskvatni á Íslandi til þess að vakta gæði vatns í samanburði við gæði vatns í Evrópu

Lagt er til að súrefnismettun straum- og stöðuvatna verði eðlisefnafræðilegur gæðapáttur til ástandsflokkunar yfirborðsvatns á Íslandi. Við mat á þeim gæðapætti skuli nota mælingar á styrk súrefnis og líffræðilegri súrefnisþörf (BOD) í ferskvatni á Íslandi.

7.7 Aðrir mikilvægir vöktunarpættir

Forgangsefni eru hættuleg og þrávirk efni sem flokkuð eru sem sérstakir mengunarvaldar og skal vakta þau í völdum vatnshlotum mánaðarlega í eitt ár, á sex ára fresti á hverjum stað sem verður fyrir valinu (lög 36/2011). Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála er nauðsynlegt að

vakta styrk forgangsefna (e. priority substances), sem eru skilgreind sem efnafræðilegur gæðapáttur og fellur því í raun ekki undir eðlisefnafræðilega vöktun. Hins vegar er þarna skörun sem nauðsynlegt er að huga að. Forgangsefni eru hættuleg og þrávirk efni sem valda alvarlegri mengun eða eitrun í vatni eða í nágrenni þess og er efnunum raðað í forgangsröð eftir þeirri hættu sem af þeim stafar. Framkvæmdarstjórn Evrópusambandsins ákvarðar hvaða efni skulu vera á skrá yfir forgangsefni og er ákvörðunin studd með vöktun efna á sérstökum vaktlista á öllu Evrópska efnahagssvæðinu. Á forgangsefnalistanum eru bæði náttúruleg og manngerð efni. Mikilvægt er að þekkja styrk þeirra efna sem eru á forgangsefnalistanum og fyrirfinnast í náttúrulegu umhverfi.

Málmsambönd. Talsverður styrkur og eða aukning á málmsamböndum getur orðið í umhverfi af náttúrulegum orsökum s.s. vegna áhrifa frá jarðhitavatni og vegna atburða eins og flóða og eldgosa og vegna framræsingar. Ákoma málma og málmsambanda vegna athafna mannsins getur verið umtalsverð bæði svæðisbundið álag sem og langt að borin mengun sem berst með andrúmslofti og úrkomu. Sem dæmi má nefna getur aukning á járn í straum- og stöðuvötnum orðið umtalsverð við framræingu mýrlendis en ýmsar lífverur eru viðkvæmar fyrir styrk járn s.s. krabbadýr og fiskar. Styrkur járn hefur verið lagt til sem gæðapáttur af tæknilegri ráðgjafanefnd Bretlands (WFD-UKTAG, 2007). Mikilvægt er að þekkja náttúrulegan breytileika efnasambanda sem eru til í náttúrunni þannig að mögulegt sé að meta álag vegna athafna mannsins. Niðurstöður mælinga á forgangsefnum nýtast, auk eðlisefnafræðilegra gæðapátta, til ástandsmats á straum- og stöðuvötnum.

Vatnsformfræðilegir gæðapáttir. Eins og fram kemur í 4. kafla þá er ekki fyrirhugað nota vatnsformfræðilega þætti sem hluta af vistfræðilegu ástandsflokkunarkerfi fyrir straum- og stöðuvötn í þessum fyrsta vatnahring. Í ljósi þess mikla breytileika sem einkenna rennslishætti er hins vegar afar mikilvægt að byrja að vakta rennsli og vatnhæð sem allra fyrst þannig að í næsta vatnahring verði komin skýrari mynd af rennslisháttum vatnshlota sem vakta skal. Nauðsynlegt er að mæla rennsli við vöktun vatnsfalla eigi að skilja efnaferla s.s. hringrás og nýtingu í stöðuvötnum og meta álag á straumvötn en álag er breyta sem byggir á ákomu og rennslisháttum.

Lagt er til að hefja mælingu á rennsli viðmiðunarvatnshlota strax í fyrsta vatnahring.

