



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun
straum- og stöðuvatna á Íslandi

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

Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi

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

Skýrslan er unnin fyrir Umhverfisstofnun

Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi

Skýrsla til Umhverfisstofnunar
Leiðrétt útgáfa nóvember 2022



Forsíðumynd: Gerður Stefánsdóttir

Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi

Leiðrétt útgáfa nóvember 2022

Eydís Salome Eiríksdóttir, Hafrannsóknastofnun
Sunná 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
Þóra Hrafnisdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands

Lykilsíða

Skýrsla nr.	Dags.	ISSN	Opin ☒	Lokuð ☐
VÍ 2020-009	Desember 2020,	1670-8261		
HV 2020-42	leiðrétt útgáfa nóv.			
NÍ-20010	2022			

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

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

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

Unnið fyrir: Umhverfisstofnun

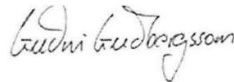
Ágrip:

Í samræmi við samninga fagstofnana við Umhverfisstofnun frá 2018 er í þessari skýrslu lögð fram tillaga að vistfræðilegum viðmiðum við ástandsflokkun straum- og stöðuvatna á Íslandi eins og kveðið er á um í lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011. Lögð eru fram viðmið fyrir þrjá ástandsflokkka sem lýsa *mjög góðu*, *góðu* og *ekki viðunandi* ástandi fyrir þá líffræðilegu og eðlisefnafræðilegu gæðapætti sem Umhverfisstofnun hefur tekið ákvörðun um að nota við ástandsflokkun í fyrsta vatnahring, 2022 til 2027. Í flestum tilfellum byggja mörk á milli flokkanna *mjög gott* og *gott ástand* á gögnum um viðkomandi gæðapætti. Mörk á milli flokkanna *gott* og *ekki viðunandi ástand* eru að mestu leyti byggð á sérfræðipækkingu sem í einhverjum tilvikum er studd rýrum gögnum úr vatnshlotum sem eru undir álagi af mannavöldum, en einnig byggð á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) sem notað er í Noregi. 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 viðmiðin sem hér eru sett fram þegar meira safnast af gögnum um gæðapættina sem um ræðir og reynsla kemst á þau ástandsviðmið sem hér eru sett fram.

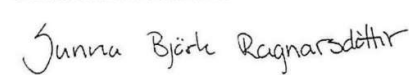
Lykilorð:

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

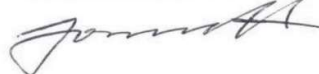
Undirskrift f.h. HV:



Undirskrift f.h. NÍ:



Undirskrift f.h. VÍ:



Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	5
1 Inngangur.....	9
1.1 Vistfræðileg ástandsflokkun yfirborðsvatns.....	11
1.1.1 Efnafræðilegt ástand.....	14
1.2 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR og nEQR)	15
1.2.1 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)	15
1.2.2 Samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR).....	16
1.3 Útreikningur á vistfræðilegu ástandi	18
1.4 Mikilvægi millikvörðunar á gæðapáttum	20
2 Líffræðilegt ástand straumvatna	21
2.1 Blaðgræna a á botni árfarvega.....	21
2.1.1 Inngangur.....	21
2.1.2 Vöktun og aðferðafræði.....	22
2.1.3 Ástandsviðmið	22
2.2 Hryggleysingar	25
2.2.1 Inngangur.....	25
2.2.2 Vöktun og aðferðafræði.....	26
2.2.3 Ástandsviðmið	26
3 Líffræðilegt ástand í stöðuvötnum.....	33
3.1 Svíförungar, blaðgræna a.....	33
3.1.1 Inngangur.....	33
3.1.2 Vöktun og aðferðafræði.....	34
3.1.3 Ástandsviðmið	34
3.2 Vatnaplöntur í stöðuvötnum	37
3.2.1 Inngangur.....	37
3.2.2 Vöktun og aðferðafræði.....	37
3.2.3 Ástandsviðmið	38
3.3 Hryggleysingar í stöðuvötnum	42
3.3.1 Inngangur.....	42
3.3.2 Vöktun og aðferðafræði.....	43
3.3.3 Ástandsviðmið	43
4 Eðlisefnafræðilegt ástand í straum- og stöðuvötnum	54
4.1 Inngangur.....	54
4.2 Vöktun og aðferðafræði.....	55
4.2.1 Næringarefni.....	55
4.2.2 Súrnumarástand og leiðni	56
4.2.3 Súrefnisástand.....	56
4.2.4 Sjóndýpi.....	56
4.3 Ástandsviðmið	57
4.3.1 Næringarefni í straumvötnum.....	58
4.3.2 Næringarefni í stöðuvötnum.....	65

4.3.3 Súrúnarástand, basavirkni, leiðni, súrefnisástand og sjóndýpi.....	72
5 Lokaorð	87
Þakkarorð	87
Heimildir	88
Viðauki I	93
Viðauki II	94
Viðauki III	95
Viðauki IV	96
Viðauki V	97
Viðauki VI	98

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. Dæmi um aðferð við ástandsflokkun vatnshlota	18
Mynd 5. Meðalstyrkur blaðgrænu a í straumvötnum.....	24
Mynd 6. Tegundaauði hryggleysingja í straumvötnum	30
Mynd 7. Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja í straumvötnum	31
Mynd 8. Shannon jafndreifni hryggleysingja í straumvötnum	32
Mynd 9. Meðalstyrkur blaðgrænu a í stöðuvötnum.....	36
Mynd 10. Dreifing gilda næringarefnavísisins (Tlc)	41
Mynd 11. Tegundaauði hryggleysingja í stöðuvötnum	50
Mynd 12. Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja í stöðuvötnum	51
Mynd 13. Shannon jafndreifni hryggleysingja í stöðuvötnum	52
Mynd 14. Sýrupólsstuðull hryggleysingja (LAMI) í stöðuvötnum	53
Mynd 15. Meðalstyrkur fosfats (PO ₄) í straumvötnum.....	60
Mynd 16. Meðalstyrkur nítrats (NO ₃) í straumvötnum.....	62
Mynd 17. Meðalstyrkur ammóníums (NH ₄) í straumvötnum.....	64
Mynd 18. Meðalstyrkur fosfats (PO ₄) í stöðuvötnum.....	67
Mynd 19. Meðalstyrkur nítrats (NO ₃) í stöðuvötnum.....	69
Mynd 20. Meðalstyrkur ammóníums (NH ₄) í stöðuvötnum	71
Mynd 21. Meðalgildi pH í straumvötnum	75
Mynd 22. Meðalgildi pH í stöðuvötnum.....	76
Mynd 23. Meðaltal mælinga á basavirkni í straumvötnum	79
Mynd 24. Meðaltal mælinga á basavirkni í stöðuvötnum.....	80
Mynd 25. Meðalgildi rafleiðni í straumvötnum.....	83
Mynd 26. Meðalgildi rafleiðni í stöðuvötnum.....	84

Töfluskrá

Tafla 1. Samantekt á skýrslum og greinargerðum	10
Tafla 2. Gæðapættir 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 fyrir botngróður í straumvötnum.....	21

Tafla 6. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir blaðgrænu a á botni árfarvega.....	23
Tafla 7. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands fyrir hryggleysingja í straumvötnum.....	25
Tafla 8. Yfirlit yfir tölulegar greiningar til flokkunar á hryggleysingjum í straumvötnum.....	28
Tafla 9 a–c. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir hryggleysingja í straumvötnum	29
Tafla 10. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands fyrir plöntusvif í stöðuvötnum	33
Tafla 11. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir blaðgrænu a í stöðuvötnum.....	35
Tafla 12. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands fyrir vatnaplöntur í stöðuvötnum	37
Tafla 13. Samantekt á gögnum úr Natura Ísland verkefninu um styrk fosfórs.....	38
Tafla 14. Tölfræðilegar upplýsingar fyrir næringarefnavísinn (Tlc) fyrir stöðuvatnagerðir...	39
Tafla 15. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir vatnaplöntur í stöðuvötnum	40
Tafla 16. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands fyrir hryggleysingja í stöðuvötnum.....	43
Tafla 17. Yfirlit yfir tölulegar greiningar til flokkunar á hryggleysingjum í stöðuvötnum.....	47
Tafla 18 a–d. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir hryggleysingja í stöðuvötnum.....	48
Tafla 19. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands fyrir eðlisefnafræðilega þætti í straum- og stöðuvötnum	55
Tafla 20. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir fosfat (PO_4) í straumvötnum	59
Tafla 21. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir níturat (NO_3) í straumvötnum	61
Tafla 22. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir ammóníum (NH_4) í straumvötnum	63
Tafla 23. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir fosfat (PO_4) í stöðuvötnum	66
Tafla 24. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir níturat (NO_3) í stöðuvötnum.....	68
Tafla 25. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir ammóníum (NH_4) í stöðuvötnum	70
Tafla 26. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir hámarksgildi pH í straumvötnum	72
Tafla 27. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir hámarksgildi pH í stöðuvötnum.....	73
Tafla 28. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir pH lækkun í straumvötnum	74
Tafla 29. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir pH lækkun í stöðuvötnum.....	74
Tafla 30. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir basavirkni í straumvötnum	78
Tafla 31. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir basavirkni í stöðuvötnum.....	78
Tafla 32. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir rafleiðni í straumvötnum.....	82
Tafla 33. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir rafleiðni í stöðuvötnum.....	82

Tafla 34. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir súrefnisástand í straum- og stöðuvötnum.....	85
Tafla 35. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir sjóndýpi í djúpum stöðuvötnum.....	86

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 fjölda skýrslna og greinargerða í samræmi við samninga (tafla 1). Í skýrslunum er meðal annars lögð til gerðagreining yfirborðsvatns, lagðar fram tillögur að gæðapáttum og aðferðafræðilegum nálgunum. Allar skýrslur fagstofnana eru birtar á vefnum vatn.is.

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 meginmarkmiðum laga um stjórn vatnamála nr. 36/2011 og 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 ástands-flokkunarkerfi 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 á milli efstu þriggja ástandsflokkanna, þ.e. *ekki viðunandi ástands* og *góðs ástands* og í framhaldi af því mörk á milli *góðs ástands* og *mjög góðs ástands*. Þar kemur einnig fram að þar sem ekki eru fullnægjandi gögn fyrir hendi megi beita sérfræðiþekkingu við ákvörðun marka.

Umhverfisstofnun hefur með bréfi dags. 9. desember 2019 tekið ákvörðun um að vakta 13 líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðapætti í straumvötnum og 15 gæðapætti 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 vöktun fiska var undanskilin í fyrsta vatnahring, þ.e. 2022–2027. Þá þegar hafði komið fram í samningi Umhverfisstofnunar við Veðurstofu Íslands að bíða ætti með vöktun vatnsformfræðilegra gæðapátta í fyrsta vatnahring.

Í kjölfar þeirrar ákvörðunar var eiginleikum mismunandi vatnagerða lýst, bæði almenn lýsing og sértæk lýsing með tilliti til gæðapátta þar sem gögn voru fyrirbyggjandi (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Sú skýrsla liggur til grundvallar vinnunni sem hér er kynnt og 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 vistfræðilegt ástand ferskvatns. Við ákvörðun

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

Heiti skýrslu	Heimild
Fyrstu skref við mat á manngerðum og mikið breyttum vatnshlotum	Katrín Sóley Bjarnadóttir o.fl., 2020
Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi	Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020
Tillögur að straumvatnshlotum sem endurspeglar mjög gott vistfræðilegt ástand	Gerður Stefánsdóttir o.fl., 2020a
Tillögur að stöðuvatnshlotum sem endurspeglar mjög gott vistfræðilegt ástand	Gerður Stefánsdóttir o.fl., 2020b
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
Möguleg mengun vatns vegna landbúnaðar; helstu álagspættir og mat á gögnum	Sunna Björk Ragnarsdóttir o.fl., 2019
Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Botnhryggleysingar í straumvötnum	Elísabet R. Hannesdóttir & Jón S. Ólafsson, 2014
Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í stöðuvötnum	Friðþjófur Árnason, 2014
Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í straumvötnum	Þórólfur Antonsson o.fl., 2014
Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Vatnagróður	Gunnar Steinn Jónsson o.fl., 2014
Vatnsformfræðilegir gæðapættir – yfirlit yfir úrvinnslumöguleika	Gerður Stefánsdóttir & Davíð Egilson, 2014
Gerðir straumvatna og stöðuvatna	Gerður Stefánsdóttir & Halla Margrét Jóhannesdóttir, 2013
Yfirborðs- og grunnvatnshlot. Verklagsreglur fyrir skilgreiningu vatnshlota	Bogi B. Björnsson o.fl., 2013
Auðkennisnúmerakerfi íslenskra vatnshlota	Bogi B. Björnsson o.fl., 2012

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 leiðbeiningaskjöl Vatnatilskipunar Evrópusambandsins¹ (e. Common Implementation Strategies (CIS)), leiðbeiningar Norðmanna um ástandsflokkun vatnshlota (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018), auk annarra leiðbeiningaskjala sem við eiga.

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

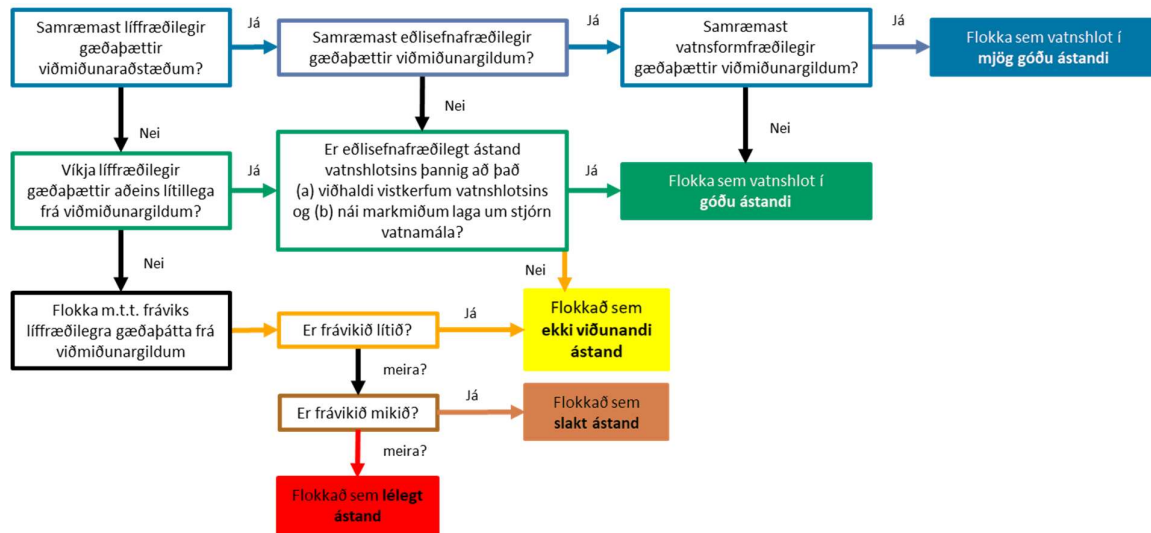
Tafla 2. Gæðabættir sem Umhverfisstofnun hefur samþykkt til ástandsflokkunar vatnshlota skv. bréfi Umhverfisstofnunar til fagstofnana frá 9.12.2019.

	Straumvötn	Stöðuvötn
Líffræði	<u>Botnþörungar</u> Lífmassi (blaðgræna σ á steinum) <u>Botnhryggleysingar</u> Tegundasamsetning Tegundafjölbreytileiki Fjöldi	<u>Svifþörungar</u> Lífmassi (blaðgræna σ) <u>Vatnablöntur</u> Tegundasamsetning <u>Botnhryggleysingar</u> Tegundasamsetning Tegundafjölbreytileiki Fjöldi
Eðlisefnafræði	<u>Súrnunarástand</u> Sýrustig (pH) Basavirkni <u>Leiðni</u> <u>Næringarefnaástand að vetri</u> NO ₃ NH ₄ Total-N PO ₄ Total-P <u>Súrefnisástand</u> O ₂	<u>Súrnunarástand</u> Sýrustig (pH) Basavirkni <u>Leiðni</u> <u>Sjóndýpi</u> <u>Næringarefnaástand að vetri</u> NO ₃ NH ₄ Total-N PO ₄ Total-P <u>Súrefnisástand</u> O ₂

1.1 Vistfræðileg ástandsflokkun yfirborðsvatns

Skýrsla þessi fjallar um ástandsflokkunarkerfi fyrir mismunandi gerðir straum- og stöðuvatna. Straumvötnum er skipt í átta vatnagerðir en stöðuvötnum er skipt í sjö vatnagerðir og er eiginleikum hvernar vatnagerðar lýst 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 nr. 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, að lágmarki 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 gæðapætti við ástandsflokkun en skilgreining á vatnsformfræðilegum gæðapátum hefur ekki enn farið fram.

Flokkun á vistfræðilegu ástandi vatnshlota byggir eins og kostur er á tölulegum upplýsingum um náttúrulegt ástand með tilliti til þeirra líffræðilegu og eðlisefnafræðilegu gæðapátta sem nota skal við matið (tafla 2). Tillögur að viðmiðunargildum (e. reference values) byggja á fyrirbyggjandi gögnum. Ljóst er að fyrir sumar vatnagerðir er ekki til mikið af gögnum sem er augljós veikleiki við þessa vinnu. Í ljósi þessa eru mörk á milli ástandsflokkanna í sumum tilfellum reiknuð út frá vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) sem sett hefur verið í Noregi fyrir sambærileg vatnshlot (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018).

Nauðsynlegt er að endurmeta mörk á milli ástandsflokka eftir því sem gagnaöflun vegna verkefnisins vindur fram. Á þessum fyrstu stigum verkefnisins er sérstaklega mikilvægt að hafa gögn úr óröskuðum vatnshlotum úr sérhverri vatnagerð til þess að geta skilgreint og afmarkað náttúrulegan breytileika innan hvers gæðapátta. Listi yfir vatnshlot sem notuð voru við ákvörðun viðmiðunargilda fyrir líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðapætti er að finna í viðauka VI.

Gögnin eru notuð til að skilgreina svokallað viðmiðunargildi fyrir sérhvern gæðapátt, en það er tölugildi sem endurspeglar óröskuð (náttúruleg) vatnshlot og er reiknað fyrir hverja vatnagerð. Viðmiðunargildi gæðapátta gegna lykilhlutverki við ástandsflokkun vatnshlota. Út frá þeim er hægt að meta hvort niðurstöður vöktunar á ákveðnu vatnshloti séu sambærilegar við ástandsviðmið 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 hálendi og jökulvatni (tafla VI.1). 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 viðmiðunaraðstæður (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 gæðapátum 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 ástandsflokka sem vinna skal með í fyrsta vatnahring fyrir ár, stöðuvötn, árósvatn og strandsjó (viðauki III í reglugerð nr. 535/2011, liður 1.2).

Mjög gott ástand	Engar eða mjög óverulegar breytingar af mannavöldum hafa orðið á gildum eðlisefnafræðilegra og vatnsformfræðilegra gæðapáttum viðkomandi gerðar yfirborðsvatnshlots miðað við það sem vænta mætti við óröskuð skilyrði. Gildi fyrir líffræðilega gæðapætti yfirborðsvatnshlotsins endurspegla 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 gæðapætti 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. Viðmiðin sem sett eru fram hér taka mið af náttúrulegu ástandi vatnshlota á Íslandi og eru því önnur en þau umhverfismörk og gæðakröfur sem sett eru fram í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999.

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka fyrir hina ýmsu gæðapætti eru skilgreind út frá gögnum sem til eru úr óröskuðum vatnshlotum auk sérfræðipækkingar. Vatnshlotin sem byggt er á hafa ekki öll verið skilgreind sem viðmiðunarvatnshlot skv. stjórn vatnamála, en eru öll álitin vera óröskuð og endurspegla náttúrulegt ástand. Það var talið nauðsynlegt til að endurspegla 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.

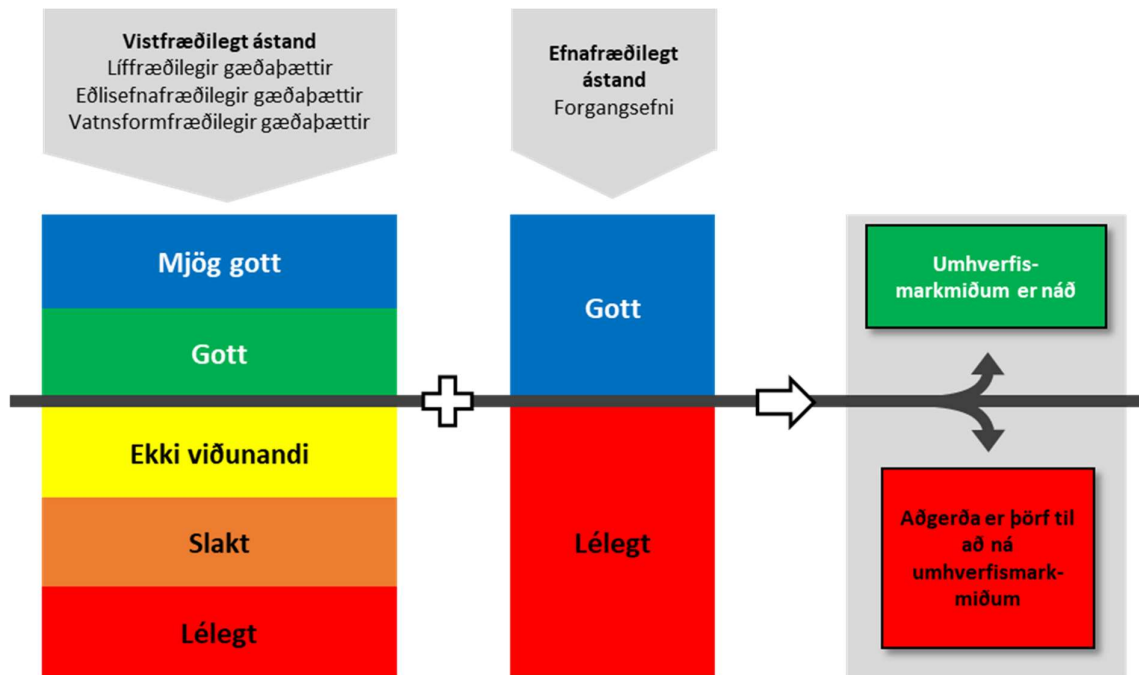
Tafla 4. Almenn skilgreining á ástandi yfirborðsvatns m.t.t. til efnafræðilegs ástands (reglugerð nr. 535/2011, reglugerð nr. 796/1999).

