

Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi

Skýrsla til Umhverfisstofnunar
Desember 2020



Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi

Eydís Salome Eiríksdóttir, Hafrannsóknastofnun
Sunna Björk Ragnarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands
Gerður Stefánsdóttir, Veðurstofu Íslands
Agnes-Katharina Kreiling, Hafrannsóknastofnun
Fjóla Rut Svavarsdóttir, Hafrannsóknastofnun
Jón S. Ólafsson, Hafrannsóknastofnun
Svava Björk Þorláksdóttir, Veðurstofu Íslands

Lykilsíða

Skýrsla nr.	Dags.	ISSN	Opin <input checked="" type="checkbox"/>	Lokuð <input type="checkbox"/>
VÍ 2020-009	Desember 2020	1670-8261		
HV 2020-42				
NÍ-20010				

Titill: Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi

Höfundar: Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Agnes-Katharina Kreiling, Fjóla Rut Svavarsdóttir, Jón S. Ólafsson og Svava Björk Þorláksdóttir

Verkefnisstjórar: Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir og Gerður Stefánsdóttir

Unnið fyrir: Umhverfisstofnun

Ágrip:

Í samræmi við samninga fagstofnana við Umhverfisstofnun frá 2018 er í þessari skýrslu gerð grein fyrir vistfræðilegum viðmiðum sem hægt er að nota við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi eins og kveðið er á um í lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011. Hér eru lögð fram viðmið þriggja ástandsflokka fyrir straum- og stöðuvötn sem lýsa *mjög góðu*, *góðu* og *ekki viðunandi* ástandi. Lögð var áhersla á að útbúa viðmið fyrir alla líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðapætti í straum- og stöðuvötnum sem Umhverfisstofnun hefur tekið ákvörðun um að nota við ástandsflokkun í fyrsta vatnahring, 2022 til 2027. Í flestum tilfellum byggja viðmiðin fyrir flokkinn *mjög gott* og *gott ástand* á gögnum um viðkomandi gæðapætti. Viðmið fyrir flokkinn *ekki viðunandi ástand* eru að mestu leyti byggð á sérfræðipækkingu sem í einhverjum tilvikum eru studd gögnum úr vatnshlotum sem eru undir álagi af mannavöldum. Auk þess var stuðst við ástandsflokkunarkerfi Norðmanna frá 2018. Hér er um að ræða fyrstu nálgun á uppbyggingu ástandsflokkunarkerfis til að nota við mat á vistfræðilegu ástandi straum- og stöðuvatna á Íslandi. Mikilvægt er að endurskoða þau viðmið sem hér eru sett fram þegar meira safnast af gögnum um þá gæðapætti sem um ræðir og reynsla kemst á þau ástandsviðmið sem hér eru sett fram.

Lykilorð:

Stjórn vatnamála, vatnatilskipun, vistfræðileg ástandsflokkun, vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR), viðmiðunargildi, gæðapættir, umhverfisvísar, líffræðileg ástandsviðmið, eðlisefnafræðileg ástandsviðmið, líffræðilegur fjölbreytileiki

Undirskrift f.h. HV: *Guðni Guðbergsson*

Undirskrift f.h. NÍ: *Doveill L. Þórisson*

Undirskrift f.h. VÍ:

Jorunn Haukdóttir

Efnisyfirlit

1 Inngangur.....	9
1.1 Vistfræðileg ástandsflokkun yfirborðsvatns	11
1.1.1 Efnafræðilegt ástand.....	14
1.2 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR).....	15
1.3 Niðurstaða mats á öllum gæðapáttum.....	16
1.4 Mikilvægi millikvörðunar á gæðapáttum.....	16
2 Líffræðilegt ástand straumvatna	18
2.1 Blaðgræna a	18
2.1.1 Inngangur	18
2.1.2 Vöktun og aðferðafræði	19
2.1.3 Ástandsviðmið	19
2.2 Hryggleysingar	22
2.2.1 Inngangur	22
2.2.2 Vöktun og aðferðafræði	22
2.2.3 Ástandsviðmið	23
3 Líffræðilegt ástand í stöðuvötnum.....	30
3.1 Blaðgræna a	30
3.1.1 Inngangur	30
3.1.2 Vöktun og aðferðafræði	31
3.1.3 Ástandsviðmið	31
3.2 Vatnaplöntur í stöðuvötnum	34
3.2.1 Inngangur	34
3.2.2 Vöktun og aðferðafræði	34
3.2.3 Ástandsviðmið	35
3.3 Hryggleysingar í stöðuvötnum.....	39
3.3.1 Inngangur	39
3.3.2 Vöktun og aðferðafræði	40
3.3.3 Ástandsviðmið	40
4 Eðlisefnafræðilegt ástand í straum- og stöðuvötnum	50
4.1 Inngangur.....	50
4.2 Vöktun og aðferðafræði	51
4.2.1 Næringarefni	51
4.2.2 Súrnunarástand og leiðni.....	52
4.2.3 Súrefnisástand	52
4.2.4 Sjónkýpi	52

4.3 Ástandsviðmið.....	53
4.3.1 Næringarefni í straumvötnum	54
4.3.2 Næringarefni í stöðuvötnum.....	61
4.3.3 Súrnunarástand, basavirkni, leiðni, súrefnisásand og sjóndýpi.....	68
5 Lokaorð	83
Þakkarorð	83
Heimildir	84
Viðauki I	88
Viðauki II	89
Viðauki III.....	90
Viðauki IV	91
Viðauki V	92
Viðauki VI	93

Myndaskrá

Mynd 1. Flokkunarlykill sem sýnir ferli við vistfræðilega ástandsflokkun	12
Mynd 2. Samband vistfræðilegs- og efnafræðilegs ástands vatnshlota.	15
Mynd 3. Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)	16
Mynd 4. Möguleg aðferð við mat á vistfræðilegu gæðahlutfalli fyrir stöðuvatnshlot	17
Mynd 5. Meðalstyrkur blaðgrænu a í óröskuðum straumvötnum	21
Mynd 6. Tegundaaúði hryggleysingja í óröskuðum straumvötnum	27
Mynd 7. Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja í óröskuðum straumvötnum	28
Mynd 8. Shannon jafndreifing hryggleysingja í óröskuðum straumvötnum	29
Mynd 9. Meðalstyrkur blaðgrænu a í óröskuðum stöðuvötnum á láglandi	33
Mynd 10. Dreifing TIC gilda, sem er matsþáttur á vatnablöndum í stöðuvötnum	38
Mynd 11. Tegundaaúði hryggleysingja í stöðuvötnum.....	46
Mynd 12. Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja í stöðuvötnum	47
Mynd 13. Shannon jafndreifing hryggleysingja í stöðuvötnum.....	48
Mynd 14. Sýrþolsstuðull hryggleysingja (LAMI) í stöðuvötnum	49
Mynd 15. Meðalstyrkur PO ₄ í óröskuðum straumvötnum	56
Mynd 16. Meðalstyrkur NO ₃ í straumvötnum	58
Mynd 17. Meðalstyrkur NH ₄ í óröskuðum straumvötnum	60
Mynd 18. Meðalstyrkur PO ₄ í stöðuvötnum	63
Mynd 19. Meðalstyrkur nítrats (NO ₃) í stöðuvötnum.....	65
Mynd 20. Meðalstyrkur ammóníums (NH ₄) í stöðuvötnum	67
Mynd 21. Meðalgildi pH í óröskuðum straumvötnum.....	72
Mynd 22. Meðalgildi pH í stöðuvötnum.....	73
Mynd 23. Meðaltal mælinga á basavirkni í óröskuðum straumvötnum.....	76
Mynd 24. Mælingar á basavirkni í stöðuvötnum	77
Mynd 25. Meðalgildi rafleiðni í óröskuðum straumvötnum.....	80
Mynd 26. Meðalgildi rafleiðni í stöðuvötnum	81

Töfluskra

Tafla 1. Samantekt á skýrslum og greinargerðum	10
Tafla 2. Gæðabættir sem Umhverfisstofnun hefur samþykkt.....	11
Tafla 3. Almenn samræmd skilgreining á flokkun vistfræðilegs ástands.....	13
Tafla 4. Almenn skilgreining á ástandi yfirborðsvatns m.t.t. til efnafræðilegs ástands.....	14
Tafla 5. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir botngróður í straumvötnum	18
Tafla 6. Mörk ástandsflokka fyrir blaðgrænu a á botni árfarvega	20
Tafla 7. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir hryggleysingja í straumvötnum	22
Tafla 8. Yfirlit yfir tölulegar greiningar til flokkunar á hryggleysingjum straumvötnum.....	25
Tafla 9 a-c. Reiknaðir matsþættir, viðmiðunargildi og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir hryggleysingja í straumvötnum	26
Tafla 10. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir plöntusvif í stöðuvötnum	30
Tafla 11. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir blaðgrænu a í stöðuvötnum.....	32
Tafla 12. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir vatnablöntur í stöðuvötnum	34
Tafla 13. Samantekt á gögnum úr Natura Ísland verkefninu um styrk fosfórs.....	35
Tafla 14. Tölfræðilegar upplýsingar fyrir TIC matsþáttinn fyrir stöðuvatnagerðir á láglendi. 36	
Tafla 15. Viðmiðunargildi og mörk ástandsflokka fyrir vatnablöntur í stöðuvötnum.....	37
Tafla 16. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir hryggleysingja í stöðuvötnum	40
Tafla 17. Yfirlit yfir tölulegar greiningar til flokkunar á hryggleysingjum í stöðuvötnum.....	43
Tafla 18 a-d. Reiknaðir matsþættir, viðmiðunargildi og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir hryggleysingja í stöðuvötnum.....	44
Tafla 19. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir eðlisefnafræðilega þætti í straum- og stöðuvötnum	51
Tafla 20. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir PO ₄ í straumvötnum	55
Tafla 21. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir NO ₃ í straumvötnum	57
Tafla 22. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir NH ₄ í straumvötnum	59
Tafla 23. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir PO ₄ í stöðuvötnum	62
Tafla 24. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir nítrat (NO ₃) í stöðuvötnum.....	64
Tafla 25. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir ammóníum (NH ₄) í stöðuvötnum	66
Tafla 26. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir hámarksgildi pH í straumvötnum	69
Tafla 27. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir hámarksgildi pH í stöðuvötnum	69
Tafla 28. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir pH lækkun í straumvötnum	71

Tafla 29. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir pH lækkun í stöðuvötnum.....	71
Tafla 30. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir basavirkni í straumvötnum	75
Tafla 31. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir basavirkni í stöðuvötnum.....	75
Tafla 32. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir rafleiðni í straumvötnum	79
Tafla 33. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir rafleiðni í stöðuvötnum.....	79
Tafla 34. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir súrefnisástand í straum- og stöðuvötnum á Íslandi.....	82
Tafla 35. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir sjóndýpi í djúpum stöðuvötnum.....	82

1 Inngangur

Í samræmi við rammatilskipun Evrópusambandsins um verndun vatns (Directive, 2000/60/EC) 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.

Í lok árs 2018 gerði Umhverfisstofnun samninga við Hafrannsóknastofnun, Náttúrufræðistofnun Íslands og Veðurstofu Íslands um vinnu að verkefnum er varða stjórn vatnamála á árunum 2018–2020. Fagstofnanirnar hafa nú þegar gefið út eftirfarandi skýrslur og greinargerðir (Tafla 1) í samræmi við samningana.

Í skýrslunum er m.a. lögð til gerðagreining yfirborðsvatns, lagðar fram tillögur að gæðapáttum vegna vistfræðilegs ástands og aðferðarfræðilegar nálganir auk álagsgreiningar.

Jafnframt hafa fagstofnanirnar komið að ýmsum öðrum verkefnum, s.s. grunnvinnu við skilgreiningu á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020), tekið þátt í vinnu ráðgjafanefnda fagstofnana og eftirlitsaðila og veitt Umhverfisstofnun margþætta faglega ráðgjöf vegna vinnu við stjórn vatnamála.

Eitt af markmiðum reglugerðar nr. 535/2011 er að meta vistfræðilegt ástand vatnshlota til að tryggja gott ástand þeirra. Ástand yfirborðsvatnshlota skal ákvarðað með því að skilgreina og afmarka líffræðilega, eðlisefnafræðilega og vatnsformfræðilega gæðapætti sem endurspeglar vistfræðilegt ástand ferskvatns.

Samkvæmt ofangreindum samningum skulu stofnanirnar skila tillögu að vistfræðilegu ástandsflokkunarkerfi stöðu- og straumvatna sem unnið er samkvæmt reglugerð nr. 535/2011 og byggir á þeim gæðapáttum sem nota á samkvæmt ákvörðun Umhverfisstofnunar frá 9. desember 2019. Í samningunum er tekið fram að fyrst skuli finna mörk milli góðs ástands og ekki viðunandi ástands og í framhaldi af því mörk milli mjög góðs ástands og góðs ástands. Þar kemur einnig fram að þar sem ekki eru fullnægjandi gögn fyrir hendi megi beita sérfræðipækkingu við ákvörðun marka.

Umhverfisstofnun hefur tekið ákvörðun um að vakta 13 gæðapætti í straumvötnum og 14 í stöðuvötnum til þess að vakta vistfræðilegt ástand ferskvatns (Tafla 2). Ákvörðunin er byggð á skýrslu fagstofnanna þar sem fram koma tillögur um gæðapætti (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019b). Flestir framlagðir gæðapættir voru samþykktir en t.d. var vöktun fiska undanskilin í fyrsta vatnahring þ.e. 2022–2028. Þá þegar hafði komið fram í samningunum að bíða ætti með vöktun vatnsformfræðilega gæðapátta í fyrsta vatnahring.

Í kjölfar þeirrar ákvörðunar var gerð greinagóð lýsing á eiginleikum hinna mismunandi vatnagerða, bæði almenn lýsing en þó einnig með tilliti til gæðapátta þar sem gögn eru fyrirliggjandi (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Sú skýrsla liggur til grundvallar þeirri vinnu sem kynnt er í þessari skýrslu sem fjallar um viðmiðunargildi (e. reference values) gæðapátta í vatnagerðum straum- og stöðuvatna og mörk á milli ástandsflokkanna *mjög góðs ástands*, *góðs ástands* og *ekki viðunandi ástands*. Það er grundvöllur þess að hægt verði að skera úr um

Tafla 1. Samantekt á skýrslum og greinargerðum sem fagstofnanir hafa unnið samkvæmt samningum við Umhverfisstofnun vegna vinnu við stjórn vatnamála.

Heiti skýrslu	Heimild
Tillögur að grunnvatnshlotum sem kunna að vera undir marktæku álagi vegna vatnstöku og/eða endurnýjunar af mannavöldum	Davíð Egilson o.fl. 2020
Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi	Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020
Vöktun strandsjávar samkvæmt lögum um stjórn vatnamála. Tillögur að vatnshlotum til vöktunar	Eydís Salome Eiríksdóttir & Sólveig Rósa Ólafsdóttir 2020
Tillögur að straumvatnshlotum sem endurspeglja mjög gott vistfræðilegt ástand	Gerður Stefánsdóttir o.fl. 2020a
Tillögur að stöðuvatnshlotum sem endurspeglja mjög gott vistfræðilegt ástand	Gerður Stefánsdóttir o.fl. 2020b
Eiginleiki grunnvatnshlota undir efnaálagi	Gerður Stefánsdóttir o.fl. 2020bc
Tillaga að gerðarskiptingu árósa og sjávarlóna á Íslandi	Agnes Eydal o.fl. 2019a
Skilgreining á gerðum vatnshlota í strandsjó við Ísland	Agnes Eydal o.fl. 2019b
Flokkun strandsjávar í vatnshlot	Agnes Eydal o.fl. 2019c
Magnstaða grunnvatns. Tillaga um aðferðafræðilega nálgun	Davíð Egilson o.fl. 2019
Endurskoðun á gerðargreiningu straum- og stöðuvatnshlota	Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019a
Tillögur að líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðapáttum til ástands-flokkunar straum- og stöðuvatna á Íslandi	Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019b
Endurskoðun á skiptingu strandsjávar í vatnshlot	Sólveig Rósa Ólafsdóttir 2019
Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarhlota	Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl. 2019
Möguleg mengun vatns vegna landbúnaðar; helstu álagspættir og mat á gögnum	Sunna Björk Ragnarsdóttir o.fl. 2019

vistfræðilegt ástand ferskvatns. Við ákvörðun viðmiðunarmarkna má beita sérfræðipækkingu þar sem fullnægjandi gögn eru ekki fyrir hendi. Unnið er samkvæmt reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun. Jafnframt er stuðst við viðeigandi leiðbeiningarskjöl Vatnatilskipunar Evrópusambandsins¹ (e. Common Implementation Strategies (CIS)), auk annarra leiðbeiningarskjala sem eiga við.

¹ https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/guidance_docs_en.htm

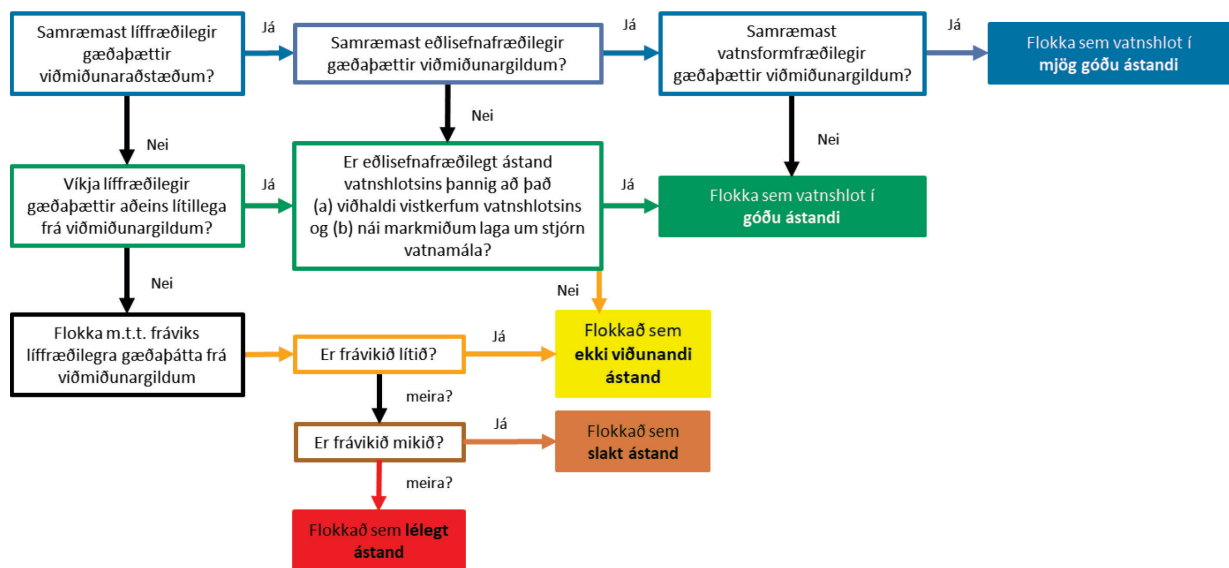
Tafla 2. Gæðapættir sem Umhverfisstofnun hefur samþykkt til ástandsflokkunar vatnshlota skv. bréfi Umhverfisstofnunar til fagstofnana frá 9.12.2019.

	Straumvötn	Stöðuvötn
Líffræði	Botnbörungar Lífmassi (bláðgræna α á steinum)	Svifbörungar Lífmassi (bláðgræna α)
	Botnhryggleysingar Tegundasamsetning Tegundafjölbreytileiki Fjöldi	Vatnablöndur Tegundasamsetning
Eðlisefnafræði	Súrnunarástand Sýrustig (pH) Basavirkni	Súrnunarástand Sýrustig (pH) Basavirkni
	Leiðni	Leiðni
	Næringarefnaástand að vetri NO ₃ NH ₄ Total-N PO ₄ Total-P	Sjóndýpi Næringarefnaástand að vetri NO ₃ NH ₄ Total-N PO ₄ Total-P
	Súrefnisástand O ₂	Súrefnisástand O ₂

1.1 Vistfræðileg ástandsflokkun yfirborðsvatns

Skýrsla þessi fjallar um ástandsflokkunarkerfi fyrir mismunandi gerðir yfirborðsvatns á landi þ.e. straum- og stöðuvatna. Straumvötnum er skipt í átta vatnagerðir en stöðuvötnum er skipt í sjö vatnagerðir og er eiginleikum hvorrar vatnagerðar lýst í töflum í viðauka I. Í köflunum hér á eftir verður fjallað um líffræðileg og eðlisefnafræðileg ástandsflokkunarkerfi mismunandi gerða straum- og stöðuvatna.

Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 og reglugerð 535/2011 skal flokka yfirborðsvatn eftir vistfræðilegu ástandi þess í fimm flokka; *mjög gott*, *gott*, *ekki viðunandi*, *slakt* og *lélegt ástand*. Markmið laganna er að ástand vatns sé að lágmarki gott. Ef ástand vatnsins er lakara en gott þarf að gera aðgerðaráætlun til að bæta ástand þess þannig að það nái góðu ástandi. Undanskilin frá þessari reglu eru vatnshlot sem verða skilgreind sem manngerð og mikið breytt, en það eru vatnshlot þar sem ekki er talið raunhæft að upphefja það álag sem er til staðar t.d. vegna samfélagslegra áhrifa af slíku (Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020). Vinna þarf að því að koma slíkum vatnshlotum í sem best ástand, svokallað gott vistmegin. Í ljósi þess að ekki er búið að skilgreina manngerð og mikið breytt vatnshlot mun sú úrvinnsla koma til síðar.



Mynd 1. Flokkunarlykill sem sýnir ferli við vistfræðilega ástandsflokkun með myndrænum hætti eins og gert er ráð fyrir í Vatnatilskipun (WFD CIS, 2003). Í fyrsta vatnahring skal nota líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðabætti við ástandsflokkun en skilgreining á vatnsformfræðilegum gæðabáttum hefur ekki enn farið fram.

Flokkun á vistfræðilegu ástandi vatnshlota byggir á tölulegum upplýsingum um náttúrulegt ástand þeirra með tilliti til þeirra líffræðilegu- og eðlisefnafræðilegu gæðabátta sem nota skal við matið (Tafla 2). Tillögur að viðmiðunargildum byggja á þeim upplýsingum sem nú eru fyrirhagðandi. Ljóst er að fyrir sumar vatnagerðir er ekki til mikið af gögnum sem er augljós veikleiki við þessa vinnu. Nauðsynlegt er að endurmeta gildin eftir því sem gagnöflun vegna verkefnisins vindur fram. Á þessum fyrstu stigum verkefnisins er sérstaklega mikilvægt að hafa gögn úr óröskuðum vatnshlotum úr hverri af hinum mismunandi vatnagerðum til þess að geta skilgreint og afmarkað eðlilegan náttúrulegan breytileika innan hvers gæðabátta. Listi yfir vatnshlot sem notuð voru við setningu viðmiðunargilda fyrir líffræðilega og vatnsformfræðilega gæðabætti er að finna í viðauka VI.

Gögnin eru notuð til að skilgreina svokallað viðmiðunargildi (e. reference value) en það er tölugildi sem endurspeglar ástand í óröskuðum (náttúrulegum) vatnshlotum. Viðmiðunargildi gæðabátta gegna lykilhlutverki við ástandsflokkun vatnshlota en þau eru notuð sem viðmið fyrir niðurstöður vöktunar á viðkomandi gæðabáttum. Út frá þeim samanburði er hægt að meta hvort niðurstöður vöktunar ákveðins vatnshlots séu sambærilegar við viðmiðunarástand viðeigandi vatnagerðar eða ekki. Ef svo er ekki getur það bent til þess að vatnshlotið sé undir álagi af mannavöldum sem hefur neikvæð áhrif á lífríki og/eða á eðlisefnafræðilegt ástand.

Mest er til af gögnum úr óröskuðum vatnshlotum á láglandi en lítið er til af gögnum úr vatnshlotum á hálandi og jökulvatni. Auk þess er lítið til af gögnum úr vatnshlotum sem eru undir álagi af mannavöldum. Í þeim vatnagerðum þar sem gögn eru nægjanleg er hægt að skilgreina viðmiðunarástæður (náttúrulegt ástand) og ástandsflokkana *mjög gott* og *gott ástand*. Í þeim vatnagerðum þar sem gögn eru takmörkuð eða jafnvel ekki til staðar er nauðsynlegt að nota sérfræðimat. Sérfræðimati er því beitt í mismiklum mæli eftir gæðabáttum og vatnagerðum en mörk á milli flokkanna *gott* og *ekki viðunandi ástand* í fyrrnefndum vatnagerðum eru að mestu byggð á sérfræðimati en með stuðningi af þeim gögnum sem til eru auk upplýsinga frá nágrannalöndum okkar. Þessi staða krefst þess að viðmið verði endurmetin eftir því sem frekari gögn safnast.

Tafla 3. Almenn samræmd skilgreining á flokkun vistfræðilegs ástands þriggja ástandsflokkanna sem vinna skal með í fyrsta vatnahring fyrir ár, stöðuvötn, árósarvatn og strandsjó (III. viðauki reglugerðar 535/2011, liður 1.2).

Mjög gott Ástand	Engar eða mjög óverulegar breytingar af mannavöldum hafa orðið á gildum eðlisefnafræðilegra og vatnsformfræðilegra gæðapátta viðkomandi gerðar yfirborðsvatnshlots miðað við það sem vænta mætti við óröskuð skilyrði. Gildi fyrir líffræðilega gæðapætti yfirborðsvatnshlotsins endurspeglar það sem alla jafna mætti vænta við óröskuð skilyrði og engar eða mjög óverulegar vísbendingar um röskun koma fram. Þetta eru viðmiðunaraðstæður fyrir vistfræðilegt ástand einstakra gerða vatnshlota.
Gott ástand	Gildi fyrir líffræðilega gæðapætti viðkomandi gerðar yfirborðsvatnshlotsins sýna litla röskun af mannavöldum en aðeins smávægileg frávik frá því sem alla jafna mætti búast við ef þessi gerð yfirborðsvatnshlots væri óröskuð.
Ekki viðunandi Ástand	Gildi fyrir líffræðilega gæðapætti viðkomandi gerðar yfirborðsvatnshlotsins sýna nokkur frávik frá því sem alla jafna mætti búast við ef þessi gerð vatnshlotsins væri óröskuð. Gildin sýna nokkra röskun af mannavöldum og umtalsvert meiri en þar sem ástand er gott.

Flæðirit á mynd 1 sýnir ferli ástandsflokkunar eftir því hvort gæðapættir víkja frá eða standast sett viðmiðunargildi. Samkvæmt því þarf vatnshlot í fyrsta lagi að standast viðmið um líffræðilega gæðapætti, í öðru lagi að mæta kröfum um eðlisefnafræðilega- og loks vatnsformfræðilega gæðapætti (WFD CIS, 2003). Í þessum fyrstu skrefum innleiðingarinnar er áhersla lögð á að skilgreina viðmið fyrir líffræðilega- og eðlisefnafræðilega gæðapætti, samkvæmt ákvörðun Umhverfisstofnunar. Skilgreining á vatnsformfræðilegum gæðapáttum bíður seinni tíma.

Í töflu 3 er sett fram lýsing á vistfræðilegu ástandi í þremur bestu ástandsflokkum *mjög gott*, *gott* og *ekki viðunandi ástand* í samræmi við reglugerð nr. 535/2011. Í þessari skýrslu verða sett mörk á milli þessara flokka. Þau viðmið sem sett eru fram hér taka mið af náttúrulegu ástandi vatnshlota á Íslandi og eru því önnur en umhverfismörk og gæðakröfur sem sett eru fram í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999.

Viðmiðunaraðstæður og mörk á milli ástandsflokkanna fyrir hina ýmsu gæðapætti eru skilgreindar út frá gögnum sem til eru úr óröskuðum vatnshlotum auk sérfræðiþekkingar. Vatnshlotin sem byggt er á hafa ekki öll verið skilgreind sem viðmiðunaratnshlot skv. stjórn vatnamála en eru öll álitin vera óröskuð og endurspeglar náttúrulegt ástand. Það var talið nauðsynlegt til að endurspeglar landfræðilegan mun á milli vatnshlota eins vel og hægt er og til að skilgreina viðmiðunaraðstæður ekki of þröngt. Vonast er til að frekari gögn safnist úr þeim vatnshlotum sem vöktuð verða samkvæmt vöktunaráætlun 2022–2027 sem geti styrkt þá afmörkun á ástandsflokkum sem hér er lögð fram.

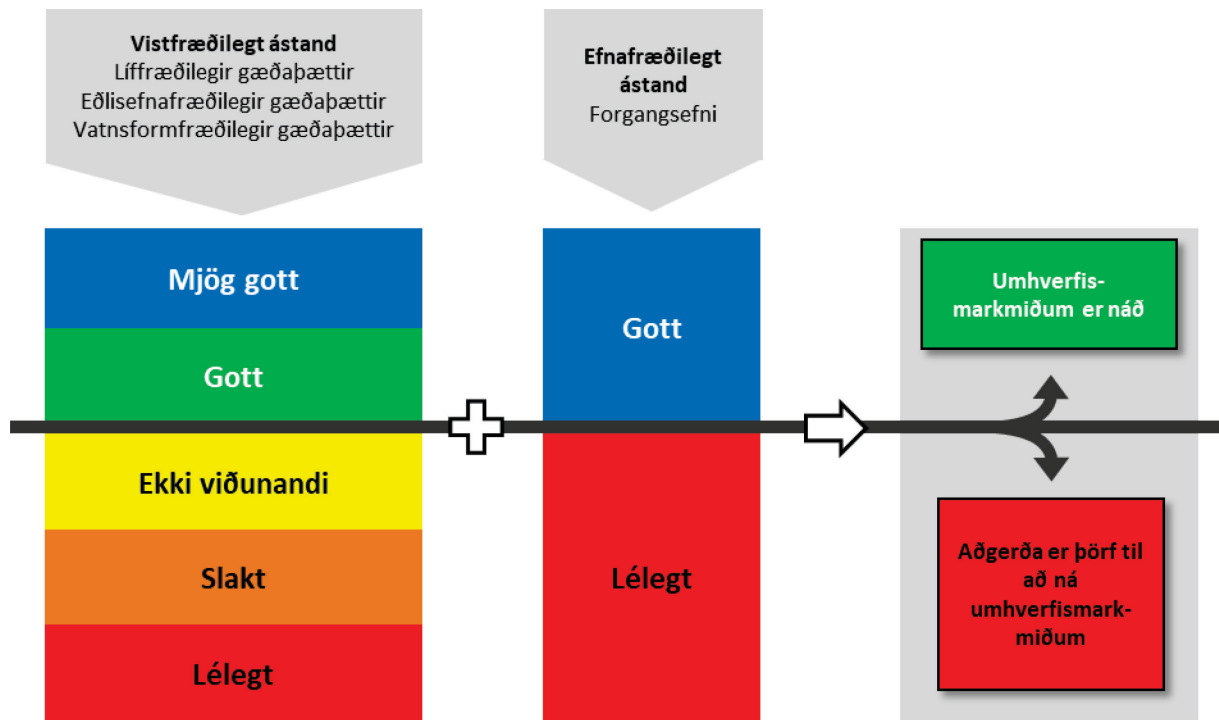
Tafla 4. Almenn skilgreining á ástandi yfirborðsvatns m.t.t. til efnafræðilegs ástands (reglugerð 535/2011; reglugerð 796/1999).

Gott ástand	Vatnshlot ná settum efnafræðilegum umhverfisgæðakröfum fyrir yfirborðsvatn, þ.e.a.s. styrkur mengunarvalda (forgangsefna) er ekki meiri en leyfilegt er samkvæmt umhverfisgæðakröfum.
Lélegt ástand	Styrkur mengunarvalda (forgangsefna) fer yfir leyfileg mörk sem skilgreind eru í reglugerð 796/1999, 4. breyting.

1.1.1 Efnafræðilegt ástand

Auk þess að krafan sé sú að vatn ná góðu vistfræðilegu ástandi miðað við líffræðilega, eðlis-efnafræðilega og vatnsformfræðilega þætti þarf vatn jafnframt að uppfylla skilyrði hvað varðar efnafræðilegt ástand. Í samhengi stjórnar vatnamála varðar efnafræðilegt ástand styrk mengandi efna, þungmálma og forgangsefna (Tafla 4). Listi yfir forgangsefni eru í reglugerð 535/2011 (4. breyting) og styrkmörk þeirra eru gefin upp í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 (4. breyting). Alls eru forgangsefni/efnahópar 45 talsins og þar af eru 21 þeirra skilgreind sem hættuleg forgangsefni. Vatnshlot þurfa því í þessum fyrsta vatnaring bæði að vera í a.m.k. góðu vistfræðilegu ástandi (m.t.t. líffræðilegra og eðlisefnafræðilegra gæðapátta) og í góðu efnafræðilegu ástandi (m.t.t. forgangsefna) til að ná markmiðum laga um stjórn vatnamála um gott ástand. Fari styrkur forgangsefnis yfir skilgreind mörk þá nær vatnshlotið ekki markmiði laganna, þrátt fyrir að það nái góðu vistfræðilegu ástandi. Markmið laganna er sett fram á myndrænan hátt á mynd 2.

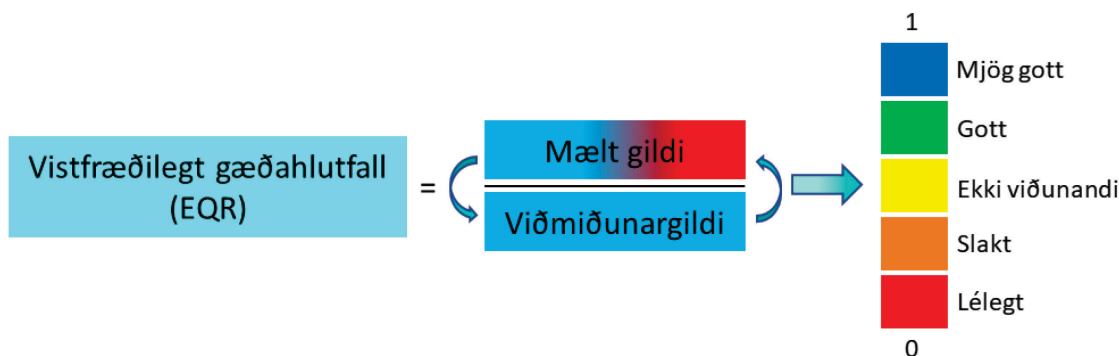
Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála skal fyrst leitast við að finna mörkin á milli ástands-flokkanna *góðs ástands* og *ekki viðunandi*, en fari ástand vatnshlots undir þau mörk er um talsverða röskun að ræða af mannavöldum og skal þá setja fram áætlun um aðgerðir, aðgerðar-vöktun eða rannsóknarvöktun vatnshlots.



Mynd 2. Samband vistfræðilegs- og efnafræðilegs ástands vatnshlota. Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 þarf allt vatn að ná a.m.k. góðu ástandi, þ.e. bæði góðu vistfræðilegu og efnafræðilegu ástandi. Náist það ekki þarf að fara í aðgerðir til að bæta ástand vatnsins. Mynd byggð á mynd 2.1 í Direktoratsgruppen Vanndirektivet (2018).

1.2 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)

Niðurstöður á ástandsflokkun vatns skal setja fram sem staðlað gildi, svokallað vistfræðilegt gæðahlutfall (e. Ecological quality ratio; EQR). Vistfræðilegt gæðahlutfall endurspeglar hlutfallið á milli mældra tölulegra gilda úr vöktun fyrir hvern gæðapátt og viðmiðunargildi viðkomandi gæðapáttar (Mynd 3). Vistfræðilegt gæðahlutfall skiptist í fimm vistfræðilega ástandsflokkka. Niðurstöður vöktunar á vistfræðilegu ástandi skal setja fram sem tölugildi á bilinu 0 til 1, þar sem 1 endurspeglar mjög gott (náttúrulegt) ástand og 0 endurspeglar versta ástand. Mikilvægt er að skilgreina mörkin á milli þessara fimm flokka þannig að þeir endurspegli raunverulegt ástand vatnshlota og nýtist til að draga fram þau vatnshlot sem ná ekki markmiði laga um stjórn vatnamála um gott ástand, þannig að hægt sé að bregðast við því með mótvægisáðgerðum.



Mynd 3. Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR). Niðurstöður vöktunar á vistfræðilegu ástandi skal setja fram sem tölugildi á bilinu 0 til 1, þar sem 1 endurspeglar mjög gott (náttúrulegt) ástand og 0 endurspeglar versta ástand. Mynd byggð á mynd 1.1 í van de Bund & Solimini (2007).

1.3 Niðurstaða mats á öllum gæðapáttum

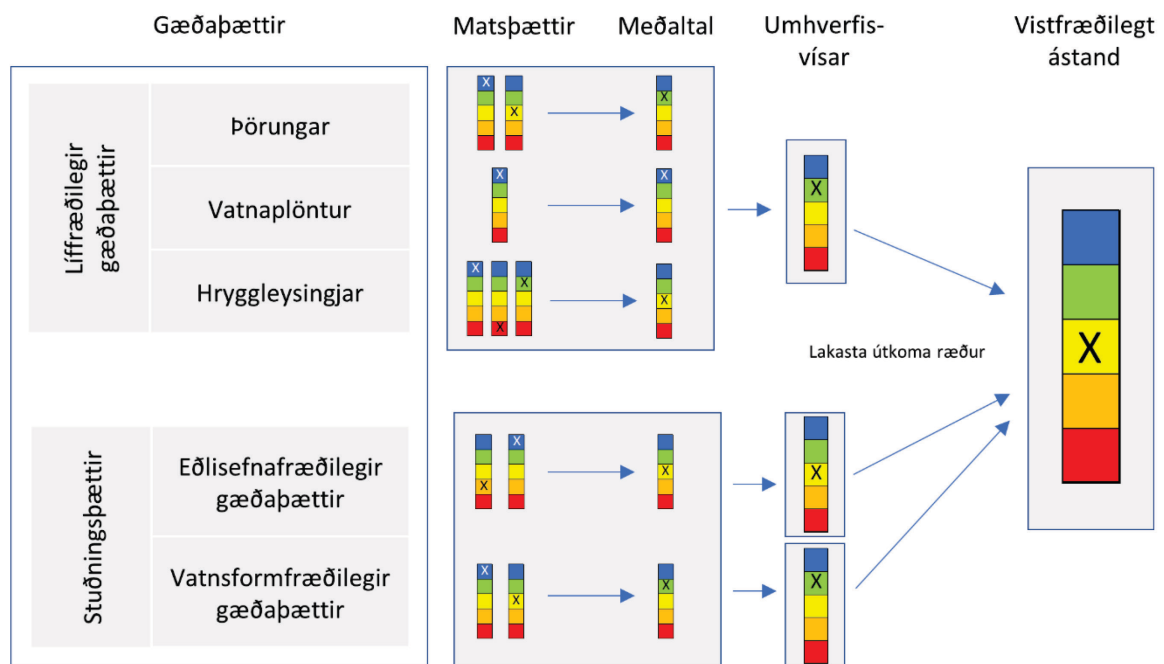
Hægt er að nota mismunandi aðferðir við útreikning á lokaniðurstöðu um vistfræðilegt ástand. Ákvörðun um hvernig matsþættir eru vegnir í lokaniðurstöðu á vistfræðilegu ástandi er ekki markmið þessarar skýrslu heldur er hér aðeins sett fram sem dæmi um slíkt (Mynd 4). Fyrir hverja vatnagerð þarf að reikna út meðaltal hvers matsþáttar viðkomandi gæðapáttar og síðan meðaltal fyrir hvern umhverfisvísi.