8 Niðurstöður

Markmið þessarar skýrslu var að fjalla um og gera tillögu að líffræðilegum- og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum sem hægt er að nota til ástandsflokkunar á íslenskum straum- og stöðuvötnum. Við vinnuna var horft til skýrslna sem unnar voru á fyrsta hluta innleiðingar vatnatilskipunar og gefnar voru út og til aðferða sem notaðar eru í nágrannaríkjum okkar sem hafa sumar hverjar gengið í gegn um millikvörðun á milli landa (e. intercalibration).

Tillaga að gæðapáttum til ástandsflokkunar á íslenskum straum- og stöðuvötnum er sýnd í töflu 3, einnig eru þar tíundaðir aðrir þættir sem vakta þarf á þessu stigi. Nánar er gert grein fyrir forsendum tillagnanna í köflum 5–7. Þess er vænst að hægt verði að skilgreina viðmiðunaraðstæður fyrir þessa þætti út frá fyrirliggjandi gögnum sem safnað hefur verið úr óröskuðum vatnshlotum straum- og stöðuvatna á Íslandi. Ljóst er að gögn vantar til að skilgreina viðmiðunaraðstæður fyrir sumar vatnshlotagerðir og hugsanlega þarf að byggja viðmið á sérfræðiáliti þar sem minnst er til af gögnum.

Í kjölfar þessarar vinnu þarf að skilgreina gerðarsértækar viðmiðunaraðstæður fyrir hvern gæðapátt sem svo nýtist frekar við gerð flokkunarkerfis til notkunar við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi.

Tafla 3. Tillaga að líffræðilegum- og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum til flokkunar á ástandi straum- og stöðuvatnshlota samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) auk annarra vöktunarpátta sem taldir eru mikilvægir við vöktun á straum- og stöðuvötnum.

	Straumvötn	Stöðuvötn
Líffræði	<u>Botnþörungar</u> Botnþörungar í athugun Lífmassi (blaðgræna α) <u>Botnhryggleysingar</u> Tegundasamsetning Tegundafjölbreytileiki Fjöldi <u>Fiskur</u> Tegundasamsetning laxfiska Aldursdreifing laxfiska Þéttleiki laxfiska	<u>Svifþörungar</u> Lífmassi (blaðgræna α) <u>Vatnablöntur</u> Tegundasamsetning <u>Botnhryggleysingar</u> Tegundasamsetning Tegundafjölbreytileiki Fjöldi <u>Fiskur</u> Fjöldi laxfiska Aldursdreifing laxfiska
Eðlisefnafræði	<u>Súrnunarástand</u> Sýrustig (pH) Basavirkni <u>Leiðni</u> <u>Næringarefnaástand</u> NO₃ NH₄ Total-N PO₄ Total-P <u>Súrefnismettun</u> O₂ BOD <u>Svifaur (jökulár)</u>	<u>Súrnunarástand</u> Sýrustig (pH) Basavirkni <u>Leiðni</u> <u>Næringarefnaástand</u> NO₃ NH₄ Total-N PO₄ Total-P <u>Súrefnismettun</u> O₂ BOD <u>Sjónkýpi</u>
Annað	Málmsambönd	Málmsambönd
Vatnsform- fræði	Rennsli	Rennsli (viðstöðutími) Vatnshæð