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 nr. 796/1999, 4. breyting (nr. 981/2015).

1.1.1 Efnafræðilegt ástand

Auk kröfunnar um að vatn nái góðu vistfræðilegu ástandi miðað við líffræðilega, eðlis-efnafræðilega og vatnsformfræðilega þætti þarf vatn jafnframt að uppfylla skilyrði hvað varðar efnafræðilegt ástand. Í stjórn vatnamála er með efnafræðilegu ástandi átt við styrk mengandi efna, þungmálma og forgangsefna (tafla 4). Listi yfir forgangsefni er í reglugerð nr. 535/2011 (4. breyting, nr. 982/2015) og styrkmörk þeirra eru gefin upp í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 (4. breyting, nr. 981/2015). Alls eru forgangsefni/efnahópar 45 talsins og þar af er 21 þeirra skilgreint sem hættuleg forgangsefni. Vatnshlot þurfa því í þessum fyrsta vatnahring 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 eru 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).



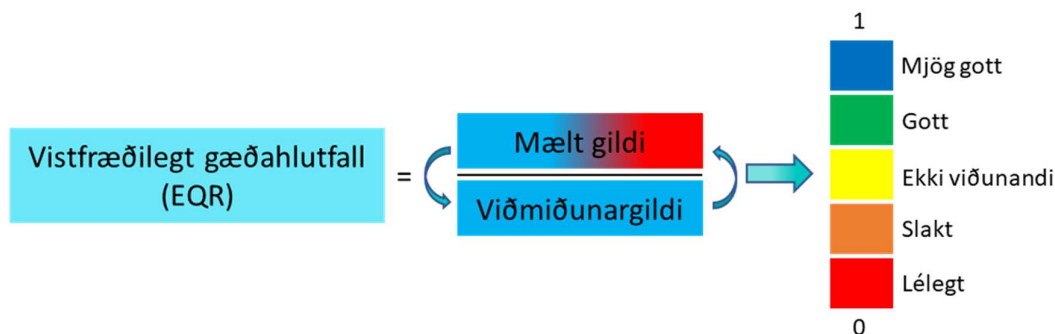
Mynd 2. Samband vistfræðilegs og efnifræðilegs ástands vatnshlota. Samkvæmt lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011 þarf allt vatn að ná a.m.k. góðu ástandi, þ.e. bæði góðu vistfræðilegu og efnifræðilegu ástandi. Náist það ekki þarf að fara í aðgerðir til að bæta ástand vatnsins. Myndin er byggð á mynd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

1.2 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR og nEQR)

Niðurstöður á ástandsflokkun vatnshlota skal setja fram sem staðlað gildi, svokallað vistfræðilegt gæðahlutfall (e. ecological quality ratio, EQR). Vistfræðilegt gæðahlutfall endurspeglar hlutfallið á milli mældra tölulegra gilda (matsþátta) fyrir ákveðinn gæðapátt og skilgreinds viðmiðunargildis fyrir viðkomandi gæðapátt (mynd 3 **Error! Reference source not found.**). Vistfræðilegt gæðahlutfall er þannig staðlað gildi sem bæði er óháð mælieiningu og stærðargráðu mæligilda. Eigi að sameina marga matsþætti við ástandsflokkun vatnshlota er nauðsynlegt að samræma ástandsmat ólíkra gæðapátta með því að reikna út samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR).

1.2.1 Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)

Vistfræðilegt gæðahlutfall skiptist í fimm vistfræðilega ástandsflokka. 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 sýnir jöfnuna sem er notuð við útreikninga. Vert er að benda á að mælt gildi er ýmist teljari eða nefnari (eins og snúningsörvarnar sýna), en slíkt er háð því hvort álag veldur hækkun eða lækkun á mæligildi matsþáttar sem unnið er með hverju sinni. Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) er í textaboxi 1.



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

1.2.2 Samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR)

Við útreikning á EQR þarf að bera mæld gildi saman við viðmiðunargildi hvers gæðapáttar (mynd 3). Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka fyrir hvern gæðapátt eru lögð fram í viðeigandi undirköflum í köflum 2–4. Þegar setja á saman niðurstöður margra matsþátta fyrir hvern gæðapátt (e. multi-metric approach) er nauðsynlegt að samræma útreiknað EQR, þ.e. með því að reikna út samræmt EQR (e. normalized EQR eða nEQR). Ástæðan er sú að hver ástandsflokkur þarf að spanna jafn stóran hluta af EQR kvarðanum áður en sameining fer fram. Ástandsflokkarnir eru fimm og EQR kvarðinn nær frá 1 niður í 0, þannig að hver ástandsflokkur nær yfir 0,2 af EQR kvarðanum eftir samræmingu. Samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR) er reiknað út með eftirfarandi jöfnu:

$$nEQR = \left[\left(\frac{EQR - EQR_{neðri}}{EQR_{efri} - EQR_{neðri}} \right) * 0,2 \right] + nEQR_{neðri}$$

Þar sem

EQR er vistfræðilegt gæðahlutfall reiknað út frá niðurstöðum mælinga og viðmiðunargildi viðkomandi gæðapáttar,

$EQR_{neðri}$ er neðri mörk þess ástandsflokks sem viðkomandi vatnshlot fellur í miðað við reiknað EQR,

EQR_{efri} er efri mörk þess ástandsflokks sem viðkomandi vatnshlot fellur í miðað við reiknað EQR,

$nEQR_{neðri}$ er neðri mörk á samræmdum vistfræðilegum ástandsflokkum (mjög gott 0,8; gott 0,6; ekki viðunandi 0,4; slakt 0,2 og lélegt 0).

Nauðsynlegt er að reikna fyrst EQR fyrir hvern gæðapátt og ákvarða þannig ástandsflokk fyrir hvern gæðapátt. Dæmi um útreikning á samræmdu vistfræðilegu gæðahlutfalli (nEQR) er í textaboxi 1.

Textabox 1. Dæmi um útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli, EQR, og samræmdu vistfræðilegu gæðahlutfalli, nEQR.

Meðalgildi blaðgrænu a í vatnshloti fyrir vaxtartímabil plöntusvifs í vatnagerð LL1 mælist að meðaltali 4,8 µg/l. Viðmiðunargildi blaðgrænu a í þeirri vatnagerð er 3,4 µg/l. Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka fyrir blaðgrænu a í stöðuvötnum eru í töflu 11 í kafla 3.1 um svifþörung.

Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir vatnshlotið er:

$$EQR = \frac{\text{Viðmiðunargildi blaðgrænu } a}{\text{Meðalstyrkur blaðgrænu } a \text{ mæld}} = \frac{3,4}{4,8} = 0,71$$

Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) er 0,71 og vatnshlotið telst því í *mjög góðu ástandi* m.t.t. blaðgrænu a (tafla 11).

Þegar notaðir eru fleiri gæðapættir en blaðgræna við ástandsflokkun vatnshlotsins þarf að samræma vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) allra gæðapátta þannig að hver ástandsflokkur spanni jafn stóran hluta af EQR kvarðanum. Ástandsflokkarnir eru fimm og EQR nær frá 1 niður í 0, þannig að hver ástandsflokkur nær yfir 0,2 af EQR kvarðanum eftir samræmingu. Jafnan sem nota skal við samræmingu EQR er eftirfarandi:

$$nEQR = \left[\left(\frac{EQR - EQR_{neðri}}{EQR_{efri} - EQR_{neðri}} \right) * 0,2 \right] + nEQR_{neðri}$$

- $EQR = 0,71$
- $EQR_{neðri} = 0,50$ (sbr. töflu 11)
- $EQR_{efri} = 1$
- $nEQR_{neðri} = 0,8$ (fyrir ástandsflokkinn *mjög gott ástand*)

Samræmt vistfræðilegt gæðahlutfall (nEQR) fyrir vatnshlotið er:

$$nEQR = \left[\left(\frac{0,71 - 0,50}{1 - 0,50} \right) * 0,2 \right] + 0,8$$

$$nEQR = 0,88 \text{ (mjög gott ástand nær frá 0,8 til 1,0)}$$

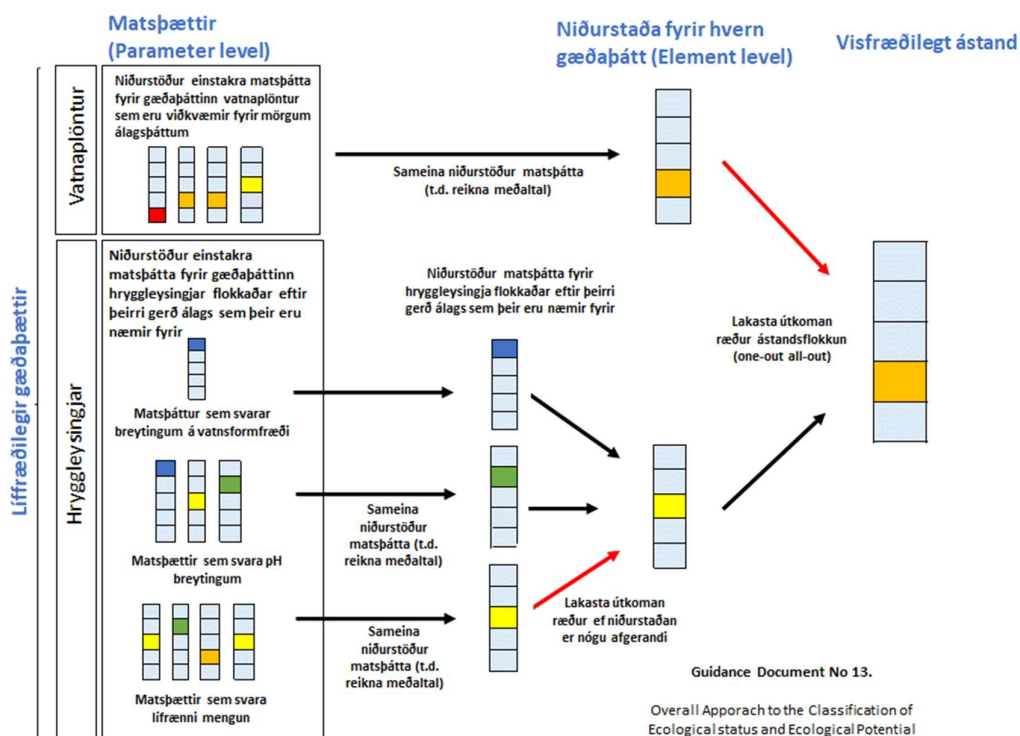
Ef nota á ofangreindar niðurstöður sem fengnar eru út frá blaðgrænu með öðrum gæðapáttum sem eru næmar fyrir sama álagi og blaðgrænan (næringarefnaálag) má sameina þá þætti, t.d. með því að taka meðaltal. Ef nEQR fyrir þann gæðapátt (óskilgreindur) er 0,67 verður sameinað nEQR þessara tveggja gæðapátta:

$$(0,88 + 0,67) / 2 = 0,78 \text{ sem endurspeglar gott ástand (0,6–0,8)}$$

Endanleg ástandsflokkun vatnshlotsins er þá ***gott vistfræðilegt ástand***.

1.3 Útreikningur á vistfræðilegu ástandi

Hægt er að nota mismunandi aðferðir við útreikning á lokaniðurstöðu um vistfræðilegt ástand. Það er ekki markmið þessarar skýrslu að taka afstöðu til þess hvernig matsþættir eru vegnir eða hvernig lokaútreikningur á vistfræðilegu ástandi er framkvæmdur. Á mynd 4 er sýnt dæmi um hvernig hægt er að sameina niðurstöður tveggja líffræðilegra gæðapátta. Myndin er í samræmi við mynd 3 í leiðbeiningariti nr. 13 í Vatnatilskipun Evrópusambandsins (WFD CIS, 2005). Viðkomandi gæðapættir byggja á einum eða fleiri matsþáttum, en matsþættir geta verið mismargir eftir því um hvaða gæðapátt ræðir. Niðurstöður þeirra eru sameinaðar, t.d. með því að taka meðaltal af þeim fyrir hvern gæðapátt (Direktoratsgruppen Vandirektivet, 2018). Sjá skilgreiningu hugtaka í textaboxi 2.



Mynd 4. Dæmi um aðferð við ástandsflokkun vatnshlota þar sem notaðir eru fleiri en einn gæðapáttur. Myndin er þýdd útgáfa af mynd 3 í CIS Guidance document nr. 13 (WFD CIS, 2005).

Niðurstöður úr líffræðilegum, eðlisefnafræðilegum og vatnsformfræðilegum gæðapáttum eru að lokum sameinaðar í vistfræðilegt ástand og ræður þá lakasta útkoman (e. one out – all out). Þetta þýðir að vatnshlot sem er í *mjög góðu ástandi* með tilliti til 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 ástandsflokkanna séu vel skilgreind og byggja á umfangsmiklum upplýsingum hvað varðar t.d. landfræðilegan og árstíðabundinn breytileika.

Textabox 2

Ýmis hugtök sem koma fram í leiðbeiningaritum Vatnatilskipunar Evrópusambandsins eru ekki formlega skilgreind í lagaramma stjórnar vatnamála. Nauðsynlegt er að skilgreina hugtökin sem notuð eru með sem bestum hætti þannig að ljóst sé hvað um ræðir. Eftirfarandi hugtök eru notuð í þessari skýrslu og lagt er til að halda þeim við áframhaldandi úrvinnslu. Hver *gæðapáttur* (e. quality element) er metinn út frá nokkrum *matsþáttum* (e. parameter level) og þannig er fengin niðurstaða fyrir sérhvern gæðapátt (e. element level). Niðurstaða allra gæðapátta er síðan notuð til þess að reikna út vistfræðilegt ástand viðkomandi vatnshlots.

Eftirfarandi er samantekt á því hvernig sameina má niðurstöður úr mörgum matsþáttum fyrir einstakan líffræðilegan gæðapátt ef notuð er aðferðafræði sem byggir á fjölþátta álagsgreiningu (e. pressure related multi metric approach) (unnið upp úr töflu 2a í WFD CIS, 2005).

- (i) Hægt er að sameina matsþætti sem notaðir eru til að meta einstaka líffræðilega gæðapætti, t.d. með því að taka meðaltal af niðurstöðum mælinga. Sameining matsþátta getur dregið úr hættu á rangri ástandsflokkun með því að auka öryggi matsins.
- (ii) Ekki ætti að sameina matsþætti sem eru viðkvæmir fyrir ólíku álagi nema þeir séu einnig skoðaðar sjálfstætt. Meðaltal niðurstaðna fyrir matsþætti sem þola álag og matsþætti sem eru viðkvæmir fyrir álagi getur leitt til rangrar ástandsflokkunar miðað við gerðarsértæk skilyrði.
- (iii) Niðurstöður fyrir matsþætti sem líklegir eru til að bregðast við ólíku álagi má sameina, t.d. með því að taka meðaltal, til að meta ástand líffræðilegs gæðapáttar.
- (iv) Sameining á matsþáttum fyrir einstaka gæðapætti er valkvæð. Það þýðir að hægt er að nota niðurstöður eins matsþáttar til að áætla hvort ástand gæðapáttarins uppfylli viðkomandi gerðarsértæk skilyrði.
- (v) Niðurstöður fyrir nokkra matsþætti sem hver um sig er næmur fyrir ólíku álagi má nota til að meta ástand gæðapáttarins. Í þessu tilviki ætti að beita *one out – all out* reglu, frekar en meðaltali, þannig að ástand gæðapáttarins ráðist af þeim matsþáttum sem endurspeglar mesta röskun af mannavöldum.

1.4 Mikilvægi millikvörðunar á gæðapáttum

Í viðauka V í Vatnatilskipun ESB (Directive 2000/60/EC) er kveðið á um að samræma þurfi vistfræðilega ástandsflokkun milli aðildarríkja með svokallaðri millikvörðun (e. intercalibration). Með því móti er hægt að leggja mat á samræmi ástandsflokkunar 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 ástandsflókka og samræma aðferðafræði hérlandis 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 (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Ísland fellur í hópinn N-GIG (e. Northern Geographical Intercalibration Group) með öðrum löndum á norðlægum slóðum.

Í vinnu við innleiðingu vatnatilskipunar á Íslandi með lögum nr. 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 hérlandis. Norsku vatnagerðirnar hafa sumar hverjar gengið í gegnum millikvörðun fyrir ákveðna gæðapætti 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 ástandsflokkun vatns í Noregi (Direktoratsgruppen Vanndirektivet, 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 láglendi, 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 láglendi 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 gæðapætti hjá nágrannaþjóðum okkar, sem hafa farið í gegnum millikvörðun, til að setja mörk á milli ástandsflókka 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 hérlandis úr vatnshlotum þar sem búast má við röskuðum aðstæðum vegna álags. Mjög takmörkuð gögn eru til á Íslandi sem hægt er að byggja á til að skilgreina mörk á milli ástandsflókka *gott ástand* og *ekki viðunandi ástand* og því er samanburður við vistfræðileg gæðahlutföll nágrannaþjóða okkar besta mögulega aðferðafræðin til að nálgast þau mörk.

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

Mjög gott ástand	Tegundasamsetning 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 meðalþéttleika botngróðurs miðað við viðmiðunarlíffélög í einstökum gerðum vatnshlota. Slíkar breytingar benda ekki til aukins vaxtar botngróðurs eða æðri plantna sem leiða til óæskilegra truflana á jafnvægi lífvera í vatnshlotinu eða á eðlislefnafræðilegum gæðum vatnsins eða setsins. 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 eru sýnilegar á meðalþéttleika botngróðurs. Bakteríubrúskar og -skánir, sem eru til komin 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 (nr. 36/2011) og reglugerð þar að lútandi (6. grein í reglugerð nr. 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 fjölbreytileika hryggleysingja sem líffræðilega gæðapætti til að meta vistfræðilegt ástand straumvatna í fyrsta vatnahring stjórnar vatnamála (tafla 2).

2.1 Botnþörungur, blaðgræna *a*

2.1.1 Inngangur

Botnþörungur eru allir þörungur sem vaxa á eða við botninn í straum- eða stöðuvötnum. Þeir eru fjölbreyttur hópur lífvera af mörgum gerðum, svo sem kísilþörungur og grænþörungur, auk þess sem blábakteríur eru teknar með sem hluti af þessum lífveruhópi. Botnþörungur vaxa best við ákveðin kjörskilyrði sem eru einkennandi fyrir hverja tegund. Lífmassi botnþörungna 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 þörungna hér á landi en unnið er að slíkri flokkun. Hins vegar eru fyrirliggjandi mælingar á magni blaðgrænu *a* á steinum í árfarvegum sem er óbeinn mælikvarði á lífrúmmál þörungna á árbotni. Almenn skilgreining á ástandsflokkun fyrir botngróður í straumvötnum er sett fram í reglugerð nr. 535/2011 (tafla 5).

2.1.2 Vöktun og aðferðafræði

Mæling blaðgrænu a skal gerð samkvæmt alþjóðlegum staðli, ISO 10260:1992, sem lýsir ljósgleypnimælingu á blaðgrænu a . Sýnum skal safnað yfir sumartímann (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 skolest af steinum er safnað í dökka glerflösku og geymt í kæli fram að síun. Sýnin eru síuð í gegnum glertréfasíur (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 10260:1992. Hægt er að nota handmæli (BenthosTorch) 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) voru notuð til að skilgreina ástandsviðmið fyrir blaðgrænu a fyrir vatnagerðirnar RL1, RL2 og RL3 (sjá samantekt í Eydis Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Mörk á milli *mjög góðs* og *góðs ástands* tóku mið af vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) sem skilgreint hefur verið í Noregi (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018). Yfirlit yfir skilgreindar vatnagerðir er að finna í viðauka I.

Mælingar hafa verið gerðar í mörgum óröskuðum straumvötnum í flestum vatnagerðum á láglendi en yfirleitt er um stakar mælingar að ræða í hverju vatnshloti. Við skilgreiningu á ástandsviðmiðum fyrir blaðgrænu voru að þessu sinni notaðar mælingar á magni blaðgrænu sem mæld hefur verið með handmæli (BenthosTorch). 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.

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka

Viðmiðunargildi fyrir magn blaðgrænu á botni straumvatna miðast við 75% hundraðshlutamark á mældu magni blaðgrænu a í óröskuðum ám á Íslandi, eða meðalstyrk úr einstökum ám ef til voru fleiri en ein mæling. Það þýðir að 75% gilda er lægra en viðmiðunargildið. Mörk á milli ástandsflokka eru reiknuð út frá viðmiðunargildinu (tafla 6) og vistfræðilegu gæðahlutfalli sem notað er í Noregi fyrir blaðgrænu í stöðuvötnum, en þau hafa gengið í gegnum millikvörðun (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018). Mörkin á milli *mjög góðs* og *góðs ástands* passa vel við 95% dreifingu mældra gilda á blaðgrænu í ánum og eru því talin endurspegla nokkuð vel náttúrulegt ástand í óröskuðum straumvötnum.