Eins og sést á mynd 4 byggja gæðapættirnir á einum eða fleiri matsþáttum, mismörgum eftir því um hvaða gæðapátt ræðir. Niðurstöður þeirra skal sameina t.d. með því að taka meðaltal af þeim fyrir hvern gæðapátt. Þá skal meta niðurstöður af eðlisefnafræðilegum gæðapáttum og sameina þá þætti í einn (Direktoratsgruppen Vanddirektivet, 2018). Samanteknar niðurstöður úr líffræðilegum-, eðlisefnafræðilegum og vatnsformfræðilegum gæðapáttum eru að lokum sameinaðar í vistfræðilegt ástand og þá ræður lakasta útkoman (e. *one out – all out*). Þetta þýðir að vatnshlot sem er í mjög góðu ástandi m.t.t. líffræðilegra gæðapátta getur fallið ef eðlisefnafræðilegir eða vatnsformfræðilegir gæðapættir ná ekki a.m.k. góðu ástandi. Það undirstrikar mikilvægi þess að viðmiðunaraðstæður og mörk á milli ástandsflökka séu vel skilgreind og byggi á umfangsmiklum upplýsingum um landfræðilegan og árstíðabundinn breytileika.

1.4 Mikilvægi millikvörðunar á gæðapáttum

Í viðauka V í Vatnatilskipun ESB (Directive 2000/60/EC) er kveðið á um að samræma þurfi vistfræðilega ástandsflökku milli aðildarríkja með svokallaðri millikvörðun (e. Intercalibration). Með því móti er hægt að leggja mat á samræmi ástandsflökkunar milli aðildarríkjanna. Ísland hefur ekki verið hluti af vinnu við millikvörðun fram til þessa en mun engu að síður geta nýtt sér þá vinnu sem millikvörðun líffræðilegra gæðapátta hefur skilað til að ákvarða mörk á milli vistfræðilegra ástandsflökka og samræma aðferðafræði hérlendis við önnur lönd.

Evrópu hefur verið skipt upp í fimm millikvörðunarhópa sem taldir eru hafa samanburðarhæf vistsvæði (Commission Decision 2005/646/EC). Innan þessara hópa eru skilgreindar millikvörðunargerðir (e. Intercalibration types) sem eiga að lýsa sambærilegu vistfræðilegu ástandi, sjá nánari umfjöllun í viðauka I í skýrslu um lýsingu á viðmiðunaraðstæðum vatnshlota (Eyðis Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Ísland fellur í hópinn N-GIG (e. Northern Geographical Intercalibration Group) með öðrum löndum á norðlægum slóðum.



Mynd 4. Möguleg aðferð við mat á vistfræðilegu gæðahlutfalli fyrir stöðuvatnshlot. Myndin er byggð á mynd 3.5 í Direktoratsgruppen Vandirektivet, 2018.

Í vinnu við innleiðingu vatnatilskipunar á Íslandi með lögum 36/2011 um stjórn vatnamála, hefur mikið verið horft til Noregs og þess sem þar hefur verið unnið varðandi málefnið. Vatnagerðir í Noregi eru vissulega frábrugðnar þeim íslensku en þó finnast þar sambærilegar vatnagerðir og hérlendis. Norsku vatnagerðirnar hafa sumar hverjar gengið í gegn um millikvörðun fyrir ákveðna gæðabætti og því er freistandi að nota niðurstöður úr þeim og yfirfæra á aðstæður á Íslandi. Við gerð þessarar skýrslu var því mikið horft til þess sem fram kemur í skýrslu Norðmanna um ástandsflökkun vatns í Noregi (Direktoratsgruppen Vandirektivet, 2018).

Eins og fram kemur í skýrslu fagstofnanna um viðmiðunaraðstæður í ferskvatnsgerðum falla allar vatnagerðir á Íslandi í fáar millikvörðunargerðir (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Straumvatnshlot á Íslandi falla öll í millikvörðunargerðirnar R-N1 og R-N5, en í þeim gerðum eru litlar ár á láglandi, kísilríkar, með miðlungs (R-N1) og litla (R-N5) basavirkni. Stöðuvatnshlot á Íslandi falla í millikvörðunargerðirnar L-N2a, L-N2b og L-N5. Vatnagerðir L-N2a/b eru kísilrík vötn á láglandi með litla basavirkni, L-N2a eru grunn vötn en L-N2b eru djúp. Vatnagerð L-N5 eru grunn vötn í 200–800 m h.y.s., tær og með litla basavirkni.

Ástæða er til að ætla að hægt sé að nota vistfræðileg gæðahlutföll (EQR) sem skilgreind hafa verið fyrir gæðabætti hjá nágrannaþjóðum okkar, sem hafa farið í gegn um millikvörðun, til að setja mörk á milli ástandsflökka í íslenskum straum- og stöðuvötnum. Í köflunum sem á eftir koma er það gert upp að vissu marki, þegar gögn úr íslenskum vatnshlotum eru takmörkuð. Þetta á sérstaklega við þar sem lítið er til af gögnum hérlendis úr vatnshlotum þar sem búast má við röskuðum aðstæðum vegna álags. Það eru því til mjög takmörkuð gögn á Íslandi sem hægt er að byggja á til að skilgreina mörk á milli ástandsflökka *gott ástand* og *ekki viðunandi ástands* og því er samburður við vistfræðileg gæðahlutföll nágrannaþjóða okkar besta mögulega aðferðafræðin til að nálgast þau mörk.

Tafla 5. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir botngróður í straumvötnum (III viðauki reglugerðar 535/2011, liður 1.2.1).

Mjög gott ástand	Tegundasamsetningin er algjörlega eða nánast eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður. Engar greinanlegar breytingar hafa orðið á meðalþéttleika botngróðurs.
Gott ástand	Smávægilegar breytingar eru á tegundasamsetningu og þéttleika botngróðurs miðað við viðmiðunar líffélög í einstökum gerðum vatnshlota. Slíkar breytingar benda ekki til aukins vaxtar botngróðurs eða æðri plantna sem leiða til óæskilegrar truflunar á jafnvægi lífvera í vatnshlotinu eða á eðlislefnafræðilegum gæðum vatnsins.
Ekki viðunandi ástand	Tegundasamsetning botngróðurs er nokkuð frábrugðin því sem gerist í líffélögum í einstökum gerðum vatnshlota og sýnir umtalsvert meiri röskun en þar sem ástand er gott. Nokkrar breytingar á meðalþéttleika botngróðurs eru augljósar. Bakteríubrúskar og -skánir, sem eru tilkomin vegna starfsemi manna, kunna að hafa haft áhrif á líffélög botngróðurs og á sumum stöðum komið í stað þeirra.

2 Líffræðilegt ástand straumvatna

Gæðapættir sem fjallað er um hér eru hluti af þeim líffræðilegu gæðapáttum í straumvötnum sem nota skal við ástandsflokkun straumvatna samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (6. grein í reglugerð 535/2011). Umhverfisstofnun samþykkti með bréfi, dags. 9. desember 2019, tillögur fagstofnanna um að nota skuli magn blaðgrænu a á botni árfarvega og tegundasamsetningu og fjölbreytni hryggleysingja sem líffræðilega gæðapætti til að meta vistfræðilegt ástand straumvatna í fyrsta vatnahring stjórnar vatnamála (Tafla 2).

2.1 Blaðgræna a

2.1.1 Inngangur

Botnþörungur eru allir þeir þörungur sem vaxa á eða við botninn í straum- eða stöðuvötnum. Þeir eru fjölbreyttur hópur lífvera af mörgum gerðum s.s. kísilþörungur og grænþörungur, auk þess sem blábakteríur eru teknar með sem hluti af þessum lífveruhópi. Botnþörungur vaxa best við ákveðin kjörskilyrði sem eru einkennandi og oft mismunandi fyrir hverja tegund. Lífmassi botnþörungum og tegundasamsetning þeirra í vatni getur verið góður mælikvarði á vatnsgæði, t.d. getur aukinn lífmassi þeirra á botni árfarvega verið vísbending um aukna ákomu lífræns efnis eða næringarefnaákomu. Enn sem komið er hefur ekki verið gert flokkunarkerfi sem byggt er á tegundasamsetningu eða lífrúmmáli smásærra þörungum hér á landi en unnið er að slíkri flokkun. Hins vegar eru fyrirbyggjandi mælingar á magni blaðgrænu a á steinum í árfarvegum sem er óbeinn mælikvarði á lífrúmmál þörungum á árbotni. Almenn skilgreining á ástandsflokkun fyrir botngróður í straumvötnum er sett fram í reglugerð 535/2011 (Tafla 5).

2.1.2 Vöktun og aðferðafræði

Mæling blaðgrænu a skal gerð samkvæmt alþjóðlegum staðli, ISO 10260, sem lýsir ljós-gleypnimælingu á blaðgrænu a. Sýnum skal safnað yfir sumartímamann (júní til september) í straumvötnum á Íslandi. Hefðbundin sýnataka miðar að því að skrúbba lífræna þekju af steinum sem teknir eru af botni árinna á hverjum söfnunarstað. Mikilvægt er að þekkja það flatarmál sem skrúbbað er af hverjum steini. Það sem skolast af steinum er safnað í dökka glerflösku og geymt í kæli fram að síun. Sýnin eru síuð í gegn um glertrefjasíur (GF/C, GF/F eða sambærilegar). Sýnin skulu geymd í myrkvöðu og kældu umhverfi, t.d. í kæliboxi, þar til þau verða síuð. Eftir síun skal síupappírinn þerraður og frystur strax að lokinni síun, helst í fljótandi köfnunarefni og haldið frosnum fram að mælingu. Blaðgrænan sem verður eftir á síunni er brotin niður í etanóli og síðan eru sýnin mæld með ljósgleypnimæli við 655 og 750 nm bylgjulengd, sambærilegt við aðferð sem lýst er í staðli ISO 10260. Hægt er að nota handmæli (BenthoTorch) til að mæla blaðgrænu á steinum á botni árfarvega að því gefnu að niðurstöðurnar hafi verið kvarðaðar miðað við hefðbundna mælingu á blaðgrænu.

2.1.3 Ástandsviðmið

Fyrirliggjandi gögn um styrk blaðgrænu a á botni óraskaðra straumvatna að sumri (júní–september) (samantekið í Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020) voru notuð til að skilgreina viðmiðunarástand fyrir blaðgrænu a fyrir vatnagerðirnar RL1, RL2 og RL3. Stutt lýsing á mismunandi vatnagerðum er í viðauka I.

Lýsingu á vatnagerðunum er að finna í viðauka I. Mælingar hafa verið gerðar í mörgum óröskuðum straumvötnum í flestum vatnagerðum á láglandi en yfirleitt er um stakar mælingar að ræða í hverju vatnshloti. Fyrirliggjandi gögn gefa hugmyndir um landfræðilegan breytileika á magni blaðgrænu a í hverri vatnagerð að sumri.

Við skilgreiningu á viðmiðunarástandi fyrir blaðgrænu voru notaðar mælingar á magni blaðgrænu sem mæld hefur verið með handmæli (BenthoTorch). Í þeim tilfellum þar sem fleiri en ein mæling var til úr sama vatnshloti var meðaltal þeirra mælinga notað, ásamt stökum mælingum úr öðrum vatnshlotum. Ekki eru til gögn um blaðgrænu á botni straumvatna á hálendinu og ekki úr jökulám.

Útreikningur á viðmiðunarástandi og mörk á milli flokka

Viðmiðunargildi fyrir magn blaðgrænu a á botni straumvatna miðast við 75% hundraðshlutamark á mældu magni blaðgrænu a í óröskuðum ám á Íslandi. Það þýðir að 75% mældra gilda er lægra en viðmiðunargildið. Mörk á milli ástandsflokkanna eru reiknuð út frá viðmiðunargildinu (Tafla 6) og vistfræðilegu gæðahlutfalli á milli flokkanna sem notað er í Noregi fyrir blaðgrænu í stöðuvötnum (Direktotatsgruppen vanndirektivet 2018). Mörkin á milli *mjög góðs* og *góðs ástands* passa vel við 95% dreifingu mældra gilda á blaðgrænu í ánum og eru því talin endurspeglar nokkuð vel náttúrulegt ástand í óröskuðum straumvötnum.

Vistfræðilegt gæðahlutfall blaðgrænu er reiknað út með eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Blaðgræna a viðmiðunargildi}}{\text{Blaðgræna a mæld}} \quad \text{Jafna 1}$$

Viðmiðunargildi blaðgrænu a eru gefin upp í töflu 6. *Blaðgræna a mæld* í jöfnu 1 er styrkur blaðgrænu sem mælist á hverjum tíma í vatnshloti sem vaktað er (Mynd 5). *Blaðgræna* getur mælist lægri en viðmiðunargildið þar sem viðmiðunargildið er fundið út frá 75% hundraðshlutamarki gagna úr óröskuðum vatnshlotum. Í þeim tilvikum er EQR sett jafnt og 1.

Tafla 6. Mörk ástandsflökka fyrir blaðgrænu a á botni árfarvega í vatnagerðum RL1, RL2 og RL3 sem eru á láglendi. Gefin eru upp tölugildi á styrk blaðgrænu a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) auk þess sem vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) er gefið. Ekki eru til gögn um blaðgrænu a á botni straumvatna í vatnagerð RL4, jökulám og straumvötnum á hálendi.

Straumvötn							
	Blaðgræna a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)				EQR blaðgræna a		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	0,8	<1,8	1,8-2,7	>2,7	1-0,5	0,5-0,33	<0,33
RL2	1,6	<3,2	3,2-4,9	>4,9	1-0,5	0,5-0,33	<0,33
RL3	2,2	<4,3	4,3-6,5	>6,5	1-0,5	0,5-0,33	<0,33

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér

Eins og fram hefur komið er lítið til af gögnum um blaðgrænu a í RL4, straumvötnum á hálendi og í jökulám. Styrkur blaðgrænu a er líklega mjög lítill í vatnagerð RL4 og jökulám sökum mikils rofmáttar við botn, auk þess sem sólarljós takmarkar ljóstillífun í jökulám. Það má einnig gera ráð fyrir lægri styrk blaðgrænu í ám á hálendi en í samsvarandi ám á láglendi vegna styttra sumars og kaldari aðstæðna en á láglendi. Þær mælingar sem gerðar hafa verið á styrk blaðgrænu a á vatnasviði Vestari Jökulsár benda til að styrkur blaðgrænu a sé frá 0 til $0,25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (Gísli Már Gíslason o.fl., 2001). Í jökulám er rofmáttur mikill við botn og þar eru því aðstæður erfiðar fyrir þörungagróður. Það sama má segja um aðstæður í mörgum straumvötnum af vatnagerð RL4 þar sem botn þeirra er yfirleitt sendinn og laus.

Til eru mælingar á blaðgrænu í farvegum nokkurra viðmiðunarvatnshlota, Krossá (RL1), Stóra Laxá (RL2) og Norðurá (RL3), og flokkast þau öll sem vatnshlot í mjög góðu ástandi m.t.t. blaðgrænu (Mynd 5). Lýsing á vatnagerðum er í viðauka I.

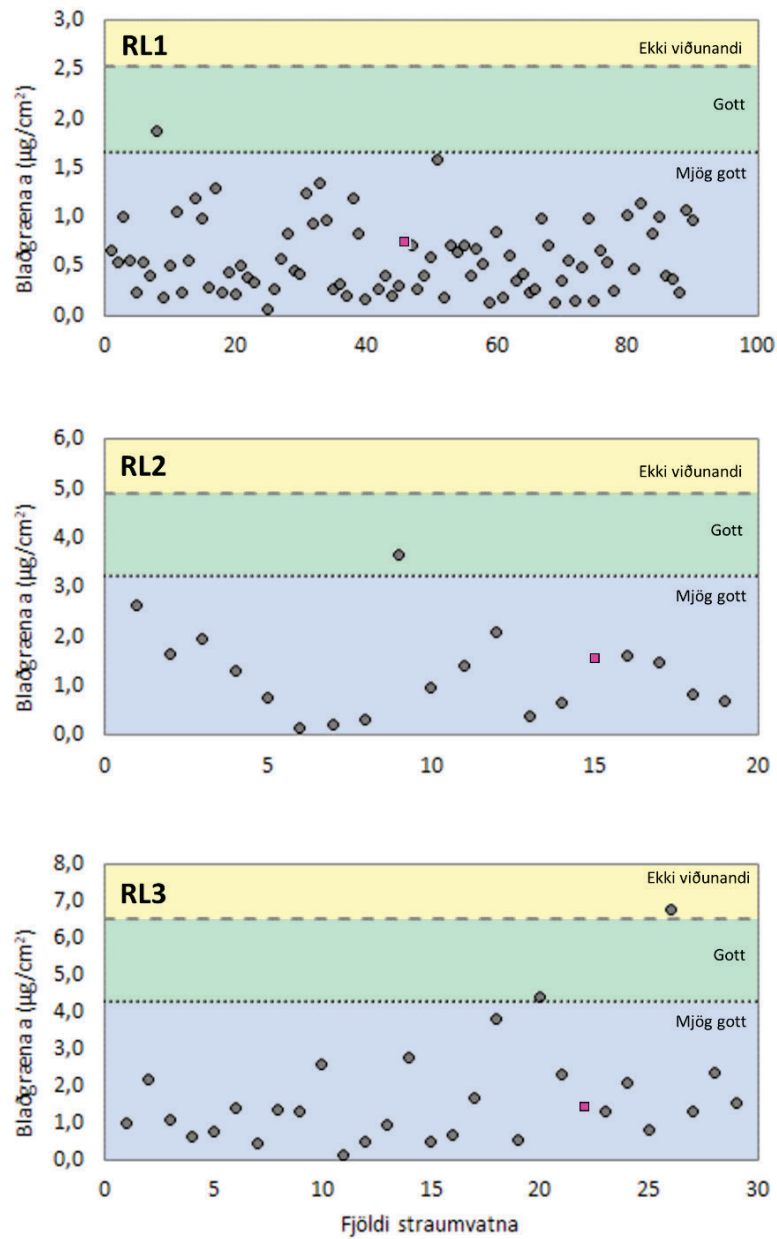
Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli blaðgrænu í vatnshloti í gerð RL1

Blaðgræna mælist $1,4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ í vatnshloti af gerð RL1. Viðmiðunargildi er $0,8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Blaðgræna a viðmiðunargildi}}{\text{Blaðgræna a mæld}}$$

$$\frac{0,8 \mu\text{g}/\text{cm}^2}{1,4 \mu\text{g}/\text{cm}^2} = 0,57$$

Vistfræðilegt viðmiðunarástand (EQR) reiknast vera 0,57 og því telst vatnshlotið vera í mjög góðu ástandi (Tafla 6).



Mynd 5. Meðalstyrkur blaðgræna a í óröskuðum straumvötnum af vatnagerðum RL1, RL2, RL3. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Tafla 7. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir hryggleysingja í straumvötnum (III viðauki reglugerðar 535/2011, liður 1.2.1)

Mjög gott Ástand	Flokkunarfræðileg samsetning og þéttleiki er algjörlega eða nánast eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður. Engin merki breytinga er að sjá á hlutfalli hryggleysingja sem eru viðkvæmir fyrir truflun og hryggleysingja sem eru það ekki miðað við það sem vænta mætti við óraskaðar aðstæður. Fjölbreytileiki hryggleysingja sýnir engin merki breytinga frá því sem vænta mætti við óraskaðar aðstæður.
Gott ástand	Smávægilegar breytingar eru á tegundasamsetningu og þéttleika hryggleysingja miðað við líffélög í einstökum gerðum vatnshlota. Smávægilegar breytingar eru á hlutfalli hryggleysingja, sem eru viðkvæmir fyrir truflun, og hryggleysingja, sem eru það ekki, miðað við viðmiðunarástand í einstakri gerð vatnshlots. Smávægilegar breytingar eru á fjölbreytileika hryggleysingja miðað við viðmiðunargildin í einstakri gerð vatnshlots.
Ekki viðunandi Ástand	Tegundasamsetning hryggleysingja er nokkuð frábrugðin því sem gerist í líffélögum einstakra gerða vatnshlots. Mikilvæga tegundahópa líffélagsins vantar í við komandi gerð vatnshlota. Fjölbreytileikinn og hlutfall hryggleysingja, sem eru viðkvæmir fyrir truflun, og lífvera, sem eru það ekki, eru verulega miklu minni en viðmiðunargildin í einstakri gerð vatnshlota segja til um og umtalsvert minni en þar sem ástand er gott.

2.2 Hryggleysingjar

2.2.1 Inngangur

Tegundasamsetning og fjölbreytni hryggleysingja eru meðal þeirra gæðapátta sem hafa verið notaðir víða í heiminum til að flokka og meta ástand straumvatna, m.a. til að meta álag og næringarefnaástand í ferskvatnsvistkerfum. Hryggleysingjar eru fjölbreyttur hópur sem hefur mikla útbreiðslu. Hryggleysingjar eru lítt hreyfanlegir og endurspeglar því vel staðbundið ástand þar sem þeir finnast. Þeir mælikvarðar sem notaðir eru í mörgum Evrópulöndum við mat á vistfræðilegu ástandi eru m.a. tegundaauði hryggleysingja, hlutföll lífveruhópa sem eru viðkvæmir fyrir mengun eða raski og hlutfall þolinn lífvera í samfélaginu.

Ríkjandi hópar botnlægra hryggleysingja í straumvötnum á Íslandi heyrar til tvívængja skordýra (Diptera), einkum bitmýs (Simuliidae) og rykmýs (Chironomidae). Því er ljóst að við verðum að aðlaga verklag héraðsins að þeim samfélögum sem hér finnast. Púpuhamir rykmýs hafa víða verið notaðir til flokkunar ferskvatns með góðum árangri. Almenn skilgreining á ástandsflokkun straumvatna út frá hryggleysingjum í straumvötnum er sett fram í reglugerð 535/2011 (Tafla 7).

2.2.2 Vöktun og aðferðafræði

Söfnun hryggleysingja í straumvatni skal framkvæmd með hliðsjón af eftirtöldum alþjóðlegum stöðlum: ÍST EN 10870:2012; *Water quality – Guidance for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters*, ÍST EN 16150:2012; *Water quality – Guidance on pro-rata Multi-Habitat sampling of benthic macro-invertebrates from wadeable rivers* og ÍST EN 15196:2006; *Water quality – Guidance on sampling and processing of the pupal exuviae of Chironomidae (Order Diptera) for ecological assessment*.

Sýntökur á botndýrum í straumvatni verða framkvæmdar einu sinni á því ári sem rannsókn fer fram og þurfa þær að fara fram á tímabilinu frá miðjum ágúst fram í miðjan september og helst ekki síðar en fyrir septemberlok. Miða skal við að sýni séu tekin á stöðvum þar sem sýni af botnlægum hryggleysingjum hafa verið tekin áður til að samanburður fáiast við fyrri rannsóknir. Sýnatökustaðir skulu vera valdir þar sem nokkur straumur er, t.d. á brotum, en forðast skal að taka sýni í hyljum, lygnum eða flúðum. Sýni skulu tekin innan 15–20 m svæðis og miða skal við að sýni séu tekin sem víðast þvert yfir þennan árluta, skv. tilviljanatölum, á allt að 50–60 cm dýpi. Taka skal sýni með Surber sýnataka með 25 x 25 cm ramma og netpoka með 0,25 mm möskvastærð. Miða skal við að tekin séu 10 sýni á hverri sýnatökustöð á hnitum sem valin eru fyrirfram af handahófi. Við hverja sýnatöku skal sýnatakinn lagður á árbotninn á þeim stað sem tilviljanahnit segja til um og skal þess gætt að ramminn liggji þétt við botninn. Róta skal með höndum, í ca. 30 sek., innan úr rammanum þannig að lífverur og annað lífrænt efni fljóti upp og verði fangað í netpokann. Áður en byrjað er að róta innan úr rammanum skal fjarlægja alla stærri steina (u.þ.b. > 5 cm í þvermál) og koma þeim fyrir í fötu þar sem yfirborð þeirra verður burstað og varðveitt með restinni af sýninu. Hvert sýni skal varðveitt í 70% etanóllausn þar til að úrvinnslu kemur.

Sýni af púpuhömum rykmýs skulu tekin 3–4 sinnum yfir sumarið (maí–september), eða á sama tíma og blaðgræna verður mæld. Sýnin eru tekin með skaftháfi með finum netpoka (0,125–0,25 mm). Er háfnum komið fyrir ofan við það svæði sem verið er að gera aðrar mælingar eða taka sýni af. Háfurinn er skorðaður t.d. við grot í árfarveginum þannig að skaftið liggji hornrétt á straumstefnu og pokinn opnast á móti straumi. Mikilvægt er að opið sé ekki neðan vatns, heldur sé 1/3–1/2 þess upp úr til að fanga það sem flýtur á vatnsyfirborðinu s.s. púpuhamir. Í flestum tilfellum er í lagi að skilja þannig við háfann í hálf tíma, en mikilvægt er að fylgjast með að hann yfirfyllist ekki og hætti þá að þjóna hlutverki sínu. Auk þess að fanga það sem flýtur niður árfarveginn er mælt með að háfað sé meðfram bökkum, einkum inni í krikum eða á milli steina þar sem púpuhamir safnast saman og fljóta á yfirborði. Að lokinni sýnatöku er sýnið varðveitt í 70% etanóllausn þar til úrvinnsla fer fram.

2.2.3 Ástandsviðmið

Notuð voru gögn um botnlæga hryggleysingja í straumvötnum sem safnað hefur verið í ýmsum verkefnum (sjá t.d. Gísli Már Gíslason o.fl., 2002; Gísli Már Gíslason o.fl., skýrsla í vinnslu). Gögnin voru flokkuð eftir vatnagerðum og notuð til að skilgreina viðmiðunaraðstæður í vatnagerðum straumvatna. Stutt lýsing á mismunandi vatnagerðum er sýnd í töflu í viðauka I.

Þrjú mismunandi matsþættir voru notaðir til að meta gæðapætti straumvatna, þ.e. tegundaaudgi (e: taxa richness), Shannon fjölbreytileiki (e: diversity) og Shannon jafndreifni (e: evenness). Þessu til viðbótar var reiknaður út stuðull fyrir vísihópa fyrir botnlæga hryggleysingja (e: indicator taxa) til þess að finna út hvaða tegundir eða hópar hryggleysingja einkenna hverja vatnagerð (Tafla 8). Ákveðið var að nota ekki þéttleika hryggleysingja í straumvötnum beint við ástandsflokkun þar sem mjög mikill breytileiki getur verið á þéttleika eftir tímasetningu sýnasöfnunar. Fjöldi hryggleysingja í hverri tegund er hins vegar notaður við útreikninga á fjölbreytileikastuðlum.

Tegundaaúðgi (N0) er einfaldlega fjöldi tegunda hryggleysingja sem finnst á sýnatökustað. Shannon fjölbreytileiki (N1) er reiknaður á eftirfarandi hátt samkvæmt jöfnu 2 (Borcard o.fl., 2011)

$$N_1 = \exp(-\sum p_i \log p_i) \quad \text{Jafna 2}$$

og Shannon jafndreifni (E) er byggð á Shannon fjölbreytileika (N1) og tegundaaúðgi (N0) (Borcard o.fl., 2018) og er skilgreind samkvæmt jöfnu 3

$$E = \frac{N_0}{N_1} \quad \text{Jafna 3}$$

Shannon fjölbreytileiki og jafndreifni var reiknað með *vegan* forrita-pakkanum í R (Oksanen o.fl., 2017).

Vísihópar hryggleysingja (e: Indicator Taxa) í stöðuvötnum eru tilgreindir í töflu 8. Greining á þeim var unnin með því að nota *multipatt* og *signassoc* í R forritapakkanum *indicspecies* (De Cáceres og Legendre 2009). Útreiknuð gildi samanstanda af tveimur þáttum þ.e. *specificity* (A þáttur) og *fidelity* (B þáttur). *Specificity* gefur til kynna jákvæð spágildi fyrir tegund og er gildið hæst þegar tegund er til staðar í ákveðinni búsvæðagerð en ekki annarsstaðar. *Fidelity* gefur til kynna næmni tegunda sem vísit tegund og er hæst þegar tegund er til staðar á öllum stöðvum í tiltekinni búsvæðagerð (De Cáceres & Legendre, 2009). Vísihópar hryggleysingja geta endurspeglad mismunandi vatnagerðir, en það að ákveðnar tegundir eða hópar hryggleysingja séu til staðar eður ei gefur ekki til kynna hvort ástand straumvatna sé gott eða slæmt heldur gefur það mikilvægar upplýsingar um samfélagsgerðir hryggleysingja í vatnshloti. Niðurstöður þessarar greiningar leiddi í ljós að í flestum tilfellum reyndust mismunandi vísihópar ekki einungis einkenna eina vatnagerð heldur tvær til þrjár s.s. RL1 og RL2. Rykmý reyndist oftast vera vísihópur fyrir íslensk straumvötn. Möguleiki er að tilgreina einstakar vísit tegundir fyrir rykmý sem benda til súrnunar, næringarefnaauðgunar eða breytinga á vatnsformfræðilegum þáttum (Tafla í viðauka IV).

Útreikningur á viðmiðunarástandi og mörk á milli flokka

Viðmiðunargildi og mörk ástands flokkanna *mjög gott*, *gott ástand* og *ekki viðunandi ástand* voru reiknuð á eftirfarandi máta:

1. Tekin voru meðaltöl matsþátta (tegundaaúðgi, Shannon fjölbreytileiki og Shannon jafndreifni) fyrir öll sýni sem notuð voru í hverju straumvatni. Miðgildi þeirra gagna var skilgreint sem viðmiðunargildi hvers matsþátta fyrir hverja vatnagerð.
2. Mörk á milli flokkanna *mjög gott* og *gott ástand* miðast við 5% hundraðshlutamark gagna um hvern matsþátt, nema fyrir Shannon jafndreifni í RL2. Þar voru mörkin sett m.v. sérfræðimat sem byggt var á flokkun m.v. RL1. Skipting við 5% hundraðshlutamark þýðir að 95% gagnanna eru ofan við mörkin *mjög gott* og *gott ástand*.
3. Mörkin á milli flokkanna *gott ástand* og *ekki viðunandi* voru sett út frá viðmiðunargildi margfaldað með fastanum 0,33 sem er það vistfræðilega gæðahlutfall sem talið var ásættanlegt að nota á milli þessara ástands flokka samkvæmt sérfræðimati. Það er gert í ljósi þess að lítið er til af upplýsingum um hryggleysingja í straumvötnum sem eru undir álagi af mannavöldum.

Tafla 8. Yfirlit yfir tölulegar greiningar til flokkunar á hryggleysingjum straumvötnum (merkt með x, NA merkir að gögn hafi ekki verið til staðar). Gefnar eru upplýsingar um heildarfjölda straumvatna sem greiningar náðu til.

Vatnagerð	Fjöldi vatnsfalla	Fjölbreytileika-stuðlar			Vísihópar – til staðar							
		Tegundaauði	Shannon fjölbreytni	Shannon jafndreifing	<i>Diamesa bertrami</i>	<i>Eukiefferiella minor/ E. claripennis</i>	<i>Orthocladus frigidus</i>	<i>Micropsectra</i> sp.	<i>Thienemanniella</i> sp.	<i>Limnephilus affinis</i>	Simuliidae	<i>Climocera stagnalis</i>
RL1	12	x	x	x	x	x	x	x	x			
RL2	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RL3	11	x	x	x		x	x	x	x		x	x
RL4	0	NA	NA	NA								
RH1	1	NA	NA	NA								
RH2	0	NA	NA	NA								
RG	2	NA	NA	NA								

Niðurstöður útreikninga á matsþáttunum í þeim straumvötnum sem lögð voru til grundvallar þessarar vinnu eru settar fram á myndum 6–8. Gengið er út frá því að öll straumvötn í gagnasettinu flokkist sem náttúruleg og öröskuð og eigi þar með að flokkast í mjög góðu ástandi.

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka fyrir alla matsþætti eru sýnd í töflum 9 a–c. Því miður var aðeins hægt að reikna út viðmiðunargildi fyrir vatnagerðirnar RL1, RL2 og RL3. Fyrir aðrar vatnagerðir skortir gögn. Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka eru byggð á mismiklum gögnum. Allmikið er til af gögnum úr vatnagerð RL1 og RL3 en einungis eru til gögn úr þremur vatnshlotum í RL2. Af þeim falla flest í flokkinn *mjög gott* ástand en nokkur eru í flokknum *gott ástand* (Myndir 6–8). Gögn um hryggleysingja eru til úr Norðurá (RL3), sem skilgreint hefur verið sem viðmiðunarvatnshlot, sem benda til þess að hún sé í *mjög góðu* ástandi m.t.t. þeirra forsendna sem hér eru settar fram.