Heimildir

- Beier U., Degerman E., Sers B., Bergquist B. & Dahlberg M. 2006. Nya bedömningsgrunder för fiskfaunans status i rinnande vatten. Naturvårdsverket, Slutrapport. 28 bls.
- Bergan M. A. 2011. Laksefisk som indikator på ekologisk tilstand og miljøkvalitet i lavereliggende småelver og bekker: Forslag til metodikk iht. Vanddirektivet. Rapport L. Nr. 6224-2011. NINA. 53 bls.
- Birk S., Bonne W., Borja A., Brucet S., Courrat A., Poikane S., Solimini A., van de Bund W., Zampoukas N. & Hering D. 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.
- Bogi B. Björnsson, Kristinn Einarsson og Linda Georgsdóttir 2013. Yfirborðs- og grunnvatnshlot. Verklagsreglur fyrir skilgreiningu vatnshlota. BBB/KE/LG/2013-01. 23 bls.
- Clarke, R. T., Wright, J. F. & Furse, M. T. 2003. RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers. *Ecological Modelling* 160(3). 219-233.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council. Í Official Journal of the European Communities, 22.12.2000. 72 bls.
- Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018. Veileder 2:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 220 bls.
- EES-viðbætur við Stjórnartíðindi Evrópusambandsins 2011. Nr. 10, 24.02.2011, ISSN 1022-9337, íslensk útgáfa.
- Elisabet R. Hannesdóttir & Jón S. Ólafsson 2014. Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Botnhryggleysingar í straumvötnum. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Veiðimálastofnun, VMST/14009. 18 bls.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir 2016. Tegundafjölbreytni og útbreiðsla rykmýssamfélaga (Chironomidae) í fjöruvist stöðuvatna á Íslandi. Meistararitgerð, Líf- og umhverfisvísindadeild, Háskóli Íslands.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir & Sunna Björk Ragnarsdóttir 2019. Endurskoðun á gerðargreiningu staum- og stöðuvatnshlota. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. HV-2019-28. 33 bls.
- Ferrington, L. C., Blackwood, Jr. M. A. Wright, C. A. N., Crisp, H., Kavanaugh, J. L. & Schmidt, F. J. 1991. A Protocol for Using Surface-Floating Pupal Exuviae of Chironomidae for Rapid Bioassessment of Changing Water Quality. Bls. 181-190 í: *Sediment and Stream Water Quality in a Changing Environment: Trends and Explanations*. IAHS Publication Number 203. 374 bls.
- Freysteinn Sigurðsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Stefanía Guðrún Halldórsdóttir & Þórarinn Jóhannsson 2006. Vatnafarsleg flokkun vatnasvæða á Íslandi: hvernig bregðast landsvæði við úrkomu og miðla henni? Orkustofnun, Vatnamælingar, OS-2006/013. 15 bls.
- Friðbjófur Árnason 2014. Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í stöðuvötnum. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. VMST/14013. 28 bls.
- Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson & 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 M. Gíslason, Hákon Aðalsteinsson, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson & Kristín Svavarsdóttir. 2001. Longitudinal changes in macroinvertebrate assemblages along a glacial river system in central Iceland. *Freshwater Biology* 46. 1737-1751.