Vistfræðilegt gæðahlutfall blaðgrænu er reiknað út með eftirfarandi jöfnu:

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

Viðmiðunargildi blaðgrænu a í jöfnu 1 eru gefin upp í töflu 6. Blaðgræna a mæld er meðalstyrkur blaðgrænu sem mælist yfir vaxtartíma þörunga í því vatnshloti sem verið er að vakta (mynd 5). Blaðgræna getur mælst lægri en viðmiðunargildið þar sem viðmiðunargildið

er fundið út frá 75% hundradshlutamarki gagna úr óröskuðum vatnshlotum. Í þeim tilvikum er EQR sett jafnt og 1.

Tafla 6. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir blaðgrænu a á botni árfarvega í vatnagerðum RL1, RL2 og RL3 sem eru bergvatnsár á láglendi. Gefin eru upp tölugildi á styrk blaðgrænu a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). 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	<1,6	1,6–2,4	>2,4	1–0,5	<0,5–0,33	<0,33
RL2	1,6	<3,2	3,2–4,8	>4,8	1–0,5	<0,5–0,33	<0,33
RL3	2,2	<4,4	4,4–6,7	>6,7	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.

Gera má ráð fyrir lægri styrk blaðgrænu í ám á hálendi en í samsvarandi ám á láglendi vegna styttra sumars og lægri lofthita en á láglendi. Þetta þarf að skoða sérstaklega þegar frekari gagna hefur verið aflað. Það sama má segja um aðstæður í mörgum straumvötnum af vatnagerð RL4 þar sem botn þeirra er yfirleitt sendinn og laus í sér. Lítið er til af gögnum um blaðgrænu a í RL4, í straumvötnum á hálendi og í jökulám.

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

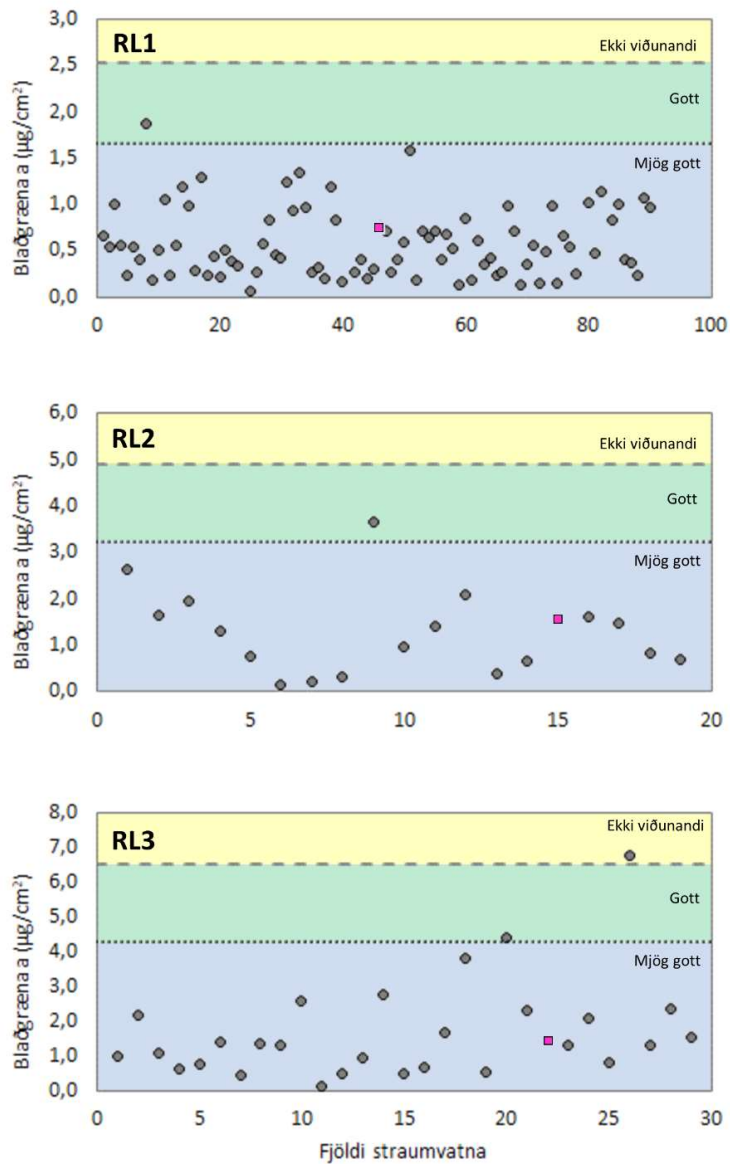
Blaðgræna mælist $1,4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ í vatnshloti af gerð RL1. Viðmiðunargildi er $0,8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

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

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

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

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. 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. Til eru mælingar á blaðgrænu í farvegum nokkurra viðmiðunarvatnshlota, þ.e. í Krossá (RL1), Stóru Laxá (RL2) og Norðurá (RL3), og flokkast þau öll sem vatnshlot í mjög góðu ástandi m.t.t. blaðgrænu (mynd 5).



Mynd 5. Meðalstyrkur blaðgrænu a í straumvötnum í 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 fyrir hryggleysingja í straumvötnum (viðauki III í reglugerð nr. 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 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 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 í straumvötnum

2.2.1 Inngangur

Tegundasamsetning og fjölbreytileiki 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. Almenn skilgreining á ástandsflokkun straumvatna út frá hryggleysingjum í straumvötnum er sett fram í reglugerð nr. 535/2011 (tafla 7).

Hryggleysingjar í straumvötnum eru fjölbreyttur hópur sem hefur mikla útbreiðslu. Þeir eru nokkuð staðbundnir og endurspegla því staðbundið ástand. Mælikvarðar sem notaðir eru í mörgum Evrópulöndum við mat á vistfræðilegu ástandi eru m.a. tegundaauðgi hryggleysingja, hlutföll lífveruhópa sem eru viðkvæmir fyrir mengun eða raski og hlutfall þolinna lífvera í samfélaginu. Erlendis eru ýmsir stuðlar notaðir við ástandsflokkun út frá hryggleysingjum, en hérlandis hefur ekki verið stuðst við sértæka stuðla við flokkun á ástandi vatns, t.d. vegna mengunar eða ofauðgunar. Sumir þessara stuðla henta illa hérlandis þar eð ástandsflokkunin er miðuð við stórvaxin skordýr eins og dægurflugur (Ephemeroptera), steinflugur (Plecoptera) og vorflugur (Trichoptera), en fáar tegundir þeirra finnast hérlandis (Elísabet R. Hannesdóttir & Jón S. Ólafsson, 2014). Ríkjandi hópar botnlægra hryggleysingja í straumvötnum á Íslandi heyra til tvívængja skordýra (Diptera), einkum bitmýs (Simuliidae) og rykmýs (Chironomidae). Því er ljóst að hérlandis verður að aðlaga verklag að þeim samfélögum sem hér finnast.

2.2.2 Vöktun og aðferðafræði

Söfnun hryggleysingja í straumvatni skal framkvæmd með hliðsjón af eftirtöldum alþjóðlegum stöðlum: ÍST EN 10870:2012; *Water quality – Guidelines 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 skal framkvæma einu sinni á því ári sem rannsókn fer fram. Sýnatökur þurfa 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 fáið við fyrri rannsóknir. Sýnatökustaðir skulu 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 árhuta, 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 taka 10 sýni á hverri sýnatökustöð á hnitum sem valin eru fyrir fram 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 u.þ.b. 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% etanóllaun þar til að úrvinnslu kemur.

Sýni af púpuhömum rykmýs skulu tekin 3–4 sinnum yfir sumarið (maí–september), eða á sama tíma og blaðgræna er mæld. Sýnin eru tekin með skaftháfi með finum netpoka (0,125–0,25 mm). Háfnum er 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 allt neðan vatns, heldur sé 1/3–1/2 þess upp úr til að fanga það sem flýtur á vatnsyfirborðinu, svo sem púpuhamir. Í flestum tilfellum er í lagi að skilja þannig við háfinn 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 árfarvegin 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% etanóllaun 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. Yfirlit yfir skilgreindar vatnagerðir er að finna í viðauka I.

Þrír 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 stuðull fyrir vísihópa botnlægra 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 við ástandsflokkun þar sem mjög mikill breytileiki getur verið á þéttleika eftir tímasetningu sýnasöfnunar. Fjöldi einstaklinga í hverri tegund var hins vegar notaður við útreikninga á fjölbreytileikastuðlum.

Tegundaaðgi (N_0) er einfaldlega fjöldi tegunda hryggleysingja sem finnst á sýnatökustað. Shannon fjölbreytileiki (N_1) er reiknaður samkvæmt jöfnu 2 þar sem p_i táknar hlutfall af heildarsýni sem tilheyrir tegund i (Borcard o.fl., 2018).

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

Shannon jafndreifni (E) er byggð á Shannon fjölbreytileika (N_1) og tegundaaðgi (N_0) (Borcard o.fl., 2018) og er skilgreind samkvæmt jöfnu 3.

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

Shannon fjölbreytileiki og Shannon 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 & Legendre, 2009). Útreiknuð gildi samanstanda af tveimur þáttum, þ.e. *specificity* (A þáttur) og *fidelity* (B þáttur). *Specificity*, sem kalla mætti sérhæfni tegundar, gefur til kynna hvort tegundin sé það sérhæfð að hana megi nota sem vísit tegund, og er gildið hæst þegar tegund er til staðar í ákveðinni búsvæðagerð en ekki annars staðar. *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 gefa mikilvægar upplýsingar um samfélagsgerðir hryggleysingja í vatnshloti, en gefa ekki til kynna hvort ástand straumvatna sé gott eða slæmt. Niðurstöður þessara greininga leiddi í ljós að í flestum tilfellum reyndust mismunandi vísihópar ekki einungis einkenna eina vatnagerð heldur tvær til þrjár, svo sem 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 (viðauki III).

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflókka

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

1. Reiknað var meðaltal matsþátta (tegundaaðgi, Shannon fjölbreytileiki og Shannon jafndreifni) úr öllum sýnum í hverju straumvatnshloti. 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 fyrir hvern matsþátt, nema fyrir Shannon jafndreifni í vatnagerðinni RL2. Þar voru notuð sömu mörk og fyrir vatnagerðina RL1 og byggðist það á sérfræðimati. 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 ástandsflókka samkvæmt sérfræðimati. Það er gert í ljósi þess að lítið er til af upplýsingum um hryggleysingja í straumvötnum sem eru undir álagi af mannavöldum.

Vistfræðilegt gæðahlutfall er reiknað út frá niðurstöðum matsþátta í vöktuðu vatnshloti og viðmiðunargildi viðkomandi matsþátta (jafna 4).

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Gildi matsþátta í vöktuðu vatnshloti}}{\text{Viðmiðunargildi matsþátta}} \quad \text{Jafna 4}$$

Tafla 8. Yfirlit yfir tölulegar greiningar til flokkunar á hryggleysingjum í 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 fjölbreytileiki	Shannon jafndreifni	<i>Diamesa bertrami</i>	<i>Eukiefferiella minor</i> / <i>E. claripennis</i>	<i>Orthocladus frigidus</i>	<i>Micropsectra</i> sp.	<i>Thienemanniella</i> sp.	<i>Limnephilus affinis</i>	Simuliidae	<i>Clinocera 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 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 óröskuð og eigi þar með að flokkast í mjög góðu ástandi.

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokkanna 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 ástandsflokkanna 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 úr Norðurá (RL3), sem skilgreind hefur verið sem viðmiðunaratnshlot, benda til þess að áin sé í *mjög góðu* ástandi með tilliti til þeirra forsendna sem hér eru settar fram.

Tafla 9 a–c. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir hryggleysingja í straumvötnum. Gefin eru upp tölugildi fyrir tegundauauðgi, Shannon fjölbreytileika og Shannon jafndreifni. Einungis eru sett fram viðmið fyrir þær vatnagerðir þar sem gögn liggja fyrir.

a. Tegundauauðgi

Straumvötn							
	Tegundauauðgi hryggleysingja				EQR tegundauauðgi		
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	7,4–2,8	<2,8	1–0,87	<0,87–0,33	<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

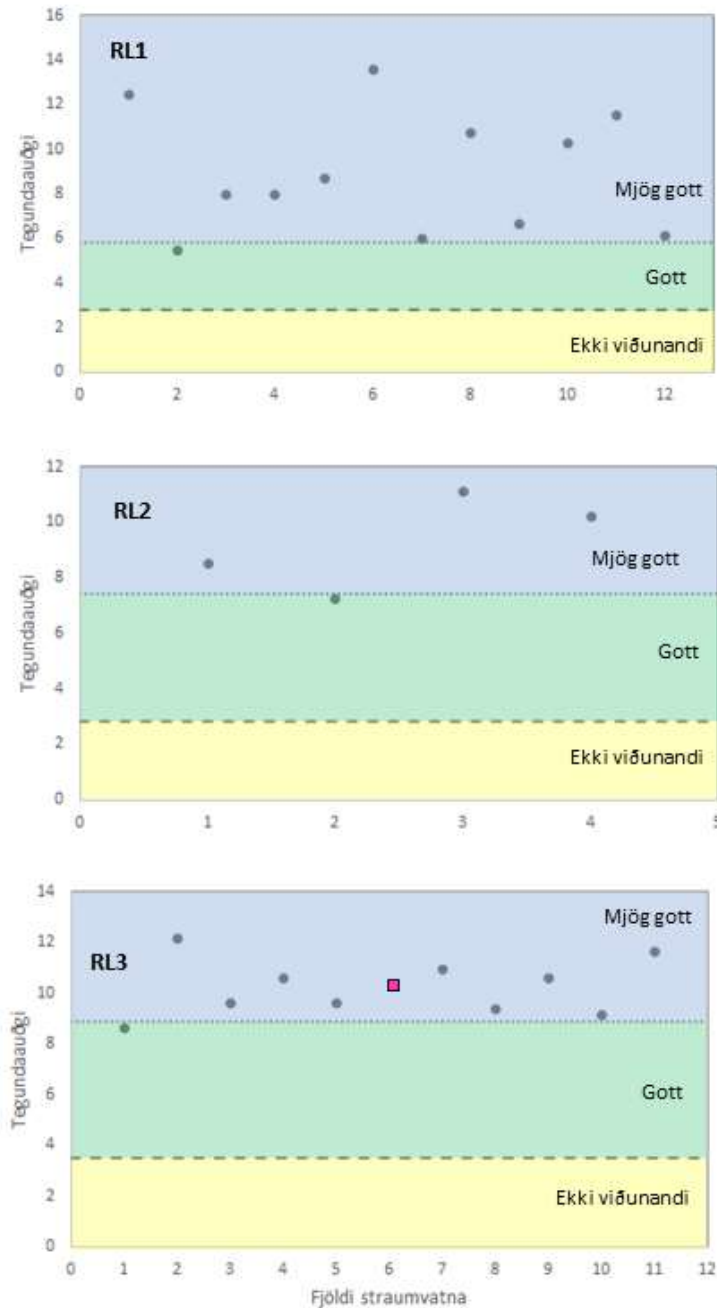
Straumvötn							
	Fjölbreytileiki hryggleysingja				EQR tegundauauðgi		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	4,6	>3,2	3,2–1,5	<1,5	1–0,69	<0,69–0,33	<0,33
RL2	5,2	>4,6	4,6–1,7	<1,7	1–0,89	<0,89–0,33	<0,33
RL3	4,6	>2,9	2,9–1,5	<1,5	1–0,64	<0,64–0,33	<0,33

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

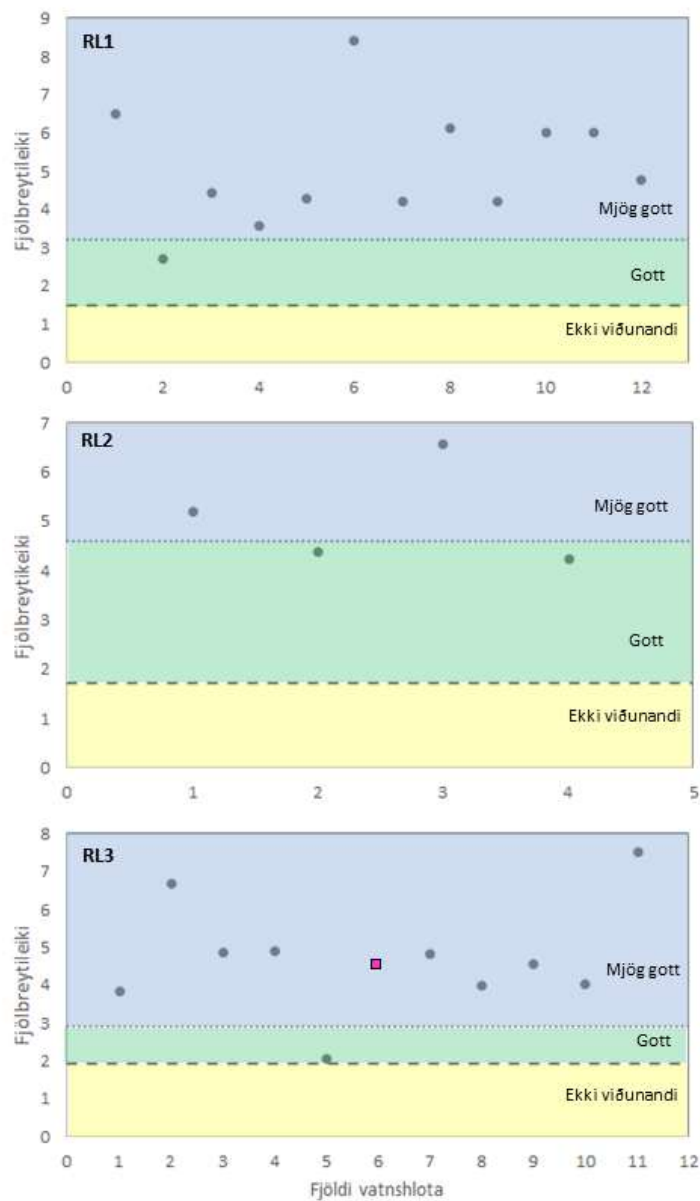
c. Shannon jafndreifni

Straumvötn							
	Jafndreifni hryggleysingja				EQR tegundauauðgi		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	0,6	>0,48	0,48–0,20	<0,20	1–0,80	<0,80–0,33	<0,33
RL2	0,6	>0,48	0,48–0,20	<0,20	1–0,80	<0,80–0,33	<0,33
RL3	0,5	>0,36	0,36–0,17	<0,17	1–0,71	<0,71–0,33	<0,33

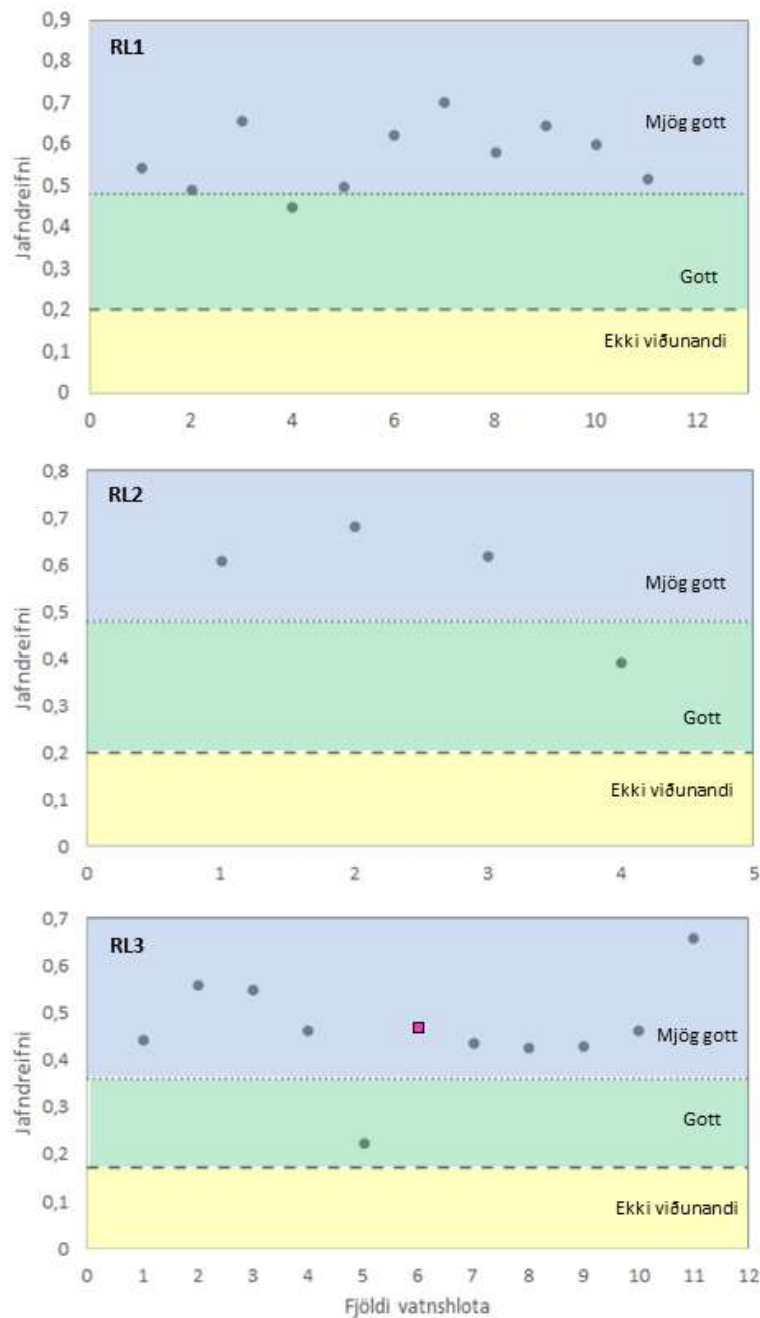
Ekki viðunandi*: Mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.