Tafla 9 a–c. Reiknaðir matsþættir, viðmiðunargildi og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir hryggleysingja í straumvötnum. Einungis eru sett fram viðmið fyrir þær vatnagerðir þar sem gögn eru fyrirliggjandi.

a. Tegundaauði

Straumvötn							
	Tegundaauði hryggleysingja				EQR tegundaauði		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	8,4	>5,8	5,8-2,8	<2,8	1-0,69	0,69-0,33	<0,33
RL2	8,5	>7,4	7,3-2,8	<2,8	1-0,86	0,86-0,33	<0,33
RL3	10,5	>8,9	8,9-3,5	<3,5	1-0,85	0,85-0,33	<0,33

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér

b. Shannon fjölbreytileiki

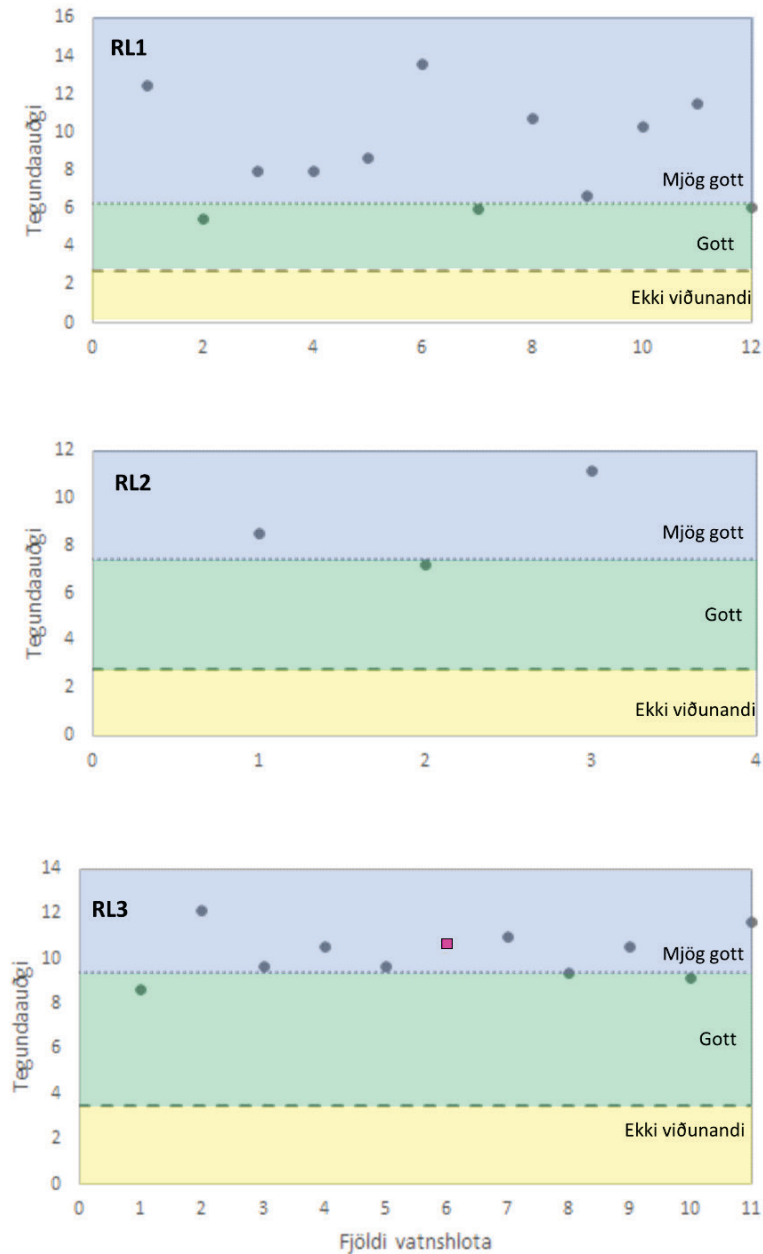
Straumvötn							
	Fjölbreytileiki hryggleysingja				EQR fjölbreytileiki		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	4,6	>3,2	3,2-1,5	<1,5	1-0,69	0,69-0,33	<0,33
RL2	5,2	>4,4	4,4-1,7	<1,7	1-0,98	0,98-0,33	<0,33
RL3	4,6	>3,0	3,0-1,5	<1,5	1-0,64	0,64-0,33	<0,33

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

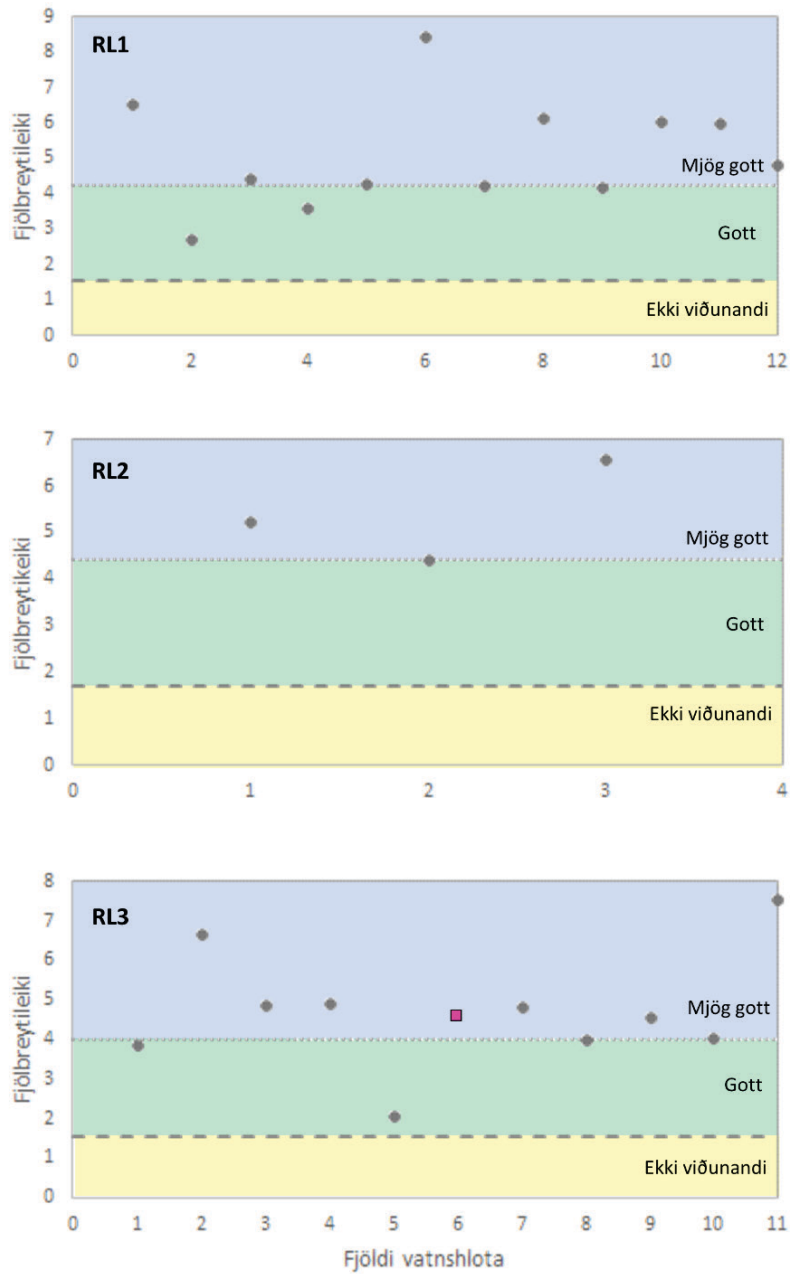
c. Shannon jafndreifni

Straumvötn							
	Jafndreifni hryggleysingja				EQR jafndreifni		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	0,6	>0,5	0,5-0,2	<0,2	1-0,80	0,80-0,33	<0,33
RL2	0,6	>0,5	0,5-0,2	<0,2	1-0,80	0,80-0,33	<0,33
RL3	0,5	>0,3	0,3-0,2	<0,2	1-0,71	0,71-0,33	<0,33

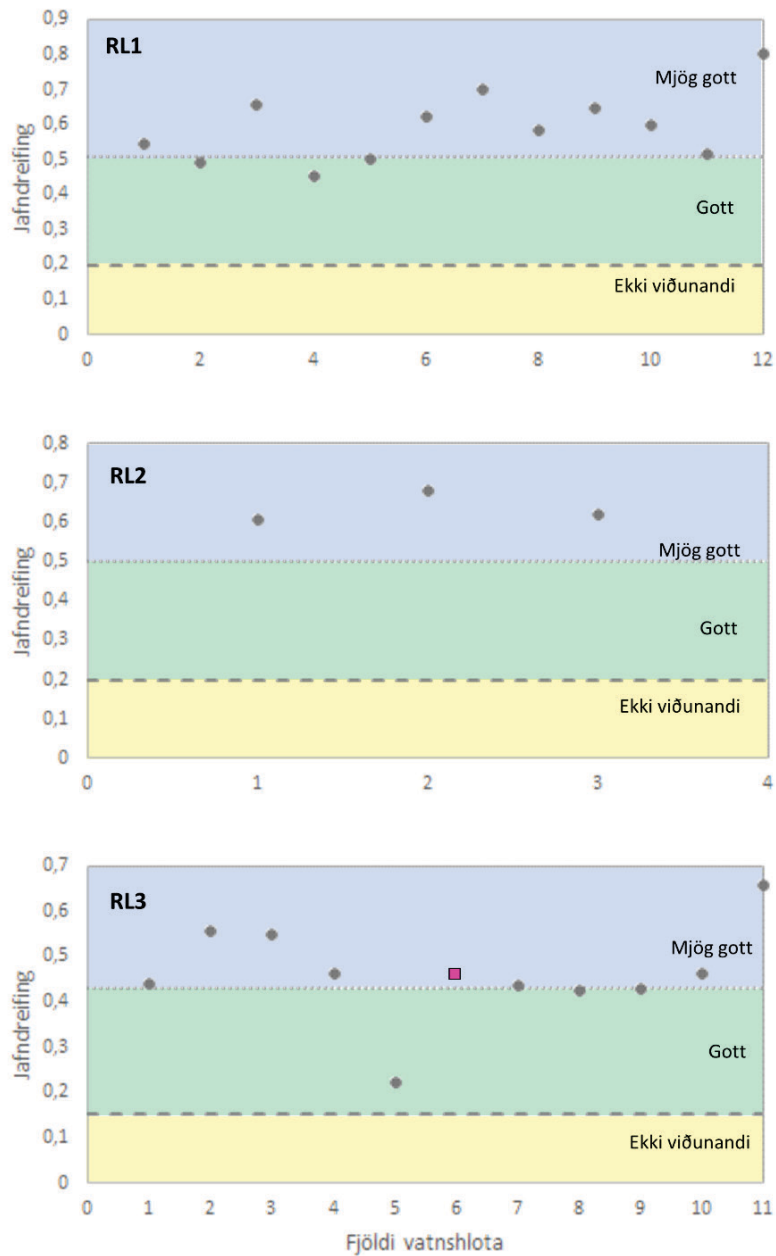
Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.



Mynd 6. Tegundaaúði hryggleysingja í óröskuðum straumvötnum af vatnagerðum RL1, RL2, RL3. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.



Mynd 7. Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja í óröskuðum straumvötnum af vatnagerðum RL1, RL2, RL3. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunar-áætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar



Mynd 8. Shannon jafndreifing hryggleysingja í óröskuðum straumvötnum af vatnagerðum RL1, RL2, RL3. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunar-áætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar

Tafla 10. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir plöntusvif í stöðuvötnum (III viðauki reglugerðar 535/2011, liður 1.2.2)

<p>Mjög gott ástand</p>	<p>Tegundasamsetning og þéttleiki plöntusvifs er algjörlega eða nánast eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður. Meðallífmassi plöntusvifs er í samræmi við dæmigerða lýsingu á eðlisefnafræðilegum gæðapáttum og er ekki þannig að það breyti umtalsvert sjóndýpi frá viðmiðunaraðstæðum fyrir einstakar gerðir vatnshlota. Plöntusvifsblómi kemur fram í sömu tíðni og í sama umfangi og við viðmiðunaraðstæður fyrir eðlisefnafræðilegu þættina.</p>
<p>Gott ástand</p>	<p>Smávægilegar breytingar eru á tegundasamsetningu og þéttleika sviflægra lífvera miðað við viðmiðunaraðstæður fyrir líffélög í einstökum gerðum vatnshlota. Slíkar breytingar benda ekki til aukningar í þörungavexti sem leiðir til óæskilegrar truflunar á jafnvægi lífvera í vatnshlotinu eða á eðlisefnafræðilegum gæðum vatnsins eða setsins. Smávægileg aukning á tíðni og umfangi plöntusvifsblómans getur komið fram miðað við viðmiðunaraðstæður fyrir einstakar gerðir vatnshlota.</p>
<p>Ekki viðunandi ástand</p>	<p>Tegundasamsetning og þéttleiki sviflægra lífvera eru nokkuð frábrugðin því sem gerist í dæmigerðum líffélögum í viðkomandi vatnshlotagerð. Nokkur röskun er á lífmassa og kann að vera svo mikil að umtalsverð, óæskileg truflun verði á öðrum líffræðilegum gæðapáttum og eðlisefnafræðilegum gæðum vatnsins eða setsins. Nokkur aukning á tíðni og umfangi plöntusvifsblómans getur komið fram. Yfir sumarmánuðina getur blómi verið viðvarandi.</p>

3 Líffræðilegt ástand í stöðuvötnum

Gæðapættir sem fjallað er um hér eru hluti af þeim líffræðilegu gæðapáttum í stöðuvötnum sem nota skal við ástandsflokkun stöðuvatna samkvæmt lögum um stjórn vatnamála (36/2011) og reglugerð þar að lútandi (6. grein í reglugerð 535/2011). Umhverfisstofnun samþykkti með bréfi, dags. 9. desember 2019, tillögur fagstofnanna um að nota skuli magn blaðgræna a í vatnsbolnum, tegundasamsetningu vatnaplantna og tegundasamsetningu og fjölbreytni hryggleysingja sem líffræðilega gæðapætti til að meta vistfræðilegt ástand stöðuvatna í fyrsta vatnahring stjórnar vatnamála (Tafla 2).

3.1 Blaðgræna a

3.1.1 Inngangur

Miðað er við að nota tegundasamsetningu, fjölda og lífmassa svifþörungna til að meta vistfræðilegt ástand stöðuvatna líkt og kveðið er á um í lögum. Enn sem komið er hefur ekki verið gert flokkunarkerfi hérlendis sem byggt er á tegundasamsetningu eða lífrúmmáli smá-særra þörungna en unnið er að því. Hins vegar eru fyrirbyggjandi mælingar á magni blaðgræna a í stöðuvötnum sem er óbeinn mælikvarði á lífrúmmál þörungna í vötnunum. Almenn skilgreining á ástandsflokkun stöðuvatna út frá plöntusvifi í stöðuvötnum er sett fram í reglugerð 535/2011 (Tafla 10).

3.1.2 Vöktun og aðferðafræði

Mæling blaðgrænu skal gerð samkvæmt alþjóðlegum staðli ISO 10260 sem lýsir ljósgleypni-mælingu á blaðgrænu. Sýnum skal safnað úr vötnum yfir sumartímamann (júní til september). Sýnum til mælinga er safnað í flösku, 0,5–2 lítra eftir magni blaðgrænu í vatninu, algengast er að safna eins líters sýnum í vötnum hérlendis. Sýnin eru síuð í gegn um glertrefjasíur (GF/C, GF/F eða sambærilegt), strax eða fljótlega eftir að sýnunum er safnað. Sýnin skulu geymd í myrkvuðu og kældu umhverfi, t.d. í kæliboxi þar til þau verða síuð. Eftir síun skal síupappírinn þerraður og frystur strax að lokinni síun, helst í fljótandi köfnunarefni og haldið frosnum fram að mælingu. Blaðgrænan sem verður eftir á síunni er brotin niður í etanóli. Sýnin eru síðan mæld með ljósgleypnimæli við 655 og 750 nm bylgjulengd, samkvæmt aðferð sem lýst er í staðli ISO 10260. Hægt er að nota handmæli (e. Algal Torch) til að mæla blaðgrænu í vötnum að því gefnu að niðurstöðurnar hafi verið kvarðaðar miðað við hefðbundna mælingu á blaðgrænu.

3.1.3 Ástandsviðmið

Fyrirliggjandi gögn um styrk blaðgrænu a í óröskuðum stöðuvötnum að sumri (samantekið í Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020) voru notuð til að skilgreina viðmiðunarástand fyrir blaðgrænu a fyrir vatnagerðir stöðuvatna á Íslandi. Stutt lýsing á mismunandi vatnagerðum er í viðauka I.

Nokkuð er til af mælingum sem hafa verið gerðar á blaðgrænu í óröskuðum stöðuvötnum í vatnagerðum á láglandi en yfirleitt er um stakar mælingar að ræða í hverju vatnshloti. Fyrirliggjandi gögn gefa því upplýsingar um landfræðilegan breytileika á magni blaðgrænu a í hverri vatnagerð en ekki breytileika yfir tíma innan vatnshlots. Í þeim tilfellum þar sem fleiri en ein mæling var til staðar í sama vatnshloti var meðaltal þeirra mælinga notað, ásamt stökum mælingum úr öðrum vatnshlotum. Ekki eru til gögn um blaðgrænu í stöðuvötnum á hálendi og því ekki hægt að leggja mat á ástand hálendisvatna út frá styrk blaðgrænu a að svo stöddu.

Útreikningur á viðmiðunarástandi og mörk á milli flokka

Viðmiðunargildi fyrir magn blaðgrænu a í stöðuvötnum miðast við 75% hundraðshlutamark á mældu magni blaðgrænu a í óröskuðum vötnum. Sýnunum var safnað með hefðbundnum hætti eins og lýst er í kafla 3.1.2. Mörk á milli ástandsflókka eru reiknuð út frá viðmiðunargildinu (Tafla 11) og vistfræðilegu gæðahlutfalli á milli flokkanna sem notað er í Noregi fyrir blaðgrænu í stöðuvötnum í millikvörðunarhópum L-N2a (grunn vötn) og L-N2b (djúp vötn). (Direktotatsgruppen vandirektivet 2018). Þau mörk passa nokkuð vel við dreifingu mældra gilda á blaðgrænu a í óröskuðum vötnunum á Íslandi (Mynd 9). Undantekning á þessu var þó gerð fyrir blaðgrænu í jökulskotnum stöðuvötnum þar sem frumframleiðni er takmörkuð af sólarljósi en yfirleitt ekki af styrk næringarefna. Þar var miðað við vistfræðilegt gæðahlutfall jafnt og 0,7 og 0,5.

Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir blaðgrænu er fundið út með eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Blaðgræna a viðmiðunargildi}}{\text{Blaðgræna a mæld}} \quad \text{Jafna 4}$$

Til útreikninga á vistfræðilegu gæðahlutfalli samkvæmt jöfnu 4 er notað viðmiðunargildi blaðgrænu a sem kemur fram í töflu 11 og *Blaðgræna a mæld* er það gildi sem mælist á hverjum tíma í því vatnshloti sem vaktið er. Blaðgræna getur mælist lægri en viðmiðunargildið þar sem viðmiðunargildið er fundið út frá 75% hundraðshlutamarki gagna úr óröskuðum vatnshlotum. Í þeim tilvikum er EQR sett jafnt og 1.

Tafla 11. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir blaðgrænu a í stöðuvötnum á láglendi og jökulvötnum á Íslandi. Gefin eru upp tölugildi á styrk blaðgrænu a ($\mu\text{g/l}$).

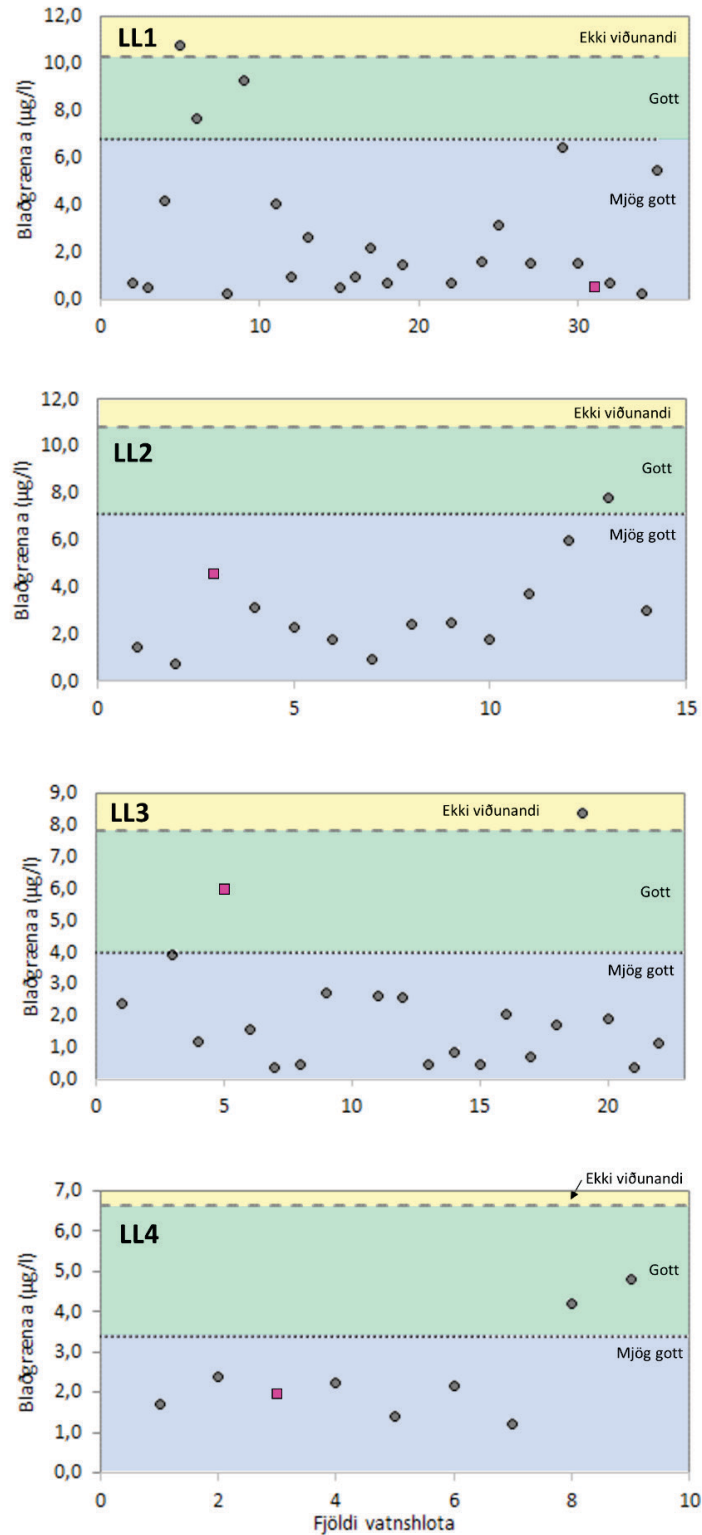
Stöðuvötn							
	Blaðgræna a ($\mu\text{g/l}$)				EQR blaðgræna a		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	4,1	<6,8	6,8-10,3	>10,3	1-0,50	0,50-0,33	<0,33
LL2	3,6	<7,1	7,1-10,8	>10,8	1-0,50	0,50-0,33	<0,33
LL3	2,6	<4,0	4,0-7,8	>7,8	1-0,65	0,50-0,33	<0,33
LL4	2,2	<3,4	3,4-6,7	>6,7	1-0,65	0,50-0,33	<0,33
LG	2,3	<3,3	3,3-4,7	>4,7	1-0,70	0,70-0,50	<0,50

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand er ekki metin hér

Mældur styrkur blaðgrænu í stöðuvötnum er sýndur á mynd 9. Í langflestum tilfellum er um eina mælingu á blaðgrænu að ræða en í einstaka tilfellum er tekið meðaltal af tveimur mælingum. Flestar mælingarnar eru gerðar um hásumar, þegar frumframleiðni er mikil. Eins og sést á myndinni eru flest vatnshlotin í mjög góðu ástandi m.t.t. blaðgrænu, miðað við þær forsendur sem er settar fram hér. Tvö vötn falla þó í flokkinn ekki viðunandi ástand. Það eru Berufjarðarvatn í Reykhólasveit (LL1), Svínavatn í Húnavatnshreppi (LL3). Þær niðurstöður eru þó aðeins byggðar á einni mælingu úr hvoru vatni og ástandsflokkunin gæti breyst með tilkomu fleiri mælinga.

Viðmiðunarvatnshlotið Haukadalsvatn (LL3) fellur í gott ástand þrátt fyrir að vera talið óraskað. Ekki er talin ástæða til að breyta mörkum ástandsflokka vegna þess eða skipta út viðmiðunarvatnshloti í ljósi þess að um eitt sumarsýni er að ræða í þessu tilviki en ekki meðaltal mælinga yfir framleiðnitímabil.

Mikilvægt er að hafa í huga að þessi viðmið (Tafla 11) gætu breyst eftir því sem meira safnast af gögnum um blaðgrænu í stöðuvötnum.



Mynd 9. Meðalstyrkur blaðgræna a í óröskuðum stöðuvötnum á láglendi. Athugið ólíkan kvarða á y-ás. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarsvötn sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Tafla 12. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir vatnablöntur í stöðuvötnum (III viðauki reglugerðar 535/2011, liður 1.2.2).

Mjög gott ástand	Tegundasamsetningin er algjörlega eða nánast eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður. Engar greinanlegar breytingar hafa orðið á meðalþéttleika botngróðurs.
Gott ástand	Smávægilegar breytingar eru á tegundasamsetningu og þéttleika botngróðurs miðað við viðmiðunarlíffélög í einstökum gerðum vatnshlots. Slíkar breytingar benda ekki til aukins vaxtar botngróðurs eða æðri plantna sem leiða til óæskilegrar truflunar á jafnvægi lífvera í vatnshlotinu eða á eðlisefnafræðilegum gæðum vatnsins. Líffélög botngróðurs hafa ekki orðið fyrir skaðlegum áhrifum af bakteríubrúskum og skánum sem eru til komin vegna starfsemi manna.
Ekki viðunandi ástand	Tegundasamsetning botngróðurs er nokkuð frábrugðin því sem gerist í líffélögum í einstökum gerðum vatnshlota og sýnir umtalsvert meiri röskun en þar sem ástand er gott. Nokkrar breytingar á meðalþéttleika botngróðurs eru augljósar. Bakteríubrúskar og -skánir, sem eru tilkomin vegna starfsemi manna, kunna að hafa haft áhrif á líffélög botngróðurs og á sumum stöðum komið í stað þeirra.

3.2 Vatnablöntur í stöðuvötnum

3.2.1 Inngangur

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 (Tafla 2). Almenn skilgreining á ástandsflokkum fyrir vatnablöntur í stöðuvötnum er í reglugerð 535/2011 (Tafla 12). Mikilvægt er að setja mælanleg mörk milli ástandsflokkanna og er fyrsta tillaga að slíkri flokkun lögð fram í þessum kafla. Hugtakið vatnagróður nær yfir fjölbreyttan lífveruhóp sem skipta má í tvo meginhópa, kísilþörungum annars vegar og vatnablöntur (e. macrophytes) hins vegar. Hugtakið vatnablöntur nær yfir stærri plöntur, s.s. æðplöntur, kransþörungum og mosa. Vatnagróður er almennt talinn mikilvægur líffræðilegur gæðapáttur þar sem hann er móttækilegur fyrir breytingum á næringarefnum í vatni (Kristensen o.fl., 2018; Penning, 2008)

3.2.2 Vöktun og aðferðafræði

Söfnun vatnablantna skal gera samkvæmt alþjóðlegum staðli ÍST EN 15460:2007; *Water quality – Guidance standard for the surveying of macrophytes in lakes*. Sýnataka þarf að eiga sér stað frá mið- til síðsumars þegar plönturnar hafa náð góðum þroska og áður en þær fara að sölna. Kanna þarf gróður út frá bakka vatns og niður á það dýpi sem gróður nær. Mikilvægt er að athugunarstöðvar nái yfir öll búsvæði m.t.t. botngerðar, dýptarbreytinga, lögun vatnsskálur og annarra þátta þannig að sem raunsönnust mynd fái af samsetningu vatnagróðurs í vatninu. Útbreiðsla hvernar vatnablöntutegundar skal metin með hálfmagnbundinni (e. semi-quantitative) aðferð þar sem 1=sjaldgæf (<5 einstaklingar tegundar í öllu vatninu), 2=strjál 3=algeng, 4=svæðisbundið ríkjandi, 5=ríkjandi í vatninu. Gera skal tegundalista fyrir hvert

stöðuvatn, ef vötn eru stór og mjög fjölbreytileg gæti þurft að gera tegundalista fyrir sambærilega hluta vatnsins í stað vatnsins í heild.

3.2.3 Ástandsviðmið

Fyrirliggjandi gögn um vatnablöntur í óröskuðum stöðuvötnum voru notuð til að skilgreina viðmiðunarástand fyrir vatnagerðir stöðuvatna á Íslandi. Stutt lýsing á mismunandi vatnagerðum er í viðauka I.

Við mat á vistfræðilegu ástandi stöðuvatna með tilliti til vatnaplantna var litið til þeirra aðferða sem notaðar eru í Noregi. Þar eru vatnablöntur notaðar sem mælikvarði á ofauðgun í stöðuvötnum en ofauðgun veldur minnkun á gegnsæi vatnsins og hefur áhrif á 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. Í Noregi eru skilgreindar 148 tegundir plantna sem sannarlega eru vatnablöntur (botnlægur gróður, flækjugróður, flötgróður, lausfljótandi gróður og kransþörungur) (Direktoratsgruppen Vanddirektivet, 2018). Mosum, ásætubörungum og loftgróðri (plöntur sem vaxa upp úr vatninu) 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.

Skilgreining á viðmiðunaraðstæðum í íslenskum stöðuvötnum er byggð á plöntuskráningu úr Natura Ísland verkefni Náttúrufræðistofnunar Íslands. Í því verkefni var farið í 72 stöðuvötn til vettvangsathugana með megináherslu á gróðurathuganir og var vatnagróður skoðaður á sniðum (sjá nánari aðferðarlýsingu í Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl., 2016). Gögnum úr Hópinu í Ferjubakkaflóa var sleppt vegna þess að það var flokkað sem stöðuvatn í Natura Ísland verkefninu en sem straumvatn í vatnagátt stjórnar vatnamála. Ekki öll stöðuvötnin ná stærðarviðmiðinu 0,5 km² til að vera flokkuð til gerða skv. gerðargreiningu (Eydís S. Eiríksdóttir o.fl., 2019a). Þau voru því gerðargreind sérstaklega fyrir þessa úrvinnslu til að stækka það gagnasafn sem nota mætti við tölfræðiútreikninga fyrir ástandsflokkun.

Almennt má segja að styrkur fosfórs í þeim vötnum sem skoðuð voru í Natura Ísland verkefninu hafi verið lágur þegar sýnatökur fóru fram (Tafla 13). Styrkur fosfórs í vötnunum samræmist lýsingu á viðmiðunaraðstæðum vatnagerða (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020) og því má gera ráð fyrir því að vötnin séu í náttúrulegu vistfræðilegu ástandi m.t.t. til næringarefna.

Tafla 13. Samantekt á gögnum úr Natura Ísland verkefninu um styrk fosfórs (Total P, $\mu\text{mól/l}$) í stöðuvötnum.

Vatnagerð	Total P ($\mu\text{mól/l}$) í stöðuvötnum í Natura Ísland						Hlutfallsmark	
	Meðalstyrkur	Staðalfrávik	Miðgildi	Lággildi	Hágildi	Spönn	25%	75%
LH1	0,505	0,26	0,48	0,26	0,77	0,52	0,37	0,63
LH2	0,097	0,05	0,097	0,065	0,13	0,065	0,08	0,11
LL1	0,410	0,49	0,26	0,065	2,74	2,68	0,22	0,48
LL2	1,35	1,75	0,63	0,19	5,77	5,58	0,33	1,69
LL3	0,154	0,21	0,065	0,065	0,87	0,81	0,065	0,097
LL4	0,55	0,65	0,19	0,065	1,71	1,65	0,065	0,89

Íslensk vötn búa ekki yfir sama fjölda tegunda vatnaplantna eins og vötn á hinum Norðurlöndunum, til dæmis finnast ekki rótarlausar/lausfljótandi tegundir hérlendis að undanskilinni einni tegund, blöðrujurt (*Utricularia minor*). Nykrur (*Potamogeton* spp.) 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 við TIC útreikninga í Noregi. Lista yfir flokkun vatnaplantna úr Natura Ísland verkefninu í viðkvæmar, þolnar og hlutlausar tegundir m.t.t. næringarefnaálags má sjá í viðauka III. Mikilvægt er að hafa í huga að ekki hefur farið fram rannsókn hérlendis á því hvernig þessar tegundir vatnaplantna bregðast við næringarefnaálagi heldur er eingöngu byggt á norska tegundalistanum og því er mögulegt að einhverjar tegundir bregðist ólíkt við auknum styrk næringarefna hér á landi.

TIC matsþátturinn er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$TIC = \frac{N_S - N_T}{N} \times 100 \quad \text{Jafna 5}$$

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

Til grundvallar notkunar TIC matsþáttisins var skoðað hvort munur væri á meðal tegundafjölda í stöðuvötnum stærri og minni en 0,5 km². Ekki var marktækur munur á meðalfjölda hjá vatnagerðum LL1 (Welch Two Sample t-test df = 21,792, p-gildi=0,4476) og vatnagerð LL2 (Welch Two Sample t-test df = 5,3364, p-gildi=0,1453). Marktækur munur var á meðalfjölda tegunda eftir stærð hjá vatnagerð LL3 (Welch Two Sample t-test df = 11,391, p-gildi=0,001324), var þá að öllu jöfnu lægri meðalfjöldi tegunda í minni stöðuvötnum. Í vatnagerð LL4 var einungis eitt vatn sem var undir 0,5 km² og því ekki tölfræðilega hægt að skoða marktækni. Vötnum minni en 0,5 km² var því sleppt í útreikningum fyrir vatnagerðir LL3 og LL4. Vötn yfir 600 metra hæð yfir sjó (vatnagerðir LH1 og LH2) voru einungis sex í Natura Ísland verkefninu sem gefur ekki sterkan bakgrunn til tölfræðiútreikninga. Í Noregi er TIC-matsþátturinn ekki notaður fyrir hálendisvötn (vötn yfir skóglínu eða >800 metrum yfir sjávarhæð í S-Noregi) og hér er því ekki reiknað TIC viðmið fyrir hálendisvötn. Tölfræðilegar upplýsingar fyrir TIC útreikninga í stöðuvötnum á láglandi má sjá í töflu 14.

Tafla 14. Tölfræðilegar upplýsingar fyrir TIC matsþáttinn fyrir stöðuvatnagerðir á láglandi.

Vatna-gerð	Fjöldi stöðuvatna	Meðaltal	Staðalfrávik	Miðgildi	Lággildi	Hággildi	Spönn	25%	75%
LL1	28	69,8	16,8	66,7	40	100	60	60	80
LL2	11	79,3	20,1	83,3	40	100	60	67	100
LL3	14	68,7	17,8	68,3	40	100	60	58	81
LL4	6	69,3	12,6	67,0	57	88	30	58	78

Útreikningur á viðmiðunarástandi og mörk á milli flokka

Viðmiðunargildi TIC er reiknað út frá fyrirliggjandi gögnum um vatnaplöntur í óröskuðum stöðuvötnum á Íslandi. Viðmiðunargildið er hæsta gildið sem fæst við útreikninga á TIC matsþáttinum í hverri vatnagerð. Í vatnagerðum LL1, LL2 og LL3 er viðmiðunargildið 100 en í LL4 er það 88 (Tafla 14). Í kjölfar skilgreiningar á viðmiðunargildi TIC voru mörk ákvörðuð á milli ástandsflokkanna *mjög góðs* og *góðs* ástands og byggir sú ákvörðun á dreifingu TIC gilda í óröskuðum stöðuvötnum. Mörkin á milli *mjög góðs* og *góðs* ástands byggja á 5%

hundraðshlutamarki gagnanna. Flokkurinn *mjög gott ástand* nær því frá 5% hundraðshlutamarki að hæsta gildi T1c. Sú nálgun var nauðsynleg þar sem dreifing gagnanna er mjög mikil, þrátt fyrir að þau endurspegli vatnshlot í náttúrulegu ástandi. Fyrir vikið nær flokkurinn *mjög gott ástand* yfir hlutfallslega stærri hluta T1c matsþáttarins en hann gerir í Noregi. Helgast það fyrst og fremst af tegundafæð vatnaplantna í íslenskum stöðuvötnum miðað við í það sem þekkest í nágrannalöndum okkar.

Gögn úr stöðuvötnum sem eru undir álagi af mannavöldum eru mjög fátækleg og því þurfti að nota aðra nálgun við ákvörðun á mörkum á milli *góðs ástands* og *ekki viðunandi*. Þau mörk voru byggð á sama hlutfalli og T1c matsþátturinn hefur í vatnagerðum L104 og L105a-b, L204, L205 í Noregi. Þau vötn hafa farið í gegnum millikvörðun N-GIG hópsins og flokkast sem L-N-M101 (Direktoratsgruppen Vanddirektivet, 2018; Commission Decision 2018/299/EC). Sú nálgun sem hér er farin við ákvörðun marka *góðs ástands* og *ekki viðunandi* er ekki studd af neinum gögnum þar sem þau eru ekki fyrirliggjandi.

Viðmiðunargildið þarf að vera til staðar til að hægt sé að reikna út vistfræðilegt gæðahlutfall (e. ecological quality ratio, EQR) fyrir T1c vísinn (Tafla 15). Þar sem matsþátturinn getur verið á bilinu 100 til -100 þá er er bætt við 100 svo EQR fari ekki undir 0 (jafna 6).

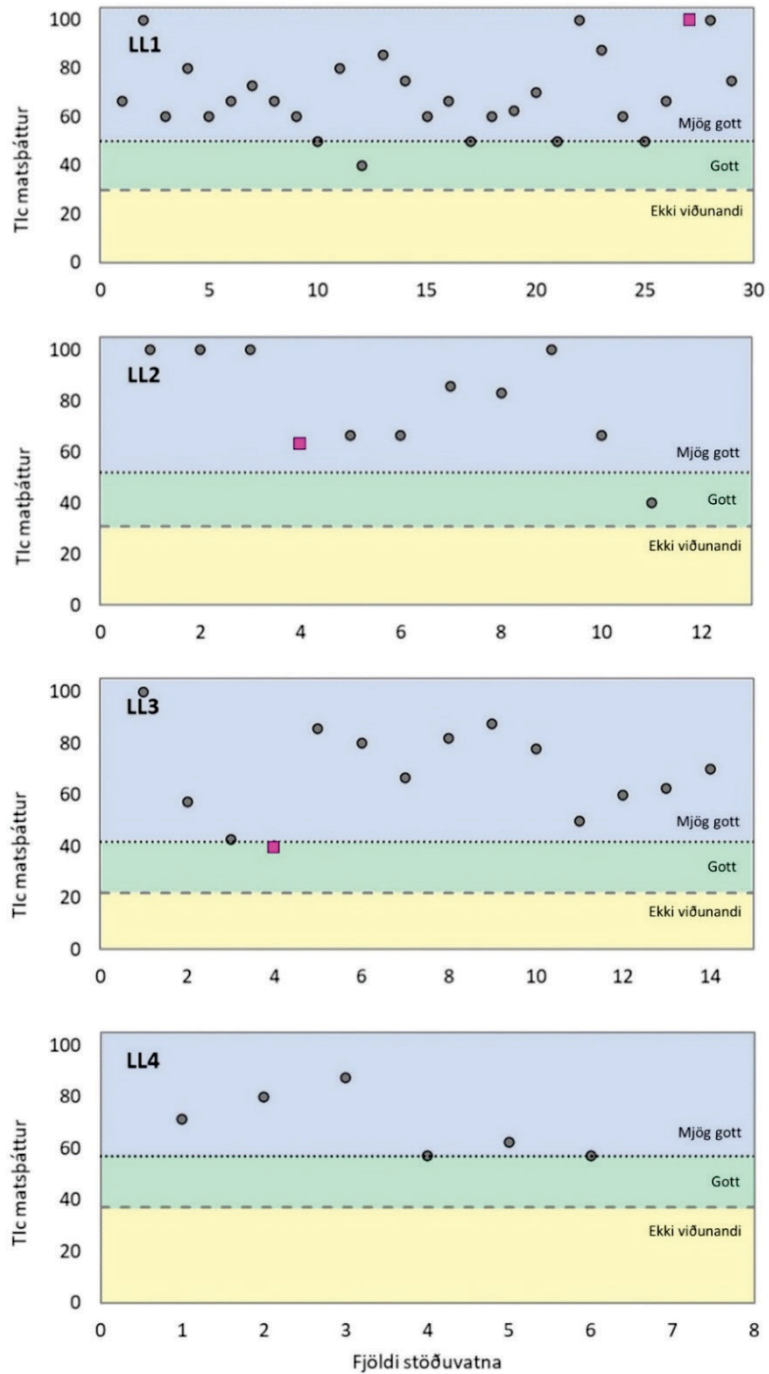
$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall T1c (EQR)} = \frac{\text{mælt gildi} + 100}{\text{viðmiðunargildi} + 100} \quad \text{Jafna 6}$$

Til útreikninga á vistfræðilegu gæðahlutfalli samkvæmt jöfnu 6 er notað viðmiðunargildi viðkomandi stöðuvatnsgerðar úr töflu 15 og mældu gildi úr viðkomandi vatnshloti. Ástands-flokkurinn *mjög gott ástand* nær yfir 95% dreifingar gilda EQR, frá 5–100% hundraðshlutamarki. Mörkin á milli ástandsflokkanna *gott ástand* og *ekki viðunandi* er fundið út frá viðmiðunargildi og vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) sem skilgreint hefur verið fyrir vatnagerðirnar L104 og L105a-b, L204, L205 í Noregi og hefur farið í gegnum millikvörðun N-GIG hópsins og flokkast sem L-N-M101.

Tafla 15. Viðmiðunargildi og mörk ástandsflokka fyrir vatnaplöntur í stöðuvötnum á Íslandi. T1c gildi og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR).

Stöðuvötn							
	T1c				EQR		
Vatnagerð	Viðm.gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	100	100-50	50-30	>30	1-0,75	0,75-0,64	<0,64
LL2	100	100-52	52-31	>31	1-0,76	0,76-0,65	<0,65
LL3	100	100-42	42-22	>22	1-0,71	0,71-0,60	<0,60
LL4	88	88-57	57-37	>37	1-0,84	0,84-0,73	<0,73

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand er ekki metin hér



Mynd 10. Dreifing Tlc gilda, sem er matspáttur á vatnablöntum í stöðuvötnum, í þeim vatnagerðum þar sem gögn eru fyrirliggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatns- hlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Hægt er að bera saman íslenskar vatnagerðir við norsku vatnagerðirnar L104 og og L105a-b, L204, L205 sem eru kalksnaud og tær stöðuvötn neðan við mörk trjágróðurs. Gildi TIC sem er frá 79 til 75 í vötnum í þessum millikvörðunargerðum endurspeglar mjög gott ástand og gildi frá 75 og 55 endurspeglar gott ástand. Sé vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) í þessum millikvörðunargerðum $> 0,98$ er vatnið í mjög góðu ástandi en sé það á milli 0,98 og 0,87 er það í góðu ástandi. Þar sem TIC matsþátturinn hefur verið millikvarðaður fyrir N-GIG hópurinn er búið að kvarða þennan stuðul miðað við niðurstöður annarra sambærilegra stuðla fyrir sambærilegar vatnagerðir frá Finnlandi, Írlandi, Svíþjóð og Bretlandi. Fyrir íslenskar aðstæður nær ástands-flokkurinn *mjög gott ástand* yfir mun breiðara bil TIC matsþáttarins. Líkt og áður hefur komið fram er mun meiri tegundafæð hérlendis hjá vatnablöntum en í Noregi sem gerir það að verkum að fjöldi tegunda hefur mikil áhrif á útkomu matsþáttarins og gera þarf ráð fyrir því við notkun hans.