- 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.
- Gunnar Steinn Jónsson, Iris Hansen, Halla Margrét Jóhannesdóttir & Ingi Rúnar Jónsson 2014. Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Vatnagróður. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Skýrsla Veiðimálastofnunar, VMST/14010. 27 bls.
- Havs- och vattenmyndigheten 2013. HVMFS 2013:19. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. Síðast uppfært 1. janúar 2019. 212 bls.
- Havs- och vattenmyndigheten 2018. Fisk i sjöar. Vägledning för statusklassificering. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018:36. 19. bls.
- Haraldur R. Ingvason, Þóra Hrafnisdóttir, Kristín Harðardóttir, Stefán Már Stefánsson & Finnur Ingimarsson 2017. Lífríki Tjarnarinnar í Reykjavík 2015 og 2016. Fjölrit nr. 1-17. 74 bls.
- Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson, Stefán Már Stefánsson & Kristín Harðardóttir 2018. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2017. Verkbátur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol. Fjölrit nr. 3-2018. 25 bls.
- Helgi Hallgrímsson 2007. Þörungatal: skrá yfir vatna- og landþörungum á Íslandi samkvæmt heimildum. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 48. 94 bls.
- Hering, D., A. Buffagni, O. Moog, L. Sandin, M. Sommerhauser, I. Stubauer, C. Feld, R. Johnson, P. Pinto, N. Skoulíkidis, P. Verdonshot & 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, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason & Stefán Már Stefánsson, 2008. Mengunarflokkun á Reykjavíkurtjörn. Fjölrit nr. 1-08, Náttúrufræðistofa Kópavogs, unnið fyrir Umhverfis- og samgöngusvið Reykjavíkurborgar. 47 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson & Þóra Hrafnisdóttir, 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.
- Hörður Kristinsson 2010. Íslenska plöntuhandbókin: blómplöntur og byrkningar. 3. útg. Mál og menning, Reykjavík. 364 bls.
- Hörður Kristinsson, Þóra Ellen Þórhallsdóttir & Jón Baldur Hlíðberg 2018. Flóra Íslands – blómplöntur og byrkningar. Forlagið, Reykjavík. 742 bls.
- Jóhanna Björk Weissshappel (ritstj.), Gunnar Steinn Jónsson, Tryggvi Þórðarson, Helgi Jensson, Svanfríð Dóra Karlsdóttir, Heiðrún Guðmundsdóttir & Kristján Geirsson 2013. Stöðuskýrsla fyrir vatnasvæði Íslands Skipting vatns í vatnshlot og mat á helsta álagi af starfsemi manna á vatn. Umhverfisstofnun, UST-2013:11. 67 bls.
- Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir & María Harðardóttir, ritstj. 2016. Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands. 229 bls.
- Kranzfelder, P., Anderson, A.M., Egan, A.T., Mazack, J.E., Bouchard, R.W., Rufer, M.M. & Ferrington, L.C. 2015. Use of Chironomidae (Diptera) Surface-Floating Pupal Exuviae as a Rapid Bioassessment Protocol for Water Bodies. *J. Vis. Exp.* (101), e52558, doi:10.3791/52558.
- Kristensen, P., Whalley, C., Nihat Zal, F.N. & Christiansen, T (ritstj.) 2018. EEA Report No 7/2018. European waters - Assessment of status and pressures 2018. European Environment Agency. ISBN: 978-92-9213-947-6. 85 bls.
- Lento, J., W. Goedkoop, J. Culp, K.S. Christoffersen, Kári Fannar Lárusson, E. Fefilova, G. Guðbergsson, P. Liljaniemi, J.S. Ólafsson, S. Sandøy, C. Zimmerman, T. Christensen, P.