Mynd 6. Tegundaauði hryggleysingja í straumvötnum í vatnagerðum RL1, RL2 og 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 táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.



Mynd 7. Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja í straumvötnum í vatnagerðum RL1, RL2 og 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 táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.



Mynd 8. Shannon jafndreifni hryggleysingja í straumvötnum í vatnagerðum RL1, RL2 og 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 táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

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

Mjög gott ástand	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 gæðabáttum 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.
Gott ástand	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.
Ekki viðunandi ástand	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 gæðabáttum og eðlisefnafræðilegum gæðum vatnsins eða setsins. Nokkur aukning á tíðni og umfangi plöntusvifsblómans getur komið fram. Yfir sumarmánuðina getur blómi verið viðvarandi.

3 Líffræðilegt ástand í stöðuvötnum

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

3.1 Svifþörungar, 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 hérlandis sem byggt er á tegundasamsetningu eða lífrúmmáli smásærra þörungna, en unnið er að því. Hins vegar eru til mælingar á magni blaðgrænu *a* í stöðuvötnum sem er óbeinn mælikvarði á lífrúmmál þörungna í vötnum. Almenn skilgreining á ástandsflokkun stöðuvatna út frá plöntusvifi í stöðuvötnum er sett fram í reglugerð nr. 535/2011 (tafla 10).

3.1.2 Vöktun og aðferðafræði

Mæling blaðgrænu skal gerð samkvæmt alþjóðlegum staðli ISO 10260:1992 sem lýsir ljósgleypnimælingu á blaðgrænu. Sýnum skal safna úr vötnum yfir sumartímann (júní til september). Sýnum til mælinga er safnað í flösku, 0,5–2 lítra eftir magni blaðgrænu í vatninu, algengast er að safna eins lítra sýnum í vötnum hérlandis. Sýnin eru síuð í gegnum glertrefjasiur (GF/C, GF/F eða sambærilegt) strax eða fljótlega eftir að sýnunum er safnað. 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. Sýnin eru síðan mæld með ljósgleypnimæli við 655 og 750 nm bylgjulengd, samkvæmt aðferð sem lýst er í staðli ISO 10260:1992. 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 stöðuvötnum á láglendi og jökulvötn voru notuð til að skilgreina viðmiðunargildi fyrir blaðgrænu *a* (sjá samantekt í Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Mörk á milli *mjög góðs* og *góðs ástands* tóku mið af vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) sem skilgreint hefur verið í Noregi (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Yfirlit yfir skilgreindar vatnagerðir er að finna í viðauka I.

Nokkuð er til af mælingum sem hafa verið gerðar á blaðgrænu í óröskuðum stöðuvötnum í vatnagerðum á láglendi 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.

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka

Viðmiðunargildi fyrir magn blaðgrænu *a* í stöðuvötnum miðast við 75% hundraðshlutamark á mældu magni blaðgrænu *a* í óröskuðum vötnum. Mörk á milli ástandsflokka voru reiknuð út frá viðmiðunargildinu (tafla 11) og vistfræðilegu gæðahlutfalli sem notað er í Noregi fyrir blaðgrænu í stöðuvötnum í millikvörðunarhópum L-N2a (grunn vötn) og L-N2b (djúp vötn) (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 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 vistfræðilega gæðahlutfallið 0,7 og 0,5.

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

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Viðmiðunargildi blaðgrænu } a}{\text{Blaðgræna } a \text{ mæld}} \quad \text{Jafna 5}$$

Við útreikninga á vistfræðilegu gæðahlutfalli samkvæmt jöfnu 5 eru notuð viðmiðunargildi blaðgrænu *a* sem gefin eru upp í töflu 11 og blaðgræna *a* mæld er meðaltal mælinga á vaxtartíma þörunga í viðkomandi vatnshloti. Blaðgræna getur mælst 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 α í stöðuvötnum á láglendi og jökulvötnum á Íslandi. Gefin eru upp tölugildi á styrk blaðgrænu α ($\mu\text{g/l}$).

Stöðuvötn							
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Blaðgræna α ($\mu\text{g/l}$)			EQR blaðgræna α		
		Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	3,4	<6,8	6,8–10	>10	1–0,50	<0,50–0,33	<0,33
LL2	3,6	<7,2	7,2–11	>11	1–0,50	<0,50–0,33	<0,33
LL3	2,6	<4,0	4,0–7,9	>7,9	1–0,65	<0,65–0,33	<0,33
LL4	2,2	<3,4	3,4–6,7	>6,7	1–0,65	<0,65–0,33	<0,33
LG	2,3	<3,3	3,3–4,6	>4,6	1–0,70	<0,70–0,50	<0,50

Ekki viðunandi*: Mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru 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) og Svinavatn 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 flokkinn *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.

Tafla 12. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands fyrir vatnablöntur í stöðuvötnum (viðauki III í reglugerð nr. 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 til komin 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

Almenn skilgreining á ástandsflokkum fyrir vatnablöntur í stöðuvötnum er í reglugerð nr. 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, annars vegar smásæja þörungna (þ.á m. kísilþörungna) og hins vegar vatnablöntur (e. macrophytes). Hugtakið vatnablöntur nær yfir stærri plöntur, svo sem æðplöntur, kransþörungna og mosa. Vatnagróður er almennt talinn mikilvægur líffræðilegur gæðabáttur þar sem hann er móttæki- legur fyrir breytingum á næringarefnum í vatni (Kristensen o.fl., 2018; Penning o.fl., 2008).

3.2.2 Vöktun og aðferðafræði

Söfnun vatnaplantna skal gera samkvæmt alþjóðlega staðlinum ÍST EN 15460:2007; *Water quality – Guidance standard for the surveying of macrophytes in lakes*. Sýnatakan þarf að eiga sér stað frá miðju sumri 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 vatnsskálar 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 vatnaplöntur í óröskuðum stöðuvötnum voru notuð til að skilgreina ástandsviðmið fyrir vatnagerðir stöðuvatna á Íslandi. Yfirlit yfir skilgreindar vatnagerðir er að finna 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 vatnaplöntur notaðar sem matsþáttur á næringarefnaástandi í stöðuvötnum, en ofauðgun veldur minnkun á gegnsæi vatnsins og hefur áhrif á vaxtarskilyrði ljóstillífandi lífvera (Direktoratsgruppen Vanddirektivet, 2018). Notaður er næringarefnavísir (Tlc) sem matsþáttur fyrir vatnaplöntur og byggir hann á tegundasamsetningu vatnaplantna (Direktoratsgruppen Vanddirektivet, 2018). Nefnist hann Trofi-indeks á norsku (Tlc, Trophic Index count). Í Noregi eru skilgreindar 148 tegundir plantna sem sannarlega eru vatnaplöntur (botnlægur gróður, flækjugróður, flotgróður, lausfljótandi gróður og kransþörungar). Mosum, ásætupörungum og loftgróðri (plöntur sem vaxa upp úr vatninu) er sleppt við útreikninga á næringarefnavísinum (Tlc). Þessum tegundum vatnaplantna er síðan skipt upp í viðkvæmar, þolnar og hlutlausar tegundir vatnaplantna með tilliti til 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 aðferðalýsingu í Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl., 2016). Gögnum úr Hópinu í Ferjubakkafloa var sleppt vegna þess að það var flokkað sem stöðuvatn í Natura Ísland verkefninu en sem straumvatn í vatnagátt stjórnar vatnamála. Hluti stöðuvatnanna ná ekki stærðarviðmiðinu 0,5 km² til að vera flokkuð til vatnagerða 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 með tilliti til næringarefna.

Tafla 13. Samantekt á gögnum úr Natura Ísland verkefninu um styrk fosfórs (Total P, mg/l) í stöðuvötnum.

Total P (mg/l) í stöðuvötnum í Natura Ísland								Hlutfallsmark	
Vatnagerð	Fjöldi	Meðalstyrkur	Staðalfrávik	Miðgildi	Lággildi	Hágildi	Spönn	25%	75%
LH1	3	0,016		0,015	0,008	0,024	0,016		
LH2	2	0,003		0,003	0,002	0,004	0,002		
LL1	28	0,013	0,02	0,008	0,002	0,085	0,083	0,007	0,015
LL2	10	0,042	0,05	0,020	0,006	0,179	0,173	0,010	0,052
LL3	19	0,005	0,01	0,002	0,002	0,027	0,025	0,002	0,003
LL4	7	0,017	0,02	0,006	0,002	0,053	0,051	0,002	0,028

Íslensk vötn búa ekki yfir sama fjölda tegunda vatnaplantna eins og vötn á hinum Norður-löndunum. Til dæmis finnast ekki rótarlausar/lausfljótandi tegundir hérlandis að undanskilinni einni tegund, blöðrujurt (*Utricularia minor*). Einnig eru nykrur (*Potamogeton* tegundir) færri en í nágrannalöndum okkar (Hörður Kristinsson o.fl., 2018). Í verkefninu Natura Ísland fundust 32 tegundir eiginlegra vatnaplantna og einungis ein þeirra, kransþörungategundin *Tolypella glomerata*, er ekki notuð við útreikninga á næringarefnavísunum (Tlc) í Noregi. Lista yfir flokkun vatnaplantna úr Natura Ísland verkefninu í viðkvæmar, þolnar og hlutlausar tegundir m.t.t. næringarefnaálags má sjá í viðauka II. Mikilvægt er að hafa í huga að ekki hefur farið fram rannsókn hérlandis 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.

Næringarefnavísirinn (Tlc) er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$Tlc = \frac{N_S - N_T}{N} \times 100 \quad \text{Jafna 6}$$

þar sem N_S er heildarfjöldi viðkvæmra tegunda sem finnst í stöðuvatni, N_T er heildarfjöldi þolinna tegunda og N er heildarfjöldi tegunda, þ.m.t. hlutlausra tegunda.

Til grundvallar notkunar á næringarefnavísunum (Tlc) var skoðað hvort munur væri á meðalfjölda tegunda í stöðuvötnum stærri og minni en 0,5 km². Ekki var marktækur munur á meðalfjölda í vatnagerð 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 stöðuvatna í vatnagerð LL3 (Welch Two Sample t-test, df=11,391, p-gildi=0,001324) og var þá að öllu jöfnu lægri meðalfjöldi tegunda í minni stöðuvötnum. Í vatnagerð LL4 var einungis eitt vatn undir 0,5 km² og því ekki hægt að skoða tölfræðilega 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 næringarefnavísirinn (Tlc) ekki notaður fyrir hálendisvötn (vötn yfir skóglínu eða >800 metrum yfir sjávarhæð í S-Noregi) og hér er því ekki reiknað viðmið fyrir næringarefnavísinn fyrir hálendisvötn. Tölfræðilegar upplýsingar fyrir næringarefnavísinn í stöðuvötnum á láglandi má sjá í töflu 14.

Tafla 14. Tölfræðilegar upplýsingar fyrir næringarefnavísinn (Tlc) fyrir stöðuvatnagerðir á láglandi, byggt á tegundaskráningum úr Natura Ísland verkefninu.

Næringarefnavísir (Tlc)								Hlutfallsmark	
Vatnagerð	Fjöldi stöðuvatna	Meðaltal	Staðalfrávik	Miðgildi	Lággildi	Hágildi	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

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokkanna

Viðmiðunargildi næringarefnavísisins (Tlc) er reiknað út frá fyrirliggjandi gögnum um vatnplöntur í öröskuðum stöðuvötnum á Íslandi. Viðmiðunargildið er hæsta gildið sem fæst við útreikninga á næringarefnavísinum í hverri vatnagerð. Í vatnagerðum LL1, LL2 og LL3 er viðmiðunargildið 100, en í LL4 er það 88 (tölur 14 og 15). Í kjölfar skilgreiningar á viðmiðunargildi næringarefnavísisins (Tlc) voru mörk ákvörðuð á milli ástandsflokkanna *mjög góðs* og *góðs ástands* og byggir sú ákvörðun á dreifingu gilda næringarefnavísisins í öröskuðum 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 næringarefnavísisins. 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 EQR kvarðans en hann gerir í Noregi. Helgast það fyrst og fremst af tegundafæð vatnplantna í íslenskum stöðuvötnum miðað við það sem þekkist 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 næringarefnavísirinn (Tlc) 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 (EU) 2018/299/EC). Nálgunin sem hér er farin við ákvörðun marka *góðs ástands* og *ekki viðunandi* er ekki studd af gögnum þar sem þau liggja ekki fyrir.

Viðmiðunargildið þarf að vera til staðar til að hægt sé að reikna út vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir næringarefnavísinn (Tlc) (tafla 15). Þar sem stuðullinn getur verið á bilinu 100 til -100 þá er tölunni 100 bætt við svo EQR fari ekki undir núll (jafna 7).

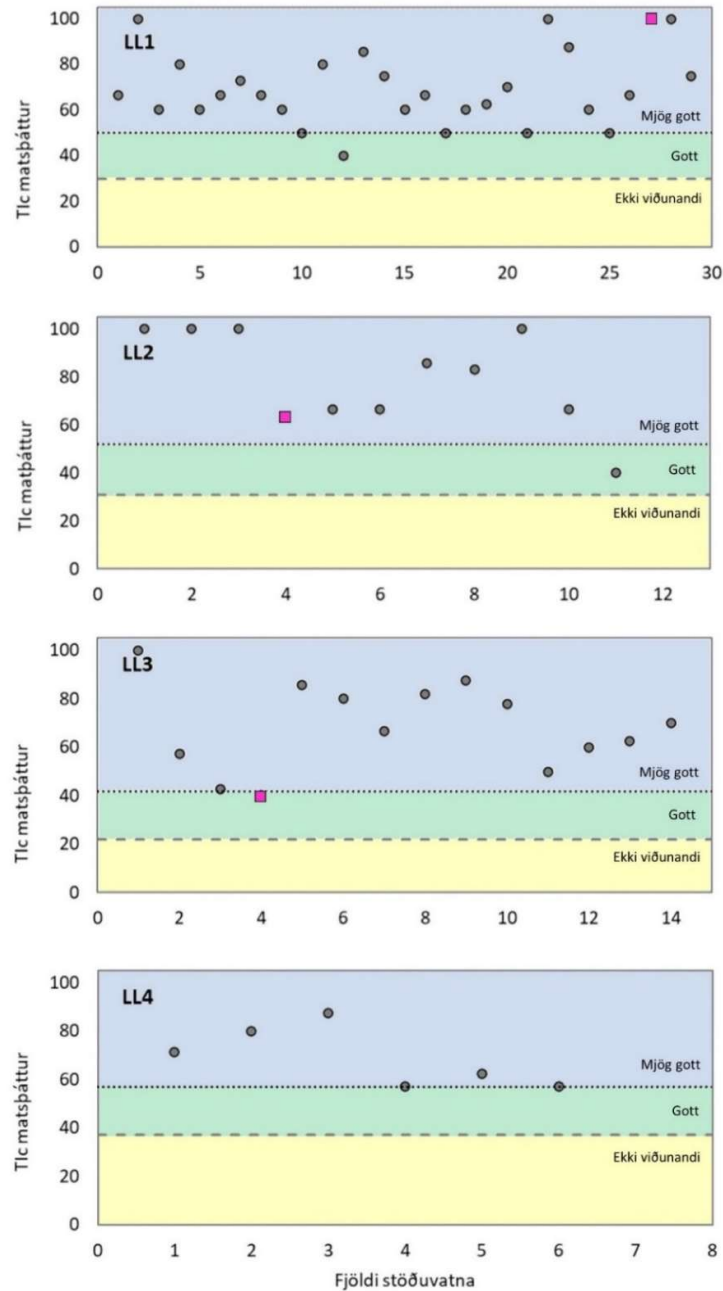
$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall Tlc (EQR)} = \frac{\text{Mælt gildi} + 100}{\text{Viðmiðunargildi} + 10} \quad \text{Jafna 7}$$

Til útreikninga á vistfræðilegu gæðahlutfalli samkvæmt jöfnu 7 er notað viðmiðunargildi viðkomandi stöðuvatnsgerðar úr töflu 15 og mælt gildi úr viðkomandi vatnshloti. Ástands-flokkurinn *mjög gott ástand* nær yfir 95% af dreifingu EQR gilda, þ.e. á bilinu 5–100% hundraðshlutamark. 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, mörk ástandsflokkanna og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir vatnplöntur í stöðuvötnum á Íslandi. Gefin eru upp tölugildi fyrir næringarefnavísinn (Tlc).

Stöðuvötn							
Vatnagerð	Næringarefnavísir (Tlc)				EQR		
	Viðmiðunargildi	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* eru ekki metin hér.



Mynd 10. Dreifing gilda næringarefnavísisins (Tlc), sem er matsþáttur á vatnablöntum í stöðuvötnum, í vatnagerðum þar sem gögn liggja fyrir. 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.

Hægt er að bera saman íslenskar vatnagerðir við norsku vatnagerðirnar L104, L105a-b, L204 og L205 sem eru kalksnauð og tær stöðuvötn neðan við mörk trjágróðurs. Gildi næringarefnavísisins (TIC) sem eru frá 75 til 79 í vötnum í þessum millikvörðunargerðum endurspegla mjög gott ástand og gildi frá 55 til 75 endurspegla 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 næringarefnavísirinn (TIC) hefur verið millikvarðaður fyrir N-GIG hópinn er búið að kvarða vísinn miðað við niðurstöður fyrir sambærilegar vatnagerðir í Finnlandi, Írlandi, Svíþjóð og Bretlandi. Tegundir vatnaplantna á Íslandi eru mun færri en í Noregi og mikið af þeim tegundum sem notaðar eru til að reikna næringarefnavísinn (TIC) finnast ekki hér á landi. Það gerir það að verkum að útreiknaður næringarefnavísir fyrir vötn á Íslandi getur verið kvikari en í Noregi. Þar af leiðandi reyndist nauðsynlegt að láta stærri hluta EQR kvarðans endurspegla *mjög gott ástand* á Íslandi miðað við það sem gert er í Noregi.

Á mynd 10 sést dreifing gilda næringarefnavísisins (TIC) í öröskuðum stöðuvötnum á láglandi og ástandsmörk milli flokka. Nokkur vatnshlot sem könnuð voru með tilliti til vatnagróðurs í Natura Ísland eru einnig á vöktunaráætlun sem viðmiðunarvatnshlot og eru þau merkt með bleikum kassa á mynd 10. Fyrir vatnagerð LL1 er Vatnshlíðarvatn viðmiðunarvatnshlot í vöktunaráætlun, fyrir LL2 er það Eystra Gíslholtvatn og fyrir LL3 er Haukadalsvatn. Ekkert vatn úr Natura Ísland verkefninu er á vöktunaráætlun sem viðmiðunarvatnshlot fyrir vatnagerð LL4. Viðmiðunarvatnshlottið Haukadalsvatn (LL3) fellur í ástandsflokkinn *gott ástand* þrátt fyrir að vera talið óraskað. Ekki er talin ástæða til að breyta mörkum ástandsflokka vegna þessa eða skipta út viðmiðunarvatnshlotti 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 gagnaöflun vindur fram og gagnasafnið stækkar. Sérstaklega þarf að huga að því að endurskoða mörk milli *góðs ástands* og *ekki viðunandi* þar sem gögnin sem ástandsflokkarnir byggja nú á eru 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 næringarefnavísi (TIC) Norðmanna.

3.3 Hryggleysingjar í stöðuvötnum

3.3.1 Inngangur

Tegundasamsetning og fjölbreytileiki hryggleysingja eru meðal þeirra gæðapátta sem hafa verið notaðir víða um heim til að flokka og meta ástand stöðuvatna, m.a. til að meta álag og næringarefnaástand í ferskvatnsvistkerfum. Almenn skilgreining á ástandsflokkun stöðuvatna út frá hryggleysingjum í stöðuvötnum er sett fram í reglugerð nr. 535/2011 (tafla 16).

Botnlægir hryggleysingjar í stöðuvötnum eru útbreiddur og fjölbreyttur hópur lífvera. Þeir eru nokkuð staðbundnir og endurspegla því staðbundið ástand. Í mörgum Evrópulöndum eru botnlægir hryggleysingjar notaðir sem mælikvarði við mat á vistfræðilegu ástandi vatns, t.d. tegundaauði og hlutfall lífveruhópa samfélagsins sem eru þólnir eða viðkvæmir fyrir mengun eða raski. Erlendis eru vel þekktir ýmsir matsstuðlar sem notaðir eru við ástandsflokkun út frá hryggleysingjum. Enn sem komið er hafa slíkir stuðlar ekki verið notaðir við flokkun á ástandi vatns hér á landi. Sumir þessara stuðla henta illa hérlandis þar eð flokkunin er miðuð við stórvaxin skordýr (sk. EPT hópa), en fáar tegundir þeirra hafa fundist hér á landi (Elísabet R. Hannesdóttir & Jón S. Ólafsson, 2014). Ríkjandi botnhryggleysingjar í stöðuvötnum hérlandis,

t.d. á fjörusvæðum stöðuvatna, eru rykmý, en það er áþekkt því sem þekktist í vötnum á norðlægum breiddargráðum (Lento o.fl., 2019).