Á mynd 10 sést dreifing TIC gilda í óröskuðum stöðuvötnum á láglandi og ástandsmörk milli flokka. Eitt vatnshlot fellur í ekki viðunandi ástand en það er Ytra-Litla Hraunsvatn í Flóa, það vatn nær ekki stærð til að flokkast sem vatnshlot undir stjórn vatnamála. Nokkur vatnshlot sem könnuð voru með tilliti til vatnagróðurs í Natura Ísland eru einnig á vöktunaráætlun sem viðmiðunarvatnshlot, þau eru merkt með bleikum kassa á mynd 10. Fyrir vatnagerð LL1 er þetta Vatnshlíðarvatn, LL2 er Eystra-Gíslholtsvatn í vöktunaráætlun og í LL3 er Haukadalsvatn. Ekkert vatn úr Natura verkefninu er í vöktunaráætlun sem viðmiðunarvatnshlot fyrir vatnagerð LL4. Viðmiðunarvatnshlotið Haukadalsvatn (LL3) fellur í *gott ástand* þrátt fyrir að vera talið óraskað. Ekki er talin ástæða til að breyta mörkum ástandsflokka vegna þess eða skipta út viðmiðunarvatnshloti í ljósi þess að um eina staka sýnatöku er að ræða í þessu tilviki en ekki meðaltal yfir lengri tíma.

Ljóst er að grundvöllur fyrir mörkum ástandsflokka byggir í sumum vatnagerðum á gögnum úr mjög fáum stöðuvötnum. Þetta gefur þó grunnviðmið sem síðan er hægt að bæta og gera nákvæmara eftir því sem betra og stærra gagnasafn fæst. Sérstaklega þarf að huga að því að endurskoða mörk milli *góðs ástands* og *ekki viðunandi* þar sem gögnin sem ástandsflokkarnir byggja nú á er eingöngu úr vötnum þar sem ætla má að náttúrulegt ástand sé til staðar og mörkin á milli flokkanna *gott ástand* og *ekki viðunandi* eru byggð á TIC stuðlinum í Noregi.

3.3 Hryggleysingjar í stöðuvötnum

3.3.1 Inngangur

Botnlægir hryggleysingjar í stöðuvötnum er útbreiddur og fjölbreyttur hópur lífvera sem eru lítt hreyfanlegar og geta þannig endurspeglad staðbundið ástand. Í mörgum Evrópulöndum eru botnlægir hryggleysingjar notaðir sem mælikvarðar við mat á vistfræðilegu ástandi vatns, t.d. tegundaauðgi þeirra og hlutföll lífveruhópa í samfélaginu sem eru þolnir eða viðkvæmir fyrir mengun eða raski. Erlendis eru ýmsir stuðlar notaðir við ástandsflokkun m.t.t. hryggleysingja en hérlendis hefur ekki verið stuðst við neina sértæka stuðla við flokkun á ástandi vatns s.s. vegna mengunar eða ofauðgunar. Sumir þessara stuðla henta illa hérlendis þar sem flokkunin er miðuð út frá stórvöxnum skordýrum (EPT hópar) en fáar tegundir þeirra hafa fundist hér (Elisabet R. Hannesdóttir & Jón S. Ólafsson, 2014). Ríkjandi botnhryggleysingjar í stöðuvötnum hérlendis t.d. á strandsvæðum er rykmý en það er áþekkt því sem þekkist í vötnum á norðlægum breiddargráðum (Lento o.fl. 2019). Almenn skilgreining á ástandsflokkun stöðuvatna út frá hryggleysingjum í stöðuvötnum er sett fram í reglugerð 535/2011 (Tafla 16).

Tafla 16. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir hryggleysingja í stöðuvötnum (III viðauki reglugerðar 535/2011, liður 1.2.2).

Mjög gott Ástand	Tegundasamsetning og þéttleiki er algjörlega eða nánast eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður. Engin merki breytinga er að sjá á hlutfalli hryggleysingja sem eru viðkvæmir fyrir truflun og hryggleysingja sem eru það ekki miðað við það sem vænta mætti við óraskaðar aðstæður. Fjölbreytileiki hryggleysingja sýnir engin merki breytinga frá því sem vænta mætti við óraskaðar aðstæður.
Gott ástand	Smávægilegar breytingar eru á tegundasamsetningu og þéttleika hryggleysingja miðað við líffélög í einstökum gerðum vatnshlots. Smávægilegar breytingar eru á hlutfalli hryggleysingja, sem eru viðkvæmir fyrir truflun, og hryggleysingja, sem eru það ekki, miðað við viðmiðunarástand í einstakri gerð vatnshlots. Smávægilegar breytingar eru á fjölbreytileika hryggleysingja miðað við viðmiðunargildin í einstakri gerð vatnshlots.
Ekki viðunandi Ástand	Tegundasamsetning og þéttleiki hryggleysingja eru nokkuð frábrugðin því sem gerist við viðmiðunaraðstæður einstakra gerða vatnshlota. Mikilvæga tegundahópa líffélagsins vantar í viðkomandi gerð vatnshlota. Fjölbreytileiki og hlutfall hryggleysingja, sem eru viðkvæmir fyrir truflun, og hryggleysingja, sem eru það ekki, er umtalsvert miklu minni en viðmiðunargildin í einstakri gerð vatnshlota segja til um og mun minni en þar sem ástand er gott.

3.3.2 Vöktun og aðferðafræði

Söfnun hryggleysingja í fjörubelti stöðuvatna (e: littoral zone) skal framkvæma með hliðsjón af alþjóðlegum staðli: ÍST EN 10870:2012; *Water quality – Guidance for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters*. Sýntökur þurfa að fara fram á tímabilinu frá miðjum ágúst fram í miðjan september og helst að vera lokið fyrir septemberlok. Miða skal við að sýni séu tekin á stöðvum þar sem sýni af botnlægum hryggleysingjum hafa verið tekin áður til að samanburður fái við fyrri rannsóknir. Sýnatökustaðir skulu vera valdir þar sem fjörubeltið er grýtt eða með malarbotni, en forðast skal að taka sýni á sendnum botni, leðjubotni, í stórgryti eða á klöppum. Sýni skulu tekin innan 15–20 m beltis af strandlengjunni á 40–60 cm dýpi á stöðum sem ákvarðaðir hafa verið fyrirfram með tilviljanatölum. Sýnin skal taka með Surber sýnataka með 25 x 25 cm ramma og netpoka með 0,25 mm möskvastærð og með skaftháfi (sparksýni) með áföstum poka með 0,25 mm möskvastærð. Miða skal við að tekin séu 10 sýni með Surber sýnataka á hverri sýnatökustöð og 3 sparksýni. Sýnin með Surber sýnatakanum skulu tekin líkt og lýst hefur verið fyrir straumvötn í kafla 2.2.2. Öll sýni skulu varðveitt í 70% etanóllausn þar til að úrvinnslu kemur.

3.3.3 Ástandsviðmið

Notuð voru gögn um botnlæga hryggleysingja á strandsvæðum stöðuvatna sem safnað hefur verið í ýmsum verkefnum (sjá t.d. Hilmar J. Malmquist o.fl., 2003; Finnur Ingimarsson o.fl., skýrsla í vinnslu). Gögnin voru flokkuð eftir vatnagerðum sem skilgreindar hafa verið undir stjórn vatnamála. Lýsing á vatnagerðum er í viðauka I. Notuð voru gögn um hryggleysingja í náttúrulegum, óroskuðum stöðuvötnum sem geta flokkast sem vötn í mjög góðu ástandi. Gögnin voru fengin úr Vatnaverkefninu (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2003). Flest vötnin sem eru

í því gagnasafni ná lágmarksstærð til að vera skilgreind sem vatnshlot. Nokkur smærri vötn þurfti að flokka „handvirkt“ út frá hæð yfir sjávarmáli, berggrunni og dýpi.

Nokkur mismunur var á fjölda vatna í hverri vatnagerð þar sem aðgengileg gögn voru til staðar eða þar sem nógu ítarlegar greiningar á tegundum/hópum hryggleysingja höfðu farið fram. Einnig þurfti að miða allar tölulegar greiningar við sýni sem höfðu verið greind á sambærilegan hátt og jafn ítarlega, og þar með samanburðarhæf. Þetta undirstrikar mikilvægi þess að greiningar hryggleysingja séu unnar eftir fyrirfram ákveðnum verkferlum og að að þeir séu greindir eins ítarlega og auðið er þannig að niðurstöðurnar nýtist við ástandsflokkun vatna.

Fjórir mismunandi matsþættir voru notaðar til að meta vistfræðilegt ástand stöðuvatna út frá hryggleysingjum (Tafla 17). Þrír þeirra meta fjölbreytileika, þ.e. tegundaauðgi (e. *taxa richness*), Shannon fjölbreytileiki (e. *diversity*) og Shannon jafndreifni (e. *evenness*). Auk þess var stuðst við LAMI stuðulinn (e. *Lake Acidification Macroinvertebrate Index*) sem m.a. er notaður í Noregi og var þróaður af hópi sérfræðinga í norður Evrópu fyrir Vatnatilskipun Evrópusambandsins. Sá matsþáttur hefur gengið í gegn um millikvörðun fyrir stöðuvötn í N-GIG millikvörðunarhópnum. Þessu til viðbótar var reiknaður út stuðull vísihópa fyrir botnlæga hryggleysingja (e. *indicator taxa*) og þannig gerð tilraun til að finna út hvaða tegundir eða hópar hryggleysingja einkenna hverja vatnagerð (Tafla 18). Ákveðið var að nota ekki þéttleika hryggleysingja í stöðuvötnum beint við ástandsflokkun þar sem mjög mikill breytileiki getur verið á þéttleika eftir tímasetningu sýnasöfnunar. Fjöldi hryggleysingja af hverri tegund er hins vegar notaður við útreikninga á fjölbreytileikastuðlum.

Tegundaauðgi (N_0) er einfaldlega fjöldi tegunda hryggleysingja sem finnst á sýnatökustað. Shannon fjölbreytileiki (N_1) er reiknaður á eftirfarandi hátt samkvæmt jöfnu 7 þar sem p_i táknar hlutfall af heildarsýni sem tilheyrir tegund i .

$$N_1 = \exp(-\sum p_i \log p_i) \quad \text{Jafna 7}$$

og Shannon jafndreifni (E) er byggð á Shannon fjölbreytileika (N_1) og tegundaauðgi (N_0) (Borcard o.fl., 2018) og er skilgreind samkvæmt jöfnu 8

$$E = \frac{N_0}{N_1} \quad \text{Jafna 8}$$

Súrnun vatna er algengt og víðtækt vandamál í stöðuvötnum m.a. í Skandinavíu, en hefur ekki verið þekkt vandamál hérlendis þar sem efnahvörf vatns við basískan berggrunn á Íslandi hlutleysir síru mjög hratt. Þrátt fyrir það var ákveðið að skoða hryggleysingja í íslenskum stöðuvötnum m.t.t. norska stuðulsins LAMI, sem hér er nefndur *sýrupolsstuðull fyrir hryggleysingja* (Jafna 9). Sá stuðull byggir á rannsóknum sem náðu til 185 tegunda eða hópa hryggleysingja í Noregi. Gefin voru gildi fyrir hverja tegund eftir því hve þolin tegundin er fyrir súrnun (sjá töflu V4.3.1 í Direktoratsguppen vandirektivet, viðauki við skýrslu 2018). Gildi þeirra tegunda sem finnast í hverju vatnshlot eru lögð saman og út frá því fær hvert vatnshlot LAMI einkunn. Í viðauka V má sjá þolgildi íslenskra tegunda sem útreikningar á LAMI stuðli fyrir íslensk vötn byggir á. Þær tegundir sem tilgreindar eru í skýrslu Norðmanna um vistfræðilega flokkun vatna (Direktoratsguppen vandirektivet, 2018 viðauki við skýrslu) eru aðallega tilgreindar tegundir vorflugna, dægurflugna og steinflugna. Flestar þeirra tegunda finnast ekki hér á landi. Á þessum lista eru hins vegar engar tegundir rykmýs, en hér á landi hafa fundist yfir 80 tegundir rykmýs. Rykmý er víða notað til ástandsflokkunar vatna og lagt hefur verið til að svo verði gert hérlendis. Tilraun var gerð til að finna út LAMI stuðul fyrir íslensk vötn, en einungis 11 tegundir hryggleysingja finnast hérlendis af þeim 185 sem tilgreindar eru í norsku skýrslunni. Niðurstöðurnar sýna að LAMI stuðullinn er mun hærri hér á landi en í Noregi sem endurspeglar líklega að súrnun vatna er ekki útbreitt vandamál á Íslandi

miðað við í Noregi. Verði haldið áfram að nota LAMI stuðulinn fyrir vötn hér á landi er lagt til að hann verði aðlagður að þeim hryggleysingjategundum sem finna má hér á landi og taka rykmý með í þá flokkun. Til eru upplýsingar um viðbrögð mismunandi tegunda rykmýs við mismunandi pH-gildi í vötnum sem hægt væri að nota við þróun stuðulsins (t.d. Vallenduuk & Moller Pillot, 2007; Moller Pillot 2009, 2013).

$$LAMI = \frac{\sum_{k=1}^n s_k}{n} \quad \text{Jafna 9}$$

Þar sem s_k táknar þolgildi hvernar tegundar (k) og n táknar fjölda tegunda.

Greining á vísihópum hryggleysingja var unnin með því að nota *multipatt* og *signassoc* í R forritapakkanum *indicspecies* (De Cáceres & Legendre, 2009). Útreiknuð gildi samanstanda af tveimur þáttum þ.e. *specificity* (A þáttur) og *fidelity* (B þáttur). *Specificity* gefur til kynna jákvæð spágildi fyrir tegund og er gildið hæst þegar tegund er til staðar í ákveðinni búsvæðagerð en ekki annarsstaðar. *Fidelity* gefur til kynna næmni tegunda sem vísitægund og er hæst þegar tegund er til staðar á öllum stöðvum í tiltekinni búsvæðagerð (De Cáceres & Legendre, 2009).

Vísihópar hryggleysingja (Tafla 17) geta endurspeglad mismunandi vatnagerðir, en það að ákveðnar tegundir eða hópar hryggleysingja séu til staðar eður ei gefur ekki til kynna hvort ástand vatna sé gott eða slæmt. Þannig má segja að með því að finna hverjar vísitægundir séu fyrir mismunandi vatnagerðir gefi upplýsingar um samfélagsgerðir hryggleysingja í vötnum. Greining á vísihópum fyrir íslensk stöðuvötn leiddi í ljós að rykmý reyndist oftast vera vísihópur fyrir stöðuvatnshlot. Möguleiki er að tilgreina einstakar vísitægundir fyrir rykmý sem benda til súrnunar vatna, næringarefnaauðgunar eða breytinga á vatnsformfræðilegum þáttum (Tafla í viðauka IV).

Útreikningur á viðmiðunarástandi og mörk á milli flokka

Viðmiðunargildi og mörk á milli flokkanna *mjög gott ástand* og *gott ástand* og flokkanna *gott ástand* og *ekki viðunandi* voru reiknuð á eftirfarandi máta:

1. Tekin voru meðaltöl matsþátta (tegundaaúðgi, Shannon fjölbreytileiki, Shannon jafndreifni og LAMI) fyrir hvert stöðuvatn. Miðgildi fyrir hverja vatnagerð var notað sem viðmiðunargildi hvers matsþáttar
2. Mörk á milli flokkanna *mjög gott* og *gott ástand* miðast við 5% hundraðshlutamark gagna um hvern matsþátt nema fyrir stöðuvatnagerðina LL2 þar sem notast var við 10% dreifingarmark gagna og byggt var á sérfræðimati. Það þýðir að 90 til 95% gagnanna eru ofan við mörkin *mjög gott* og *gott ástand*.
3. Fyrir Shannon fjölbreytileika, jafndreifni og tegundaaúðgi: Mörkin á milli flokkanna *gott ástand* og *ekki viðunandi* voru sett út frá viðmiðunargildinu margfaldað með fastanum 0,33 sem er það vistfræðilega gæðahlutfall sem talið var ásættanlegt að nota á milli þessara ástandsflokka samkvæmt sérfræðimati. Það er gert í ljósi þess að lítið er til af upplýsingum um hryggleysingja í stöðuvötnum hérlendis sem eru undir álagi af mannavöldum.
4. Fyrir LAMI stuðulinn: Mörk LAMI voru þau sömu og notuð hafa verið í Noregi (Tafla 18d í Direktotatsgruppen vanndirektivet 2018).

Vistfræðilegt gæðahlutfall er reiknað út frá niðurstöðum matsþátta í vöktuðu vatnshloti og viðmiðunargildi viðkomandi matsþáttar (Jafna 10).

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Gildi matsþátta í vöktuðu vatnshloti}}{\text{viðmiðunargildi matsþátta}} \quad \text{Jafna 10}$$

Meðalgildi matsþátta í hverju stöðuvatni þar sem gögn lágu fyrir eru settar fram á myndum 11–14 ásamt mörkum á milli ástandsflokka. Viðmiðunargildi og mörk fyrir ástandsflokka eru sýnd í töflum 18 a–d.

Gögn eru til úr nokkrum vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Gilsárvatn (LH1), Vatnshlíðarvatn (LL1), Svartárvatn og Ytra-Deildarvatn (LL2). Þau flokkast öll í *mjög góðu* ástandi m.t.t. matsþátta hryggleysingja nema Ytra-Deildarvatn sem staðsett er á Melrakkasléttu. Það er á mörkum þess að vera í *góðu* og *ekki viðunandi* ástandi. Það er ekkert sem bendir til þess að það sé undir álagi af mannavöldum og líklega er það tegundasnauð frá náttúrunnar hendi. Ein hugsanleg skýring á því er að vatnsborð vatnsins sé breytilegt yfir árið en það rýrir búsvæði hryggleysingja í fjörubelti.

Tafla 18 a–d. Reiknaðir matsþættir, viðmiðunargildi og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir hryggleysingja í stöðuvötnum.

a. Tegundaauðgi

Stöðuvötn							
	Tegundaauðgi hryggleysingja				EQR tegundaauðgi		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	5,2	>4,1	4,1-1,7	<1,7	1-0,79	0,79-0,33	<0,33
LL2	12,9	>6,0	6,0-4,3	<4,3	1-0,47	0,47-0,33	<0,33
LL3	9,0	>4,5	4,5-3,0	<3,0	1-0,50	0,50-0,33	<0,33
LL4	9,3	>5,1	5,1-3,1	<3,1	1-0,55	0,55-0,33	<0,33
LH1	10,6	>9,5	9,5-3,5	<3,5	1-0,90	0,90-0,33	<0,33

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

b. Shannon fjölbreytleiki

Stöðuvötn							
	Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja				EQR fjölbreytleiki		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	2,77	>1,99	1,99-0,91	<0,91	1-0,72	0,72-0,33	<0,33
LL2	5,49	>2,76	2,76-1,81	<1,81	1-0,50	0,50-0,31	<0,31
LL3	4,15	>2,45	2,45-1,37	<1,37	1-0,59	0,59-0,33	<0,33
LL4	5,38	>3,49	3,49-1,77	<1,77	1-0,65	0,65-0,33	<0,33
LH1	5,30	>3,11	3,11-1,75	<1,75	1-0,59	0,59-0,33	<0,33

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

c. Shannon jafndreifni

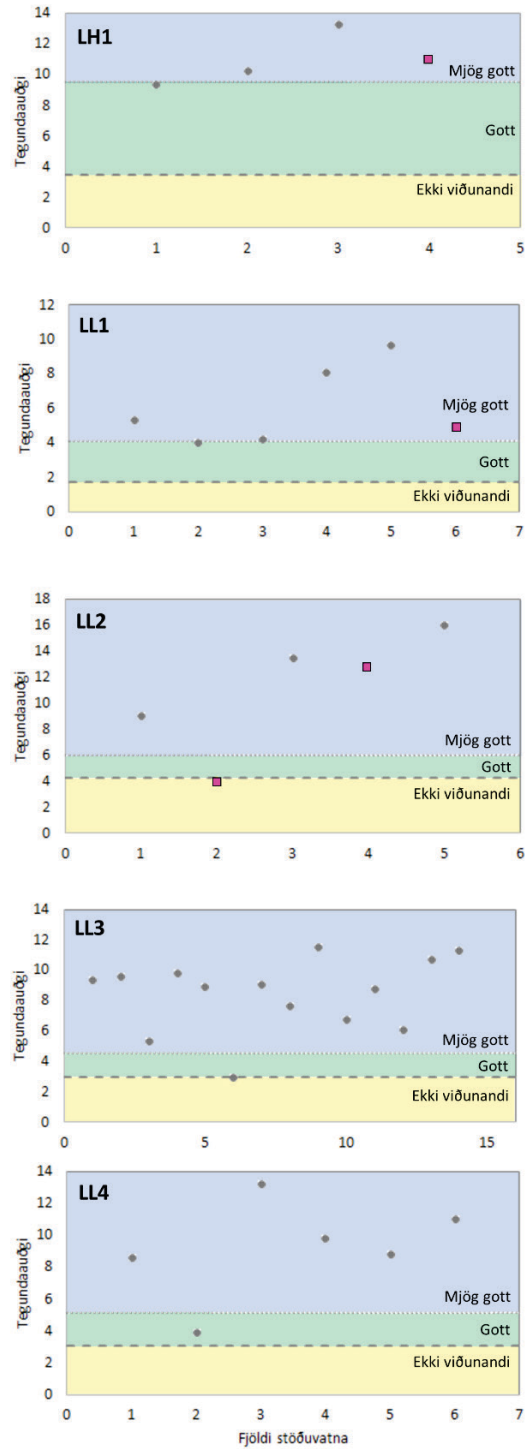
Stöðuvötn							
	Shannon jafndreifni hryggleysingja				EQR jafndreifni		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	0,64	1-0,47	0,47-0,21	<0,21	1-0,74	0,74-0,33	<0,33
LL2	0,44	1-0,38	0,38-0,15	<0,15	1-0,87	0,87-0,33	<0,33
LL3	0,54	1-0,44	0,44-0,18	<0,18	1-0,81	0,81-0,33	<0,33
LL4	0,58	1-0,52	0,52-0,19	<0,19	1-0,90	0,90-0,33	<0,33
LH1	0,50	1-0,33	0,33-0,16	<0,16	1-0,66	0,66-0,33	<0,33

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

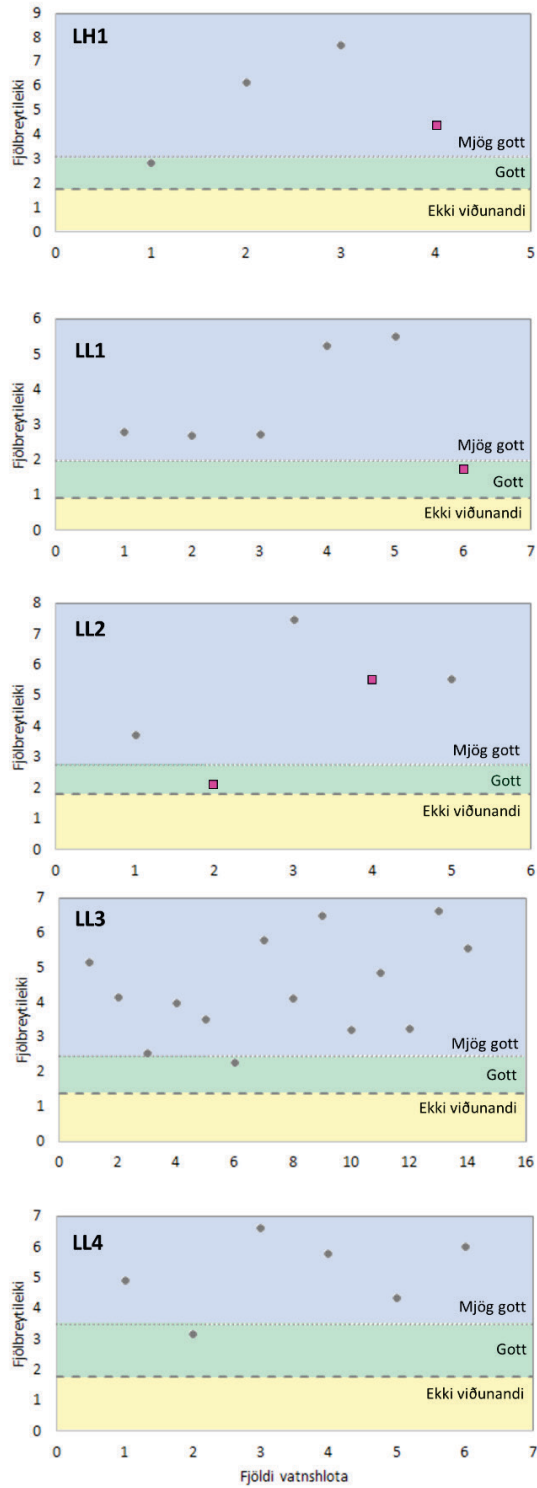
d. LAMI stuðull

Stöðuvötn							
	LAMI matsþáttur				EQR LAMI		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	5,42	>3,83	3,83-3,3	<3,3	1-0,71	0,71-0,61	<0,61
LL2	5,62	>3,83	3,83-3,3	<3,3	1-0,68	0,68-0,59	<0,59
LL3	5,25	>3,83	3,83-3,3	<3,3	1-0,73	0,73-0,63	<0,63
LL4	6,04	>3,83	3,83-3,3	<3,3	1-0,63	0,63-0,55	<0,55
LH1	6,13	>3,83	3,83-3,3	<3,3	1-0,63	0,63-0,54	<0,54

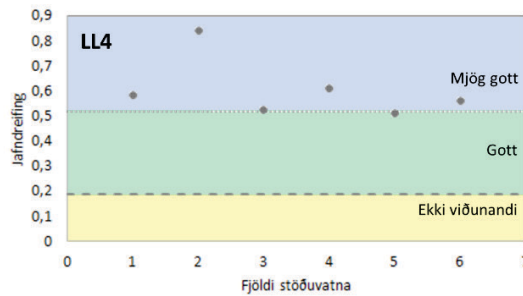
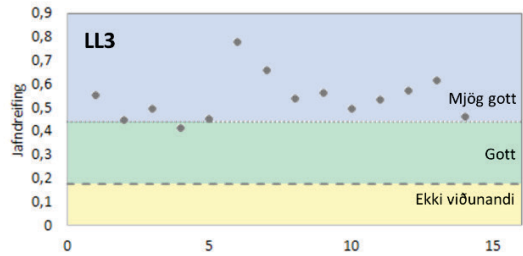
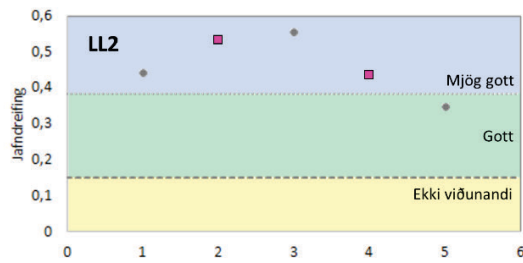
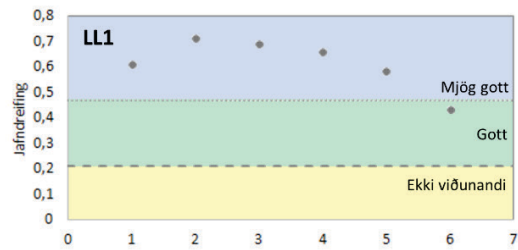
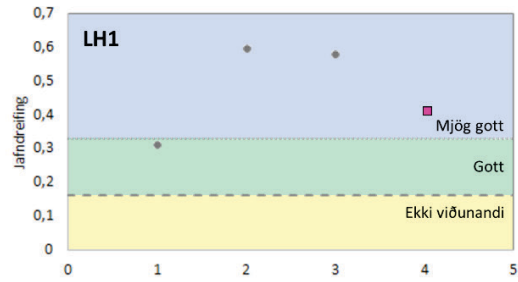
Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.



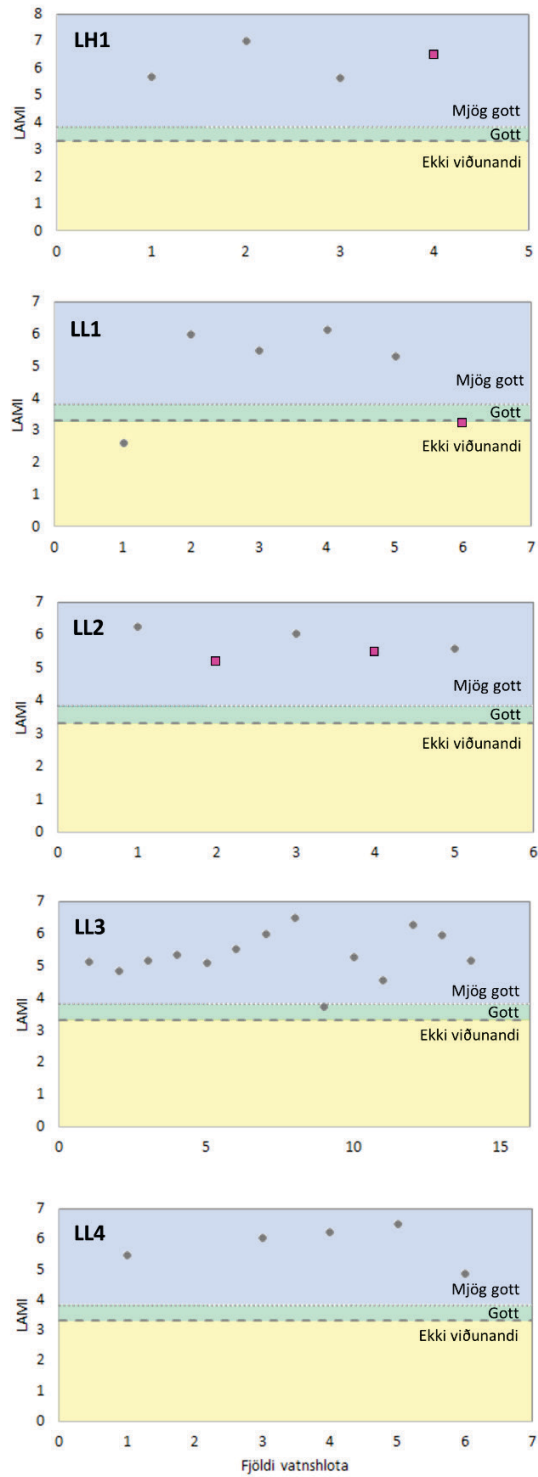
Mynd 11. Tegundaauðgi hryggleysingja í stöðuvötnum þar sem gögn voru fyrirliggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.



Mynd 12. Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja í stöðuvötnum þar sem gögn voru fyrir-
 liggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur
 yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun
 eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.



Mynd 13. Shannon jafndreifing hryggleysingja í stöðuvötnum þar sem gögn voru fyrir-
 liggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur
 yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun
 eru táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.



Mynd 14. Sýrupólsstuðull hryggleysingja (LAMI) í stöðuvötnum þar sem gögn voru fyrir- liggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

4 Eðlisefnafræðilegt ástand í straum- og stöðuvötnum

Umhverfisstofnun ákvarðaði með bréfi, dags. 9. desember 2019, eftirfarandi eðlisefnafræðilega gæðaðætti: súrnunarástand, súrefnisástand, leiðni og næringarefnaástand til að meta vistfræðilegt ástand straum- og stöðuvatna auk sjóndýpis í stöðuvötnum í fyrsta vatnahring stjórnar vatnamála (Tafla 2).

4.1 Inngangur

Eðlisefnafræðilegar aðstæður vatna eru einn af þeim grunnþáttum sem hafa áhrif á hvaða vistkerfi hefur möguleika á að dafna í viðkomandi straum- eða stöðuvatni. Eðlisefnafræðilegir gæðaðættir eru notaðir til stuðnings líffræðilegum gæðaðáttum við mat á vistfræðilegu ástandi yfirborðsvatns.

Breytingar á eðlisefnafræðilegu ástandi vatns geta bæði verið af náttúrulegum uppruna og af mannavöldum. Mikilvægt er að greina þar á milli við mat á álagi þar sem að álagsmat samkvæmt vatnatilskipun varðar einungis breytingar sem verða vegna athafna mannsins. Umtalsverðar tímabundnar breytingar á eðlisefnafræðilegum aðstæðum geta verið af náttúrulegum orsökum s.s. vegna eldgosa. Einnig má vænta tímabundinna breytinga þegar snjóá leysir, vegna úrkomu eða flóða.

Næringarefni eru að jafnaði sá þáttur sem hefur hvað mest áhrif á vöxt og viðgang þörunga og þannig framvindu og viðgang þess vistkerfis sem er til staðar. Styrkur næringarefna í vatni hér á landi er háður uppruna vatnsins m.a. vegna ólíkra jarðfræðilegra eiginleika, jarðvegs og gróðurfars og viðstöðutíma vatnsins á leið um vatnasviðið. Framboð næringarefna er því einn af lykilþáttunum í mótun þess vistkerfis sem er til staðar í hverju vatnshloti. Súrnunarástand og súrefnisstyrkur endurspeglar náttúrulegt ástand í vistkerfum sem og álagsþætti. Súrnunarástand vatna endurspeglar m.a. frumframleiðnistig, álagsþol og hefur mikilvæg áhrif á efnafræðilegar aðstæður s.s. efnasamsetningu og leysni ýmissa efnasambanda í umhverfinu.

Sýrustig og súrefnisaðstæður (e. redox) eru þær breytur sem hafa hvað mest áhrif á leysni og hegðun málsambanda í umhverfinu (UUSEPA 2007) og geta uppleyst málsambönd haft neikvæð áhrif á lífríki (de Paiva Magalhães o.fl., 2015). Dæmi um slíkt eru álsteindir (Al) en leysni þeirra í berggrunni/jarðvegi eykst mikið neðan við pH 5 og ofan við pH 10, líkt og gerðist í Elliðaám 1998–1999 (Sigurður Reynir Gíslason o.fl., 1998). Uppleyst ál (Al^{+3}) í vatni getur haft neikvæð áhrif t.d. á laxfiskaseiði en álsteindir geta fallið út á tálknum þeirra og valdið köfnun. Auk þess hefur verið sýnt fram á að hár styrkur málsambanda í ferskvatni geti haft neikvæð áhrif á hryggleysingja (t.d. Gower et al., 1994). Við lágan súrefnisstyrk geta afoxuð efnasambönd orðið ríkjandi s.s. metan (CH_4) og brennisteinsvetni (H_2S). Slíkar aðstæður geta m.a. valdið fiskdauða.

Rafleiðni í vatni (leiðni) er óbeinn mælikvarði á hlaðin, uppleyst efni í vatni og þannig mikilvæg breyta til þess að vakta álag. Sú rafleiðni sem er til staðar í hverju vatnshloti er einkennandi fyrir ákveðnar gerðir vatnshlota. Hún sveiflast nokkuð við náttúruleg skilyrði og þá einkum vegna snjóbráðunar eða mikilla rigninga. Mikil hækkun utan þess getur endurspeglad mengunarálag og/eða súrefnisfirrð í vatnshlotum.

Vöktun á þessum gæðaðáttum er mikilvæg til þess að meta framvindu vistkerfanna og ríkjandi aðstæður hverju sinni.

Tafla 19. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands milli ástandsflokka fyrir eðlisefnafræðilega þætti í straum- og stöðuvötnum (byggt á III viðauki reglugerðar 535/2011, liður 1.2.1 og 1.2.2).

Mjög gott ástand	Gildi eðlisefnafræðilegu þáttanna eru algjörlega eða nánast eins og vænta mætti við óraskaðar aðstæður. Styrkur næringarefna helst innan þeirra marka sem alla jafna mætti vænta við óraskaðar aðstæður. Selta, sýrustig, súrefnisjafnvægi, sýruhlutleysingargeta (ANC), sjóndýpi (í stöðuvötnum) og hitastig sýna engin merki truflunar af mannavöldum og haldast innan þeirra marka sem alla jafna mætti vænta við óraskaðar aðstæður.
Gott ástand	Hiti, súrefnisjafnvægi, sýrustig, sýruhlutleysingargeta (ANC), sjóndýpi (í stöðuvötnum) og selta eru hvorki utan þeirra marka sem fastsett hafa verið til að tryggja að vistkerfið starfi eðlilega né áður greindra gilda fyrir líffræðilega gæðapætti. Styrkur næringarefna er ekki utan þeirra marka sem fastsett hafa verið til að tryggja að vistkerfið starfi eðlilega og áður greind gildi fyrir líffræðilega gæðapætti náist.
Ekki viðunandi ástand	Aðstæður eru í samræmi við áður greind gildi fyrir líffræðilega gæðapætti.

Í töflu 19 er sett fram almenn skilgreining á vistfræðilegu ástandi þriggja efstu ástandsflokka eðlisefnafræðilegra gæðapátta í straum- og stöðuvötnum.

4.2 Vöktun og aðferðafræði

Samkvæmt reglugerð nr. 353/2011 er miðað við að vöktun á eðlisefnafræðilegum gæðapáttum í straum- og stöðuvötnum undir stjórn vatnamála skuli að lágmarki fara fram fjórum sinnum á ári, að vetri, vori, sumri og hausti og er meðaltal mælinganna notað við ástandsflokkunina. Þetta fyrirkomulag á ágætlega við um suma þætti t.d. næringarefni. Hvað varðar aðra þætti er breytileiki meiri innan ákveðinna árstíða, eða við sérstakar aðstæður s.s við álagsatburði/álagssvæði. Sem dæmi má nefna er breytileiki í pH mestur að sumri, breytingar á súrefnisástandi mestar að vetri eða á álagssvæðum. Fjallað er nánar um það í undirköflum hér á eftir.