- Chambers, J. Heino, S. Hellsten, M. Kahlert, F. Keck, S. Laske, D. Chun Pong Lau, I. Lavoie, B. Levenstein, H. Mariash, K. Rühland, E. Saulnier- Talbot, A.K. Schartau, & M. Svenning. 2019. State of the Arctic Freshwater Biodiversity. Conservation of Arctic Flora and Fauna International Secretariat, Akureyri, Iceland. ISBN 978-9935-431-77-6. 120 bls.
- Marianne Jensdóttir Fjeld, Þóra K. Hrafnisdóttir & Haraldur Rafn Ingvason 2016. Vistgerðir í ferskvatni. Í Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir, ritstj. Vistgerðir á Íslandi, bls. 17–169. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54. Garðabær, Náttúrufræðistofnun Íslands. 299 bls.
- Ólafur Arnalds 2015. The soils of Iceland. World Soils Book Series (Hartemink ritstj.). Springer ISSN 2211-1263. 183 bls.
- Páhlsson L. (ritstj.) 1994. Vegetationstyper i Norden. TemaNord 1994:665. Norræna Ráðherranefndin. ISBN 92 9120 593 1.
- Penning, W.E., Mjelde, M., Dudley, B., Hellsten, S., Hanganu, J., Kolada, A., Van Den Berg, M., Poikane, S., Phillips, G., Willby, N. & Ecke, F. (2008). Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes. *Aquatic ecology*, 42(2), 237-251.
- Pétur M. Jónasson (ritstj.) 1979. Ecology of eutrophic, subarctic Lake Mývatn and the River Laxá. *Oikos* 32. 1-308.
- Pétur M. Jónasson (ritstj.) 1992. Ecology of oligotrophic, subarctic Thingvallavatn. *Oikos* 64:1-437.
- Poikane, S. (ritstj.) 2014. JRC Technical Reports. Water Framework Directive intercalibration technical report. Northern Lake Macrophyte ecological assessment methods. European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability. Report EUR 26513 EN. ISBN 978-92-79-35470-0.
- Poikane S., Johnson R.K., Sandin L., Schartau A.K., Solimini A.G., Urbanič G., Arbačiauskas K., Aroviita J., Gabriels W., Miler O., Pusch M.T., Timm H. & Böhmer J. 2016. Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: A review of methods, intercalibration and practical recommendations. *Science of The Total Environment* 543 (Part A). 123-134.
- Reglugerð 535/2011. Útg. Stjórnartíðindi 31. maí 2011.
- River Basin Management Plan 2016. 2nd RBMP. Surface water bodies: Quality elements with known status. Sótt 22. ágúst 2019 af:
https://tableau.discomap.eea.europa.eu/t/Wateronline/views/WISE_SOW_QualityElement/SWB_QEGroup_QE_Europe?iframeSizedToWindow=true&:embed=y&:showAppBanner=false&:display_count=no&:showVizHome=no
- Ruse, L.E. 2013. Chironomid (Diptera) specie records from UK lakes as pupal exuviae. *Journal of Entomological and Acrological Research* 45(e13). 69-72.
- Sigríður Magnea Óskarsdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Stefanía Guðrún Halldórsdóttir & Guðrún Gísladóttir 2011. Spatial distribution of dissolved constituents in Icelandic river waters. *Journal of hydrology* 397(3-4). 175-190 bls.
- Steindór Steindórsson 1964. Gróður á Íslandi. Almenna bókafélagið, Reykjavík. 186 bls.
- Stjórn Vatnamála, lög nr. 36/2011
- Trofi Index 2019. <http://www.wiser.eu/results/method-database/detail.php?id=283>. Sótt á vef 27/5/2019
- Vatnatilskipun Evrópu 2000/60/EB. Í Stjórnartíðindi EB 22.12.2000. 72 bls.
- Vehanen T., Sutela T. & Korhonen H. 2010. Environmental assessment of boreal rivers using fish data – a contribution to water framework directive. *Fisheries Management and Ecology* 17. 165-175.

- Veiðimálastofnun 2016. Veiðimálastofnun. Starfsemi og framtíðarsýn. VMST/16015. 74 bls.
- Verdonschot, P.F.M. 2006. Data composition and taxonomic resolution in macroinvertebrate stream typology. *Hydrobiologia* 566. 59–74.
- WFD CIS 2003a. Guidance document nr. 3. Analysis of Pressures and Impacts, European Communities. ISBN 92-894-5123-8. 148 bls.
- WFD CIS 2003b. Guidance document nr. 10. River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems. ISBN 92-894-5614-0. 87 bls.
- WFD CIS 2009. Guidance document nr. 19. Surface water chemical monitoring. ISBN 978-92-79-11297-3. 16 bls.
- WFD-UKTAG (United Kingdom Technical Advisory Group 2007. Proposed EQS for Wtare Framework Directive Annex VIII substances: Iron (total dissolved). ISBN: 978-1-84432-660-0. 65 bls.
- WFD-UKTAG (Water Framework Directive – United Kingdom Advisory Group) 2014a. UKTAG Lake Assessment Method Phytoplankton. Phytoplankton Lake Assessment Tool with Uncertainty Module (PLUTO). ISBN: 978-1-906934-47-7. 50 bls.
- WFD-UKTAG (United Kingdom Technical Advisory Group) 2014b. UKTAG lake assessment method: Macrophytes and phytobenthos. Macrophytes (Lake LEAFPACS2). ISBN: 978-1-906934-45-3. 28 bls.
- Wilson R. S. & P. L. Bright 1973. The use of chironomid pupal exuviae for characterizing streams. *Freshwater Biology*, 3(3). 283-302.
- Wilson R. S. & 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.
- Þórólfur Antonsson, Leó A. Guðmundsson, Ingi Rúnar Jónsson & Guðmunda Björg Þórðardóttir 2014. Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í straumvötnum. Skýrsla Veiðimálastofnunar, VMST/14007. 25 bls.