Tafla 16. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands fyrir hryggleysingja í stöðuvötnum (viðauki III í reglugerð nr. 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 viðmiðunaraðstæður fyrir einstök vatnshlot.
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 alþjóðlega staðlinum ÍST EN 10870:2012; *Water quality – Guidelines for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters*. Sýntökur skulu 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 samskonar sýni hafa verið tekin áður þannig að samanburður fáið við fyrri rannsóknir. Sýnatökustaðir skulu valdir þar sem fjörubeltið er grýtt eða með malarbotni, en forðast skal að taka sýni á sendnum botni, leðjubotni, í stórgrýti eða á klöppum. Sýni skulu tekin á 15–20 m breiðu belti af strandlengjunni á 40–60 cm dýpi á stöðum sem ákvarðaðir hafa verið fyrir fram með tilviljanatölum. Sýnin skal taka með Surber sýnataka með 25 x 25 cm ramma og netpoka með 0,25 mm möskvastærð og með skaftháfi, þ.e. 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 sýnakanum 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 (viðauki I). Notuð voru gögn um hryggleysingja í náttúrulegum, óröskuðum stöðuvötnum sem geta flokkast sem vötn í mjög góðu ástandi. Gögnin voru fengin úr verkefninu Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna: Samræmdur gagnagrunnur (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2003). Flest vötnin sem eru í gagnasafninu ná lágmarksstærð til að vera skilgreind sem vatnshlot. Nokkur smærri vötn þurfti að flokka handvirk í vatnagerðir út frá hæð yfir sjávarmáli, berggrunni og dýpi.

Nokkur munur 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 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 stuðullinn (e. Lake Acidification Macroinvertebrate Index) sem meðal annars er notaður í Noregi og þróaður var af hópi sérfræðinga í Norður-Evrópu fyrir Vatnatilskipun Evrópusambandsins. Sá matsþáttur hefur gengið í gegnum 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 17). Ákveðið var að nota ekki þéttleika hryggleysingja í stöðuvötnum við ástandsflokkun þar sem mjög mikill breytileiki getur verið á þéttleika eftir tímasetningu sýnasöfnunar. Fjöldi einstaklinga af hverri tegund var 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 8 þar sem p_i táknar hlutfall af heildarsýni sem tilheyrir tegund i .

$$N_1 = \exp(-\sum p_i \ln p_i) \quad \text{Jafna 8}$$

Shannon jafndreifni (E) er byggð á Shannon fjölbreytileika (N_1) og tegundaauðgi (N_0) (Borcard o.fl., 2018) og er skilgreind samkvæmt jöfnu 9.

$$E = \frac{N_1}{N_0} \quad \text{Jafna 9}$$

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

Súrnun vatna er algengt og víðtækt vandamál í stöðuvötnum, m.a. í Skandinavíu, en hefur ekki verið þekkt vandamál héraðs þar sem efnahvörf vatns við basískan berggrunn á Íslandi hlutleysir sýru mjög hratt. Þrátt fyrir það var ákveðið að skoða hryggleysingja í íslenskum stöðuvötnum m.t.t. norska stuðulsins LAMI, sem hér er nefndur sýrubolsstuðull fyrir hryggleysingja (jafna 10).

$$LAMI = \frac{\sum_{k=1}^n s_k}{n} \quad \text{Jafna 10}$$

þar sem s_k táknar þolgildi hverrar tegundar (k) og n táknar fjölda tegunda.

Stuðullinn byggir á rannsóknum sem náðu til 185 tegunda eða hópa hryggleysingja í Noregi. Gefin voru gildi fyrir hverja tegund eftir því hve vel tegundin þolir súrnun umhverfisins (sjá töflu V4.3.1 viðauka í Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018). Gildi tegunda sem finnast í hverju vatnshloti 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 (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018, viðauki við skýrslu) eru aðallega tegundir vorflugna, dægurflugna og steinflugna. Flestar þeirra tegunda finnast ekki hér á landi. Á listanum eru hins vegar engar tegundir rykmýs, en hér á landi hafa fundist yfir 80 tegundir. Rykmý er víða notað til ástandsflökkunar vatna og lagt hefur verið til að svo verði gert hérlandis. Tilraun var gerð til að finna út LAMI stuðul fyrir íslensk vötn, en einungis 11 tegundir hryggleysingja finnast hérlandis 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 þeim tegundum hryggleysingja sem finna má hérlandis og að rykmý verði tekið með í þá flokkun. Til eru upplýsingar um viðbrögð 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).

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*, sem kalla mætti sérhæfni tegundar, gefur til kynna hvort tegundin sé það sérhæfð að hana megi nota sem vísit tegund, og er gildið hæst þegar tegund er til staðar í ákveðinni búsvæðagerð en ekki annars staðar. *Fidelity* gefur til kynna næmni tegundar sem vísit tegund og er hæst þegar tegund er til staðar á öllum stöðvum í tiltekinni búsvæðagerð (De Cáceres & Legendre, 2009).

Vísihópar hryggleysingja (tafla 17) gefa mikilvægar upplýsingar um samfélagsgerðir hryggleysingja í vatnshloti, en gefa ekki til kynna hvort ástand straumvatna sé gott eða slæmt. Greining á vísihópum fyrir íslensk stöðuvötn leiddi í ljós að rykmý reyndist oftast vera vísihópur fyrir stöðuvatnshlot. Möguleiki er að tilgreina einstakar vísit tegundir fyrir rykmý sem benda til súrnunar vatna, næringarefnaauðgunar eða breytinga á vatnsformfræðilegum þáttum (viðauki IV).

Ástandsviðmið og mörk á milli ástandsflokka

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. Reiknað var meðaltal matsþátta (tegundaauði, Shannon fjölbreytileiki, Shannon jafndreifni og LAMI) úr öllum sýnum í hverju stöðuvatnshloti. Miðgildi þeirra gagna var skilgreint sem viðmiðunargildi hvers matsþáttar fyrir hverja vatnagerð.
2. Mörk á milli flokkanna *mjög gott* og *gott ástand* miðast við 5% hundraðshlutamark gagna fyrir hvern matsþátt nema fyrir stöðuvatnagerðina LL2 þar sem notast var við 10% dreifingarmark gagna og byggðist það á sérfræðimati. Það þýðir að 90 til 95% gagnanna eru ofan við mörkin *mjög gott* og *gott ástand*.
3. Fyrir Shannon fjölbreytileika, jafndreifni og tegundaauði: 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 hérlandis sem eru undir álagi af mannavöldum.
4. Fyrir LAMI stuðulinn: Mörk á milli ástandsflokka voru þau sömu og notuð hafa verið í Noregi (tafla 4.10a í Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018).

Tafla 17. Yfirlit yfir tölulegar greiningar til flokkunar á hryggleysingjum í stöðuvötnum. Framkvæmdar greiningar og vísihópar eru merktir með x, NA merkir að gögn hafi ekki verið til staðar. Gefnar eru upplýsingar um heildarfjölda stöðuvatna sem greiningar náðu til. Í svigum aftan við fjöldatölur er sýndur sá fjöldi vatna þar sem hryggleysingar hafa verið greindir til tegunda og nýttust til útreikninga á fjölbreytileikastuðlum, LAMI stuðli og vísihópum. Sjá lýsingu á vatnagerðum í viðauka I.

Vatnagerð	Fjöldi stöðuvatna	LAMI	Fjölbreytileikastuðlar			Vísihópar – til staðar										
			Tegundaauðgi	Shannon fjölbreytileiki	Shannon jafndreifni	<i>Rheocricotopus</i> sp.	<i>Arctopelopia</i> , <i>Macropelopia</i> & <i>Ablabesmyia</i> spp.	<i>Procladius islandicus</i>	<i>Paracladopelma</i> sp.	<i>Orthocladius frigidus</i>	<i>Thienemanniella</i> sp.	<i>Pseudodiamesa nivosa</i> , <i>Diamesa bohemani/zernyi</i> & <i>Oliveridia tricornis</i>	<i>Lepidurus arcticus</i>	<i>Diaptomus</i> spp.	Hydracarina	Hirudinea
LL1	13 (6)	x	x	x	x	x										
LL2	14 (5)	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x
LL3	20 (14)	x	x	x	x											
LL4	16 (6)	x	x	x	x					x	x				x	
LH1	6 (4)	x	x	x	x									x		
LH2	2 (1)	NA	NA	NA	NA							x	x			
LG	2 (0)	NA	NA	NA	NA	x										

Vistfræðilegt gæðahlutfall er reiknað út frá niðurstöðum matsþátta í vöktuðu vatnshloti og viðmiðunargildi viðkomandi matsþáttar (jafna 11).

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Gildi matsþátta í vöktuðu vatnshlot}}{\text{Viðmiðunargildi matsþátta}} \quad \text{Jafna 11}$$

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

Gögn eru til úr nokkrum vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunaratnshlot. Það eru Gilsárvatn (LH1), Vatnshlíðarvatn (LL1), Svartárvatn (LL2) og Ytra Deildarvatn (LL2). Þau flokkast öll í *mjög góðu ástandi* með tilliti til matsþátta hryggleysingja nema Ytra Deildarvatn sem staðsett er á Melrakkaslétu. Það er á mörkum þess að vera í *góðu* og *ekki viðunandi ástandi*. Ekkert bendir til þess að vatnið sé undir álagi af mannavöldum og líklega er það tegundasnautt 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. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflókka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir hryggleysingja í stöðuvötnum. Gefin eru upp tölugildi fyrir tegundauauðgi, Shannon fjölbreytileika, Shannon jafndreifni og LAMI stuðulinn.

a. Tegundauauðgi

Stöðuvötn							
	Tegundauauðgi hryggleysingja				EQR tegundauauðgi		
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	>6,1	6,1–4,3	<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 fjölbreytileiki

Stöðuvötn							
	Shannon fjölbreytileiki hryggleysingja				EQR fjölbreytileiki		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	2,8	>2,0	2,0–0,91	<0,91	1–0,72	<0,72–0,33	<0,33
LL2	5,5	>2,7	2,7–1,7	<1,7	1–0,50	<0,50–0,31	<0,31
LL3	4,2	>2,4	2,4–1,4	<1,4	1–0,59	<0,59–0,33	<0,33
LL4	5,4	>3,5	3,5–1,8	<1,8	1–0,65	<0,65–0,33	<0,33
LH1	5,3	>3,1	3,1–1,7	<1,7	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

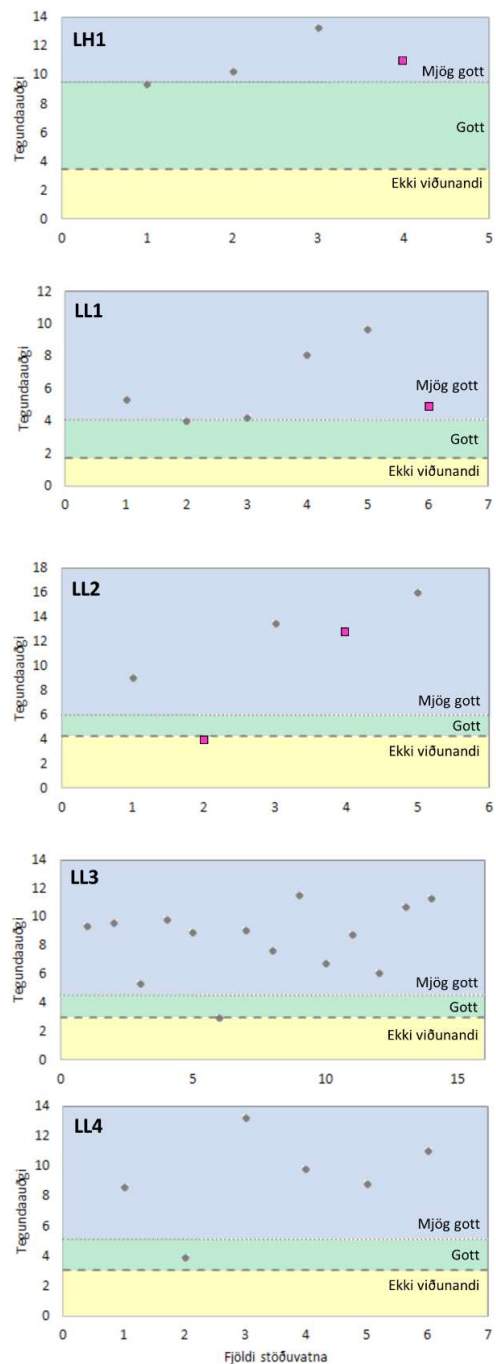
Stöðuvötn							
	Shannon jafndreifni hryggleysingja				EQR jafndreifni		
Vatnagerð	Viðmiðunar-gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	0,64	1–0,47	0,47–0,21	<0,21	1–0,74	<0,74–0,33	<0,33
LL2	0,44	1–0,38	0,38–0,15	<0,15	1–0,87	<0,87–0,33	<0,33
LL3	0,54	1–0,44	0,44–0,18	<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	0,33–0,17	<0,17	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.

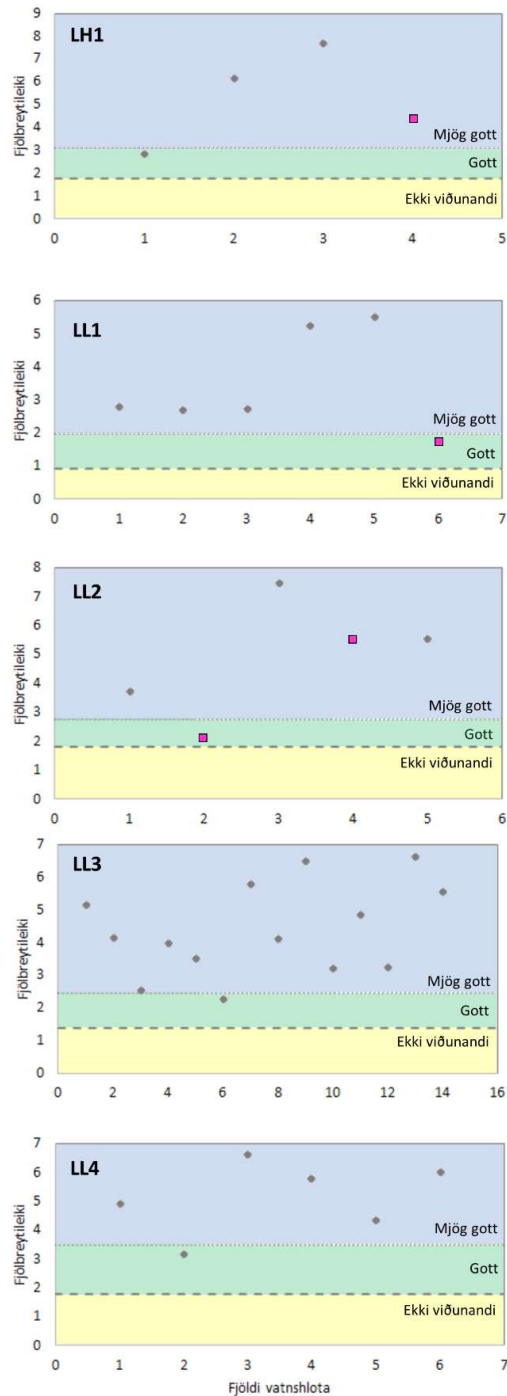
d. LAMI stuðull

Stöðuvötn							
	LAMI stuðull				EQR LAMI		
Vatnagerð	Viðmiðunar-gildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	5,4	>3,83	3,83–3,3	<3,3	1–0,71	<0,71–0,61	<0,61
LL2	5,6	>3,83	3,83–3,3	<3,3	1–0,68	<0,68–0,59	<0,59
LL3	5,3	>3,83	3,83–3,3	<3,3	1–0,73	<0,73–0,63	<0,63
LL4	6,0	>3,83	3,83–3,3	<3,3	1–0,63	<0,63–0,55	<0,55
LH1	6,1	>3,83	3,83–3,3	<3,3	1–0,63	<0,63–0,54	<0,54

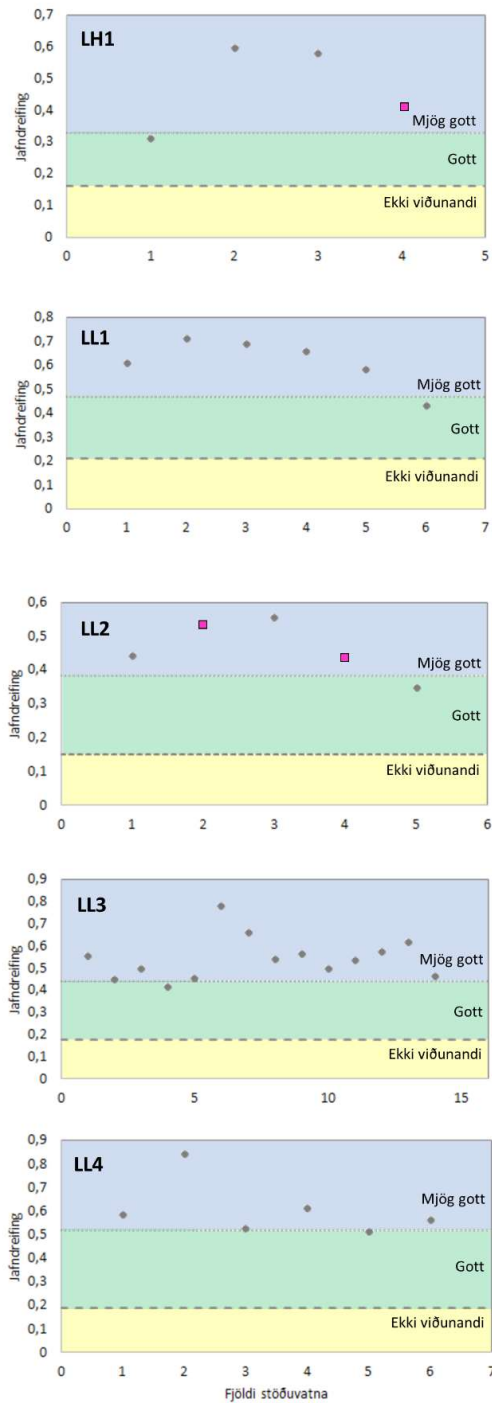
Ekki viðunandi*: Mörk á milli flokkanna *ekki viðunandi ástand* og *lélegt ástand* eru ekki metin hér.



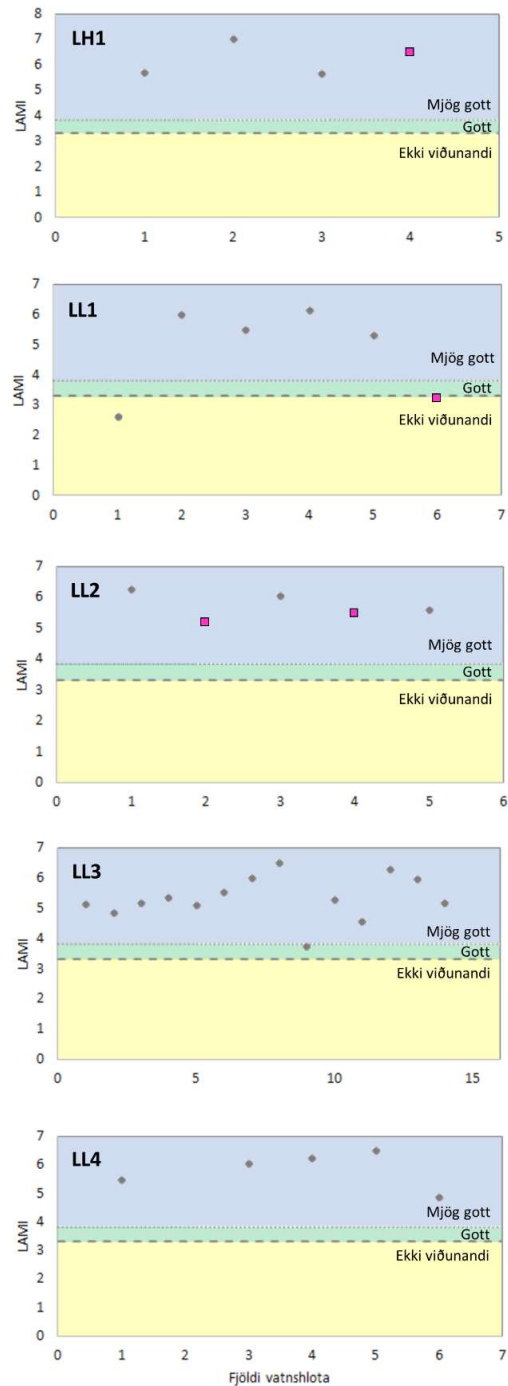
Mynd 11. Tegundaaðgi hryggleysinga í stöðuvötnum þar sem gögn voru fyrirliggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunarvatnshlot sem skilgreind hafa verið í vöktunaráætlun eru táknuð með bleikum kassa þar sem gögn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



Mynd 13. Shannon jafndreifni 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 14. Sýrupolsstuðull 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 gæðapætti: 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

Eðlisefnafræðilegir gæðapættir eru notaðir til stuðnings líffræðilegum gæðapáttum við mat á vistfræðilegu ástandi yfirborðsvatns. Eðlisefnafræðilegar aðstæður vatna eru einn af þeim grunnþáttum sem hafa áhrif á hvers konar vistkerfi hefur möguleika á að dafna í viðkomandi straum- eða stöðuvatni. Breytingar á eðlisefnafræðilegu ástandi vatns geta bæði verið af náttúrulegum uppruna og af mannavöldum. Mikilvægt er að greina þar á milli þar sem álagsmat samkvæmt Vatnatilskipun Evrópusambandsins varðar einungis breytingar sem verða vegna athafna mannsins. Umtalsverðar tímabundnar breytingar á eðlisefnafræðilegum aðstæðum geta verið af náttúrulegum orsökum, t.d. 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. frumframleiðni og álagsþol og hefur jafnframt mikilvæg áhrif á efnafræðilegar aðstæður, svo sem efnasamsetningu og leysni ýmissa efnasambanda í umhverfinu. Sýrustig og súrefnisstyrkur sveiflast nokkuð við náttúruleg skilyrði, einkum vegna frumframleiðni og rotnunar í vötnum. Þessar breytur hafa mikil áhrif á leysni málmsambanda í umhverfinu sem og flæði efnasambanda frá seti í vatnsfasa. Uppleyst málmsambönd og flæði efna frá botnseti geta haft neikvæð áhrif á lífríki (t.d. de Paiva Magalhães o.fl., 2015). Afoxuð efnasambönd, t.d. metan (CH_4) og brennisteinsvetni (H_2S), geta orðið ríkjandi við lágan súrefnisstyrk og geta slíkar aðstæður meðal annars valdið fiskidauða.