4.2.1 Næringarefni

Samkvæmt reglugerð nr. 353/2011 er miðað við að vöktun á eðlisefnafræðilegum gæðapáttum í straum- og stöðuvötnum undir stjórn vatnamála skuli að lágmarki fara fram fjórum sinnum yfir árið, að vetri, vori, sumri og hausti og er meðaltal mælinganna notað við ástandsflokkunina. Sýnum skal safnað samkvæmt viðurkenndri aðferðafræði og styðjast skal við staðalinn ÍST-EN-IS5667-3 Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples. Nota skal síur sem innihalda ekki köfnunarefni t.d. cellulose asetate með möskvastærð 0,2 µm. Mikilvægt er að sýnin séu efnagreind á vottuðum rannsóknastofum og að næmni aðferðanna sé viðunandi (greiningarmörk PO₄: 0,001 mg/l og NO₃: 0,002 mg/l).

4.2.2 Súrnunarástand og leiðni

Eins og fram kemur í skýrslu fagstofnanna sem lýsir viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi (Eydís S. Eiríksdóttir o.fl., 2020) er mikilvægt að vakta leiðni og sýrustig í sífellu, þetta þarf að gera yfir frumframleiðnitímabilið í heild eða á ársgrundvelli. Í skýrslunni eru færð rök fyrir því að afar ólíklegt sé að fjórar sýnatökur nái að fanga frumframleiðnigetu og ástand hvers árs með fjórum sýnatökum á ári.

Eftirfarandi vöktun á pH og leiðni er tvíþætt:

- A. Mælingar á pH og leiðni eru gerðar samhliða efnasýnatöku fjórum sinnum á ári. Mælt er með handmæli sem kvarðaður hefur verið með viðurkenndum stöðlum. Styðjast skal við staðalinn ÍST-EN-IS5667-3 Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples.
- B. Samfelldar mælingar á pH og leiðni. Mælingar yrðu staðsettar við útfall stöðuvatna og í árfarvegum. Mælt er með viðurkenndum pH nemum sem tendir eru CR8000 Campell gagnaskráningartæki sem sendir niðurstöður jafn óðum í viðeigandi gagnagrunn. Lagt er til að samfelld vöktun verði í viðmiðunarvatnshlotum og að lágmarki séu mælistöðvar í hverjum landshluta. Mælingar verða settar upp þar sem samfelld vöktun er nú þegar til staðar, t.d. á rennsli, vatnshita og leiðni.

Álag á Íslandi vegna ákomu næringarefna, mengunar eða annarra þátta í umhverfinu er mjög breytilegt innan ársins og einkennist hérlandis af tímabundinni ákomu s.s. vegna dreifingar á áburði vegna landbúnaðar og ræktunar, annars vegar lífrænum áburði og hins vegar tilbúnum áburði, en dreifing þeirra er að jafnaði ekki á sama tíma. Önnur sveiflukennd ákoma er vegna salt dreifingar og ísingarefna, við starfsemi sláturhúsa o.s.frv.

Sífelld vöktun á pH og leiðni er mikilvæg meðal annars til þess að:

- 1) fá vitneskju um á hvaða framleiðnistigi næringarefnasýnin eru tekin og þannig kvarða mælingar á hinum ólíku gæðapáttum
- 2) kvarða og túlka niðurstöður á milli ára
- 3) mæla sveiflubundna ákomu / álag
- 4) skilgreina hentugan sýnatökutíma vegna hinna mismunandi gæðapætta sem notaðar eru

4.2.3 Súrefnisástand

Mikilvægt er að mæla súrefni við ákveðnar aðstæður t.d. þegar vænta má að lagskipting sé til staðar síðsumars í dýpri stöðuvötnum þegar frumframleiðni hefur náð hámarki. Í grunnnum stöðuvötnum þar sem frumframleiðni er mikil og í vatnshlotum þar sem líkur eru á ákomu lífrænna og ólífrænna næringarefna er líklegast að þannig aðstæður geti skapast að vetri þegar vötnin leggur eða við lygnar aðstæður þegar lítil uppblöndun er á vatninu. Eðlilegt er að fagaðilar meti þörfina hverju sinni. Súrefni er mælt ýmist með YSI-sondu eða sambærilegu mælitæki eða með Winkler títrun.

Í ljósi þess að mjög lítið er til af mælingum á súrefni í stöðuvötnum verða ástandsviðmið byggð á þeim sem sett hafa verið fyrir tær vötn í Noregi, t.d. norsku vatnagerðirnar LN1 og RN1. Við náttúrulegar aðstæður er súrefnisstyrkur mjög sambærilegur milli landa og því teljum við ásættanlegt að nota sömu nálgun og í Noregi að svo komnu máli.

4.2.4 Sjónkýpi

Sjónkýpi í stöðuvötnum er fall af magni agna sem eru í vötnunum. Það getur bæði átt við uppgruggað set og lífrænar agnir s.s. þörungur og jarðveggsýrur (e. humic acids). Á Íslandi er

vindasamt og algengt að botnset gruggist upp vegna vinda í grunnum vötnum svo það verður að taka veðurfar með í reikninginn áður en mæling er gerð á sjóndýpi í grunnum vötnum. Í djúpum vötnum hérlendis hefur frumframleiðni áhrif á sjóndýpi en áhrif af jarðvegssýrum í vötnum á Íslandi eru lítil. Sjóndýpi minnkar með aukinni frumframleiðni og getur því gefið vísbendingar um breytingar á framboði næringarefna í vötnunum. Þetta á ekki við um sjóndýpi í jökulskotnum stöðuvötnum. Þar er sjóndýpi aðeins fall af magni svifaus í vötnunum. Sjóndýpi er mælt af báti með secci skífu sem fest er í band. Skífan er látin síga í vatnið þar til hún er ekki greinanleg með berum augum. Dýpið er mælt með málbandi og samsvarar það sjóndýpi.

4.3 Ástandsviðmið

Fyrirliggjandi gögn um eðlis-efnafræðilega gæðapætti í straum- og stöðuvötnum voru notuð til að skilgreina viðmiðunarástand fyrir mismunandi vatnagerðir. Stutt lýsing á vatnagerðum er í viðauka I.

Eins og komið hefur fram eru fyrirliggjandi gögn ekki umfangsmikil og sérstaklega á það við um stöðuvötn. Fyrirliggjandi gögn um eðlisefnafræðilega gæðapætti (samantekið í Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020) voru notuð til að skilgreina viðmiðunarástand fyrir þær vatnagerðir á Íslandi þar sem gögn eru fyrirliggjandi. Í flestum tilvikum eru aðeins notuð gögn úr óröskuðum vatnshlotum. Í þeim tilvikum þar sem lítið er til af mælingum getur hins vegar verið nauðsynlegt að notast við sérfræðiálit, auk þeirra gagna sem til eru.

Mikilvægt er að styrkja gagnagrunna á komandi árum með frekari gagnaöflun. Þessi staða krefst þess að viðmið verði endurmetin eftir því sem frekari gögn safnast. Mest er til af gögnum um eðlisefnafræðilega gæðapætti úr straumvötnum á láglendi og því greiningarforsendur þar einna bestar. Mun minna er til af gögnum úr stöðuvötnum og úr vatnshlotum sem teljast til hálendisvatnshlota samkvæmt viðmiðum stjórnar vatnamála (>600 m h.y.s.).

Við úrvinnslu gagna kom í ljós að mikilvægt væri að skipta vatnagerðinni RL2 upp í tvennt, RL2a og RL2b, vegna þess hversu ólík straumvötn eru innan vatnagerðar RL2. Sama skipting var gerð fyrir grunn stöðuvötn á yngri berggrunni LL2. Ár í flokki RL2a eru ár sem renna af ungunum berggrunni án mikilla áhrifa af lindarvatni en í RL2b eru lindár sem renna um nýleg hraun og eru með ríkan lindarþátt. Stöðuvötn í vatnagerð LL2b eru vötn sem byggja vatna-búskap sinn á efnaríkum lindum. Styrkur fosfórs er almennt mun hærrí í RL2b og LL2b en í RL2a og LL2a, og að jafnaði er nítrat einnig hærra, sem skapar ólíkar forsendur til frumframleiðni. Sýrustig og leiðni í RL2b eru einnig almennt hærra en í RL2a.

Mun minna er til af gögnum úr stöðuvötnum en straumvötnum. Það á sérstaklega við um hálendisvötn og jökulvötn. Þau gögn sem til eru úr jökulvötnum (LG) eru úr uppistöðulónum sem að líkum lætur eru mikið breytt vatnshlot (HMWB). Við þannig aðstæður er nauðsynlegt að nýta öll gögn þrátt fyrir veikleika varðandi gæðaviðmið en um leið nýta þá sérfræðipækkingu sem er til staðar.

Gögnum úr óröskuðum straumvatnshlotum var safnað saman og þau flokkuð eftir vatnagerðum. Í þeim tilfellum sem næringarefnagögn voru til úr nægilegum fjölda vatnshlota voru aðeins notaðar upplýsingar úr vatnshlotum þar sem tvær eða fleiri mælingar voru fyrirliggjandi. Reiknaður var meðalstyrkur næringarefna í hverju vatnshloti og voru þær upplýsingar notaðar til skilgreina viðmiðunaraðstæður í straumvötnum. Meðalstyrkur næringarefna í hverju vatnshloti var notaður frekar en niðurstöður einstakra mælinga, til þess að gögn úr einstökum vatnshlotum þar sem miklar upplýsingar voru fyrirliggjandi myndu ekki ráða of miklu við

skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum fyrir einstaka vatnagerð, á kostnað vatnshlota þar sem fáar mælingar hafa verið gerðar.

4.3.1 Næringarefni í straumvötnum

Ákveðið var að nota ársmeðalstyrk næringarefna í straumvötnum á láglendi og jökulvötnum, í stað þess að nota vetrarstyrk þar sem upplýsingar um vetraraðstæður voru heldur fátæklegar. Viðmiðunargildi (e. reference value) fyrir styrk næringarefna (PO_4 , NO_3 og NH_4) í straumvötnum miðast við 75% hundradshlutamark á meðalstyrk þessara efnasambanda í óröskuðum ám, nema í vatnagerð RL2b sem eru lindár sem renna af ungum hraunum. Þar var viðmiðunargildi sett út frá miðgildi gagnanna. Skilgreining viðmiðunargilda við 75% hundradshlutamark var gert vegna þess að gagnasafnið samanstendur af mun fleiri sumarsýnum en vetrarsýnum, en styrkur næringarefna er mun lægri að sumri en vetri vegna upptöku frumframleiðenda á næringarefnum að sumri. Til að veða það upp var 75% hundradshlutamark notað en ekki miðgildi, nema í RL2b þar sem álíka mikið var af sumar- og vetrarsýnum. Gögn um N-total og P-total eru fátækleg og hér er ekki gerð tilraun til að setja ástandsflokkka út frá þeim gæðabáttum þrátt fyrir að þeir hafi verið lagðir til á sínum tíma.

Mörk á milli ástandsflokkanna *mjög gott* og *gott ástand* í straumvötnum eru reiknuð út frá viðmiðunargildi efnasambandanna og vistfræðilegu gæðahlutfalli sem notað er í Noregi fyrir heildarstyrk fosfórs og heildarstyrk köfnunarefnis í straumvötnum (Direktotatsgruppen vanndirektivet 2018). Þau mörk passa vel við 90–95% dreifingu meðalstyrks efnasambandanna í ánum og eru því talin endurspegla nokkuð vel náttúrulegt ástand í straumvötnum. Mörkin á milli *góðs ástands* og *ekki viðunandi* voru reiknuð á sambærilegan hátt, út frá viðmiðunargildum efnasambandanna og vistfræðilegu gæðahlutfalli sem notað er fyrir styrk N-total og P-total í norskum straumvötnum í millikvörðunargerð R-N1 og R-N4 (Direktortatsgruppen vanndirektivet 2018). Þessi nálgun er gerð á þeim grundvelli að megin hluti af heildarstyrk fosfórs (P-total) er á forminu PO_4 og að stór hluti af heildarstyrk köfnunarefnis (N-total) eru ólífrænu efnasamböndin NO_3 og NH_4 .

Mikilvægt er að hafa í huga að viðmiðunargildin og mörk flokka eru fundin út frá dreifingu á meðalstyrk efnasambandanna í óröskuðum ám í síuðum sýnum sem endurspegla árstíðabundinn breytileika. Vöktun og ástandsflokkun vaktaðra vatnshlota þarf að miðast við það og gæta þarf þess að nota meðalstyrk úr síuðum sýnum sem safnað er á öllum árstíðum.

Í ljósi þess að ekki eru til gögn um styrk næringarefna í straumvötnum á hálendi var ekki mögulegt að setja viðmið til ástandsflokkunar vatnshlota á hálendi.

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir næringarefni er reiknað samkvæmt jöfnu 11.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Viðmiðunargildi næringarefni}}{\text{Ársmeðalstyrkur næringarefna í vöktuðu vatnshlotti}}$$

Jafna 11

Tafla 20. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir PO₄ í straumvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur PO₄ gefinn upp í mikrómol/l í litra (µmól/l) en í töflu B er hann gefinn upp sem mikrógrömm af P í efnasambandinu PO₄ í hverjum litra vatns (µg/l PO₄-P). Vatnagerð RL2 er skipt í RL2a og RL2b þar sem RL2a eru ár á nýjum berggrunni án lindáa og RL2b eru lindár sem hafa mun hærra fosfatstyrk en aðrar ár í þessari gerð.

A.

Straumvötn							
	PO ₄ (µmól/l)				EQR PO ₄		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	0,2	<0,3	0,3-0,5	>0,5	1-0,60	0,60-0,36	<0,36
RL2a	0,5	<0,8	0,8-1,3	>1,3	1-0,60	0,60-0,36	<0,36
RL2b	1,0	<1,7	1,7-2,2	>2,2	1-0,60	0,60-0,45	<0,45
RL3	0,2	<0,3	0,3-0,5	>0,5	1-0,60	0,60-0,36	<0,36
RL4	1,4	<1,4	1,4-4,0	>4,0	1-0,60	0,60-0,36	<0,36
RG	0,9	<1,5	1,5-2,4	>2,4	1-0,60	0,60-0,36	<0,36

B.

PO ₄ -P (µg/l)							
	PO ₄ -P (µg/l)				EQR PO ₄		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	5	<9	9-14	>14	1-0,60	0,60-0,36	<0,36
RL2a	15	<24	24-41	>41	1-0,60	0,60-0,36	<0,36
RL2b	31	<51	51-68	>68	1-0,60	0,60-0,45	<0,45
RL3	5	<8	8-14	>14	1-0,60	0,60-0,36	<0,36
RL4	45	<75	75-124	>124	1-0,60	0,60-0,36	<0,36
RG	27	<46	46-76	>76	1-0,60	0,60-0,36	<0,36

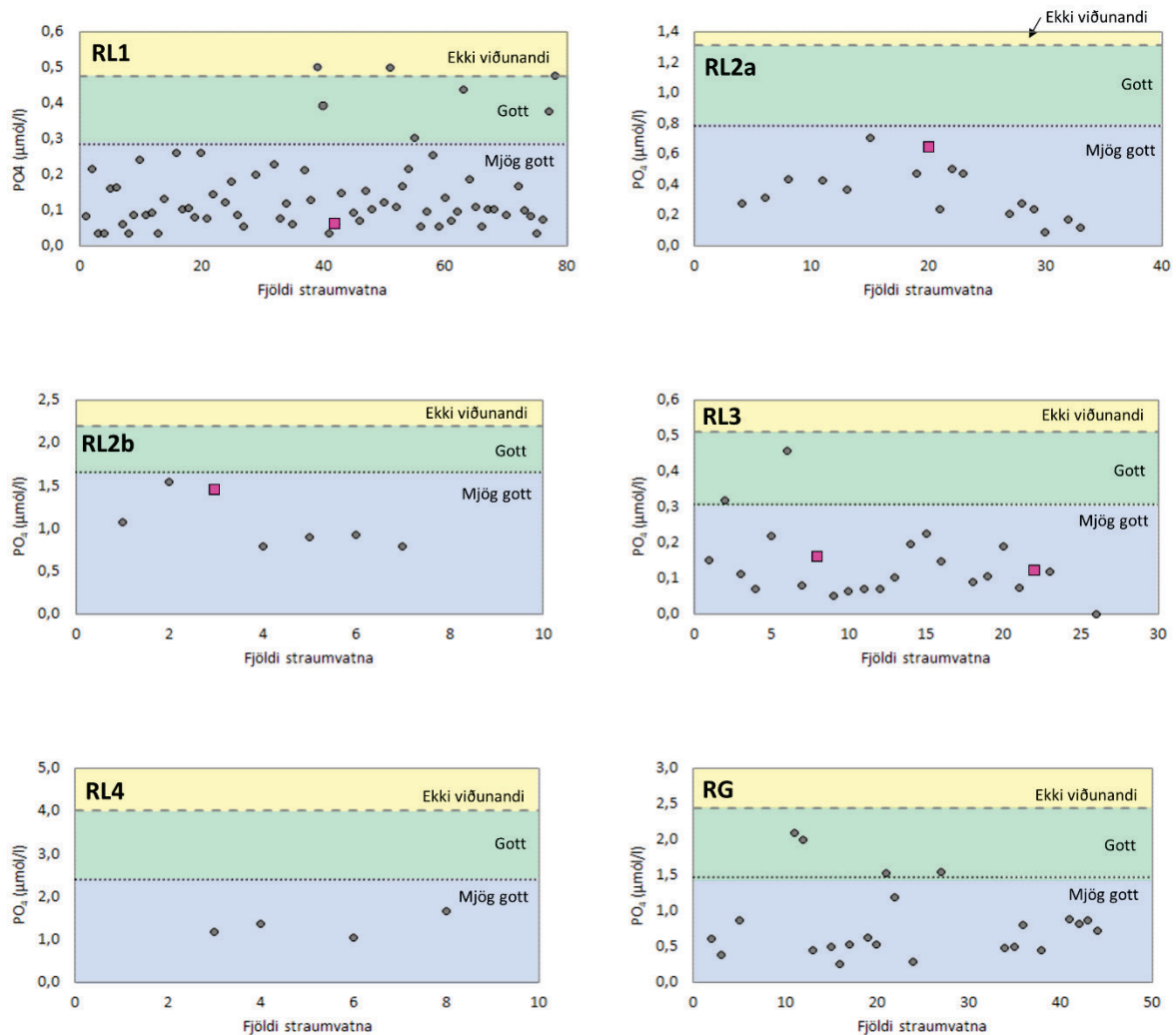
Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

4.3.1.1 Fosfat (PO₄) í straumvötnum

Viðmiðunargildi fyrir fosfat (PO₄), og mörk flokka í vatnagerðum þar sem gögn eru fyrirbyggjandi eru í töflu 20. Til hægðarauka er styrkurinn bæði gefinn upp sem µmól/l og sem µg/l. Á eftir töflunni er mynd sem sýnir meðalstyrk fosfats í óröskudum straumvötnum á Íslandi sem notuð voru við að skilgreina viðmiðunargildi og mörk á milli flokka (Mynd 15).

Hér er lagt til að skipta vatnagerð RL2 upp í tvennt (RL2a og RL2b) þar sem vötn innan þeirrar vatnagerðar eru nokkuð ólík, sérstaklega hvað varðar styrk fosfats. Annars vegar eru dragár eða ár sem eru blandaðar dragár/lindár (RL2a) og hins vegar eru hreinar lindár (RL2b) sem geta verið sérstaklega rík af fosfati.

Viðmiðunargildi RL2b er miðað við miðgildi styrks PO₄ í ánum og mörk á milli mjög góðs og góðs ástands er miðuð við sama vistfræðilega gæðahlutfall (EQR) og notað er fyrir RL2a. Mörk á milli góðs ástands og ekki viðunandi í RL2b er hins vegar miðað við styrk fosfats í ómengudum lindum sem renna undan hraunum sunnan Mývatns, þaðan sem flest þessi vötn renna.



Mynd 15. Meðalstyrkur PO₄ í óröskuðum straumvötnum í vatnagerðum þar sem gögn eru fyrirliggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Gögn eru til um styrk fosfórs í nokkrum vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Krossá (RL1), Stóra-Laxá og Svartá í Bárðardal (RL2) auk Selár í Vopnafirði og Norðurár (RL3). Þær flokkast allar í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér. Styrkur fosfórs í öðrum straumvötnum fer í einstaka tilvikum í flokkinn *ekki viðunandi ástand* (Mynd 15). Í einu tilviki er um gögn úr Glerá að ræða en það vatnshlot er undir álagi af þéttbýli og gömlum urðunarstað ofarlega á vatnasviði. Styrkur fosfórs í Hörgá 1, Hörgá 2 og Eyjafjarðará 1 er einnig hár miðað við önnur vatnshlot í RL1 en hugsanlega stafar það af áhrifum frá landbúnaði á vatnasviði hennar (Sunna B. Ragnarsdóttir o.fl., 2019). Í öðrum tilvikum er ekkert sem bendir til að þau ættu að vera undir álagi. T.d. er styrkur fosfórs fremur hár í Skíðadalsá miðað við önnur vatnshlot í RL1, hugsanlega vegna áhrifa af innstreymi jökulvatns sem hefur venjulega hlutfallslega háan styrk fosfats. Styrkur fosfórs í Hofsa í Vopnafirði er einnig hár miðað við önnur vötn í vatnagerð RL3 af óútskýrðum orsökum.

Tafla 21. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir NO₃ í straumvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur NO₃ er gefinn upp í mikrómolum í lítra (μmól/l) en í töflu B er hann gefinn upp sem mikrógrömm af N í efnasambandinu NO₃ í hverjum lítra vatns (μg/l NO₃-N).

A.

Straumvötn							
	NO ₃ (μmól/l)				EQR NO ₃		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	1,1	<1,7	1,8-2,7	>2,7	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL2a, RL2b	2,2	<3,4	3,4-5,4	>5,4	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL3	1,2	<1,8	1,8-2,9	>2,9	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL4	2,4	<3,7	3,7-5,8	>5,8	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RG	2,2	<3,4	3,4-5,3	>5,3	1-0,65	0,65-0,41	<0,41

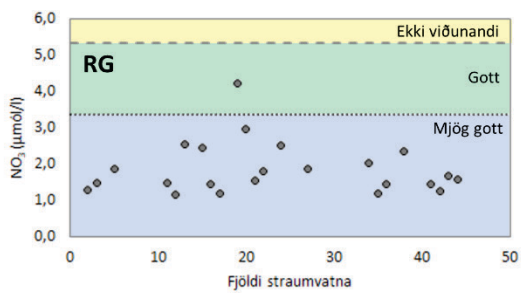
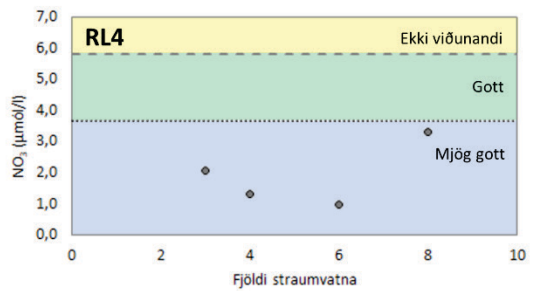
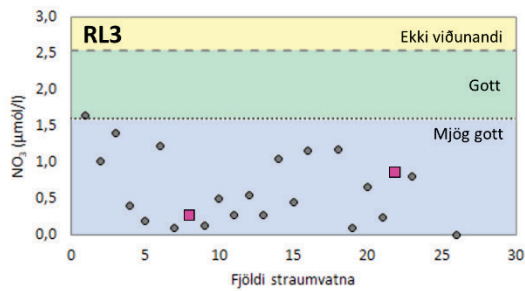
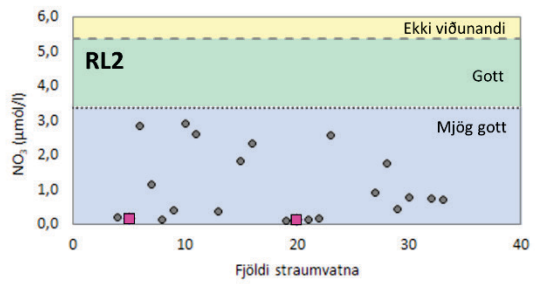
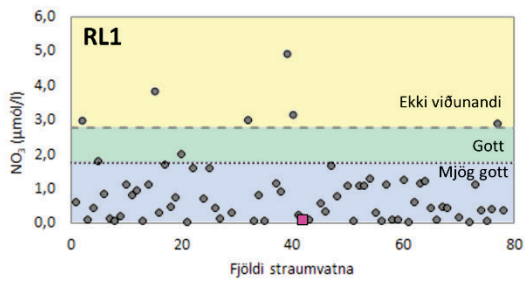
B.

NO ₃ -N (μg/l)							
	NO ₃ -N (μg/l)				EQR NO ₃		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	16	<25	25-39	>39	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL2	31	<47	47-75	>75	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL3	16	<25	25-40	>40	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL4	33	<51	51-82	>82	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RG	31	<47	47-75	>75	1-0,65	0,65-0,41	<0,41

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

4.3.1.2 Köfnunarefni (NO₃+NH₄) í straumvötnum

Viðmiðunargildi fyrir köfnunarefnissambönd (NO₃+NH₄), og mörk flokka vatnagerða þar sem gögn voru fyrirliggjandi eru í töflum 21 og 22. Á myndum 16 og 17 er styrkur nítrats (NO₃) og ammóníums (NH₄) í vatnagerðum á láglendi sýndur m.v. ástandsflökkana. Gögn eru til um styrk nítrats og ammóníums í nokkrum vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunaratnshlot. Það eru Krossá (RL1), Stóra-Laxá og Svartá í Bárðardal (RL2) auk Selár í Vopnafirði og Norðurá (RL3). Þær flokkast allar í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér hvað varðar styrk nítrats og ammóníums (Myndir 16 og 17). Á myndum 16 og 17 sést að megnið af gögnunum fellur í flokkinn *mjög gott ástand*. Einstaka vatnshlot er með hærri meðalstyrk nítrats og ammóníums og fellur utan þess flokks. Þar á meðal eru Hörgá 1, Hörgá 2, Eyjafjarðará og Hjaltadalsá, þar sem styrkur nítrats fellur í flokkinn *ekki viðunandi*. Aukinn styrkur köfnunarefnis gæti skýrst af afrennsli frá landbúnaði (Sanna B. Ragnarsdóttir o.fl., 2019) og hugsanlega, í tilfalli Hjaltadalsár, gæti afrennsli frá fiskeldi valdið hækkun á nítratstyrk.



Mynd 16. Meðalstyrkur NO_3 í straumvötnum í vatnagerðum þar sem gögn eru fyrirliggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Tafla 22. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir NH_4 í straumvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur NH_4 er gefinn upp í mikrómolum í lítra ($\mu\text{mól/l}$) en í töflu B er hann gefinn upp sem mikrógrömm af N í efnasambandinu NH_4 í hverjum lítra vatns ($\mu\text{g/l NH}_4\text{-N}$).

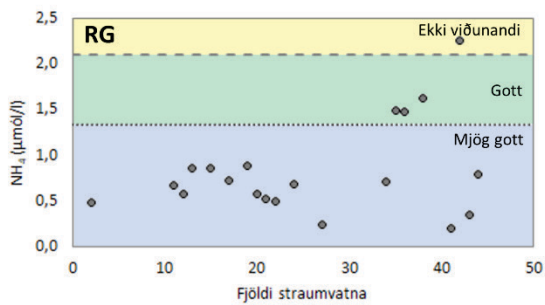
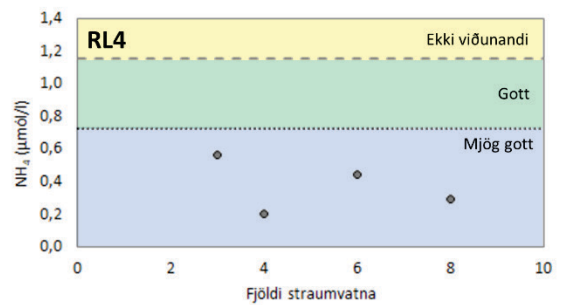
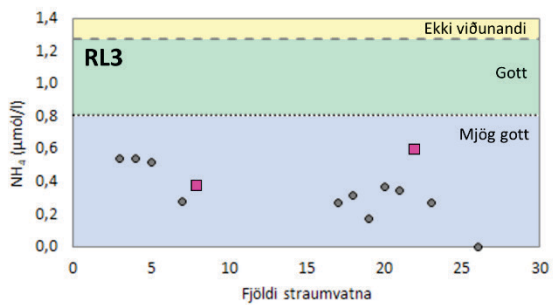
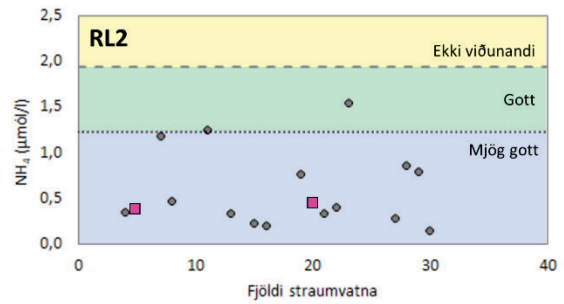
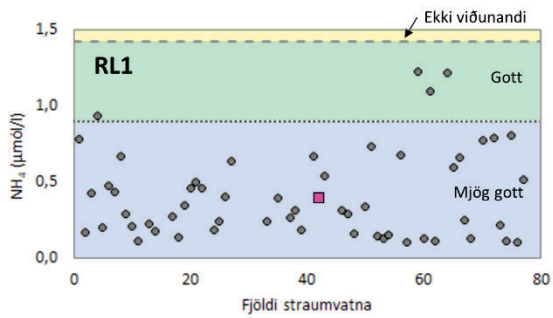
A.

Straumvötn							
	NH_4 ($\mu\text{mól/l}$)				EQR NH_4		
Vatnagerð	Viðm.gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	0,6	<1,0	1,0-1,6	>1,6	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL2	0,8	<1,2	1,2-2,0	>1,9	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL3	0,5	<0,8	0,8-1,3	>1,3	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL4	0,5	<0,7	0,7-1,2	>1,2	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RG	0,9	<1,3	1,3-2,1	>2,1	1-0,65	0,65-0,41	<0,41

B.

	$\text{NH}_4\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)				EQR NH_4		
Vatnagerð	Viðm.gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	9	<14	14-22	>22	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL2	11	<17	17-27	>27	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL3	7	<11	11-18	>18	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RL4	7	<10	10-16	>16	1-0,65	0,65-0,41	<0,41
RG	12	<19	19-29	>29	1-0,65	0,65-0,41	<0,41

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.



Mynd 17. Meðalstyrkur NH_4 í óröskuðum straumvötnum í vatnagerðum þar sem gögn eru fyrirliggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunar-áætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

4.3.2 Næringarefni í stöðuvötnum

Upplýsingar um styrk næringarefna í stöðuvötnum á Íslandi eru takmörkuð. Að mestu leyti er um að ræða stakar mælingar í vötnum sem safnað hefur verið að sumri. Einstaka vatn hefur verið vakt að til lengri tíma og þá eru til gögn sem safnað hefur verið á öllum árstíðum. Styrkur næringarefna, sérstaklega styrkur nítrats (NO_3), lækkar yfir sumartímamann vegna upptöku ljóstillífandi lífvera. Ljóstillífun í íslenskum vötnum er oftast takmörkuð af nítrati og þess vegna er algengt að styrkur þess fari undir greiningarmörk yfir hásumarið. Vetrarstyrkurinn mælist hins vegar oft 30–40 sinnum hærra en sumarstyrkurinn.

Vegna takmarkana á gögnum um næringarefnastyrk í stöðuvötnum var sérfræðimat notað til að ákvarða viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka í stöðuvötnum. Það er stutt af þeim gögnum sem til eru úr stöðuvötnum, auk þess sem upplýsingar um næringarefni í straumvötnum gefa mikilvægar upplýsingar um styrk og hlutföll næringarefna í ferskvatni hérlendis. Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka, fengin með sérfræðimati, víkja mest frá niðurstöðum mælinga á styrk NO_3 í stöðuvötnum. Það á sérstaklega við um vatnagerðina LL1 þar sem aðeins eru til upplýsingar um styrk NO_3 að sumri. Ljóstillífun hefur hlutfallslega minni áhrif á styrk fosfats (PO_4) og ammóníums (NH_4) en á styrk NO_3 og því víkur sérfræðimatið ekki eins mikið frá mældum styrk þeirra efnasambanda eins og hvað varðar NO_3 .

4.3.2.1 Fosfat (PO_4) í stöðuvötnum

Viðmiðunargildi fyrir fosfat (PO_4), og mörk flokka í stöðuvötnum á láglandi eru í töflu 23. Til hægðarauka er styrkurinn bæði gefinn upp sem $\mu\text{mol/l}$ og sem $\mu\text{g/l}$. Á eftir töflunni er mynd sem sýnir meðalstyrk fosfats í óröskuðum straumvötnum á Íslandi sem notuð voru við að skilgreina viðmiðunargildi og mörk á milli flokka (Mynd 18). Líkt og fyrir straumvötn var ákveðið að skipta viðmiðum fyrir fosfat í vatnagerð LL2 í tvennt, LL2a og LL2b. Í vatnagerð LL2b eru stöðuvötn sem byggja vatnabúskap sinn á lindum. Þau hafa almennt hærra styrk fosfats en vötn í gerð LL2a.

Gögn eru til um styrk fosfórs í nokkrum vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Vatnshlíðarvatn (LL1), Eystra Gíslholtsvatn og Ytra Deildarvatn (LL2), Haukadalsvatn (LL3), Mávavatn og Stóra Fossvatn (LL4). Þau flokkast öll í *mjög góðu* ástandi að undanteknu Stóra Fossvatni í Veiðivötnum þar sem ástandið er *ekki viðunandi* m.t.t. fosfats. Stóra Fossvatn er ekki undir álagi af mannavöldum. Líklegasta skýringin á háum styrk fosfats í Stóra Fossvatni er staðsetning þess á gossprungu og þar með miklum snertifleti vatnsins við nýtt hraun, líkt og á við um Mývatn og Svartárvatn. Ástæðan liggur í hinum sérstöku aðstæðum á eldvirkum svæðum á Íslandi þar sem fosfórstyrkur í vatni er oft mjög hár frá náttúrunnar hendi. Þetta er sama ástæða og er fyrir því að skipta þarf viðmiðunum fyrir grunn vötn á yngri berggrunni í tvennt eftir styrk fosfats, þ.e. LL2a og LL2b. Væri Stóra-Fossvatn flokkað miðað við viðmið LL2b en ekki sem LL4, myndi það flokkast sem vatnshlot í *mjög góðu* ástandi.

Tafla 23. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir PO₄ í stöðuvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur PO₄ er gefinn upp í míkromólum í lítra (µmól/l) en í töflu B er hann gefinn upp sem míkrogrömm af P í efnasambandinu PO₄ í hverjum lítra vatns (µg/l PO₄-P). Um er að ræða sérfræðimat sem byggist bæði á styrk PO₄ í straumvötnum á Íslandi og á þeim gögnum sem til eru úr stöðuvötnum.

A.

Stöðuvötn							
	PO ₄ (µmól/l)				EQR PO ₄		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	0,25	<0,4	0,4-0,6	>0,6	1-0,63	0,63-0,42	<0,42
LL2a	0,4	<0,6	0,6-1,0	>1,0	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LL2b	1,0	<1,5	1,5-2,0	>2,0	1-0,70	0,70-0,50	<0,50
LL3	0,3	<0,5	0,5-0,7	>0,7	1-0,60	0,60-0,43	<0,43
LL4	0,3	<0,5	0,5-0,7	>0,7	1-0,60	0,60-0,43	<0,43
LG	0,7	<1,0	1,0-1,5	>1,5	1-0,70	0,70-0,47	<0,47

B.

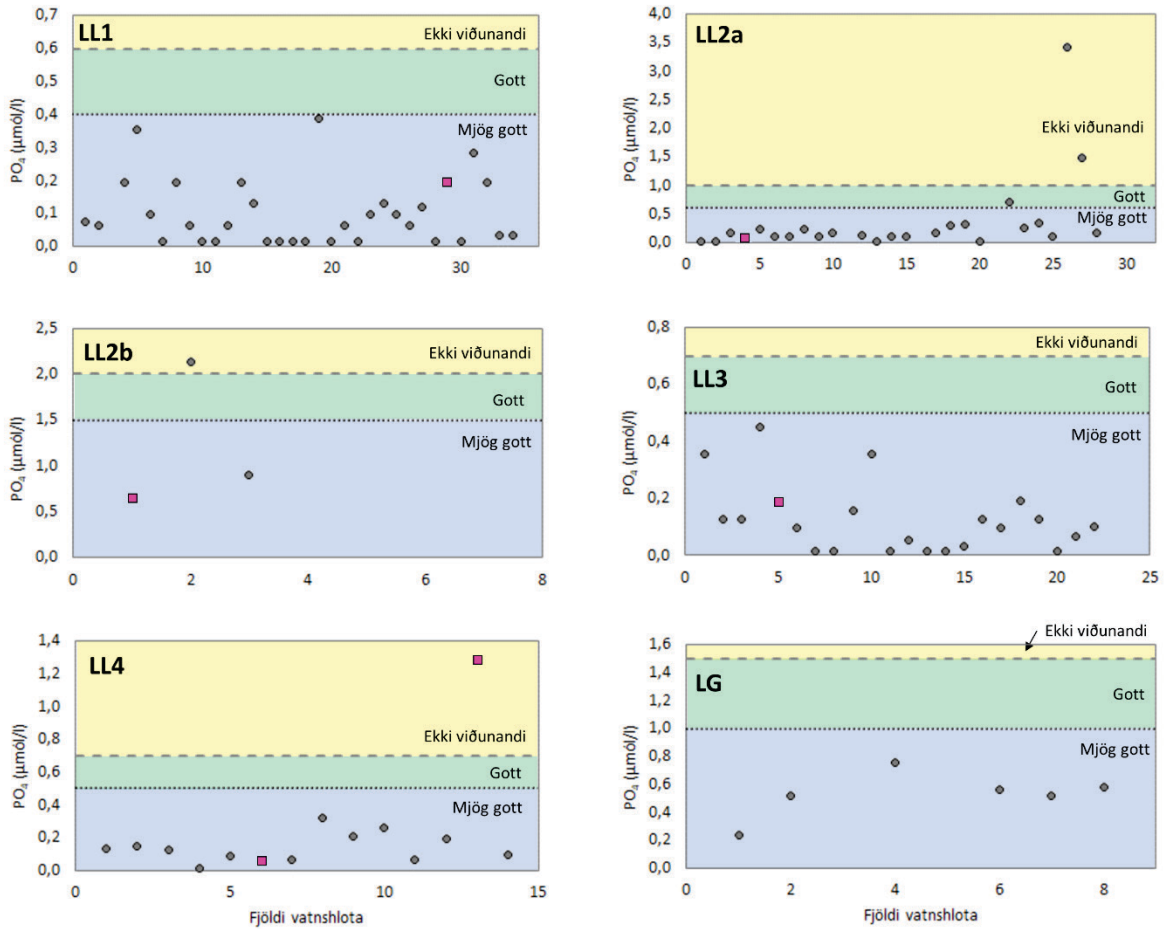
Stöðuvötn							
	PO ₄ -P (µg/l)				EQR PO ₄		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	8	<12	12-19	>19	1-0,63	0,63-0,42	<0,42
LL2a	12	<19	19-31	>31	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LL2b	31	<47	47-62	>62	1-0,70	0,70-0,50	<0,50
LL3	9	<16	16-22	>22	1-0,60	0,60-0,43	<0,43
LL4	9	<16	16-22	>22	1-0,60	0,60-0,43	<0,43
LG	22	<31	31-47	>47	1-0,70	0,70-0,47	<0,47

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

4.3.2.2 Köfnunarefni (NO₃+NH₄) í stöðuvötnum

Viðmiðunargildi fyrir nítrat (NO₃) og ammóníum (NH₄), og mörk flokka í stöðuvötnum á láglendi eru í töflum 24 og 25. Til hægðarauka er styrkurinn bæði gefinn upp sem µmól/l og sem µg/l. Á eftir töflunum eru myndir sem sýna meðalstyrk nitrats og ammóníums í stöðuvötnum á Íslandi sem notuð voru við að skilgreina viðmiðunargildi og mörk á milli flokka (Myndir 19 og 20).

Almenn þekking á árlegum meðalstyrk nitrats og ammóníums í stöðuvötnum hérlendis liggur ekki fyrir. Söfnun sýna hefur að mestu leyti farið fram að sumri þegar frumframleiðni er í hámarki. Á þeim tíma er styrkur næringarefna í lágmarki og á það sérstaklega við um styrk nitrats sem er oftast takmarkandi fyrir frumframleiðni í íslenskum stöðuvötnum. Vegna þessara annmarka á gögnunum var sérfræðimat notað til að setja ástandsviðmið fyrir nítrat og ammóníum í stöðuvötnum. Það mat er stutt af gögnum um styrk efnanna í straumvötnum auk þeirra gagna sem til eru úr stöðuvötnum.



Mynd 18. Meðalstyrkur PO_4 í stöðuvötnum í vatnagerðum þar sem gögn eru fyrirliggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Eins og sjá má á mynd 19 er styrkur nitrats í stöðuvötnum mjög lágur og langt fyrir neðan þau flokkunarviðmið sem eru fyrir nítat (Tafla 24). Það á sérstaklega við um vatnagerðina LL1 þar sem aðeins eru til sumarsýni af næringarefnum við hámarks frumframleiðni.

Gögn eru til um styrk nitrats og ammóníums í nokkrum vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Vatnshlíðarvatn (LL1), Eystra Gíslholtsvatn og Ytra Deildarvatn (LL2), Haukadalsvatn (LL3), Másvatn og Stóra Fossvatn (LL4). Þau flokkast öll sem vatnshlot í mjög góðu ástand miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér (Myndir 19 og 20).

Tafla 24. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflökka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir níturat (NO_3) í stöðuvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur NO_3 gefinn upp í mikrómolum í lítra ($\mu\text{mól/l}$) en í töflu B er hann gefinn upp sem mikrógrömm af N í efnasambandinu NO_3 í hverjum lítra vatns ($\mu\text{g/l NO}_3\text{-N}$). Um er að ræða sérfræðimat sem byggist bæði á styrk NO_3 í straumvötnum á Íslandi og á þeim gögnum sem til eru úr stöðuvötnum.

A.

Stöðuvötn							
	NO_3 ($\mu\text{mól/l}$)				EQR NO_3		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	1,1	<1,7	1,7-2,4	>2,4	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LL2	1,1	<1,7	1,7-2,4	>2,4	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LL3	1,1	<1,7	1,7-2,4	>2,4	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LL4	1,1	<1,7	1,7-2,4	>2,4	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LG	1	<2,0	2,0-2,5	>2,5	1-0,5	0,5-0,40	<0,40

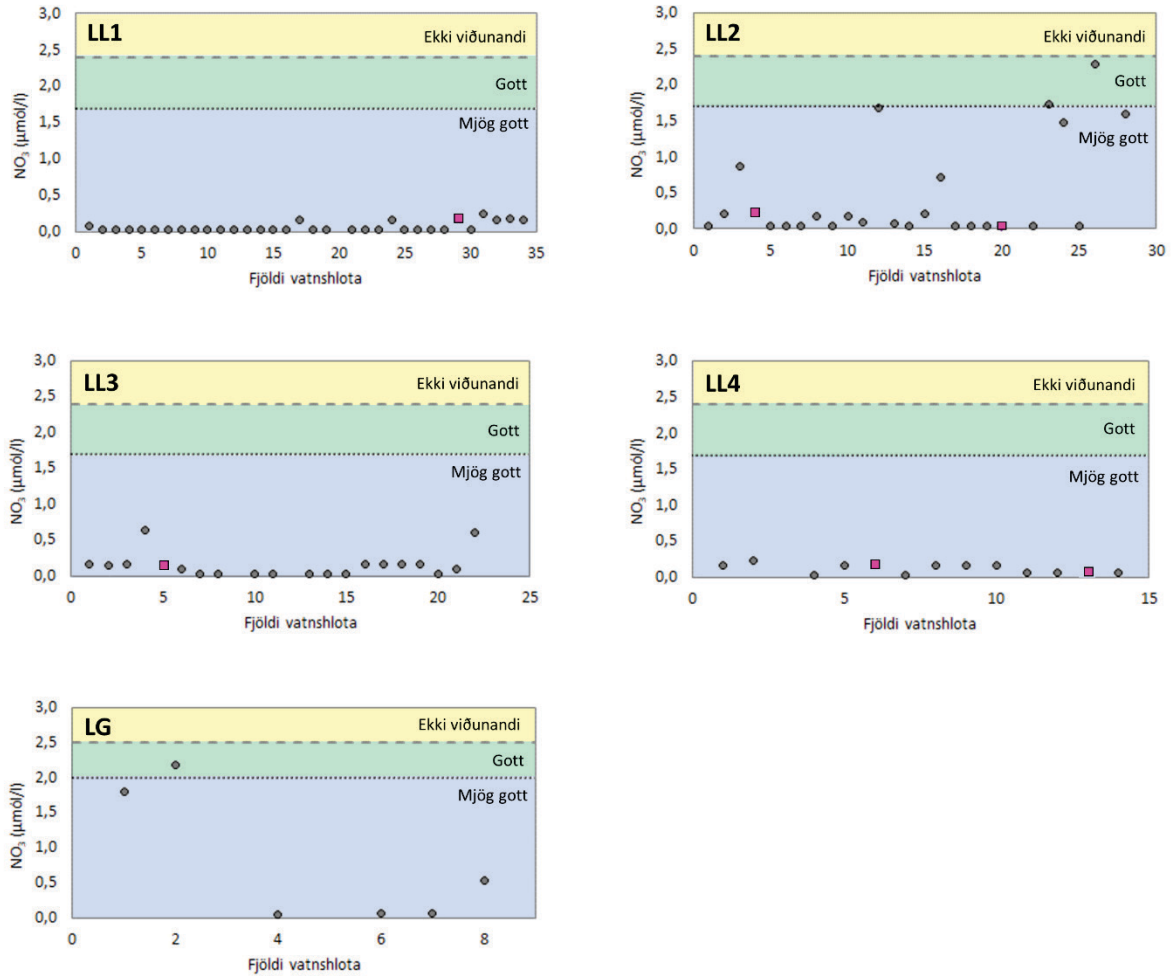
B.

Stöðuvötn							
	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)				EQR $\text{NO}_3\text{-N}$		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	15	<24	24-34	>34	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LL2	15	<24	24-34	>34	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LL3	15	<24	24-34	>34	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LL4	15	<24	24-34	>34	1-0,65	0,65-0,46	<0,46
LG	14	<28	28-35	>35	1-0,5	0,50-0,40	<0,40

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

Flest vötnin á mynd 19 flokkast í mjög góðu ástandi hvað varðar nítat. Þó er eitt jökulvatn sem er í góðu ástandi og það er Háslón, en þar er lítil sem engin ljóstillífun vegna mikils magns af gruggi. Tvö vötn af gerðinni LL2 hafa lítilsháttar hærri styrk nitrats en önnur vötn og falla í flokkinn gott ástand. Það eru Tjaldvatn og Rauðavatn. Styrkur nitrats í Vífilsstaðavatni og Reynisvatni eru einnig heldur hærri en mælist í öðrum vötnum af þeirri gerð en eru þó í mjög góðu ástandi miðað við þessi flokkunarviðmið. Það má taka fram að ekki er til mæling á nitrati úr Tjörninni sem hefði annars verið gott til að styðja betur við það sérfræðimat sem hér er sett fram.

Eins og sést á mynd 20 flokkast flest stöðuvötn í mjög góðu ástandi miðað við styrk ammóníums. Nokkur vötn eru þó ekki í viðunandi ástandi og eru það Tjörninn (LL2), Meðalfellsvatn (LL3), Hafravatn og Leirvogsvatn (LL4). Það má taka það fram að mælingar á ammóníum eru vandasamar og viðkvæmar fyrir mengun.



Mynd 19. Meðalstyrkur nitrats (NO_3) í stöðuvötnum í vatnagerðum á láglendi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Tafla 25. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir ammóníum (NH_4) í stöðuvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur NH_4 gefinn upp í míkromólum í lítra ($\mu\text{mól/l}$) en í töflu B er hann gefinn upp sem míkrogrömm af N í efnasambandinu NH_4 í hverjum lítra vatns ($\mu\text{g/l } NH_4\text{-N}$). Um er að ræða sérfræðimat sem byggist bæði á styrk ammóníums í straumvötnum á Íslandi og á þeim gögnum sem til eru úr stöðuvötnum.

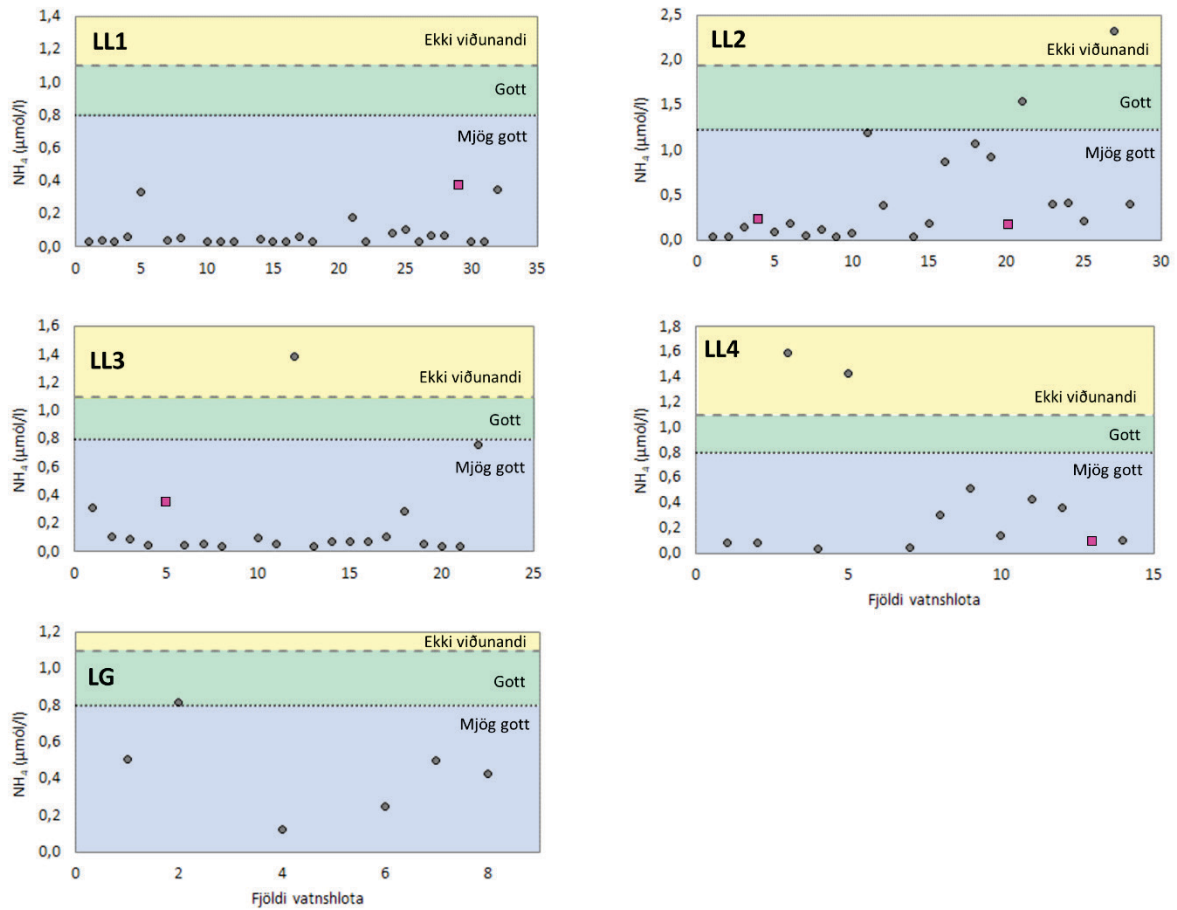
A.

Stöðuvötn							
	NH_4 ($\mu\text{mól/l}$)				EQR NH_4		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	0,5	<0,8	0,8-1,1	>1,1	1-0,63	0,63-0,45	<0,45
LL2	0,5	<0,8	0,8-1,1	>1,1	1-0,63	0,63-0,45	<0,45
LL3	0,5	<0,8	0,8-1,1	>1,1	1-0,63	0,63-0,45	<0,45
LL4	0,5	<0,8	0,8-1,1	>1,1	1-0,63	0,63-0,45	<0,45
LG	0,5	<0,8	0,8-1,1	>1,1	1-0,63	0,63-0,45	<0,45

B.

Stöðuvötn							
	$NH_4\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)				EQR $NH_4\text{-N}$		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	7	<11	11-15	>15	1-0,63	0,63-0,45	<0,45
LL2	7	<11	11-15	>15	1-0,63	0,63-0,45	<0,45
LL3	7	<11	11-15	>15	1-0,63	0,63-0,45	<0,45
LL4	7	<11	11-15	>15	1-0,63	0,63-0,45	<0,45
LG	7	<11	11-15	>15	1-0,63	0,63-0,45	<0,45

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.



Mynd 20. Meðalstyrkur ammóníums (NH_4) í stöðuvötnum á láglendi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

4.3.3 Súrnunarástand, basavirkni, leiðni, súrefnisásand og sjóndýpi

4.3.3.1 Sýrustig (pH)

Sýrustig (pH gildi) vatns er mikilvæg breyta sem segir til um grunneinkenni og ástand vatns og er mælikvarði á ýmsa mikilvæga efna- og frumframleiðniferla vatnsins. Breyting á sýrustigi, bæði til hækkunar og lækkunar, getur verið svar við álagi af mannavöldum eða náttúrulegum atburðum. Hér er lagt til að meta ástand bæði út frá pH hækkun og pH lækkun.

Súrnunarástand vatns endurspeglast í mælingum á sýrustigi (pH) og basavirkni vatnsins. Sýring veldur lækkun á pH gildi vatns og basavirkni. Þekkt er að mengun frá iðjuverum, einkum brennisteinn, valdi súrnun vatna. Vatn á Íslandi hefur yfirleitt fremur hátt pH, sérstaklega það sem rennur af ungum basískum berggrunni. Efnahvörf á milli vatns og basalts valda því að pH gildi vatnsins hækkar og basavirkni eykst. Það þarf því mikla sýringu til að hreyfa við pH gildi vatns á ungu bergi á Íslandi og eru slík áhrif ekki þekkt hérlendis. Hins vegar er mikilvægt að hafa viðmið hvað það varðar svo hægt sé að fylgjast með þessum breytum á Íslandi, sérstaklega þar sem afleiðing af súru regni veldur vandamálum víða í Evrópu. Afleiðing af súrnun vatns getur t.d. verið aukning á styrk uppleystra málm sambanda, s.s. áls (Al) en leysni áls eykst við lágt og hátt pH ($5 < \text{pH} < 10$).

Hækkun á pH gildum í yfirborðsvatni á sólríkum dögum getur gefið til kynna aukna frumframleiðni í ám og vötnum. Það getur bæði stafað af náttúrulegum aðstæðum eða vegna næringarefnaálags. Mikil hækkun á pH gildi getur, líkt og pH lækkun, valdið aukningu á styrk á uppleystum málum í vatninu. Fari meðalgildi pH skyndilega hækkandi í einstökum vatnshlotum getur það bent til næringarefnaálags. Því er hér bent á mikilvægi þess að vakta pH í vötnum yfir sumartímann og nota hámarks pH að sumri sem viðvörðunarkerki um næringarefnaauðgun og hættu á hækkandi álstyrk. Því eru gefnar upp tvær töflur fyrir sýrustig (pH), pH hækkun (Tafla 26–27) og pH lækkun (Tafla 28–29).

A) pH hækkun. Markmiðið með því að nota pH hækkun að sumri sem gæðapátt er að vakta frumframleiðni toppa og mögulega næringarefnaákomu. Miðað er við að hámarksgildi pH að sumri fari ekki yfir skilgreind mörk fyrir hverja vatnagerð. Í næringarefnasnaudum (e: oligotrophic) vötnum sem einkennir vötn á Íslandi er hámarksgildi pH skýr mælikvarði á þá frumframleiðni sem er til staðar við náttúrulegar aðstæður. Fari mæligildi yfir tilskilið viðmiðunaráhrif miðað við náttúrulegan breytileika sýrustigs hefur næringarefnaákomu að öllum líkindum aukist og nauðsynlegt er að fara í nánari greiningu á orsök og afleiðingu þess. Viðmiðunargildi vegna hækkunar á pH miðast við hámarksgildi pH að sumri. Mörk á milli ástands flokkanna *mjög gott* og *gott ástand* miðast við viðmiðunargildið að samanlagðri 10% af spönn mælinga í hverri vatnagerð. Mörk á milli flokkanna *gott ástand* og *ekki viðunandi* er miðað við viðmiðunargildið að samanlagðri 30% af spönn mælinganna.

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir pH hækkun er reiknað á eftirfarandi hátt í jöfnu 12:

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Viðmiðunargildi hámarks pH}}{\text{Hámarksgildi pH í vöktuðu vatnshloti}} \quad \text{Jafna 12}$$

Viðmiðunargildi fyrir hámarksgildi pH eru gefin upp í töflu 26 fyrir straumvötn og 27 fyrir stöðuvötn. Hámarksgildi pH í vöktuðu vatnshloti í jöfnu 12 er það hámarksgildi pH sem mælist yfir sumartímann í hverju vatnshloti sem vaktað er.

Tafla 26. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir hámarks-gildi pH í straumvötnum á Íslandi. Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka fyrir vatnagerðir á hálendi (RH1, RH, RH3) eru byggð á sérfræðipokkingu.

Straumvötn							
	Hámarksgildi pH				EQR pH		
Vatnagerðir	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	8,6	<8,9	8,9-9,4	>9,4	1-0,97	0,97-0,92	<0,92
RL2	9,8	<10,1	10,1-10,7	>10,7	1-0,97	0,97-0,91	<0,91
RL3	9,2	<9,5	9,5-10,0	>10,0	1-0,97	0,97-0,92	<0,93
RL4	8,9	<9,0	9,2-9,3	>9,3	1-0,98	0,98-0,95	<0,95
RH1	8,0	<8,1	8,2-8,5	>8,3	1-0,99	0,99-0,96	<0,96
RH2	8,7	<9,0	9,0-9,4	>9,4	1-0,98	0,98-0,93	<0,93
RH3	8,0	<8,1	8,1-8,3	>8,3	1-0,99	0,99-0,97	<0,97
RG	9,8	<10,1	10,4-10,7	>10,7	1-0,97	0,97-0,92	<0,92

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand er ekki metin hér

Tafla 27. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir hámarks-gildi pH í stöðuvötnum á Íslandi. Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka fyrir vatnagerðir á hálendi (RH1, RH, RH3) eru byggð á sérfræðipokkingu.

Stöðuvötn							
	Hámarksgildi pH				EQR pH		
Vatnagerðir	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	9,9	<10,2	10,4-10,7	>10,7	1-0,97	0,97-0,92	<0,92
LL2	9,7	<10,0	10,0-10,5	>10,5	1-0,97	0,97-0,92	<0,92
LL3	10,0	<10,3	10,3-11,0	>11,0	1-0,97	0,97-0,91	<0,91
LL4	9,1	<9,4	9,4-9,8	>9,8	1-0,98	0,97-0,93	<0,93
LH1	9,1	<9,4	9,4-9,9	>9,9	1-0,97	0,97-0,92	<0,92
LH2	8,1	<8,4	8,4-8,8	>8,8	1-0,97	0,97-0,92	<0,92
LG*	8,8	<9,0	9,0-9,4	>9,4	1-0,98	0,97-0,94	<0,94

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand er ekki metin hér

Jökulvötn LG*, gögn að mestu byggð á mælingum úr lónum vegna vatsaflsvirkjana. Líkur má færa að því að spönnin sé lægri í lónum vatnaflsvirkjana ef tekið er mið af því eina náttúrulega vatnshloti sem liggur að baki útreikningum.

B) pH lækkun. Viðmiðunargildi voru miðuð við miðgildi pH mælinga úr hverri vatnagerð. Mörk á milli ástandsflokkanna voru skilgreind með sérfræðimati sem byggjast á niðurstöðum mælinga á pH í straum- og stöðuvötnum. Ómenguð úrkoma er með pH um 5,7. Eftir að hún fellur til jarðar valda efnahvörf á milli vatns og bergs/jarðvegs hlutleysingu vatnsins. Þetta ferli er mjög hratt vegna þess hve auðleystur berggrunnurinn er hérlandis og hve ríkur hann er af „basískum“ jónum. Því er ólíklegt að pH ferskvatns á Íslandi lækki mikið. Miðað var við að hafa mörkin ekki of lág þannig að viðvörðun um breytt ástand komi snemma í ljós ef pH vatnsins byrjar að lækka. Viðmiðunargildin sem hér eru lögð fram eru mun hærri en í nágrennalöndum okkar og langt frá því að valda neikvæðum áhrifum á lífríki. Það væri hægt að færa rök fyrir því að mörkin á milli *góðs ástands* og *ekki viðunandi* væru höfð lægri en lagt er til í töflum 28 og 29 en það veldur líka óeðlilegri dreifingu á vistfræðilegu gæðahlutfalli á milli flokka. Einnig má færa rök fyrir því að gæðapátturinn myndi ekki bregðast við aukinni ákomu síru fyrr en allt of seint ef mörkin væru við pH 5. Ætla má að vatn á eldri berggrunni á Íslandi (RL1 og RH1) sé viðkvæmara fyrir súrnun vegna lægri basavirkni og hægari efnahvarfa en á yngri berggrunni.

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir pH lækkun er reiknað út frá mældu pH gildi og viðmiðunargildi þess (jafna 13). Sé melda pH gildið hærra en viðmiðunargildið reiknast gæðahlutfallið hærra en 1. Í þeim tilvikum þarf að setja það jafnt og 1.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{pH mælt}}{\text{pH viðmiðunargildi}} \quad \text{Jafna 13}$$

Viðmiðunargildi fyrir (lækkandi) pH eru gefin upp í töflu 28 fyrir straumvötn og 29 fyrir stöðuvötn. Mælt pH gildi í vöktuðu vatnshloti í jöfnu 13 er meðalgildi pH í hverju vatnshloti sem vaktað er.

Eins og sjá má á myndum 21 og 22 liggur pH gildi vatns oftast á milli 7 og 8,5 í straumvötnum og á milli 7 og ~9,5 í stöðuvötnum. Niðurstöður mælinga á pH í straumvötnum (Mynd 21) eru í flestum tilfellum meðaltal fleiri en einnar mælingar í hverju hloti en oft er um eina mælingu að ræða í stöðuvötnunum (Mynd 22) sem þá er tekin að sumri, þegar pH gildi getur orðið mjög hátt vegna ljóstillífunar.

Tafla 28. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir pH lækkun í straumvötnum á láglandi og jökulám.

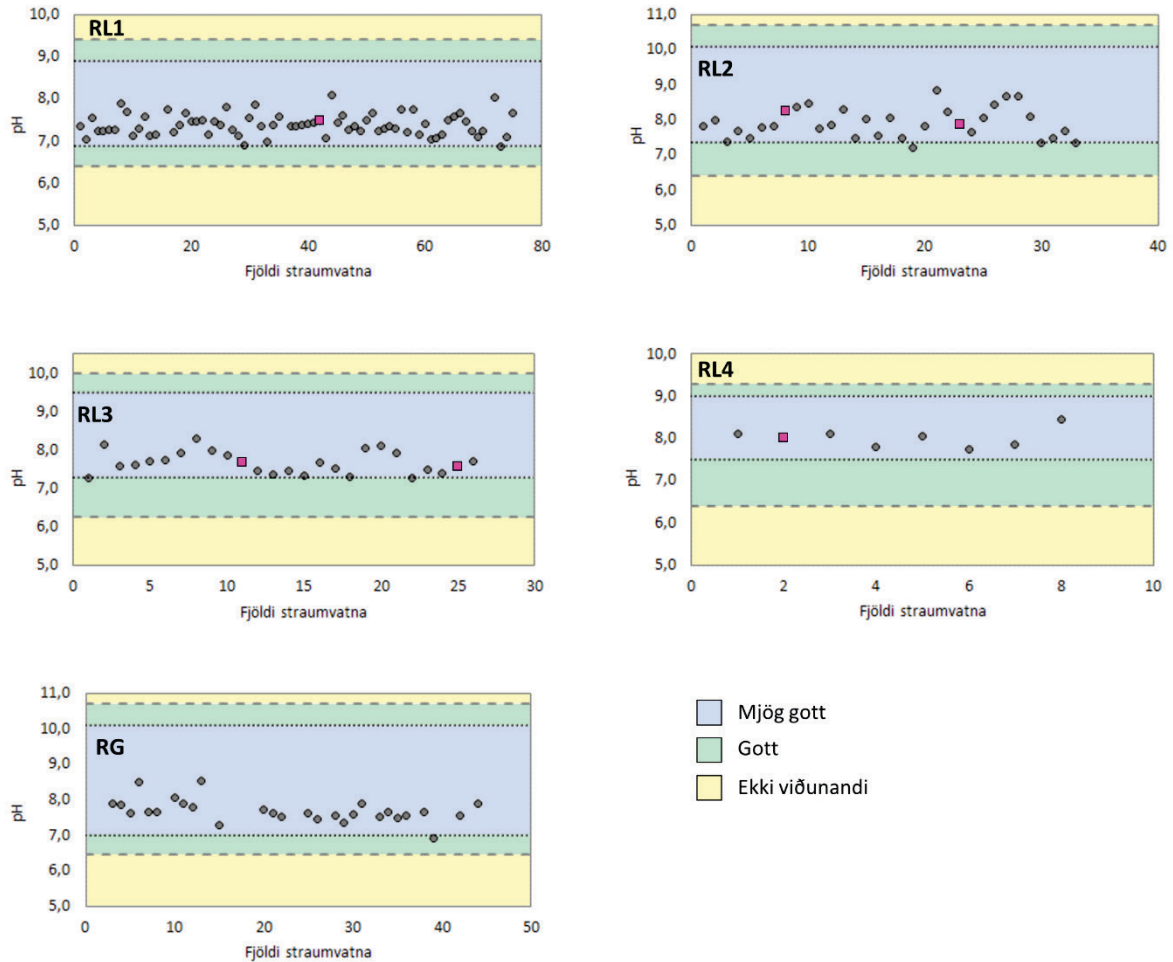
Straumvötn							
	Lækkun á pH				EQR pH		
Vatnagerðir	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	7,3	>6,9	6,9-6,4	<6,4	1-0,94	0,94-0,87	<0,87
RL2	7,8	>7,3	7,3-6,4	<6,4	1-0,94	0,94-0,82	<0,82
RL3	7,6	>7,3	7,3-6,3	<6,3	1-0,95	0,95-0,82	<0,82
RL4	8,0	>7,5	7,5-6,4	<6,4	1-0,93	0,93-0,79	<0,80
RG	7,9	>7,0	7,0-6,5	<6,5	1-0,88	0,89-0,82	<0,82

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand er ekki metin hér

Tafla 29. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir pH lækkun í stöðuvötnum á láglandi og jökulskotum vötnum/lónum.

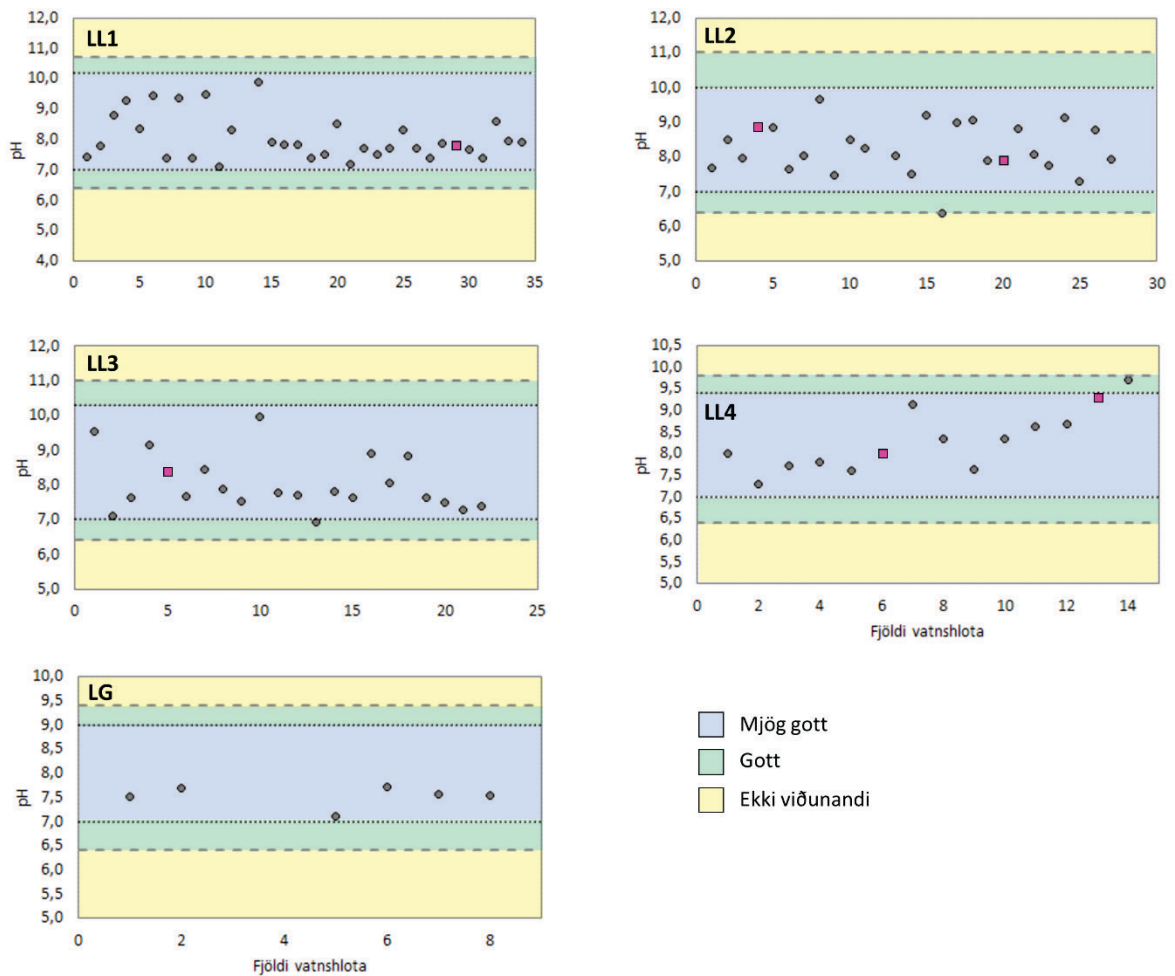
Stöðuvötn							
	Lækkun á pH				EQR pH		
Vatnagerðir	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	7,8	>7,0	7,0-6,4	<6,4	>0,90	0,90-0,82	<0,82
LL2	8,1	>7,0	7,0-6,4	<6,4	>0,87	0,97-0,80	<0,80
LL3	8,4	>7,0	7,0-6,4	<6,4	>0,83	0,83-0,76	<0,76
LL4	7,7	>7,0	7,0-6,4	<6,4	>0,90	0,90-0,82	<0,82
LG	7,5	>7,0	7,0-6,4	<6,4	>0,95	0,95-0,85	<0,85

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand er ekki metin hér



Mynd 21. Meðalgildi pH í óröskuðum straumvötnum í vatnagerðum þar sem gögn eru fyrir-
liggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur
yfir ekki viðunandi ástand. Vatnshlot táknuð með bleikum kassa eru viðmiðunarvatnshlot sem
skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Gögn eru til um sýrustig (pH) í nokkrum straumvatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Krossá (RL1), Stóra Laxá og Svartá í Bárðardal (RL2), Selá í Vopnafirði og Norðurá (RL3) og Blautakvísl (RL4). Þau flokkast öll í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér fyrir sýrustig í straumvötnum (pH).



Mynd 22. Meðalgildi pH í stöðuvötnum á láglandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur litur táknar ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Gögn eru til um sýrustig (pH) í nokkrum stöðuvatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Vatnshlíðarvatn (LL1), Eystra Gíslholtsvatn og Ytra Deildarvatn (LL2), Haukadalsvatn (LL3), Másvatn og Stóra Fossvatn (LL4). Þau flokkast öll í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér.

4.3.3.2 Basavirkni (alkalinity)

Súrnun vatns veldur því að basavirkni þess (e. alkalinity) minnkar. Það þýðir að vatnið hefur minni möguleika til að stilla af pH gildið þar sem að sýru-basa jafnvægið í vatninu raskast. Vatn með litla basavirkni þarf ekki að verða fyrir mikilli sýringu til að það súrni mikið en ef basavirknin er meiri þá hefur ákoma sýru ekki eins mikil áhrif á pH gildi vatnsins.

Viðmiðunargildi fyrir basavirkni vatnagerða miðast við miðgildi gagna í óröskuðum straumvötnum. Mörkin á milli ástandsflokkanna *mjög gott* og *gott ástand* í straumvötnum er miðað við 1% dreifingarmörk gagnasettsins en mörkin á milli ástandsflokkanna *gott ástand* og ekki viðunandi er sett samkvæmt sérfræðipækkingu (Tafla 30–31; Mynd 23). Ástandsviðmið fyrir basavirkni í stöðuvötnum eru sett með sérfræðimati með stuðningi af þeim gögnum sem til eru í stöðuvötnum, auk þess sem horft var til upplýsinga úr straumvötnum.

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir basavirkni (alkalinity) er reiknað út frá mældri basavirkni í vatnshloti og viðmiðunargildi þess (jafna 14). Sé mæld basavirkni hærri en viðmiðunargildið reiknast gæðahlutfallið hærra en 1. Í þeim tilvikum þarf að setja það jafnt og 1.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Basavirkni mæld}}{\text{Viðmiðunargildi basavirkni}} \quad \text{Jafna 14}$$

Viðmiðunargildi fyrir basavirkni eru gefin upp í töflu 30 fyrir straumvötn og töflu 31 fyrir stöðuvötn. Mæld basavirkni í jöfnu 14 er meðaltal mælinga á basavirkni sem mælist í hverju vatnshloti sem vaktað er.

Eins og sjá má á myndum 23 og 24 flokkast flest vatnshlot í *mjög góðu* ástandi m.v. þær forsendur sem settar er fram hér. Niðurstöður mælinga á basavirkni í straumvötnum (Mynd 23) eru í flestum tilfellum meðaltal fleiri en einnar mælingar í hverju hloti. *Mjög* lítið er til af upplýsingum um basavirkni í stöðuvötnum (Mynd 24) og oft er um stakar mælingar að ræða (Mynd 24).

Gögn eru til um basavirkni í nokkrum straumvatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Krossá (RL1), Stóra Laxá (RL2), Selá í Vopnafirði og Norðurá (RL3) og Blautakvísl (RL4). Þau flokkast öll í *mjög góðu* ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér.

Hvað varðar stöðuvatnshlot eru til gögn um basavirkni í nokkrum vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Eystra Gíslholtsvatn (LL2), Mávvatn og Stóra Fossvatn (LL4). Þau flokkast öll í *mjög góðu* ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram.

Tafla 30. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir basavirkni í straumvötnum í vatnagerðum á láglendi og í jökulám.