Súrnunarástand vatns endurspeglar 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 gildi, sérstaklega það sem rennur af ungum basískum berggrunni. Efnahvörf á milli vatns og basalts valda því að pH gildi vatnsins hækkar og basavirkni eykst og að jafnaði þarf því mikla sýringu til að hreyfa við pH gildi vatns sem rennur af ungu bergi hér á landi. Afleiðing af súru regni veldur vandamálum víða í Evrópu en er lítt þekkt hérlandis. Súrnun vatns getur til dæmis valdið aukningu á styrk uppleystra málmsambanda, svo sem áls (Al), en leysni áls úr bergi eykst við lágt og hátt pH (Sigurður Reynir Gíslason o.fl., 1998). Uppleyst ál (Al^{+3}) í vatni getur haft neikvæð áhrif til dæmis á laxfiska (t.d. Gensemer & Playle, 1999). Einnig hefur verið sýnt fram á að hár styrkur málmsambanda í ferskvatni getur haft neikvæð áhrif á hryggleysingja (t.d. Gower o.fl., 1994).

Rafleiðni í vatni (leiðni) er óbeinn mælikvarði á hlaðin, uppleyst efni í vatni og er þannig mikilvæg breyta til þess að vakta álag. Rafleiðni sveiflast nokkuð við náttúruleg skilyrði og þá

einkum vegna snjóbráðunar eða mikilla rigninga. Mikil hækkun utan þess getur endurspeglað mengunarálag og/eða súrefnisþurrð í vatnshlotum.

Vöktun á þessum gæðapáttum er mikilvæg til þess að meta framvindu vistkerfanna og ríkjandi aðstæður hverju sinni. Í töflu 19 er sett fram almenn skilgreining á vistfræðilegu ástandi þriggja efstu ástandsflokkar eðlisefnafræðilegra gæðapátta í straum- og stöðuvötnum.

Tafla 19. Almenn skilgreining vistfræðilegs ástands fyrir eðlisefnafræðilega þætti í straum- og stöðuvötnum (byggt á viðauka III í reglugerð nr. 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 áðurgreindra gilda fyrir líffræðilega gæðapætti. Styrkur næringarefna er ekki utan þeirra marka sem fastsett hafa verið til að tryggja að vistkerfið starfi eðlilega og áðurgreind gildi fyrir líffræðilega gæðapætti náist.
Ekki viðunandi ástand	Aðstæður eru í samræmi við áðurgreind gildi fyrir líffræðilega gæðapætti.

4.2 Vöktun og aðferðafræði

Samkvæmt reglugerð nr. 535/2011 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 matsþætti, t.d. næringarefni. Hvað aðra þætti varðar er breytileiki meiri á ákveðnum árstímum eða við sérstakar aðstæður svo sem við álagsatburði eða á álagssvæðum. Sem dæmi má nefna er breytileiki pH mestur að sumri og 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. 535/2011 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. Sýnum skal safnað samkvæmt viðurkenndri aðferðafræði og styðjast skal við staðalinn ÍST EN ISO 5667-3:2018; *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 (eða 0,45 µm). Mikilvægt er að sýnin séu efnagreind á

vottuðum rannsóknastofum og að næmni aðferðanna sé viðunandi (greiningarmörk PO_4 : 0,001 mg/l og NO_3 : 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 samfelld yfir allt frumframleiðnitímabilið eða á ársgrundvelli. Í skýrslunni eru færð rök fyrir því að afar ólíklegt sé að fjórar sýnatökur á ári nái að fanga frumframleiðnigetu og ástand hvers árs.

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 ISO 5667-3:2018; *Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples*.
- B. Samfelldar mælingar á pH og leiðni. Mælingar yrðu gerðar við útfall stöðuvatna og í árfarvegum. Mælt er með viðurkenndum pH nemum sem tendir eru CR8000 Campell gagnaskráningartæki sem sendir niðurstöður jafnóðum í viðeigandi gagnagrunn. Lagt er til að samfelld vöktun verði í viðmiðunaratnshlotum og að lágmarki sé ein mælistöð í hverjum landshluta þannig að yfirsýn fái á landsvísu. Mælistöðvar verði 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 af tímabundinni ákomu svo sem vegna dreifingar á áburði í landbúnaði og ræktun, 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.

Samfelld 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 ólíkum gæðapáttum,
- 2) kvarða og túlka niðurstöður á milli ára,
- 3) mæla sveiflubundna ákomu/álag,
- 4) skilgreina hentugan sýnatökutíma mismunandi gæðapátta.

4.2.3 Súrefnisástand

Mikilvægt er að þekkja og vakta náttúrulegt ástand súrefnis í mismunandi gerðum vatnshlota sem og mæla súrefni við ákveðnar aðstæður, t.d. þegar vænta má að lagskipting sé til staðar síðsumars í dýpri stöðuvötnum er frumframleiðni hefur náð hámarki. Líklegast er að lagskipting geti orðið að vetri þegar vötnin leggur, eða við lygnar aðstæður þegar lítil uppblöndun er á vatninu. Í stöðuvötnum er mikilvægt að mæla súrefni með jöfnu millibili í allri vatnssúlunni. Súrefni er ýmist mælt með súrefnismæli eða sambærilegu mælitæki eða með Winkler titrun.

4.2.4 Sjóndýpi

Sjóndýpi í stöðuvötnum er fall af magni agna í vatnssúlunni. Í stöðuvötnum öðrum en jökulvötnum eru agnirnar einkum uppgruggað set og lífrænar agnir svo sem þörungar og jarðvegssýrur (e. humic acids). Á Íslandi er vindasamt og algengt að vindur og öldugangur

gruggi upp botnsetið, einkum í grunnum vötnum. Því er mikilvægt að taka veðurfar með í reikninginn áður en mæling er gerð á sjóndýpi í grunnum vötnum. Í djúpum vötnum hérlandis hefur frumframleiðni hvað mest áhrif á sjóndýpi en áhrif af jarðvegssýrum í vötnum 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 einungis fall af magni svifaus í vötnunum. Sjóndýpi er mælt af báti með secchi diskum sem festur er í línu. Diskurinn er látinn síga þar til hann hverfur sjónum og síðan dreginn hægt upp aftur þar til sést í hann með berum augum. Þá er dýpið mælt með málbandi og samsvarar það sjóndýpi.

4.3 Ástandsviðmið

Fyrirliggjandi gögn um eðlisefnafræðilega gæðapætti í straum- og stöðuvötnum voru notuð til að skilgreina ástandsviðmið fyrir mismunandi vatnagerðir. Yfirlit yfir skilgreindar vatnagerðir er að finna í viðauka I.

Eins og komið hefur fram eru fyrirliggjandi gögn ekki umfangsmikil og sérstaklega á það við um stöðuvötn. Gögn um eðlisefnafræðilega gæðapætti voru notuð til að skilgreina ástandsviðmið fyrir vatnagerðir á Íslandi (sjá samantekt í Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Í flestum tilvikum eru aðeins notuð gögn úr óröskuðum vatnshlotum. Í þeim tilvikum þar sem lítið er til af mælingum var hins vegar nauðsynlegt að notast einnig við sérfræðiálit.

Mikilvægt er að styrkja þekkingargrunn á komandi árum með frekari gagnaöflun og endurmeta viðmið eftir því sem gögn bætast við. 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 í tvennt, RL2a og RL2b, vegna þess hve breytilegar eðlisefnafræðilegar aðstæður eru í vatnagerðinni. Ár í vatnagerð RL2 eru ár á ungum berggrunni án mikilla áhrifa af votlendi á vatnasviði. Í vatnagerð RL2a eru ár sem renna af ungum berggrunni án mikilla áhrifa af lindarvatni, en í RL2b eru lindár sem renna um nýleg hraun og lindaráhrif því töluverð. Sambærileg skipting var gerð fyrir grunn stöðuvötn á yngri berggrunni, þ.e. vatnagerð LL2. Vatnagerð LL2a nær yfir langflest vötn í vatnagerðinni en í vatnagerð LL2b eru vötn sem byggja vatnsbúskap sinn á efnaríkum lindum, t.d. Mývatn. Styrkur fosförs er almennt mun hærri í RL2b og LL2b en í RL2a og LL2a, og að jafnaði er nítrat einnig herra sem skapar ólíkar forsendur til frumframleiðni. Sýrustig og leiðni í RL2b eru einnig almennt hærri 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 að mestu leyti 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 sérfræðiþekkingu 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 viðmiðunargildi 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 ástandsviðmiðum fyrir einstaka vatnagerð á kostnað vatnshlota þar sem fáar mælingar hafa verið gerðar.

4.3.1 Næringarefni í straumvötnum

Notuð voru gögn um styrk næringarefna (PO_4 , NO_3 og NH_4) í straumvötnum sem safnað hefur verið í ýmsum verkefnum (sjá samantekt í Eydis Salome Eiríksdóttir o.fl., 2020). Gögnin voru flokkuð eftir vatnagerðum sem skilgreindar hafa verið undir stjórn vatnamála (viðauki I). Gögn um heildarstyrk fosfórs og köfnunarefnis (P-total og N-total) eru fátækleg og því er á þessu stigi ekki gerð tilraun til að setja ástandsflokka út frá þeim gæðafáttum þrátt fyrir að þeir hafi verið lagðir til á sínum tíma (Eydis Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019b). Ákveðið var að nota ársmeðalstyrk næringarefna í straumvötnum á láglandi og jökulvötnum til þess að reikna út viðmiðunargildi (e. reference value) fyrir hverja vatnagerð. Þetta var valið fremur en að nota eingöngu vetrarstyrk, líkt og áður hafði verið lagt til (Eydis Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019b), þar eð upplýsingar um vetrarstyrk voru heldur fátæklegar.

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka

Viðmiðunargildi fyrir styrk næringarefnanna PO_4 , NO_3 og NH_4 í straumvötnum miðast í flestum tilfellum við 75% hundraðshlutamark á árlegum meðalstyrk þessara efnasambanda í óröskuðum ám (töflur 20–22). Gagnasafnið samanstendur af mun fleiri sumarsýnum en vetrarsýnum og því nauðsynlegt að aðlaga viðmiðunargildið að árstíðabundnum styrk næringarefna, en styrkur næringarefna er að jafnaði mun lægri að sumri en vetri vegna upptöku frumframleiðenda á næringarefnum að sumri. Undantekning frá þessu er vatnagerðin RL2b (lindár sem renna af ungum hraunum), en þar var til álíka mikið af sumar- og vetrarsýnum. Þar var viðmiðunargildi sett út frá miðgildi gagnanna.

Mörk á milli ástandsflokkanna *mjög gott* og *gott ástand* í íslenskum straumvötnum eru reiknuð út frá viðmiðunargildi næringarefnanna PO_4 , NO_3 og NH_4 og vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) sem notað er í Noregi fyrir heildarstyrk fosfórs og heildarstyrk köfnunarefnis í straumvötnum í millikvörðunargerðunum R-N1 og R-N4 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Mörkin passa vel við 90–95% dreifingu meðalstyrks efnasambandanna í ánum og eru því talin endurspeglar nokkuð vel náttúrulegt ástand í straumvötnum. Mörkin á milli *góðs ástands* og *ekki viðunandi* voru reiknuð á sambærilegan hátt, en þau mörk voru sett út frá sérfræðimati þar eð gögn um styrk næringarefna í íslenskum ám voru ónóg til að styðja mörkin. Þessi nálgun er gerð á þeim grundvelli að meginhluti 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 meðalstyrk næringarefna í siúðum sýnum sem endurspeglar árstíðabundinn breytileika. Vöktun og ástandsflokkun vaktæðra vatnshlota þarf að miðast við siúð sýni og þess þarf að gæta að nota meðalstyrk í sýnum sem safnað er á öllum árstímum.

Í ljósi þess að ekki eru til nægjanleg 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 12.

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

Jafna 12

4.3.1.1 Fosfat (PO₄) í straumvötnum

Viðmiðunargildi fyrir fosfat (PO₄) og mörk ástandsflokkanna í vatnagerðum þar sem gögn eru fyrirliggjandi eru í töflu 20. Til hægðarauka er styrkurinn bæði gefinn upp sem μmól/l og sem μg/l. Á mynd 15 er meðalstyrkur fosfats í óröskuðum straumvötnum á láglendi sýndur miðað við ástandsflokkana.

Eins og fram hefur komið er lagt til að skipta vatnagerð RL2 upp í tvennt, RL2a og RL2b, þar sem eðlisefnafræðilegir eiginleikar vatna í vatnagerðinni eru nokkuð ólíkir, einkum hvað varðar styrk fosfats. Annars vegar eru dragár eða ár sem eru blandaðar drag- og lindár (RL2a) og hins vegar eru hreinar lindár (RL2b) sem geta verið sérstaklega ríkar af fosfati.

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

Tafla 20. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokkanna og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir fosfat (PO₄) í straumvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur PO₄ gefinn upp í mikrómol/l í lítra (μmól/l) en í töflu B er hann gefinn upp sem mikrógrömm af P í efnasambandinu PO₄ í hverjum lítra 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 hærri fosfatstyrk en aðrar ár í þessari gerð.

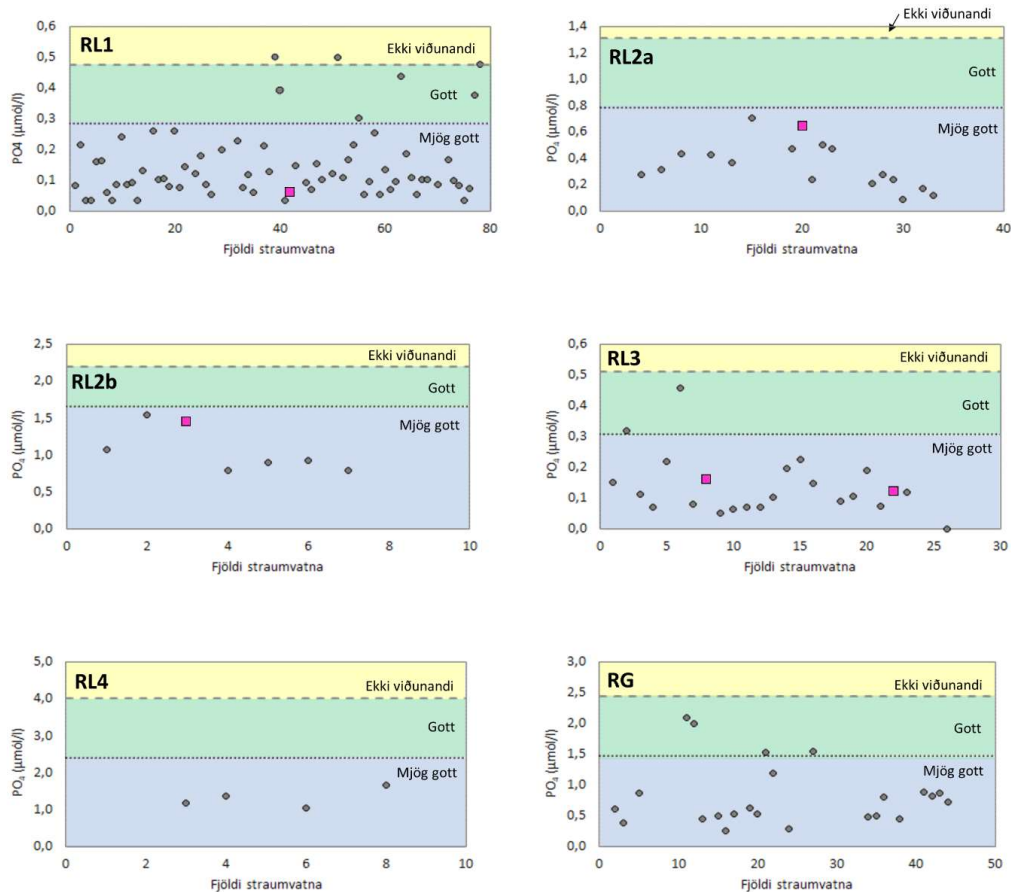
A.

Straumvötn							
	PO ₄ (μmól/l)				EQR PO ₄		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	0,17	<0,28	0,28–0,47	>0,47	1–0,60	<0,60–0,36	<0,36
RL2a	0,47	<0,78	0,78–1,3	>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	0,18	<0,30	0,30–0,50	>0,50	1–0,60	<0,60–0,36	<0,36
RL4	1,5	<2,4	2,4–4,0	>4,0	1–0,60	<0,60–0,36	<0,36
RG	0,88	<1,5	1,5–2,4	>2,4	1–0,60	<0,60–0,36	<0,36

B.

	PO ₄ -P (μg/l)				EQR PO ₄		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	5	<9	9–15	>15	1–0,60	<0,60–0,36	<0,36
RL2a	15	<24	24–40	>40	1–0,60	<0,60–0,36	<0,36
RL2b	31	<52	52–69	>69	1–0,60	<0,60–0,45	<0,45
RL3	5	<9	9–15	>15	1–0,60	<0,60–0,36	<0,36
RL4	45	<75	75–125	>125	1–0,60	<0,60–0,36	<0,36
RG	27	<45	45–76	>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.



Mynd 15. Meðalstyrkur fosfats (PO_4) 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 táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

Gögn um styrk fosfats eru til í vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Krossá (RL1), Stóra Laxá (RL2), Svartá í Bárðardal (RL2), Selá í Vopnafirði (RL3) og Norðurá (RL3). Árnar flokkast allar í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér (mynd 15). Styrkur fosfats í öðrum straumvötnum fellur í einhverjum tilvikum í flokkinn *ekki viðunandi ástand*. Í einu tilviki er um gögn úr Glerá að ræða en það vatnshlot er undir álagi af þéttbýli og gömlum urðunarstað ofarlega á vatnasviðinu. Styrkur fosfats er einnig hár í Hörgá 1, Hörgá 2 og Eyjafjarðará 1 miðað við önnur vatnshlot í vatnagerð 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 vatnshlotin séu undir álagi. Sem dæmi er styrkur fosfats fremur hár í Skiðadalsá miðað við önnur vatnsföll í RL1, hugsanlega vegna áhrifa af innstreymi jökulvatns sem hefur venjulega hlutfallslega háan styrk fosfats. Einnig er styrkur fosfats í Hofsa í Vopnafirði hár miðað við önnur vötn í vatnagerð RL3 af óútskýrðum ástæðum.

4.3.1.2 Köfnunarefni (NO_3 og NH_4) í straumvötnum

Viðmiðunargildi fyrir köfnunarefnissambönd (NO_3 og NH_4) og mörk ástandsflokka fyrir vatnagerðir þar sem gögn voru fyrirliggjandi eru í töflum 21 og 22. Á myndum 16 og 17 er styrkur nítrats (NO_3) og ammóníums (NH_4) í vatnagerðum á láglendi sýndur miðað við ástandsflokkana. Gögn um styrk nítrats og ammóníums eru til í vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Krossá (RL1), Stóra Laxá (RL2), Svartá í Bárðardal (RL2), Selá í Vopnafirði (RL3) 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). Megnið af gögnunum fellur í flokkinn *mjög gott ástand*, en í einstaka vatnshlotum er meðalstyrkur nítrats og ammóníums hærri og falla vatnshlotin því utan þess ástandsflokks. Þar á meðal eru Hörgá 1, Hörgá 2, Eyjafjarðará 1 og Hjaltadalsá 1, þar sem styrkur nítrats fellur í ástandsflokkinn *ekki viðunandi*. Aukinn styrkur köfnunarefnis gæti verið vegna afrennslis frá landbúnaði (Sanna B. Ragnarsdóttir o.fl., 2019) og í tilfelli Hjaltadalsár gæti afrennslis frá fiskeldi hugsanlega valdið hækkun á nítratstyrk.

Tafla 21. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir nítrat (NO_3) í straumvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur NO_3 er gefinn upp í míkrómólum í lítra ($\mu\text{mól/l}$) en í töflu B er hann gefinn upp sem míkrógrömm af N í efnasambandinu NO_3 í hverjum lítra vatns ($\mu\text{g/l NO}_3\text{-N}$).