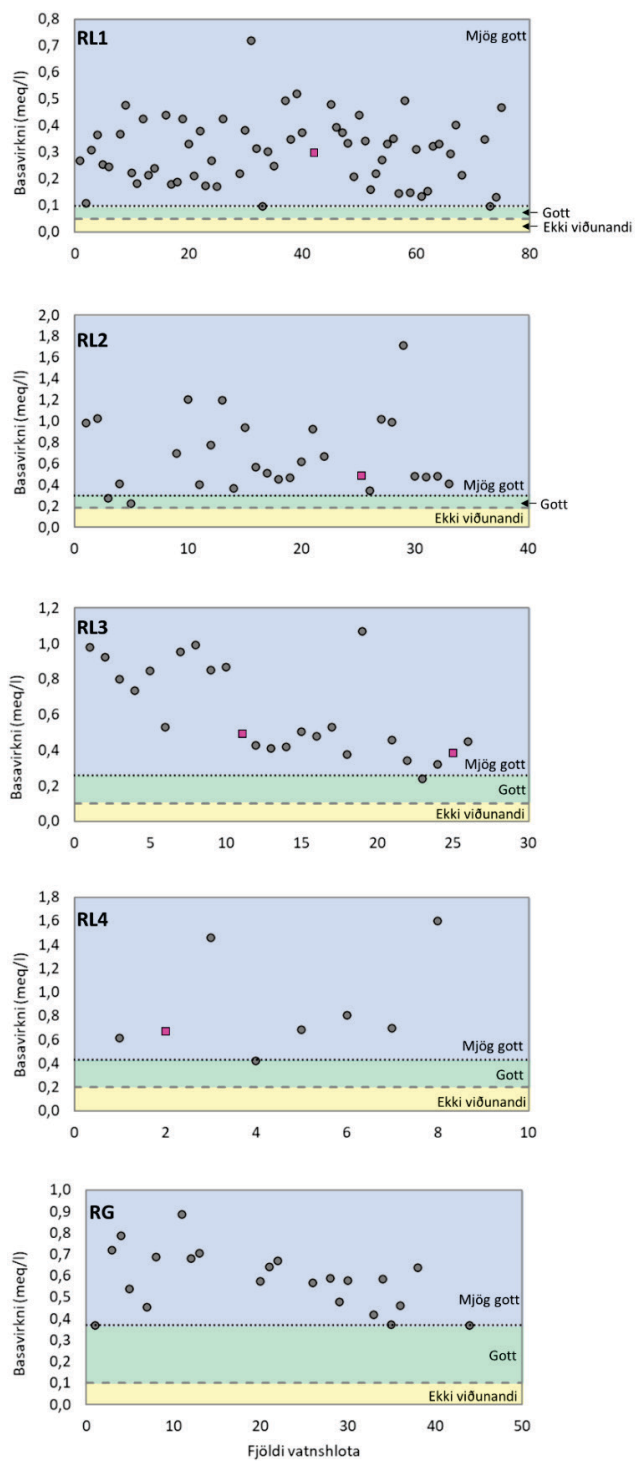
Straumvötn							
	Basavirkni (alkalinity) $\mu\text{eq/l}$				EQR basavirkni (alkalinity)		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	310	>100	100-50	<50	1-0,32	0,32-0,16	<0,16
RL2	540	>300	300-100	<100	1-0,55	0,55-0,19	<0,19
RL3	500	>260	260-100	<100	1-0,52	0,52-0,20	<0,20
RL4	690	>430	430-200	<200	1-0,62	0,62-0,29	<0,29
RG	580	>370	370-200	<200	1-0,63	0,63-0,34	<0,34

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

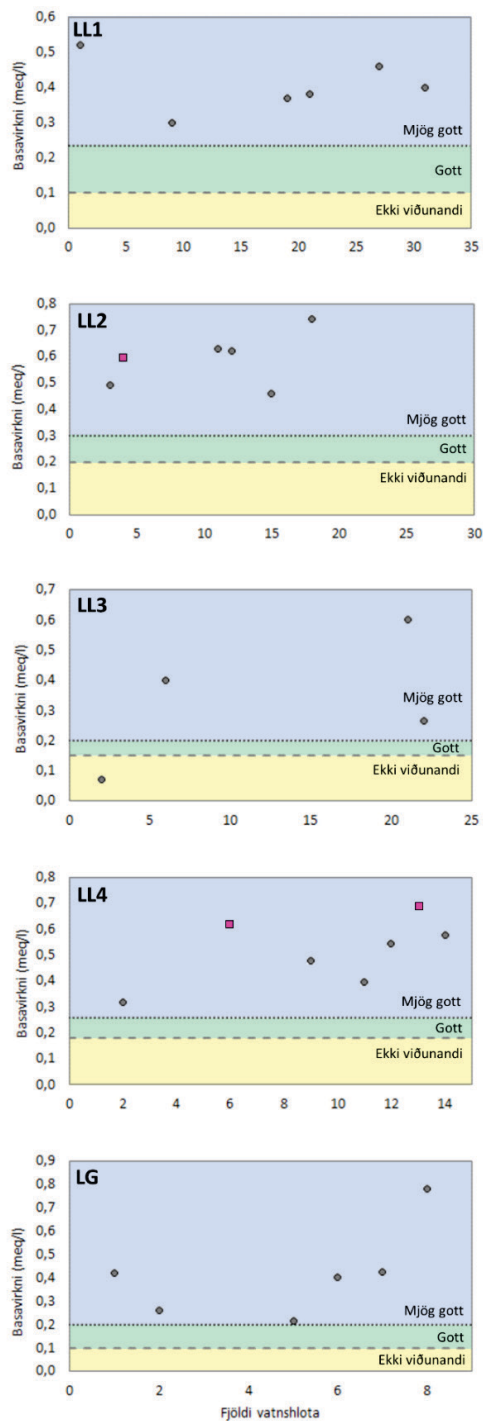
Tafla 31. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir basavirkni í stöðuvötnum í vatnagerðum á láglendi og í jökulskotum vötnum.

Stöðuvötn							
	Basavirkni (alkalinity) $\mu\text{eq/l}$				EQR basavirkni (alkalinity)		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	390	>234	234-100	<100	1-0,60	0,60-0,26	<0,26
LL2	610	>300	300-200	<200	1-0,50	0,50-0,33	<0,33
LL3	334	>200	200-150	<200	1-0,60	0,60-0,45	<0,45
LL4	439	>260	260-180	<180	1-0,60	0,60-0,40	<0,40
LG	260	>200	200-100	<100	1-0,80	0,80-0,40	<0,40

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.



Mynd 23. Meðaltal mælinga á basavirkni í óröskuðum straumvötnum í vatnagerðum. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.



Mynd 24. Mælingar á basavirkni í stöðuvötnum í vatnagerðum á láglendi og jökulvötnum/lónum. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

4.3.3.3 Rafleiðni

Rafleiðni í vatni (leiðni) er óbeinn mælikvarði á hlaðin, uppleyst efni í vatni. Uppleyst efni í vatni geta verið komin til vegna náttúrulegra ferla eða vegna mengunar. Rafleiðni vatns eykst eftir því sem meira er af hlöðnum uppleystum efnum í því. Fari leiðni vatns yfir ákveðin mörk bendir það til innstreymis af efnaríku vatni sem getur stafað af náttúrulegum ferlum s.s. jarðhita en það getur einnig bent til mengunar vatns.

Ákveðið var að skipta viðmiðum fyrir leiðni í vatnagerð RL2 í tvennt, RL2a og RL2b. Eins og fram hefur komið eru straumvötn í þessari vatnagerð talsvert ólík, annars vegar eru dragár eða blandaðar ár (dragár/lindár) (RL2a) og hins vegar eru hreinar lindár (RL2b). Leiðni í RL2b er töluvert hærrí en í RL2a (Tafla 32).

Viðmiðunargildi fyrir rafleiðni vatnagerða straum- og stöðuvatna var miðað við miðgildi leiðnimælinga í vatnagerðum á láglendi og í jökulám. Mörkin á milli ástandsflokkanna *mjög gott* og *gott ástand* voru miðuð við 95% hundraðshlutamark gagnasettsins fyrir hverja vatnagerð nema LL3, LL4 og LG þar sem þau voru sett með sérfræðimati. Mörkin á milli *góðs ástands* og *ekki viðunandi* voru sett út frá sérfræðiáliti sem studd eru með gögnum úr ám sem eru líklega undir álagi af mannavöldum; Kópavogslækur 2009 (leiðni að meðaltali um 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Haraldur Ingvason o.fl., 2013), Úlfarsá 2009 (131 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Kristín Lóa Ólafsdóttir, 2012) og Varmá í Kjós 2004 (146 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Tryggvi Þórðarson, 2007).

Viðmiðunargildi og mörk á milli flokka fyrir leiðni í jökulvatni eru byggð á gögnum úr jökulám sem eru ekki undir áhrifum frá jarðhitakerfum. Það er því mjög mikilvægt að rafleiðni verði aðeins notuð sem gæðapáttur í jökulám sem eru ekki undir jarðhita- og eldfjallaáhrifum. Leiðni í jökulám sem renna af jarðhitasvæðum getur verið mjög há vegna þess hve efnaríkt jarðhitavatn er. Það á við t.d. um Skeiðará, Gígjukvísl og jökulár sem renna frá Mýrdalsjökli og Eyjafjallajökli.

Gögn um leiðni í jökulskotnum stöðuvötnum (LG) eru að mestu byggð á mælingum úr lónum sem búin hafa verið til vegna vatnsaflsvirkjana og sem líklega munu flokkast sem mikið breytt vatnshlot. Það má leiða líkur að því að spönnin á leiðni sé lægri í lónum vatnsaflsvirkjana ef tekið er mið af því eina náttúrulega vatnshloti þar sem gögn eru til og liggur að baki útreikningum. Gögnum um leiðni í lónum sem eru undir áhrifum af jarðhita var sleppt, t.d. var gögnum úr Hágöngulóni sleppt. Mikilvægt er að nota ekki leiðni sem mælikvarða á ástand í jökulvötnum/lónum sem jarðhitavatn rennur í.

Vistfræðilegt gæðahlutfall rafleiðni er reiknað samkvæmt jöfnu 15.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Rafleiðni viðmiðunargildi}}{\text{Rafleiðni mæld}} \quad \text{Jafna 15}$$

Rafleiðni getur mælst lægri en viðmiðunargildið þar sem viðmiðunargildið er fundið út frá miðgildi gagna úr óröskuðum vatnshlotum. Í þeim tilvikum reiknast vistfræðilegt gæðahlutfall hærra en 1 en er þá sett jafnt og 1 þar sem ekki er gert ráð fyrir að hlutfallið geti verið hærra en 1 við ástandsflokkunina.

Gögnin sem liggja á bak við töflur 32 og 33 eru sýnd á myndum 25 og 26. Þar koma einnig fram mörk á milli ástandsflokkanna. Eins og sjá má á myndunum þá flokkast langflest vatnshlotin í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem þarna eru settar fram. Niðurstöður leiðnimælinga í straumvötnum (Mynd 25) eru í flestum tilfellum meðaltal fleiri en einnar mælingar í hverju vatnshloti en í stöðuvötnunum er oft um að ræða staka mælingu í stöðuvötnunum (Mynd 26) sem þá er tekin að sumri. Gert er ráð fyrir að ástandsflokkun vatnshlota byggist á meðaltali nokkurra leiðnimælinga sem teknar eru á misjöfnum árstímum.

Tafla 32. Viðmiðunargildi, mörk ástands flokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir rafleiðni í straumvötnum í vatnagerðum á Íslandi.

Straumvötn							
	Rafleiðni (µS/cm)				EQR rafleiðni		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	56	<85	85-111	>111	1-0,65	0,65-0,50	<0,50
RL2a	66	<100	100-145	>145	1-0,66	0,66-0,46	<0,46
RL2b	115	<151	151-210	>210	1-0,76	0,76-0,55	<0,55
RL3	91	<128	128-183	>183	1-0,72	0,72-0,50	<0,50
RL4	132	<195	195-263	>263	1-0,67	0,67-0,50	<0,50
RG	80	<117	117-160	>160	1-0,68	0,68-0,50	<0,50

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

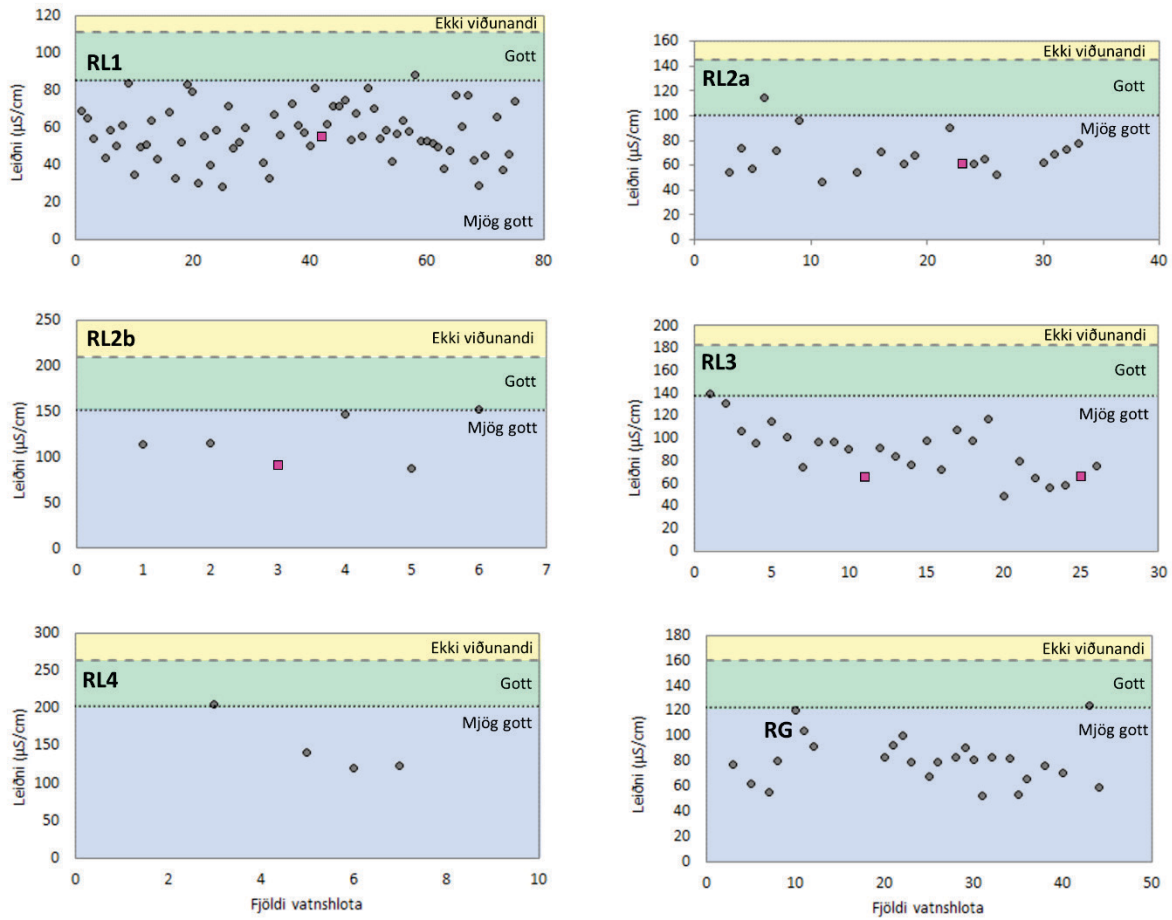
Tafla 33. Viðmiðunargildi, mörk ástands flokka og vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir rafleiðni í stöðuvötnum í vatnagerðum á Íslandi.

Stöðuvötn							
	Rafleiðni (µS/cm)				EQR rafleiðni		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	110	<190	190-220	>220	1-0,70	0,70-0,50	<0,50
LL2	104	<159	159-208	>208	1-0,70	0,70-0,50	<0,50
LL3	76	<126	126-168	>168	1-0,60	0,60-0,45	<0,45
LL4	82	<136	136-181	>181	1-0,60	0,60-0,45	<0,45
LG	46	<76	76-101	>101	1-0,60	0,60-0,45	<0,45

Ekki viðunandi* mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

Gögn eru til um leiðni í nokkrum straumvatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunaratnshlot. Það eru Krossá (RL1), Stóra Laxá og Svartá í Bárðardal (RL2) auk Selár í Vopnafirði og Norðurá (RL3). Þau flokkast öll í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér fyrir leiðni í straumvötnum.

Hvað varðar stöðuvatnshlot eru til gögn um leiðni í nokkrum vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunaratnshlot. Það eru Vatnshlíðarvatn (LL1), Eystra Gíslholtsvatn og Ytra Deildarvatn (LL2), Haukadalsvatn (LL3), Mátvatn og Stóra Fossvatn (LL4). Þau flokkast öll í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér fyrir leiðni í stöðuvötnum.



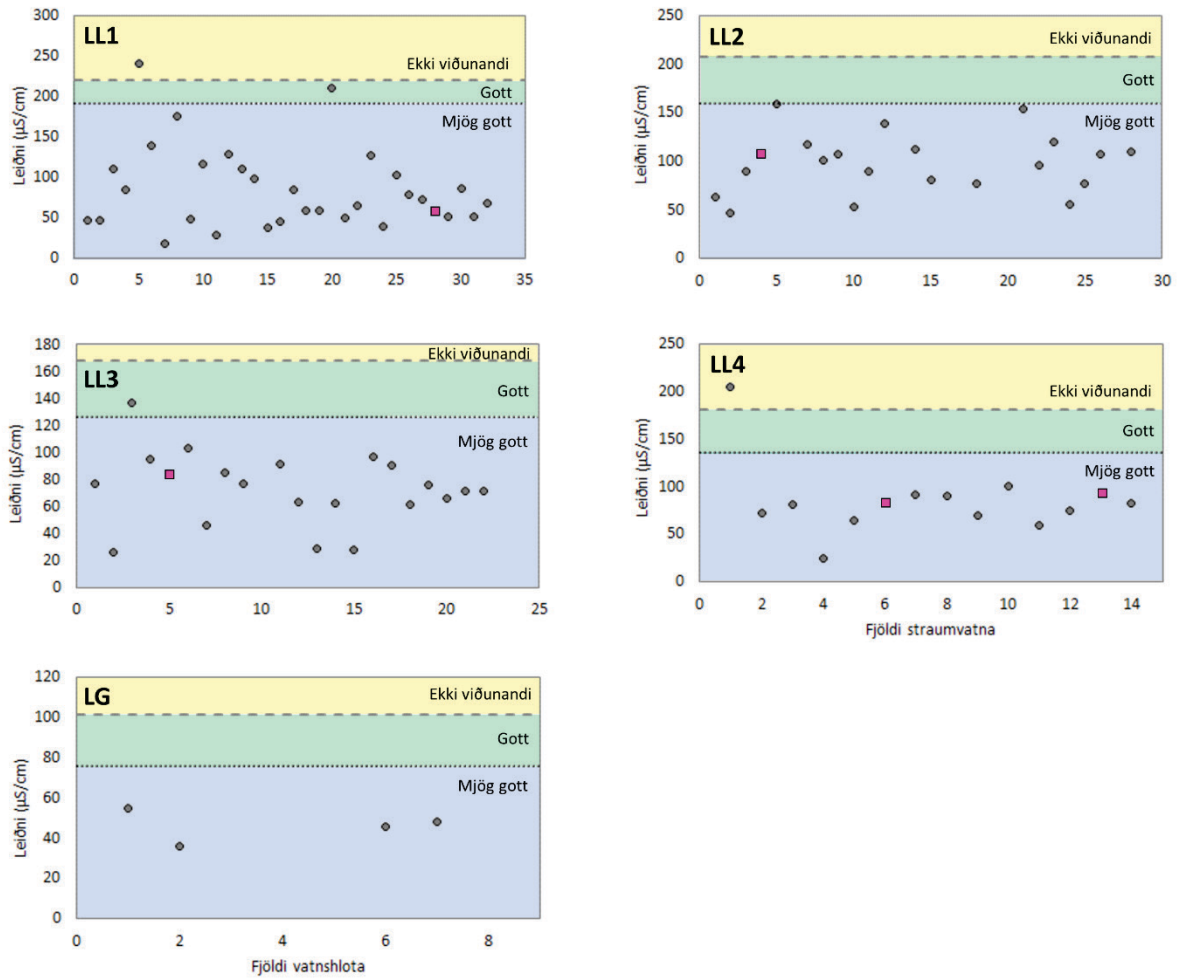
Mynd 25. Meðalgildi rafleiðni í óröskuðum straumvötnum í vatnagerðum á láglendi og jökulám. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Hvað varðar stöðuvatnshlot.

4.3.3.4 Súrefnisástand

Í ljósi þess að ekki eru til umtalsverð gögn um súrefnisstyrk í straum- og stöðuvötnum verður í upphafi miðað við norsk viðmiðunargildi sem sett eru fram í töflu 34 (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018).

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir súrefnisinnihald í straum- og stöðuvötnum er reiknað út frá mældum súrefnisstyrk og viðmiðunargildi þess (jafna 16). Nauðsynlegt er að þróa aðferðafræði við mat á súrefnisinnihaldi í straum- og stöðuvötnum á Íslandi en hér er vísað til aðferða sem skilgreindar hafa verið í Noregi fyrir þau mörk sem hér eru sett fram (Tafla 34) (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018). Gefin eru upp mörk fyrir 50% og 5% dreifingu mæligilda í hverju vatnshlota á hverjum tíma. Þessari töflu skal þó taka með þeim fyrirvara að metnun súrefnis er mjög hitastigsháð og því nauðsynlegt að hafa það í huga við ástandsmat ið.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{O_2 \text{ mælt}}{O_2 \text{ viðmiðunargildi}} \quad \text{Jafna 16}$$



Mynd 26. Meðalgildi rafleiðni í stöðuvötnum á láglandi og jökulvötnum. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Tafla 34. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir súrefnisástand í straum- og stöðuvötnum á Íslandi. Þetta eru sömu gildi og miðað er við í Noregi (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018).

Stöðuvötn og straumvötn							
	Súrefni (mg/L)				EQR súrefni		
Allar vatnagerðir	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
50% mælinga	14	>12	12-9	<9	1-0,86	0,86-0,64	<0,64
5% mælinga	12	>9	9-5	<5	1-0,75	0,75-0,42	<0,42

Tafla 35. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir sjóndýpi í djúpum stöðuvötnum á Íslandi. Gildir ekki fyrir jökulvötn.

Stöðuvötn							
	Sjóndýpi (m)				EQR sjóndýpi		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
Grunn vötn	Sést til botns	Sést til botns	Sést til botns				
Djúp vötn	5,2	>4,4	4,4-3,4	<3,4	1-0,9	0,9-0,7	<0,7

4.3.3.5 Sjóndýpi (Secci)

Samantekin gögn um sjóndýpi í stöðuvötnum eru í gagnagrunni Natura Ísland (Marianne Jensdóttir Fjeld, 2016). Þau hafa verið flokkuð eftir vatnagerðum og eru notuð hér til að gefa hugmynd um við hvaða sjóndýpi má búast í grunnum og djúpum vötnum.

Gögnin sýna það að í grunnum jafndjúpum stöðuvötnum sést að jafnaði til botns. Séu þau misdjúp getur þó sjóndýpið verið minna en hámarksdýpi vatnanna. Sem dæmi er hámarksdýpi í Eystra-Gíslholtvatni (LL2) 7,7 m og þar mældist sjóndýpi um 5 m.

Í djúpum vötnum er sjóndýpi hins vegar fall af frumframleiðni. Gögnin úr Natura Ísland sýna að sjóndýpi minnkar með auknum styrk blaðgrænu a í vatninu. Sambandinu er best lýst með veldisfalli ($R^2=0,59$) og hér er gerð tilraun til að setja viðmiðunargildi fyrir sjóndýpi og mörk á milli flokka sem byggir á því sambandi (jafna 17) og þeim mörkum sem sett hafa verið fyrir blaðgrænu a í stöðuvötnum (Tafla 11). Þessi líking gildir ekki fyrir jökulvötn eða mýrarvötn.

$$\text{Sjóndýpi í djúpum vötnum} = 7,2 * [\text{blaðgræna } a]^{-0,38} \quad \text{Jafna 17}$$

5 Lokaorð

Skýrslan er unnin fyrir Umhverfisstofnun og er hluti af innleiðingu laga um stjórn vatnamála nr. 36/2011. Lögð er fram tillaga að viðmiðunarmörkum milli þriggja efstu ástandsflokkanna hvað varðar þá líffræðilegu og eðlisefnafræðilegu gæðaþætti sem liggja til grundvallar í fyrsta áfanga innleiðingar stjórnar vatnamála.

Viðmiðunargildin byggja á fyrirliggjandi upplýsingum og sérfræðimati fyrir hvern gæðaþátt. Mjög mismunandi er milli gerða hversu miklar upplýsingar og gögn liggja fyrir eins og fram kemur í hverjum kafla fyrir sig. Í mörgum tilfellum er um stakar mælingar að ræða sem endurspeglar ekki breytileika á ársgrundvelli eða milli ára. Í þeim tilfellum er reynt að byggja á samsvarandi vatnshlotum t.d. straumvatnshlotum þar sem ekki eru fyrirliggjandi ásættanleg gögn í stöðuvatnshlotum. Einnig þurfti að taka tillit til ósamræmis í sýnatöku, meðferð sýna og greiningu þeirra við afmörkun ástandsflokkanna út frá gögnum og sérfræðiþekkingu.

Viðmiðunaratnshlot eiga að endurspeglar náttúrulegan breytileika og eiga því samkvæmt skilgreiningu að vera í *mjög góðu* ástandi. Í nokkrum tilvikum flokkast viðmiðunaratnshlot í flokkinn *gott* eða *ekki viðunandi* ástand. Í þeim tilfellum er aðeins um eina mælingu að ræða en ekki meðaltal margra úr vatnshlotinu. Eins gæti verið um náttúrulegan breytileika að ræða, s.s. breytilegt vatnsborð stöðuvatna, flóð eða eldvirkni. Þetta undirstrikar nauðsyn þess að byggja ástandsgreininguna á yfirgrípsmiklum mælingum og að mörk ástandsflokkanna séu í sífelldri endurskoðun.

Höfundar leggja áherslu á að framlagðar tillögur eru í mörgum tilfellum byggðar á takmörkuðum gögnum og eru því ekki hafnar yfir gagnrýni. Í næstu skrefum verkefnisins er mikilvægt að afla frekari gagna á breiðari grundvelli til þess að hægt sé að styrkja forsendur viðmiða. Jafnframt er mikilvægt að afla gagna til þess að geta sett fram með ásættanlegum hætti mörk fyrir þau vatnshlot sem falla í hina tvo flokkana þ.e. flokkana slakt og lélegt ástand. Sú framtíðarvöktun sem sett verður fram í vöktunaráætlun vegna stjórnar vatnamála mun væntanlega styrkja þann gagnabanka sem nauðsynlegur er til frekari þróunar ástandsflokkunarkerfis. Auk þess að vakta viðmiðunaratnshlot og vatnshlot undir álagi er mikilvægt að styrkja grundvöll ástandsflokkunar heildstætt, einkanlega þar sem um er að ræða mikinn breytileika innan vatnagerða.

Þakkarorð

Sigurlaug Gunnlaugsdóttir útgáfustjóri á Veðurstofu Íslands las yfir skýrsluna og bætti á marga lund. Kunnum við henni miklar þakkir fyrir. Einnig þökkum við ráðgjafanefnd fagstofnana og eftirlitsaðila og ráðgjafanefnd hagsmunaaðila fyrir yfirlestur á skýrslunni.

Heimildir

- Agnes Eydal, Ingi Rúnar Jónsson & Eydís Salome Eiríksdóttir (2019a). Tillaga að gerðarskiptingu árósa og sjávarlóna á Íslandi. Hafrannsóknarstofnun, KV 2019-04. 13 bls.
- Agnes Eydal, Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Karl Gunnarsson & Héðinn Valdimarsson. (2019b). Flokkun strandsjávar í vatnshlot. HV2019-50. 14 bls.
- Agnes Eydal, Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Karl Gunnarsson & Héðinn Valdimarsson. (2019c). Skilgreining á gerðum vatnshlota í strandsjó við Ísland. HV 2019-52. 10 bls.
- Andersen, T., Hansen, L. O., Johanson, K. A., Solhoy, T. & Soli, G.E.E. (1990). Faunistical records of Caddis flies (Trichoptera) from Aust-Agder and Vest-Agder, South Norway. *Fauna norvegica Series B* 37: 23-32.
- Borcard, D., Gillet, F. & Legendre, P. (2018). *Numerical Ecology with R*. Second edition. Springer, Cham, Switzerland.
- Böcher, J., N.P. Kristensen, T. Pape & L. Vilhelmsen (ritstjórar) (2015). *The Greenland Entomofauna. An Identification Manual of Insects, Spiders and Their allies*. Í: Kristensen, N.P. & V. Michelsen (ritstj.) *Fauna Entomologica Scandinavica* vol 44. 881 bls.
- Ciadamidaro, S., Mancini, L. & Rivosecchi, L. (2016). Black flies (Diptera, Simuliidae) as ecological indicators of stream ecosystem health in an urbanizing area (Rome, Italy). *Annali dell'Istituto Superiore di Sanita* 52: 269-276.
- Chmielewski, C.M. & Hall, R.J. (1993). Changes in the Emergence of Blackflies (Diptera: Simuliidae) over 50 years from Algonquin Park Streams: Is Acidification the Cause? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 1517-1529.
- Davíð Egilson, Jón Guðmundsson, Tinna Þórarinsdóttir & Gerður Stefánsdóttir (2019). Magnstaða grunnvatns. Tillaga um aðferðafræðilega nálgun. Skýrsla VÍ 2019-012. 61 bls.
- Davíð Egilson, Gerður Stefánsdóttir & Tinna Þórarinsdóttir (2020). Tillögur að grunnvatnshlotum sem kunna að vera undir marktæku álagi vegna vatnstöku og/eða endurnýjunar af mannavöldum. Greinargerð VÍ, DE/ofl/2020-02. 11 bls.
- Dettinger-Klemm, P.M.A. (2003). Chironomids (Diptera, Nematocera) of temporary pools – an ecological case-study. Thesis at Marburg University, Þýskalandi. 371 bls.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Í Official Journal of the European Communities*, L 327, 22.12.2000, bls. 1–73. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060> [skoðað 17.04.2020]
- Direktoratsgruppen vandirektivet 2018. Veileder 02:2018 Klassifisering av miljølstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2018.
- Direktoratsgruppen vandirektivet 2018. Vedlegg til veileder 02:2018 Klassifisering av miljølstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2018. <https://www.vannportalen.no/veiledning/02-2018-vedlegg-til-veileder-klassifisering-av-miljotilstanden-i-vann.pdf/>
- Elisabet R. Hannesdóttir & Jón S. Ólafsson (2014). Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Botnhryggleysingar í straumvötnum. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Veiðimálastofnun, VMST/14009. 18 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir & Sunna B. Ragnarsdóttir (2019a). Endurskoðun á gerðargreiningu vatnshlota. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. HV 2019-28/NÍ 19003/VÍ 2019-002. 36 bls.

- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir & Gerður Stefánsdóttir (2019b). Tillögur að líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðaðáttum til ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna á Íslandi. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. HV-219-55/NÍ-19005/VÍ-2019-004. 38 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Fjóla Rut Svavarsdóttir & Svava Börk Þorláksdóttir (2020). Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. HV 2020-23/NÍ-20004/VÍ 2020-007. 82 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir & Sólveig Ólafsdóttir (2020). Vöktun strandsjávar samkvæmt lögum um stjórnt vatnamála. Tillögur að vatnshlotum til vöktunar. KV2020-02. 14 bls.
- Ferrington, L.C. Jr. & O.A. Sæther (1987). The male, female, pupa and biology of *Oliveridia hugginsi* n.sp. (Diptera: Chironomidae Orthodradiinae) from Kansas. *Journal of the Kansas Entomological Society* 60:451–461.
- Finnur Ingimarsson, Agnes-Katharina Kreiling, Hilmar J. Malmquist, Guðni Guðbergsson, Sigurður S. Snorrason, Skúli Skúlason & Jón S. Ólafsson. Lífríki stöðuvatna á Íslandi – samantekt á niðurstöðum úr verkefninu Yfirlitskönnun vatna á Íslandi. Skýrsla í vinnslu 2020.
- Gerður Stefánsdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir & Svava Björk Þorláksdóttir 2020a. Tillögur að straumvatnshlotum sem endurspeglar mjög gott vistfræðilegt ástand. Greinargerð VÍ GSt/ofl/2020-02. 17 bls.
- Gerður Stefánsdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir & Svava Björk Þorláksdóttir 2020b. Tillögur að stöðuvatnshlotum sem endurspeglar mjög gott vistfræðilegt ástand. Endurútfærð með breytingum. Greinargerð VÍ GSt/ofl/2020-01. 11 bls.
- Gerður Stefánsdóttir, Davíð Egilson & Svava Björk Þorláksdóttir (2020c). Eiginleiki grunnvatnshlota undir efnaálagi. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. VÍ 2020-002. 62 bls.
- Gísli Már Gíslason (1978). Life cycle of *Limnephilus affinis* Curt. (Trichoptera: Limnephilidae) in Iceland and in Northumberland, England. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 20, 2622–2629.
- Gísli Már 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, Jón S. Ólafsson & Hákon Aðalsteinsson (2002). Vistfræðileg flokkun íslenskra straumvatna. Verkefni unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, stöðuskýrsla. Líffræðistofnun Háskólans, 12 bls.
- Gísli Már Gíslason, Agnes-Katharina Kreiling, Guðrún Lárusdóttir, Hákon Aðalsteinsson, Sveinn Guðmundsson & Jón S. Ólafsson. Lífríki straumvatna á Íslandi – samantekt á niðurstöðum úr verkefninu Vatnsföll á Íslandi. Skýrsla í vinnslu 2020.
- Gower A.M., Myers G., Kent M., Foulkes M.E. (1994). Relationships between macroinvertebrate communities and environmental variables in metal-contaminated streams in south-west England. *Freshwater Biology* 32, 199-221. doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb00877.x
- Haraldur Ingvason, Finnur Ingimarsson, Stefán Már Stefánsson & Þóra Hrafnadóttir (2013). Frumathugun á Kópavogslæk. Náttúrufræðistofa Kópavogs, fjölrit nr. 3-13. 15 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason (2003). Vistfræði- og verndarflokkun íslenskra stöðuvatna. Verkefni unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, áfangaskýrsla. Náttúrufræðistofa Kópavogs, 33 bls.

- Hörður Kristinsson, Þóra Ellen Þórhallsdóttir & Jón Baldur Hlíðberg (2018). Flóra Íslands – blómplöntur og byrkingar. Forlagið, Reykjavík. 742 bls.
- Ilyashuk, B.P., Ilyashuk, E.A., Makarchenko, E.A. & Heiri, Oliver (2010). Midges of the genus *Pseudodiamesa* Goetghebuer (Diptera, Chironomidae): current knowledge and palaeoecological perspective. *Journal of Paleolimnology* 44: 667-676.
- Katrín Sóley Bjarnadóttir, Eydís S. Eiríksdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Kristján Geirsson & Sunna B. Ragnarsdóttir (2020). Fyrstu skref við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum. Vatnsformfræðilegar breytingar á straum- og stöðuvötnum á virkjanasvæðum. UST-2020:09.
- Kristín Lóa Ólafsdóttir (2012). Vöktun Kiðafellsár, Leirvogsár og Úlfarsár árið 2009. Samantekt unnin fyrir Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. Skýrsla Heilbrigðiseftirlits Reykjavíkur. 57 bls.
- Lakka, H.-K. (2013). The ecology of a freshwater Crustacean: *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda; Notostraca) in a high Arctic region. Master thesis at the University Centre in Svalbard and the University of Helsinki.
- 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.
- Maitland, P.S. & Penney, M.M. (1967). The ecology of the Simuliidae in a Scottish River. *Journal of Animal Ecology* 36: 179-206.
- Marianne Jensdóttir Fjeld, Þóra K. Hrafnadóttir & Haraldur R. Ingvason (2016). Vistgerðir í ferskvatni. Í: Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir (ritstj.). Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54. Bls. 170–214.
- Moller Pillot, H.K.M. (2013). Chironomidae larvae. Biology and ecology of the aquatic Orthoclaadiinae. KNNV Publishing, Zeist, The Netherlands.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E. & Wagner, H. (2017). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- de Paiva Magalhães D., da Costa Marques M.R. Baptista D.F. & Buss D.F. (2015). Metal bioavailability and toxicity in freshwaters. *Environ Chem Lett* 13:69-87. DPO 10.1004/s10311-015-0491-9
- Reglugerð um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun nr. 535/2011.
- Ruse, L.P. (2000). A simple key to canal water quality based on chironomid pupal exuviae. Pp. 405-413. In Hoffrichter (ed.). *Late 20th Century Research on Chironomidae: an Anthology from the 13th International Symposium on Chironomidae*. Shaker Verlag, Aachen.
- Sigurður Reynir Gíslason, Björn Þór Guðmundsson & Eydís Salome Eiríksdóttir (1998). Efnasamsetning Elliðaáanna 1997–1998. Skýrsla Raunvísindastofnunar RH-19-98. 100 bls.
- Sólveig Rósa Ólafsdóttir.(2019) Endurskoðun á skiptingu strandsjávar í vatnshlot HV 2019-45. 19 bls.
- Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Agnes Eydal, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson & Karl Gunnarsson (2019). Gæðaðættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota. Skýrsla Hafrannsóknastofnunar HV 2019-53, 41 bls.
- Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Bogi Brynjar Björnsson & Sigmar Metúsalemsson. (2019). Möguleg mengun vatns vegna landbúnaðar; helstu álagspættir og mat á gögnum. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. NÍ-19011/VÍ 2019-014. 26 bls.

- Tryggvi Þórðarson (2007). Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Varmá. Endurflokkun. Skýrsla, Háskólasetrið í Hveragerði. 21. bls.
- Vallenduuk, H.J. & Moller Pillot, H.K.M. (2008). Chironomidae Larvae of the Netherlands and Adjacent Lowlands. General ecology and Tanyptodinae. KNNV Publishing, Zeist, Holland. 144 bls.
- van de Bund W. & Solimini A.G. (2007). Ecological Quality Ratios for Ecological Quality Assessment in Inland and Marine Waters. Regecca Deliverable 10. Institute for Environment and Sustainability. EUR 22722 EN. 23 bls.
- WFD CIS 2003. Guidance document nr. 10. River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. [https://circabc.europa.eu/sd/a/dce34c8d-6e3d-469a-a6f3-b733b829b691/Guidance%20No%2010%20-%20references%20conditions%20inland%20waters%20-%20REFCOND%20\(WG%202.3\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/dce34c8d-6e3d-469a-a6f3-b733b829b691/Guidance%20No%2010%20-%20references%20conditions%20inland%20waters%20-%20REFCOND%20(WG%202.3).pdf) [skoðað 26.11.2020]
- Wilson, R.S. & Ruse, L.P. (2005). A guide to the identification of genera of chironomid pupal exuviae occurring in Britain and Ireland (including genera from Northern Europe) and their use in monitoring lotic and lentic fresh waters. Freshwater Biological Association, Cumbria, UK.

Viðauki I

Eiginleikar vatnagerða straumvatna á Íslandi.

STRAUMVÖTN					
Vatnagerð	Lýsing á vatnagerð	Hæð yfir sjávarmáli (m)	Aldur berggrunns (m.á.)	Vötn og votlendi á vatnasviði	Jökulþekja á vatnasviði
RL1	Bergvatn á eldri berggrunni, láglendi	< 600	≥ 3,3	< 12%	<8%
RL2	Bergvatn á yngri berggrunni, láglendi	< 600	< 3,3	<12%	<8%
RL3	Bergvatn með ríkjandi votlendisáhrifum, láglendi	< 600	n.a.	≥ 12%	<8%
RL4	Bergvatn á sendnum botni frá nútíma, láglendi	< 600	0,01	n.a.	<8%
RH1	Bergvatn á eldri berggrunni, hálendi	≥ 600	≥ 3,3	<12%	<8%
RH2	Bergvatn á yngri berggrunni, hálendi	≥ 600	< 3,3	<12%	<8%
RH3	Bergvatn með ríkjandi votlendisáhrifum, hálendi	≥ 600	n.a.	≥ 12%	<8%
RG	Jökulár	n.a.	n.a.	n.a.	≥ 8%

Eiginleikar vatnagerða stöðuvatna á Íslandi.

STÖÐUVÖTN					
Vatnagerð	Lýsing á vatnagerð	Hæð yfir sjávarmáli (m)	Aldur berggrunns (m.á.)	Dýpi (m)	Jökulþáttur*
LL1	Stöðuvötn á eldri berggrunni, grunnt, láglendi	<600	≥ 0,8	< 3	enginn/lítill
LL2	Stöðuvötn á yngri berggrunni, grunnt, láglendi	<600	<0,8	< 3	enginn/lítill
LL3	Stöðuvötn á eldri berggrunni, djúpt, láglendi	<600	≥ 0,8	≥ 3	enginn/lítill
LL4	Stöðuvötn á yngri berggrunni, djúpt, láglendi	<600	<0,8	≥ 3	enginn/lítill
LH1	Stöðuvötn á hálendi, grunnt	>600	n.a.	< 3	enginn/lítill
LH2	Stöðuvötn á hálendi, djúpt	>600	n.a.	≥ 3	enginn/lítill
LG	Jökulskotin stöðuvötn	n.a.	n.a.	n.a.	nokkur/mikill

*jökulþáttur metinn með sérfræðialiti

Viðauki II

Plöntutegundir sem notaðar voru við útreikninga á TIC matsstuðlinum.

* Tegundir sem flokkaðar hafa verið í hópa byggt á minna en fjórum athugunum.

** Tegund er ekki notuð í TIC.

Hlutlausar tegundir		
<i>Chara virgata</i>	<i>Potamogeton berchtoldii</i>	<i>Stuckenia filiformis</i>
<i>Nitella flexilis</i>	<i>Potamogeton natans</i>	<i>Tolypella glomerata</i> **
<i>Potamogeton alpinus</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	
Viðkvæmar tegundir		
<i>Littorella uniflora</i>	<i>Sparganium angustifolium</i>	<i>Chara contraria</i>
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	<i>Sparganium hyperboreum</i> *	<i>Chara globularis</i>
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	<i>Subularia aquatica</i>	<i>Eleocharis acicularis</i>
<i>Nitella opaca</i>	<i>Tolypella canadensis</i>	<i>Hippuris vulgaris</i>
<i>Potamogeton compressus</i> *	<i>Callitriche hamulata</i>	<i>Isoetes echinospora</i>
<i>Potamogeton gramineus</i>	<i>Callitriche hermaphroditica</i>	<i>Isoetes lacustris</i>
<i>Potamogeton praelongus</i>	<i>Callitriche palustris</i>	<i>Juncus bulbosus</i>
<i>Ranunculus confervoides</i>	<i>Chara aspera</i>	<i>Limosella aquatica</i>
<i>Ranunculus reptans</i>		
Þolnar tegundir		
<i>Callitriche stagnalis</i>	<i>Persicaria amphibia</i>	<i>Zannichellia palustris</i> *

Viðauki III

Vísihópar hryggleysingja í straumvötnum – hugsanleg viðbrögð við umhverfisálagi, byggt á heimildum.

Hópur	Til staðar við náttúruleg skilyrði í flokkum	Heimild	Líkleg viðbrögð við mismunandi álagi		
			Súrnun	Næringarefna-auðgun	Breyting á vatnsformfræðilegum þáttum
Rykmý (Insecta, Diptera)					
<i>Diamesa bertrami</i>	RL1, RL2	Wilson & Ruse 2005	?	hverfur	?
<i>Eukiefferiella minor</i>	RL1, RL2, RL3	Pillot	?	hverfur	?
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	RL1, RL2, RL3	Pillot; Wilson & Ruse 2005	þolir	gæti þolað	gæti fækkað
<i>Orthocladus frigidus</i>	RL1, RL2, RL3	Pillot; Wilson & Ruse 2005	?	hverfur	?
<i>Thienemanniella sp.</i>	RL1, RL2, RL3	Pillot; Wilson & Ruse 2005	?	gæti þolað	Hverfur
<i>Micropsectra sp.</i>	RL1, RL2, RL3	Wilson & Ruse 2005	?	þolir	?
Önnur skordýr (Insecta)					
<i>Limnephilus affinis</i>	RL2	Gíslason 1978; Andersen et al 1990	hverfur	?	fækkar
Simuliidae	RL2, RL3	Maitland & Penney 1967; Chmielewski & Hall 1993; Ciadamidaro et al 2016	þolir	hverfur	hverfur
<i>Clinocera stagnalis</i>	RL2, RL3		?	?	?

Viðauki IV

Vísihópar hryggleysingja í stöðuvötnum – hugsanleg viðbrögð við umhverfisálagi, byggt á heimildum.

Hópur	Til staðar við náttúruleg skilyrði í vatnagerðum	Heimild	Líkleg viðbrögð við mismunandi álagi		
			Súrnum	Næringar-efnaauðgun	Breyting á vatnsform-fræðilegum þáttum
Rykmý (Insecta, Diptera)					
<i>Rheocricotopus effusus</i>	LL1, LL2	Vallenduuk & Pillot 2007	?	?	gæti fækkað
<i>Diamesa</i> spp. (<i>bohemani/zernyi</i>)	LH2		?	?	?
<i>Pseudodiamesa nivosa</i>	LH2	Ilyashuk et al. 2010	þolir	?	?
<i>Oliveridia tricornis</i>	LH2	Ferrington & Saether 1987	?	hverfur	?
<i>Macropelopia</i> sp.	LL2	Vallenduuk & Pillot 2007	þolir	þolir?	?
<i>Arctopelopia</i> sp.	LL2	Vallenduuk & Pillot 2007, Ruse 2002	þolir	hverfur	fækkar
<i>Ablabesmyia monilis</i>	LL2	Vallenduuk & Pillot 2007	þolir	þolir	gæti fækkað
<i>Paracladopelma</i> sp.	LL2	Vallenduuk & Pillot 2007	hverfur	hverfur	fækkar
<i>Procladius islandicus</i>	LL2	Vallenduuk & Pillot 2007, Dettinger-Klemm 2003	þolir	?	hverfur
<i>Orthocladus frigidus</i>	LL4	Vallenduuk & Pillot 2007	?	hverfur	?
Krabbadýr (Crustacea)					
<i>Lepidurus arcticus</i>	LH2 (og LH1)	Lakka 2013, Arnold 1966	hverfur	þolir	fækkar
<i>Diaptomus</i> spp.	LH1	Böcher o.fl. 2015			
Aðrir hryggleysingjar					
Hirudinea (<i>Helobdella</i> sp./ <i>Glossiphonia</i> sp.)	LL2		?	?	?
Vatnamaurar	LL2, LL4		?	?	?

Viðauki V

Listi yfir hryggleysingja sem notaðir voru við útreikning á LAMI stuðli. Gildin byggja á töflu í viðauka V4.3.1. í skýrslu Umhverfisstofnunar Noregs (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018. Veileder 2:2018 Klassifisering).

Hryggleysingjar	Súrnunarpólsstuðull sk
<i>Radix balthica</i>	7
<i>Pisidium</i> sp.	5
<i>Glossiphonia complanata</i>	7
<i>Helobdella stagnalis</i>	6,5
<i>Theromyzon tessulatum</i>	7
<i>Lepidurus arcticus</i>	8
<i>Capnia vidua</i>	2
<i>Apatania zonella</i>	6
<i>Limnephilus</i> sp.	2
<i>Potamophylax cingulatus</i>	2
Simuliidae	4

Viðauki VI

Við úrvinnslu og setningu viðmiðunarmarka líffræðilegra og eðlisefnafræðilegra þátta var gögnum og upplýsingum safnað saman eftir því sem tók voru á. Töflurnar hér fyrir neðan sýna í hvaða straum- og stöðuvötnum gögn voru til staðar. Vinnuregla við setningu ástandsmarka var að nota einungis gögn þar sem álag eða óvissa var ekki til staðar og ætla mætti að ástand væri mjög gott. Einnig þurfti sýnataka /úrvinnsla sýna að vera af ásættanlegum gæðum. Á þessu eru einhverjar undantekningar en þá einungis notuð gögn að vel athuguðu máli, þ.e. hvort viðkomandi vatnshlot sýndi frávík frá náttúrulegum aðstæðum hvað varðar þann viðmiðunarpátt en þetta á einkum við sýrustig og leiðni. Þegar lítið er um gögn þarf að nýta þau með sem bestum hætti. Önnur undantekning frá þessari reglu varðar stöðuvötn sem falla í flokkinn jökulskotin stöðuvötn. Þar eru svo til einungis um gögn úr virkjanalónum að ræða. Skoða þarf með frekari mælingum hvort það sé ásættanlegt. Þar sem ekki var nægjanlegur fjöldi gagna til staðar var notast við sérfræðiálit en hliðsjón tekin af þeim gögnum sem voru til staðar, allt eftir atvikum. Þetta á m.a. við um hálendisgerðirnar.

Nokkur fjöldi sýna er úr straum- og stöðuvötnum sem eru ekki skilgreind vatnshlot þar sem þau ná ekki tilskilinni stærð og var þá metið sérstaklega hvaða gerð þau tilheyra. Nauðsynlegt er að nýta öll þau gögn sem kostur er enda á Vatnatilskipunin að ná utan um allt vatn á landi þó svo þau nái ekki tilskilinni viðmiðunarstærð sem gengið er út frá við afmörkun vatnshlota. Samtals eru notuð gögn frá 56 stöðuvötnum og fimm vatnsföllum sem ekki eru skilgreind sem vatnshlot. Þau eru merkt sem handflokkuð (handfl.) í dálkinum vatnshlota nr.

Tafla VI.1 Yfirlit yfir fjölda vatnshlota og gögn sem til eru til staðar í hverri vatnagerð. Mismunandi er hversu margar mælingar eru í hverju vatnshlotti.

Vatnagerð	Fjöldi vatnshlota	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar	Vatna-plöntur	Hrygg-leysingjar
LG	10	9	8	6		
LL1	36	34	34	30	30	6
LL2	30	30	30	15	11	6
LL3	32	22	23	22	14	14
LL4	17	14	14	8	6	5
LH	14	14	13	0	5	4
Σ Stöðuv.	139	123	122	81	66	35
RG	48	44	34	0		0
RL1	117	110	103	90		12
RL2	56	48	34	16		4
RL3	43	39	39	28		8
RL4	6	6	4	0		1
RH	18	6	6	0		0
Σ Straumvötn	288	253	220	134		25
Samtals	427	376	342	215	66	95

Töflur VI.2 – VI.11. Yfirlit yfir vatnshlot þar sem fyrirbyggjandi gögn voru notuð til að skilgreina viðmiðunarástand vatnagerða miðað við líffræðilega- og eðlisefnafræðilega gæðapætti. Eðlisefnafræðilegum þáttum er skipt upp eðlisfræðileg gögn og fellur þar undir sýrustig, leiðni og basavirkni (alkalinity) en undir efnafræðileg gögn falla mælingar á fosfati (PO_4), nitrati (NO_3) og ammóníum (NH_4). Ekki eru allir þættir mældir hverju sinni. Hvað varðar eðlisþættina er sýrustig og leiðni algengasta mælibreytan en basavirkni var í mæld í rúmlega 60% tilfella. Að jafnaði mæling á fosfati og nitrati gerð samhliða en mæling á ammóníum í um 85% tilfella. Sýrustig var að jafnaði notað úr talsvert fleiri vatnshlotum en önnur mæligildi.

Tafla VI.2 Stöðuvötn af jökulgerð (LG) þar sem mælingar á gæðaháttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum. Flest jökulvatnanna eru undir álagi vegna virkjunar og eru því í raun uppistöðulón.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Dratthalavatn	103-2093-L	LG	x	x	x			
Hagavatn	103-2266-L	LG	x	x				
Hágöngulón	103-2446-L	LG	x	x	x			Virkjað
Hálslón	102-2448-L	LG	x	x				Virkjað
Kvíslavatn	103-2092-L	LG	x	x	x			Virkjað
Lagarfljót	102-1857-L	LG	x	x				Virkjað
Sporðöldulón	Handfl.	LG	x	x	x			Virkjað
Sultartangalón	103-2077-L	LG			x			Virkjað
Ufsarlón	Handfl.	LG	x					Virkjað
Þórisvatn	103-2162-L	LG	x	x	x			Virkjað

Tafla VI.3. Stöðuvötn af gerð LL1 þar sem mælingar á gæðaþáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnifræðigögn	Þörungur (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Arnarvatn stóra, Arnarvatnsheiði	101-1121-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Álavatn, Hnappadal	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Baugavötn, Mýrum	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Berufjarðarvatn, Reykhólasveit	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Bretavatn	Handfl.	LL1	x	x				Ósúð sýni
Brókarvatn, Mýrum	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Flóðið, Vatnsdal	101-1159-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Gufudalsvatn, Barðaströnd	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hofgarðatjörn, Snæfellsnesi	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hólmavatn	101-1153-L	LL1	x	x	x			Ósúð sýni
Hólmavatn við Tungukoll, Arnarvatnsheiði	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hólmavatn, Hrutafjarðarhálsi	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hólmavatn, Tvídægju	104-430-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hólsvatn, Mýrum	104-523-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hríshólsvatn, Reykhólasveit	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Högnavatn, Þorskafjarðarheiði	Handfl.	LL1	x			x	x	Ósúð sýni
Langavatn, Mjóafjarðarheiði	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Langavatn, Skaga	101-1254-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Miðvatn, Laxárdalsheiði	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Mjóavatn	101-1193-L	LL1	x	x	x		x	Ósúð sýni
Ónefnt vatn, Þorskafjarðarheiði	Handfl.	LL1	x			x		Ósúð sýni
Réttarvatn, Refasveit	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Sandvatn, Fellaheiði	102-1875-L	LL1	x	x			x	Ósúð sýni
Sauðlauksdalsvatn, Patreksfirði	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Sauravatn	104-551-L	LL1	x	x	x			Ósúð sýni
Skriðuvatn	102-1926-L	LL1					x	Ósúð sýni
Sléttuhlíðarvatn, Tröllaskaga	101-1381-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Svartbakavatn, Vesturbyggð	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Torfdalsvatn, Skaga	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Úlfsvatn, Arnarvatnsheiði	104-441-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Vatn vestan Stórhóls, Arnarvatnsheiði	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Vatnshlíðarvatn, Vatnsskarði	101-1324-L	LL1	x	x	x	x	x	Ósúð sýni
Vatnsholtvatn, Snæfellsnesi	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
V-Friðmundarvatn, Auðkúluheiði	101-1189-L	LL1	x	x	x	x	x	Ósúð sýni
Ölvesvatn, Skaga	101-1363-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni

Tafla VI.4 Stöðuvötn af gerð LL2 þar sem mælingar á gæðabáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnifræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Ápavatn	103-2250-L	LL2	x	x			x	Ósúð sýni
Ástjörn	Handfl.	LL2	x	x	x			Þéttbýli/ósúð sýni
Bauluvatn, Grímsnesi	Handfl.	LL2	x	x	x	x		Ósúð sýni
Bæjarvatn, Gaulverjabæ	Handfl.	LL2	x	x	x	x		Ósúð sýni
Elliðavatn	104-303-L	LL2	x	x	x	x	x	Þéttbýli
Eystra-Gíslholtsvatn, Holtum	103-2069-L	LL2	x	x	x	x		Ósúð sýni
Fljótsbotn	Handfl.	LL2	x	x			x	Ósúð sýni
Grænavatn, Mývatnssveit	102-1447-L	LL2	x	x				
Hafursstaðavatn, Norðurþingi	Handfl.	LL2	x	x		x		Ósúð sýni
Heiðartjörn, Grafningi	Handfl.	LL2	x	x	x	x		Ósúð sýni
Kakkarvatn, Flóa	Handfl.	LL2	x	x				Ósúð sýni
Kjalvatn stærsta, Holtamannaafretti	103-2080-L	LL2	x	x	x	x		Ósúð sýni
Kolviðarnesvatn	Handfl.	LL2	x					Ósúð sýni
Kringilvatn	Handfl.	LL2	x					Ósúð sýni
Laugarvatn	103-2252-L	LL2	x	x				Ósúð sýni
Lágafellsvatn, A-Landeyjum	Handfl.	LL2	x	x	x	x		Ósúð sýni
Mývatn	102-1448-L	LL2	x	x				Óvissu
Rauðavatn	Handfl.	LL2	x	x	x			Þéttbýli/ósúð sýni
Reynisvatn, Reykjavík	Handfl.	LL2	x	x	x			Ósúð sýni
Sandvatn	102-1455-L	LL2	x	x				Ósúð sýni
Sandvatn N, Þingeyjars	102-1454-L	LL2	x	x				Ósúð sýni
Skúmsstaðavatn, V-Landeyjum	103-2058-L	LL2	x	x	x	x		Ósúð sýni
Svartárvatn	102-1427-L	LL2	x	x			x	
Tjaldvatn, Veiðivötnum	Handfl.	LL2	x	x				Ósúð sýni
Tjörnin	104-2386-L	LL2	x	x	x			Þéttbýli/ósúð sýni
Urriðavatn, Garðabæ	Handfl.	LL2	x	x	x			Ósúð sýni
Vífilsstaðavatn	104-302-L	LL2	x	x	x		x	Ósúð sýni
Víkingavatn	102-1472-L	LL2	x	x				Ósúð sýni
Ytra-Deildarvatn	102-1565-L	LL2	x	x			x	Ósúð sýni
Ytra-Litla-Hraunsvatn, Flóa	Handfl.	LL2	x	x	x	x		Ósúð sýni

Tafla VI.5 Stöðuvötn af gerð LL3 þar sem mælingar á gæðabáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Ánavatn	102-1821-L	LL3					x	
Blönduvatn, Eyvindarstaðaheiði	101-1218-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Djúpavatn	102-1669-L	LL3	x	x	x			Ósúð sýni
Draghálsvatn/Geitabergsvatn	104-335-L	LL3	x	x	x	x	x	Ósúð sýni
Eiðavatn	102-1838-L	LL3					x	Ósúð sýni
Flókadalsvatn, Tröllaskaga	101-1384-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Galtaból	101-1217-L	LL3					x	Ósúð sýni
Glamastaðavatn	104-334-L	LL3					x	Ósúð sýni
Grímsvatn Dynjandisheiði	Handfl.	LL3						Ósúð sýni
Haukadalsvatn, Haukadal	101-647-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Heiðarvatn, Fjarðarheiði	102-1945-L	LL3					x	Ósúð sýni
Hestvatn, Grímsnesi	103-2228-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hítarvatn	104-588-L	LL3					x	Ósúð sýni
Hólmavatn, Refasveit	Handfl.	LL3	x	x	x			Ósúð sýni
Hreðavatn, Norðurárdal	104-490-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hvalvatn	104-326-L	LL3	x	x	x			Ósúð sýni
Langavatn, Borgarbyggð	104-509-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Látravatn, Vesturbyggð	Handfl.	LL3	x	x	x			Ósúð sýni
Meðalfellsvatn	104-319-L	LL3	x	x	x			Ósúð sýni
Miðheiðarvatn, Tröllatunguheiði	Handfl.	LL3	x	x	x			Ósúð sýni
Nafnlaust vatn, Fjarðarheiði	Handfl.	LL3	x	x	x			Ósúð sýni
Oddastaðavatn, Snæfellsnesi	104-594-L	LL3	x	x	x	x	x	Ósúð sýni
Skorradalsvatn	104-340-L	LL3	x	x	x	x	x	Vatnsborðsstýring
Stíflisdalsvatn, Kjós	104-322-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Stóra-Eyjavatn, Glámu	101-742-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Svínavatn, Húnavatnshreppi	101-1200-L	LL3	x	x	x	x	x	Ósúð sýni
Sænautavatn	102-1730-L	LL3					x	Ósúð sýni
Urriðavatn, Fellabæ	102-1835-L	LL3					x	Ósúð sýni
Vatnsdalsvatn, Barðaströnd	101-713-L	LL3	x	x	x	x		Ósúð sýni
Vatnsdalsvatn, Snæfellsnesi	Handfl.	LL3	x	x	x			Ósúð sýni
Vesturhópsvatn, Húnaþingi v	101-1134-L	LL3	x	x	x	x	x	Ósúð sýni
Þiðriksvallavatn	101-1028-L	LL3					x	

Tafla VI.6 Stöðuvötn af gerð LL4 þar sem mælingar á gæðaþáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnifræðigögn	Þörungar (u-lað græna)	Vatnapiöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Baulárvallavatn	104-601-L	LL4					x	Ósúð sýni
Eskihlíðarvatn, Fjallabaki	103-2170-L	LL4	x	x		x		Ósúð sýni
Frostastaðavatn, Fjallabaki	103-2174-L	LL4	x	x		x	x	Ósúð sýni
Grænavatn, Veiðivötnum	103-2180-L	LL4	x	x				
Hafravatn	104-311-L	LL4	x	x	x		x	Ósúð sýni
Langavatn, Veiðivötnum	Handfl.	LL4	x	x	x			Ósúð sýni
Leirvogsvatn	104-317-L	LL4	x	x	x	x		Ósúð sýni
Litli Sjór	103-2192-L	LL4	x	x				
Másvatn	102-1463-L	LL4	x	x	x			Ósúð sýni
Reyðarvatn, Uxahryggjum	104-358-L	LL4	x	x	x	x		Ósúð sýni
Skálavatn, Veiðivötnum	103-2188-L	LL4	x	x	x	x		Ósúð sýni
Stóra-Fossvatn	103-2191-L	LL4	x	x				
Úlfjótsvatn	104-2231-L	LL4					x	Ósúð sýni
Þingvallavatn	104-2232-L	LL4	x	x	x			
Þríhryningsvatn	102-1753-L	LL4					x	
Þrístikluvatn, Norðurþingi	102-1495-L	LL4	x	x	x	x		Ósúð sýni

Tafla VI.7 Stöðuvötn af hálandisgerð (LH1 og LH2) þar sem mælingar á gæðabáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Ásbjarnarvötn, Hofsafrétti	Handfl.	LH1	x				x	Ósúð sýni
Eyrarselsvatn	Handfl.	LH1	x				x	Ósúð sýni
Folavatn	Handfl.	LH1	x				x	Ósúð sýni
Gilsárvatn Ytra	102-1899-L	LH1	x				x	Ósúð sýni
Reyðarvatn, Hofsafrétti	101-1295-L	LH1	x					Ósúð sýni
Stafnsvatn ytra, Hofsafrétti	Handfl.	LH1	x					Ósúð sýni
Langisjór	103-2033-L	LH2	x					Ósúð sýni
Þverölduvatn, Holtamannafrétti	103-2123-L	LH2	x					Ósúð sýni

Tafla VI.8 Straumvötn RG, jökulár, þar sem mælingar á gæðapáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnifræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifaþættir
Ása Eldvatn	103-522-R	RG	x	x				
Blanda 1	101-1674-R	RG	x	x				Virkjað
Brunná	102-1404-R	RG	x	x				
Gilsá	103-709-R	RG	x					
Hólmsá 1	103-789-R	RG	x	x				
Hólmsá 3	103-702-R	RG	x	x				
Hólsá	103-637-R	RG	x	x				
Hverfisfljót 1	103-606-R	RG	x	x				Hlaup
Hvítá 1, Borgarfirði	104-195-R	RG	x	x				
Hvítá 3, Árnessýslu	103-836-R	RG	x	x				
Hvítá 4, Árnessýslu	103-752-R	RG	x	x				
Innri-Bláfellsá	103-592-R	RG	x					
Jökulsá á Dal/Brú 1 fyrir virkjun	102-1088-R	RG	x	x				
Jökulsá á Dal/Brú 2 fyrir virkjun	102-1140-R	RG	x	x				
Jökulsá á Fjöllum 1	102-1394-R	RG	x	x				
Jökulsá á Fjöllum 2	102-1326-R	RG	x	x				
Jökulsá í Fljótsdal fyrir virkjun	102-1200-R	RG	x					
Klifandi	103-626-R	RG	x	x				
Laugará 1	103-651-R	RG	x					
Melalækur	103-518-R	RG	x					
Múlakvísl	103-935-R	RG	x	x				Hlaup
Skaftá 1	103-519-R	RG		x				Hlaup
Skaftá 3	103-539-R	RG		x				Hlaup
Tungnaá 4	103-878-R	RG	x	x				Virkjað
Tungnaá 6	103-827-R	RG	x	x				Hlaup
Þjórsá 1	103-663-R	RG	x	x				Virkjað
Þjórsá 2	103-777-R	RG	x	x				Virkjað

Tafla VI.9a Straumvötn af gerð RL1 þar sem mælingar á gæðabáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafraeðigögn	Pörungr (blágræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Andakílsá 2	104-191-R	RL1	x	x				Vatnsborðsstýring
Arnarbýla	101-338-R	RL1	x	x	x			
Arnardalsá	101-120-R	RL1	x		x			
Arnkötludalsá	101-368-R	RL1	x	x	x			
Árnesá	101-58-R	RL1	x	x	x			
Berufjarðará	102-992-R	RL1	x	x	x			
Bessadalsá	101-441-R	RL1	x		x			
Bjarnadalsá	101-65-R	RL1	x	x	x			
Bjarnarfjarðará	101-412-R	RL1	x		x			
Botnsá	101-366-R	RL1	x	x	x			
Breiðabólssá	101-145-R	RL1	x		x			
Búðardalsá	101-293-R	RL1	x	x	x			
Bæjará í Reykhólasveit	101-326-R	RL1	x		x			
Bæjardalsá/Miðdalsá	101-438-R	RL1					x	
Dalsá, Ísafjarðardjúpi	101-131-R	RL1	x	x	x			
Djúpadalsá 1	101-47-R	RL1	x	x	x			
Djúpá, Ljósavatnsskarði	102-1706-R	RL1	x	x	x			
Dufansdalsá	101-383-R	RL1	x	x	x			
Dynjandisá	101-400-R	RL1					x	
Eskifjarðará	102-1173-R	RL1	x	x	x			
Eyjafjarðará 1	102-1649-R	RL1	x	x				Landb
Eyjafjarðará 2	102-1608-R	RL1	x	x				
Fellsá í Kollafirði	101-339-R	RL1	x	x	x			
Fjarðará Borgarfirði Eystri	102-1094-R	RL1	x	x	x			
Fjarðará í Loðmundarfirði	102-1223-R	RL1	x	x	x			
Fjarðará í Mjóafirði	102-1152-R	RL1	x	x	x			
Fjarðará Seyðisfirði	102-1139-R	RL1	x	x	x			
Fjarðarhornsa	101-382-R	RL1	x	x	x			
Flekkudalsá	101-276-R	RL1	x	x	x			
Fossá 1, Berufirði	102-1278-R	RL1					x	
Geiradalsá	101-321-R	RL1	x	x	x			
Geitdalsá	102-1184-R	RL1	x	x	x			
Geithellnaá	102-1013-R	RL1					x	
Glerá	102-1684-R	RL1	x	x				Þéttbýli
Goðdalsá	101-437-R	RL1	x		x			

Tafla VI.9b Framhald RL1.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnifræðigögn	Pörungar (blaðgræna)	Vatnablöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Grímsá 1, Héraði	102-1150-R	RL1	x	x				
Grundará	101-256-R	RL1	x	x				
Gufudalsá	101-347-R	RL1	x	x	x			
Hamarsá 1	102-1010-R	RL1	x	x	x		x	
Hattardalsá	101-53-R	RL1	x		x			
Haukadalsá	101-266-R	RL1	x	x	x			
Hestá	101-59-R	RL1	x	x	x			
Hestfjarðará	101-34-R	RL1	x		x			
Heydalsá 2	101-452-R	RL1	x		x			
Héðinsfjarðará	102-1671-R	RL1	x	x	x			
Hjaltadalsá	101-1728-R	RL1	x	x				Landb
Hófsá 1 í Borgarf/Arnarf	101-442-R	RL1	x	x	x		x	
Hraundalsá	101-62-R	RL1	x	x	x			
Hrolleifsdalsá	101-1823-R	RL1	x	x	x			
Hundsá	101-493-R	RL1					x	
Húsadalsá, Steingrímsfirði	101-85-R	RL1	x	x	x			
Hvolsá	101-312-R	RL1	x	x	x			
Hænuvíkurá	101-353-R	RL1	x		x			
Hörðudalsá	101-24-R	RL1	x	x	x			
Ingólfsfjarðará	Handfl.	RL1	x					
Ísafjarðará	101-448-R	RL1	x		x			
Kleifaá	101-464-R	RL1	x		x			
Krossá, Skarðsströnd	101-291-R	RL1	x	x	x			
Lambadalsá	101-460-R	RL1	x		x			
Langadalsá	101-1-R	RL1	x	x	x			
Langá 1, Skutulsfirði	101-495-R	RL1	x	x				
Langá í Keldudal	101-41-R	RL1	x		x			
Laugardalsá, VF	101-55-R	RL1	x		x			
Laxá 2, Jökulsárhlið	102-1104-R	RL1						
Laxá á Refasveit	101-1700-R	RL1	x	x	x			
Laxá á Skógarströnd	101-265-R	RL1	x	x	x			
Laxá í Lóni	103-1237-R	RL1	x	x	x			
Laxá í Nesjum	103-1040-R	RL1	x		x			
Laxá í Reykhólasveit	101-327-R	RL1	x	x	x			
Miðá	101-262-R	RL1	x	x	x			

Tafla VI.9c Framhald RL1.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Pörungar (blaðgræna)	Vatnaplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Miðdalsá	101-355-R	RL1	x	x	x			
Móra	101-344-R	RL1	x	x	x			
Múlaá 1, Kollafjörður VF	101-356-R	RL1	x	x	x			
Múlaá, Ísafjörður	101-445-R	RL1	x		x			
Njarðvíkurá	102-1090-R	RL1	x		x			
Norðdalsá / Staðardalsá	101-440-R	RL1					x	
Norðfjarðará 1	102-1156-R	RL1	x	x	x		x	
Núpsá í Dýrafirði	101-51-R	RL1	x	x	x			
Ólafsfjarðará	102-1835-R	RL1	x	x	x			
Ósá í Arnarfirði	101-413-R	RL1	x		x			
Ósá í Patreksfirði	101-46-R	RL1	x		x			
Ósá Steingrímsfirði	101-395-R	RL1	x	x	x			
Penna	101-349-R	RL1	x	x	x			
Reyðará	102-1825-R	RL1	x	x	x			
Reykjafjarðará, Reykjarfirði	101-43-R	RL1	x	x	x			
Sandaá, Dýrafirði	101-463-R	RL1	x		x			
Sandsá Önundafirði	101-123-R	RL1	x		x			
Sauðlauksdalsá	101-48-R	RL1	x		x			
Selá í Álftafirði	102-1022-R	RL1	x	x	x			
Selá Steingrímsfirði	101-129-R	RL1	x	x	x			
Skálmardalsá	101-376-R	RL1	x	x	x			
Skíðadalsá	102-1753-R	RL1	x	x				
Sléttuá	102-1267-R	RL1	x	x	x			
Staðará, Steingrímsf	101-75-R	RL1	x	x	x			
Staðará, Súgandaf	101-69-R	RL1	x	x	x			
Staðarhólsá	101-311-R	RL1	x	x	x			
Stöðvará	102-1256-R	RL1	x	x	x			
Suðurfossá 1	101-508-R	RL1	x	x	x			
Sunnaldalsá	101-375-R	RL1	x	x	x			
Tröllatunguá	101-341-R	RL1	x	x	x			
Tröllá/Ósá	101-66-R	RL1	x		x		x	
Tunguá, Bitrufjörður	101-314-R	RL1	x		x			
Tungudalsá 1	102-1081-R	RL1	x		x			
Vatnsdalsá 1, Vatnsfirði	101-82-R	RL1	x	x				
Vatnsdalsá 2, í Vatnsdalsv	101-380-R	RL1	x		x		x	
Vattardalsá	101-373-R	RL1	x	x	x		x	
Víkurá í Hrutafirði	101-1452-R	RL1	x	x	x			
Þorskafjarðará	101-509-R	RL1	x	x	x			

Tafla VI.10. Straumvötn af gerð RL2 þar sem mælingar á gæðabáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Ásgarðslækur	104-968-R	RL2	x		x			
Brúará 1	103-847-R	RL2	x	x				
Dalsá /Fossá	103-796-R	RL2	x	x	x		x	
Elliðaár	104-619-R	RL2	x	x				Þéttbýli
Fnjóská	102-1759-R	RL2	x	x	x			
Folakvísl	Handfl.	RL2	x					
Fossálar	103-617-R	RL2	x	x	x			
Geirlandsá	103-678-R	RL2					x	
Grænilækur	102-1734-R	RL2	x					
Hallbjarnastaðaá	102-1850-R	RL2	x		x			
Hólmsá / Suðurá	104-934-R	RL2	x	x				
Hraunteigslækur og Þverlækir	103-901-R	RL2	x					
Húseyjarkvísl (Svartá Skag)	101-1650-R	RL2	x	x				
Hörgsá 1	103-920-R	RL2	x	x	x			
Kálfá	103-933-R	RL2	x		x			
Kráká	102-1628-R	RL2	x					
Laugarvalladalsá	102-1192-R	RL2	x					Ósiuð sýni
Laxá í Aðaldal	102-1814-R	RL2	x	x				
Laxá í Laxárdal	102-1735-R	RL2	x	x				
Litla-Laxá	103-704-R	RL2	x		x			
Mýrarkvísl	102-1656-R	RL2	x					
Skillandsá	103-816-R	RL2	x	x	x			
Skjálíffandafliót 3	102-1770-R	RL2	x	x				
Skógá	103-639-R	RL2	x	x	x			
Sog 1	104-897-R	RL2	x	x				Vatnsborðsstýring
Stjórn	103-555-R	RL2	x	x	x			
Stóra/Litlaá og Þverlækir	102-1389-R	RL2	x					Hiti / Landb.
Stóra-Laxá 1	103-837-R	RL2	x	x	x			
Stóra-Laxá 2	103-815-R	RL2	x		x			
Svartá 1 í Svartárdal	101-1620-R	RL2	x	x	x			
Svartá í Bárðardal	102-1590-R	RL2	x	x				
Sæmundará	101-1685-R	RL2			x			
Tunguá 1, Borgarf	104-103-R	RL2					x	
Tungufliót 1, Faxi	103-833-R	RL2	x	x				
Tungufliót 1, Skaftafellssýslu	103-520-R	RL2	x		x			
Úlfarsá	104-826-R	RL2	x					Þéttbýli
Ytri Rangá 3	103-899-R	RL2	x				x	
Þverá, Gnúpvh	103-895-R	RL2	x		x			
Ölfusá 1	103-975-R	RL2	x	x				Þéttbýli

Tafla VI.11 Straumvötn af gerð RL3 þar sem mælingar á gæðabáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafraeðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Andakílsá 1	104-144-R	RL3	x	x				Vatnsborðsstýring
Bakkaá í Bakkafirði	102-1354-R	RL3	x	x				
Bakkaá í Hrutafirði	101-1546-R	RL3	x	x	x			
Deildará	102-1436-R	RL3	x	x	x			
Fjarðará Siglufirði	102-1846-R	RL3	x		x			
Flókadalsá, Borgarfj	104-198-R	RL3	x		x			
Fossá á Skaga	101-1658-R	RL3	x		x			
Gljúfurá	104-203-R	RL3	x					
Grímsá 1, Borgarf	104-197-R	RL3	x		x		x	
Haffjarðará	104-11-R	RL3	x	x	x			
Hafralónsá 1	102-1399-R	RL3	x	x			x	
Hítará	104-218-R	RL3	x	x	x			
Hnefildalsá	102-1129-R	RL3	x	x				
Hofsá í Vopnafirði	102-1317-R	RL3	x	x	x			
Hrafngerðisá	102-1114-R	RL3	x	x	x			
Hrutafjarðará	101-1865-R	RL3	x					
Hölná í Bakkafirði	102-1365-R	RL3	x	x	x			
Hölná í Þistilfirði	102-1402-R	RL3	x	x	x			
Kollavíkúrá	102-1416-R	RL3	x	x				
Krossá Bitrufirði	101-320-R	RL3	x		x			
Langá, Borgarfirði	104-192-R	RL3	x	x	x			
Laxá á Ásum	101-1821-R	RL3	x	x	x			
Laxá í Dölum	101-270-R	RL3	x	x	x			
Laxá í Hrutafirði	101-1537-R	RL3	x	x	x			
Laxá í Leirársveit	104-497-R	RL3	x		x			
Miðfjarðará	101-1564-R	RL3	x	x	x		x	
Miðfjarðará í Bakkafirði	102-1366-R	RL3	x	x	x			
Norðurá 1	104-200-R	RL3	x	x	x		x	
Ormarsá	102-1429-R	RL3	x		x			
Reykjadalsá, Þingeyjasýslu	102-1723-R	RL3	x	x	x			Jarðhiti
Sandá 1, Þistilfjörður	102-1407-R	RL3					x	
Selá 1, Vopnafirði	102-1329-R	RL3	x	x				
Straumfjarðará	104-17-R	RL3	x	x	x			
Svalbarðsá	102-1425-R	RL3					x	
Vatnsdalsá Húnavatnss	101-1604-R	RL3					x	
Vesturá	101-1529-R	RL3					x	
Vesturdalsá	102-1321-R	RL3	x	x	x			
Víðidalsá	101-1618-R	RL3	x	x	x			
Þverá, Þveráhlíð	104-208-R	RL3	x		x			

Tafla VI.12 Straumvötn af gerð RL4 þar sem mælingar á gæðabáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Eldvatn	103-788-R	RL4	x	x				
Eystri Rangá 1	103-739-R	RL4	x	x				
Grenlækur	103-715-R	RL4	x	x				
Ytri Rangá 1	103-629-R	RL4	x	x				

Tafla VI.13 Straumvötn af vatnagerð RH3 þar sem mælingar á gæðabáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
Hafursá	102-1263-R	RH3	x					Ósúð sýni
Lambakill	102-1275-R	RH3	x					Ósúð sýni
Laugará	102-1253-R	RH3	x					Ósúð sýni
Sauðá eystri	102-1102-R	RH3	x					Ósúð sýni
Útfall úr Langasjó	103-610-R	RH3	x					