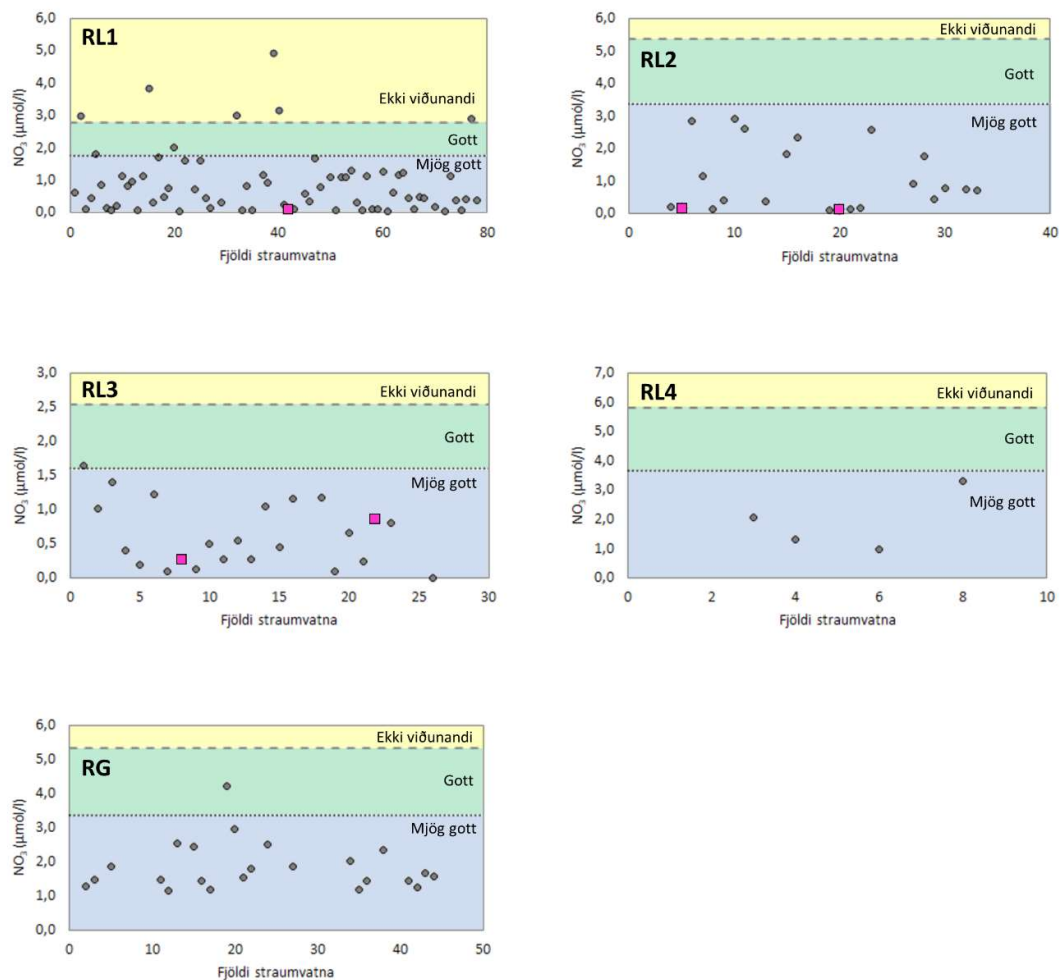
A.

Straumvötn							
	NO_3 ($\mu\text{mól/l}$)				EQR NO_3		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	1,1	<1,8	1,8–2,8	>2,8	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	1,0	<1,5	1,5–2,4	>2,4	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.

	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)				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	14	<22	22–34	>34	1–0,65	<0,65–0,41	<0,41
RL4	33	<52	52–82	>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.



Mynd 16. Meðalstyrkur nítrats (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 táknud með bleikum kassa þar sem gögn úr þeim eru til staðar.

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

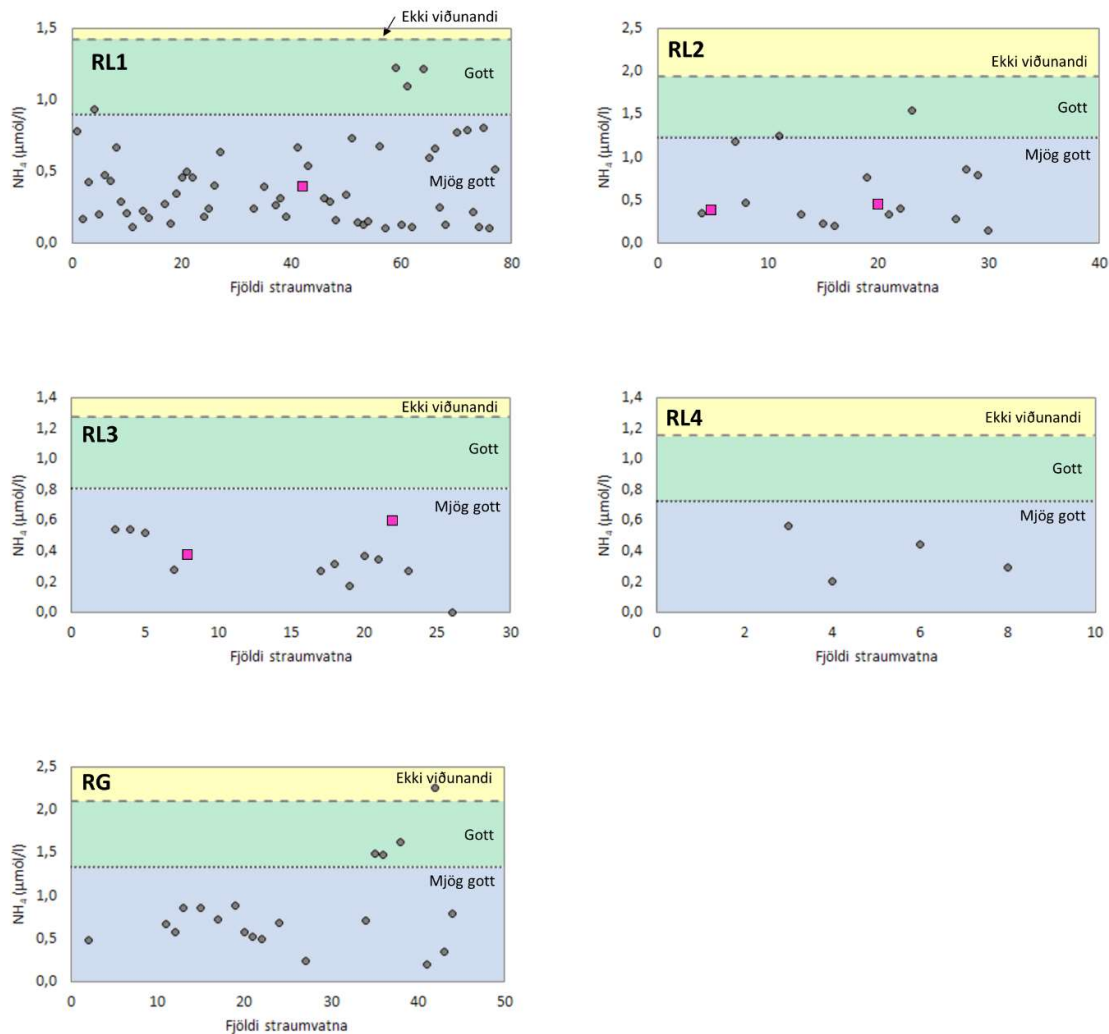
A.

Straumvötn							
	NH_4 ($\mu\text{mol/l}$)				EQR NH_4		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	0,58	<0,89	0,89–1,4	>1,4	1–0,65	<0,65–0,41	<0,41
RL2	0,80	<1,2	1,2–2,0	>2,0	1–0,65	<0,65–0,41	<0,41
RL3	0,52	<0,80	0,80–1,3	>1,3	1–0,65	<0,65–0,41	<0,41
RL4	0,47	<0,72	0,72–1,1	>1,1	1–0,65	<0,65–0,41	<0,41
RG	0,86	<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	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	8	<12	12–20	>20	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 ammóníums (NH_4) í straumvötnum 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.

4.3.2 Næringarefni í stöðuvötnum

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

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokkanna

Vegna skorts á gögnum um næringarefnastyrk í stöðuvötnum var sérfræðimat notað til að ákvarða viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokkanna 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 hérlandis. Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokkanna, fengin með sérfræðimati, víkja mest frá niðurstöðum mælinga á styrk nitrats (NO_3) í stöðuvötnum. Það á sérstaklega við um grunnstöðuvötn á eldri berggrunni (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 .

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir næringarefni er reiknað samkvæmt jöfnu 12 í kafla 4.3.1 um næringarefni í straumvötnum.

4.3.2.1 Fosfat (PO_4) í stöðuvötnum

Viðmiðunargildi fyrir fosfat (PO_4) og mörk ástandsflokkanna 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 mynd 18 er meðalstyrkur fosfats í vatnagerðum á láglandi sýndur miðað við ástandsflokkana. Líkt og fyrir straumvötn var ákveðið að skipta viðmiðum fyrir fosfat í vatnagerðinni LL2 (grunnstöðuvötn á yngri berggrunni) í tvennt; LL2a og LL2b. Í vatnagerð LL2b eru stöðuvötn sem byggja vatnsbúskap sinn á lindarvatni og er styrkur fosfats því almennt hærri en í vötnum af gerðinni LL2a.

Gögn um styrk fosfats eru til í vatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Það eru Vatnshlíðarvatn (LL1), Eystra Gíslholtsvatn (LL2), Ytra Deildarvatn (LL2), Haukadalsvatn (LL3), Mátvatn (LL4) 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 (mynd 18). Stóra Fossvatn er ekki undir álagi af mannavöldum. Líkleg skýring 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. Af þessari ástæðu var viðmiðunum fyrir grunnvötn á yngri berggrunni skipt í tvennt eftir styrk fosfats, þ.e. LL2a og LL2b. Ef Stóra Fossvatn væri flokkað miðað við viðmið í vatnagerð LL2b en ekki LL4, myndi það falla í flokkinn *mjög gott* ástand.

Tafla 23. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir fosfat (PO_4) í stöðuvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur PO_4 er gefinn upp í mikrómol/l í litra ($\mu\text{mol/l}$) en í töflu B er hann gefinn upp sem mikrógrömm af P í efnasambandinu PO_4 í hverjum lítra vatns ($\mu\text{g/l } PO_4\text{-P}$). Um er að ræða sérfræðimat sem byggist bæði á styrk PO_4 í straumvötnum á Íslandi og á þeim gögnum sem til eru úr stöðuvötnum.

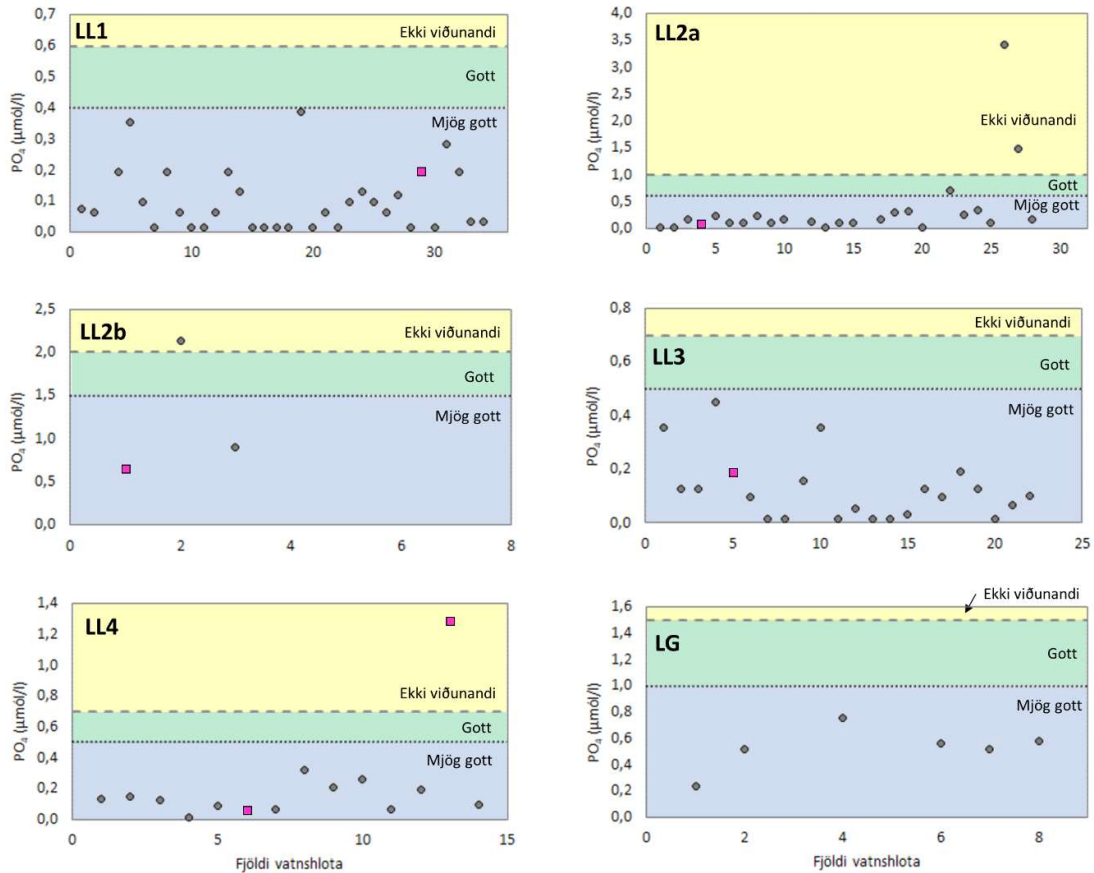
A.

Stöðuvötn							
		PO_4 ($\mu\text{mol/l}$)			EQR PO_4		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	0,25	<0,40	0,40–0,60	>0,60	1–0,63	<0,63–0,42	<0,42
LL2a	0,40	<0,60	0,60–1,0	>1,0	1–0,67	<0,67–0,40	<0,40
LL2b	1,0	<1,5	1,5–2,0	>2,0	1–0,67	<0,67–0,50	<0,50
LL3	0,30	<0,50	0,50–0,70	>0,70	1–0,60	<0,60–0,43	<0,43
LL4	0,30	<0,50	0,50–0,70	>0,70	1–0,60	<0,60–0,43	<0,43
LG	0,70	<1,0	1,0–1,5	>1,5	1–0,70	<0,70–0,47	<0,47

B.

		$PO_4\text{-P}$ ($\mu\text{g/l}$)			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	<46	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	>46	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.



Mynd 18. Meðalstyrkur fosfats (PO_4) í stöðuvötnum 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.

4.3.2.2 Köfnunarefni (NO_3 og NH_4) í stöðuvötnum

Viðmiðunargildi fyrir níturat (NO_3) og ammóníum (NH_4) og mörk ástandsflokka í stöðuvötnum á láglendi eru í töflum 24 og 25. Til hægðarauka er styrkurinn bæði gefinn upp sem $\mu\text{mol/l}$ og sem $\mu\text{g/l}$. Á myndum 19 og 20 er meðalstyrkur nitrats og ammóníums í stöðuvötnum á láglendi sýndur miðað við ástandsflokkana.

Almenn þekking á árlegum meðalstyrk nitrats og ammóníums í stöðuvötnum hérlandis er frekar takmörkuð. 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 oftast er takmarkandi fyrir frumframleiðni í íslenskum stöðuvötnum. Vegna þessara annmarka á gögnunum var sérfræðimat notað til að setja ástandsviðmið fyrir níturat og ammóníum í stöðuvötnum. Það mat er stutt af gögnum um styrk efnanna í straumvötnum, auk gagna sem til eru úr stöðuvötnum.

Eins og sjá má á mynd 19 er styrkur nitrats í stöðuvötnum þar sem gögn liggja fyrir mjög lágur og langt fyrir neðan þau ástandsviðmið sem eru fyrir níturat (tafla 24). Það á sérstaklega við um vatnagerðina LL1 (grunn stöðuvötn á eldri berggrunni) þar sem aðeins eru til sumarsýni af næringarefnum við hámarks frumframleiðni.

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

Tafla 24. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir níturat (NO_3) í stöðuvötnum á Íslandi. Í töflu A er styrkur NO_3 gefinn upp í mikrómolúum í lítra ($\mu\text{mol/l}$) 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							
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	NO_3 ($\mu\text{mol/l}$)			EQR NO_3		
		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	1,0	<2,0	2,0–2,5	>2,5	1–0,50	<0,50–0,40	<0,40

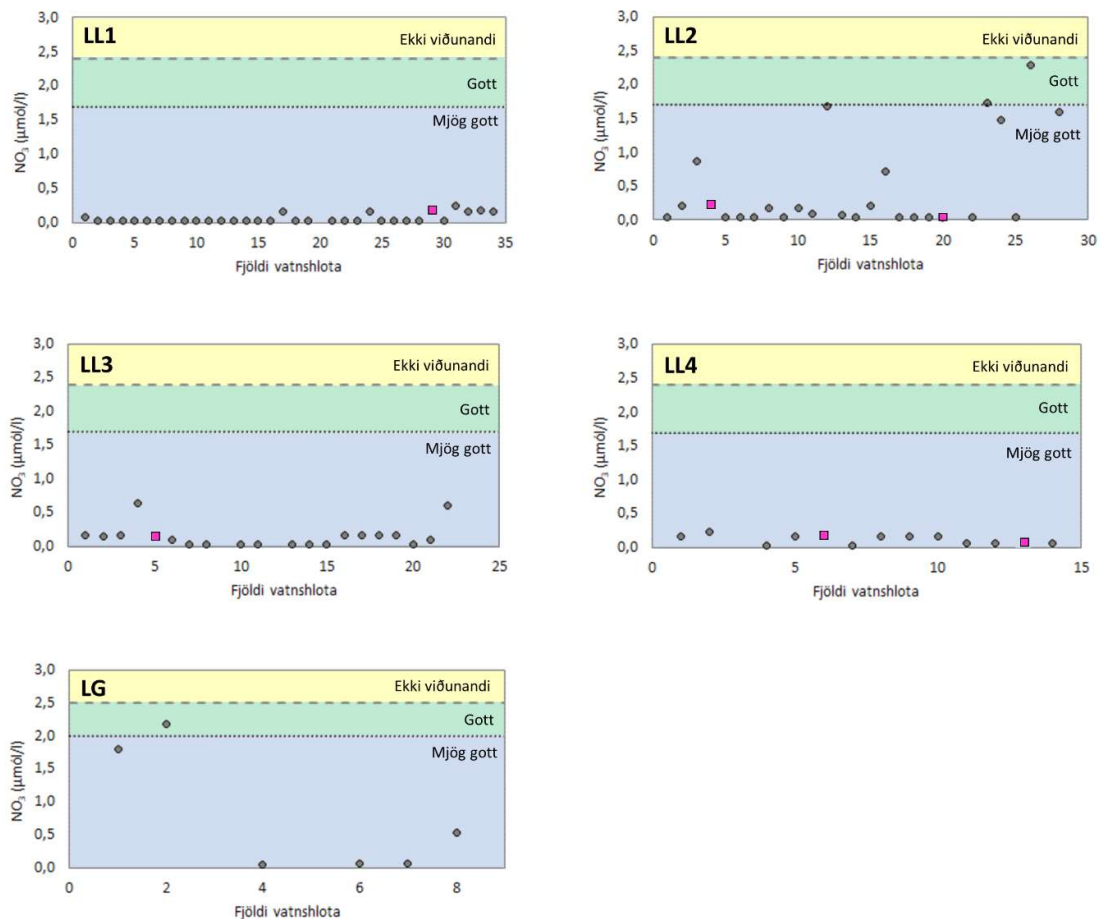
B.

Vatnagerð	Viðmiðunargildi	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)			EQR $\text{NO}_3\text{-N}$		
		Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	15	<24	24–33	>33	1–0,65	<0,65–0,46	<0,46
LL2	15	<24	24–33	>33	1–0,65	<0,65–0,46	<0,46
LL3	15	<24	24–33	>33	1–0,65	<0,65–0,46	<0,46
LL4	15	<24	24–33	>33	1–0,65	<0,65–0,46	<0,46
LG	14	<28	28–35	>35	1–0,50	<0,50–0,40	<0,40

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

Flest stöðuvötn á láglendi flokkast í *mjög góðu ástandi* hvað varðar níturat (mynd 19). Tvö vötn af gerðinni LL2, þ.e. Tjaldvatn og Rauðavatn, hafa lítilsháttar hærri styrk nitrats en önnur vötn og falla í flokkinn *gott ástand*. Einnig er jökulvatnið Háslón í *góðu ástandi*, en þar er lítil sem engin ljóstillífun vegna mikils magns af gruggi. Styrkur nitrats í Vífilsstaðavatni og Reynisvatni, sem eru af gerðinni LL2, eru heldur hærri en mælist í öðrum vötnum af sömu gerð, en eru þó í *mjög góðu ástandi* miðað við þessi ástandsviðmið.

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 Reykjavíkurtjörn (LL2), Meðalfellsvatn (LL3), Hafravatn (LL4) og Leirvogsvatn (LL4). Taka má fram að mælingar á ammóníum eru vandasamar og viðkvæmar fyrir mengun við efnagreiningu.



Mynd 19. Meðalstyrkur nitrats (NO_3) í stöðuvötnum 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 táknúð 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 mikrómol/l í litra ($\mu\text{mol/l}$) en í töflu B er hann gefinn upp sem mikrógrömm af N í efnasambandinu NH_4 í hverjum lítra vatns ($\mu\text{g/l NH}_4\text{-N}$). Um er að ræða sérfræðimat sem byggist bæði á styrk ammóníums í straumvötnum á Íslandi og á þeim gögnum sem til eru úr stöðuvötnum.

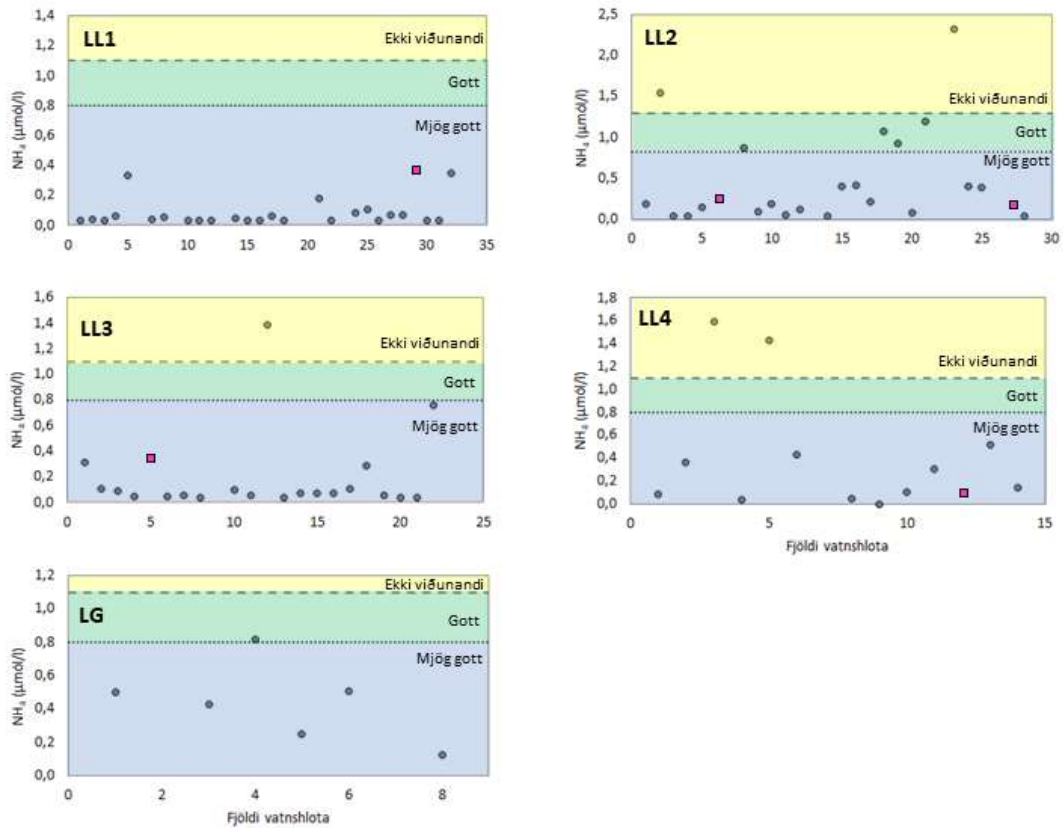
A.

Stöðuvötn							
	NH_4 ($\mu\text{mol/l}$)				EQR NH_4		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	0,50	<0,79	0,79–1,1	>1,1	1–0,63	<0,63–0,45	<0,45
LL2	0,53	<0,82	0,82–1,3	>1,3	1–0,65	<0,65–0,41	<0,41
LL3	0,50	<0,79	0,79–1,1	>1,1	1–0,63	<0,63–0,45	<0,45
LL4	0,50	<0,79	0,79–1,1	>1,1	1–0,63	<0,63–0,45	<0,45
LG	0,50	<0,79	0,79–1,1	>1,1	1–0,63	<0,63–0,45	<0,45

B.

	$\text{NH}_4\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$)				EQR $\text{NH}_4\text{-N}$		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	7	<11	11–16	>16	1–0,63	<0,63–0,45	<0,45
LL2	7	<11	11–16	>16	1–0,63	<0,63–0,45	<0,45
LL3	7	<11	11–16	>16	1–0,63	<0,63–0,45	<0,45
LL4	7	<11	11–16	>16	1–0,63	<0,63–0,45	<0,45
LG	7	<11	11–16	>16	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 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.

4.3.3 Súrnumarástand, basavirkni, leiðni, súrefnisástand 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 jafnframt mælikvarði á ýmsa mikilvæga efnaferla og frumframleiðni í vatninu. Breyting á sýrustigi umfram eðlilegar árstíðabundnar breytingar getur verið svar við álagi af mannavöldum eða við náttúrulegum atburðum. Hér er lagt til að meta ástand bæði út frá pH hækkun og pH lækkun þar eð hvorutveggja getur haft alvarleg áhrif á vatnalífriki. Þess vegna eru gefnar upp tvær töflur fyrir sýrustig (pH), pH hækkun (töflur 26 og 27) og pH lækkun (töflur 28 og 29).

A) pH hækkun. Hækkun á pH gildi 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. Markmiðið með því að nota pH hækkun að sumri sem gæðapátt er að vakta frumframleiðnitoppa og mögulega næringarefnaákomu. Miðað er við að hámarksgildi pH að sumri fari ekki yfir skilgreind mörk fyrir hverja vatnagerð. Í næringarsnauðum vötnum (e. oligotrophic) sem eru einkennandi fyrir Ísland er hámarksgildi pH skýr mælikvarði á þá frumframleiðni sem er til staðar við náttúrulegar aðstæður. Fari mæligildi yfir tilskilið viðmiðunarhámark miðað við náttúrulegan breytileika sýrustigs hefur næringarefnaákoma 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 ástandsflokkanna *mjög gott* og *gott ástand* miðast við viðmiðunargildið að viðbættum 10% af spönn mælinga í hverri vatnagerð. Mörk á milli flokkanna *gott ástand* og *ekki viðunandi* er miðað við viðmiðunargildið að viðbættum 30% af spönn mælinganna. Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokkanna fyrir vatnagerðir á hálendi eru byggð á sérfræðipækkingu.

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir pH hækkun er reiknað á eftirfarandi hátt í jöfnu 13.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Viðmiðunargildi hámarks pH}}{\text{Hámarksgildi pH í vöktuðu vatnshlot}} \quad \text{Jafna 13}$$

Hámarksgildi pH í vöktuðu vatnshloti í jöfnu 13 er það hámarksgildi pH sem mælist yfir sumartímann í hverju vatnshloti sem vaktað er. Viðmiðunargildi fyrir hámarksgildi pH eru gefin upp í töflu 26 fyrir straumvötn og í töflu 27 fyrir stöðuvötn.

Tafla 26. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokkanna og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir hámarksgildi pH í straumvötnum á Íslandi.

Straumvötn							
	Hámarksgildi pH				EQR pH		
Vatnagerð	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	<0,97–0,91	<0,91
RL2	9,8	<10	10–11	>11	1–0,97	<0,97–0,92	<0,92
RL3	9,2	<9,5	9,5–10	>10	1–0,97	<0,97–0,92	<0,92
RL4	8,9	<9,0	9,0–9,3	>9,3	1–0,99	<0,99–0,96	<0,96
RH1	8,0	<8,1	8,1–8,5	>8,5	1–0,99	<0,99–0,94	<0,94
RH2	8,7	<9,0	9,0–9,4	>9,4	1–0,97	<0,97–0,93	<0,93
RH3	8,0	<8,1	8,1–8,3	>8,3	1–0,99	<0,99–0,96	<0,96
RG	9,8	<10	10–11	>11	1–0,97	<0,97–0,92	<0,92

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

Tafla 27. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokkanna og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir hámarksgildi pH í stöðuvötnum á Íslandi.

Stöðuvötn							
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Hámarksgildi pH			EQR pH		
		Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	9,9	<10	10–11	>11	1–0,97	<0,97–0,92	<0,92
LL2	9,7	<10	10–11	>11	1–0,97	<0,97–0,92	<0,92
LL3	10	<10	10–11	>11	1–0,97	<0,97–0,91	<0,91
LL4	9,1	<9,3	9,3–9,8	>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* eru ekki metin hér.

Jökulvötn LG*: Gögn eru að mestu byggð á mælingum úr lónum vatnsaflsvirkjana. Líkur má leiða að því að spönnin sé lægri í lónum vatnsaflsvirkjana 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 og byggjast á niðurstöðum mælinga á pH í straum- og stöðuvötnum á Íslandi. Ómenguð úrkoma hefur pH um 5,7 en er að jafnaði á milli pH 6 og 7 þegar hún fellur til jarðar vegna efnahvarfa í andrúmslofti (Gerður Stefánsdóttir o.fl., 2017). Eftir að hún fellur til jarðar valda enn frekari 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 vegna sýringar af völdum mengunar eða eldgosa. Miðað var við að hafa mörkin ekki of lág þannig að viðvörun um breytt ástand komi snemma í ljós ef pH vatnsins byrjar að lækka. Mörkin á milli *mjög góðs* og *góðs ástands* sem hér eru lögð fram eru mun hærri en í nágrannalöndum okkar og langt frá því að valda neikvæðum áhrifum á lífríki. Færa má rök fyrir lægri mörkum á milli *góðs ástands* og *ekki viðunandi* en lagt er til í töflum 28 og 29, en ef það væri gert myndi gæðapátturinn ekki bregðast við aukinni ákomu síru fyrr en alltof seint. Ætla má að vatn á eldri berggrunni á Íslandi (vatnagerðir 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 14). Sé mældu pH gildið herra en viðmiðunargildið reiknast gæðahlutfallið herra en 1. Í þeim tilvikum þarf að setja það jafnt og 1.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{pH mælt}}{\text{pH viðmiðunargildi}} \quad \text{Jafna 14}$$

Mælt pH gildi í vöktuðu vatnshloti í jöfnu 14 er meðalgildi pH í hverju vatnshloti yfir tímabilið sem vaktað er. Viðmiðunargildi fyrir pH eru gefin upp í töflu 28 fyrir straumvötn og í töflu 29 fyrir stöðuvötn.

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.

Gögn um sýrustig (pH) eru til í straum- og stöðuvatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Straumvötnin eru Krossá (RL1), Stóra Laxá og Svartá í Bárðardal (RL2), Selá í Vopnafirði og Norðurá (RL3) og Blautakvísl (RL4). Stöðuvötnin eru Vatnshlíðarvatn (LL1), Eystra Gíslholtsvatn (LL2), Ytra Deildarvatn (LL2), Haukadalsvatn (LL3), Másvatn (LL4) og Stóra Fossvatn (LL4). Öll viðmiðunarvatnshlotin flokkast í *mjög góðu ástandi* miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér.

Tafla 28. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir pH lækkun í straumvötnum á láglendi og jökulám.

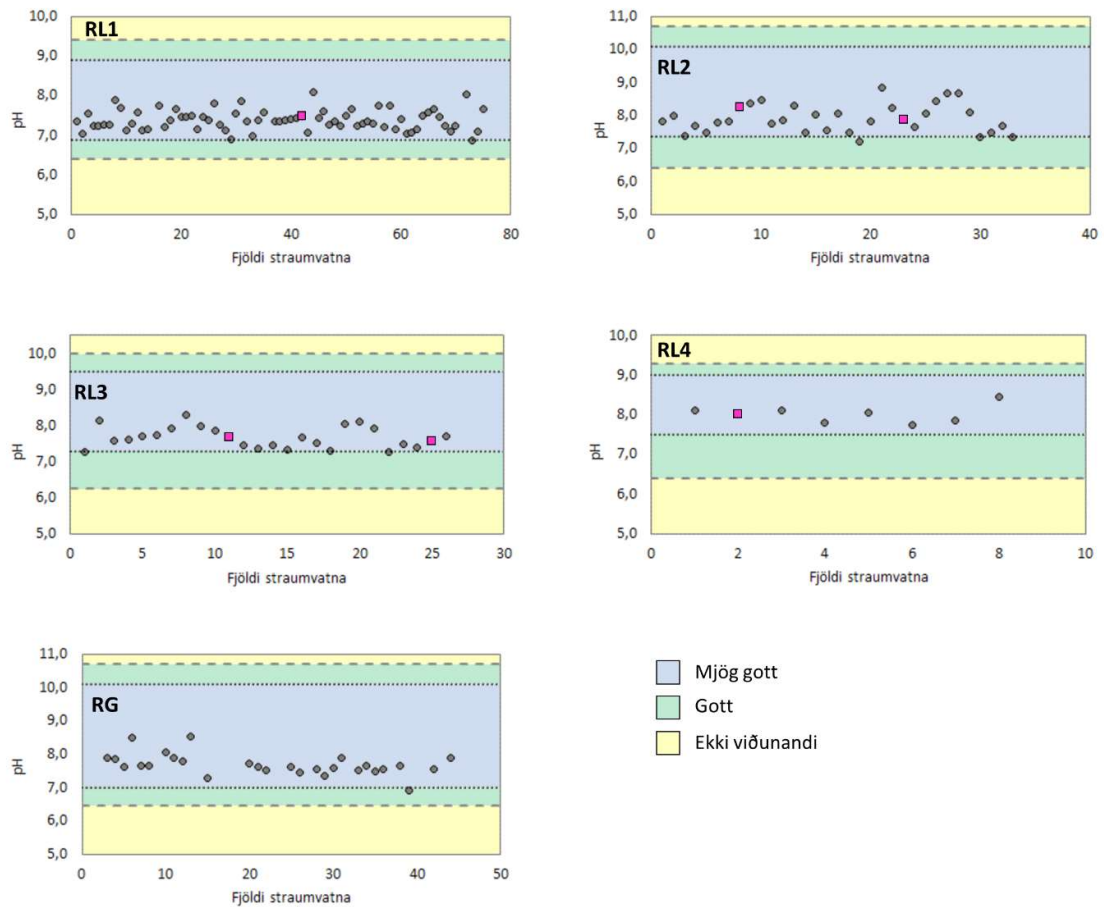
Straumvötn							
Vatnagerð	Lækkun á pH				EQR pH		
	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	7,3	>6,9	6,9–6,4	<6,4	1–0,94	<0,94–0,87	<0,87
RL2	7,8	>7,3	7,3–6,4	<6,4	1–0,94	<0,94–0,82	<0,82
RL3	7,6	>7,2	7,2–6,2	<6,2	1–0,95	<0,95–0,82	<0,82
RL4	8,0	>7,7	7,7–6,3	<6,3	1–0,96	<0,96–0,79	<0,79
RG	7,9	>7,0	7,0–6,5	<6,5	1–0,88	<0,88–0,82	<0,82

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

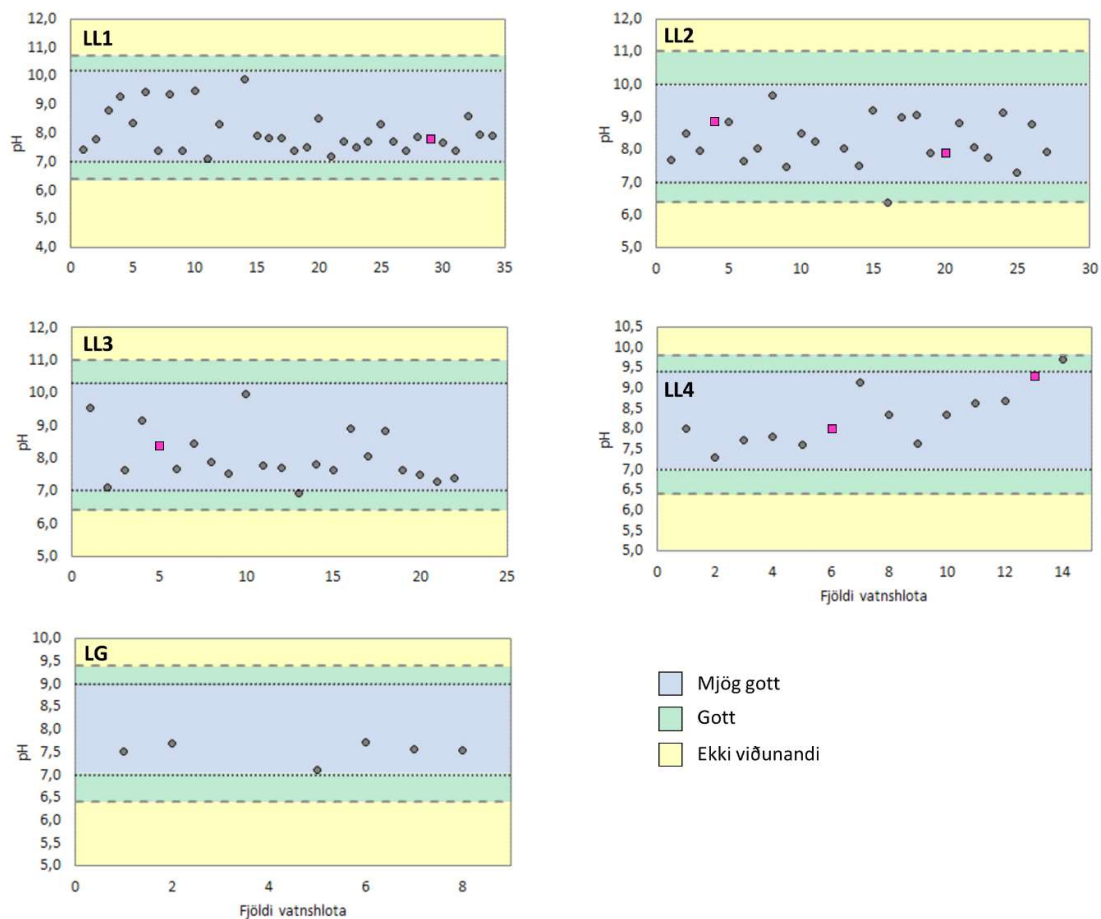
Tafla 29. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir pH lækkun í stöðuvötnum á láglendi og í jökulskotnum vötnum/lónum.

Stöðuvötn							
Vatnagerð	Lækkun á pH				EQR pH		
	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	7,8	>7,0	7,0–6,4	<6,4	1–0,90	<0,90–0,82	<0,82
LL2	8,1	>7,0	7,0–6,4	<6,4	1–0,87	<0,87–0,76	<0,76
LL3	8,4	>7,0	7,0–6,4	<6,4	1–0,83	<0,83–0,76	<0,76
LL4	7,7	>6,9	6,9–6,4	<6,4	1–0,90	<0,90–0,83	<0,83
LG	7,5	>7,1	7,1–6,4	<6,4	1–0,95	<0,95–0,85	<0,85

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



Mynd 21. Meðalgildi pH í straumvötnum 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.



Mynd 22. Meðalgildi pH í stöðuvötnum þar sem gögn eru fyrirliggjandi. 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.

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 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 og mörk á milli ástandsflokkanna

Viðmiðunargildi fyrir basavirkni vatnagerða miðast við miðgildi mælinga í óröskuðum straumvötnum á Íslandi. 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 með sérfræðimati (töflur 30 og 31, myndir 23 og 24). Ástandsviðmið fyrir basavirkni í stöðuvötnum eru sett með sérfræðimati með stuðningi af þeim gögnum sem til eru í stöðuvötnum á Íslandi, auk þess sem horft var til gagna úr straumvötnum.

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir basavirkni er reiknað út frá mældri basavirkni í vatnshloti og viðmiðunargildi þess (jafna 15). Sé mæld basavirkni hærri en viðmiðunargildið reiknast gæðahlutfallið hærra en 1. Í þeim tilvikum þarf að setja það jafnt og 1.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Basavirkni mæld}}{\text{Viðmiðunargildi basavirkni}} \quad \text{Jafna 15}$$

Mæld basavirkni í jöfnu 15 er meðaltal mælinga á basavirkni sem mælist í hverju vatnshloti á vöktunartímabilinu. Viðmiðunargildi fyrir basavirkni eru gefin upp í töflu 30 fyrir straumvötn og töflu 31 fyrir stöðuvötn.

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

Gögn um basavirkni eru til í straum- og stöðuvatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Straumvötnin eru Krossá (RL1), Stóra Laxá (RL2), Selá í Vopnafirði (RL3), Norðurá (RL3) og Blautakvísl (RL4). Stöðuvötnin eru Eystra Gíslholtvatn (LL2), Mátavatn (LL4) og Stóra Fossvatn (LL4). Öll viðmiðunarvatnshlotin flokkast í *mjög góðu* ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér.

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

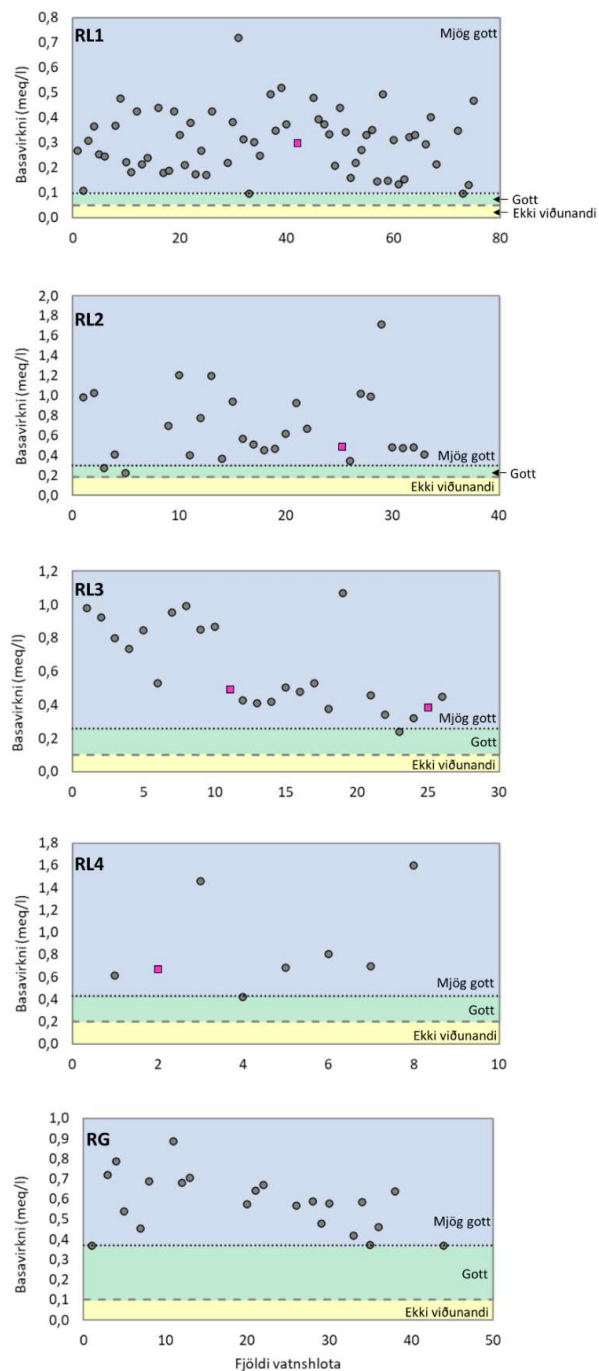
Straumvötn							
	Basavirkni (alkalinity) meq/l				EQR basavirkni (alkalinity)		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	0,31	>0,10	0,10–0,05	<0,05	1–0,32	<0,32–0,16	<0,16
RL2	0,54	>0,30	0,30–0,10	<0,10	1–0,55	<0,55–0,19	<0,19
RL3	0,50	>0,26	0,26–0,10	<0,10	1–0,52	<0,52–0,20	<0,20
RL4	0,69	>0,43	0,43–0,20	<0,20	1–0,62	<0,62–0,29	<0,29
RG	0,58	>0,36	0,36–0,20	<0,20	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.

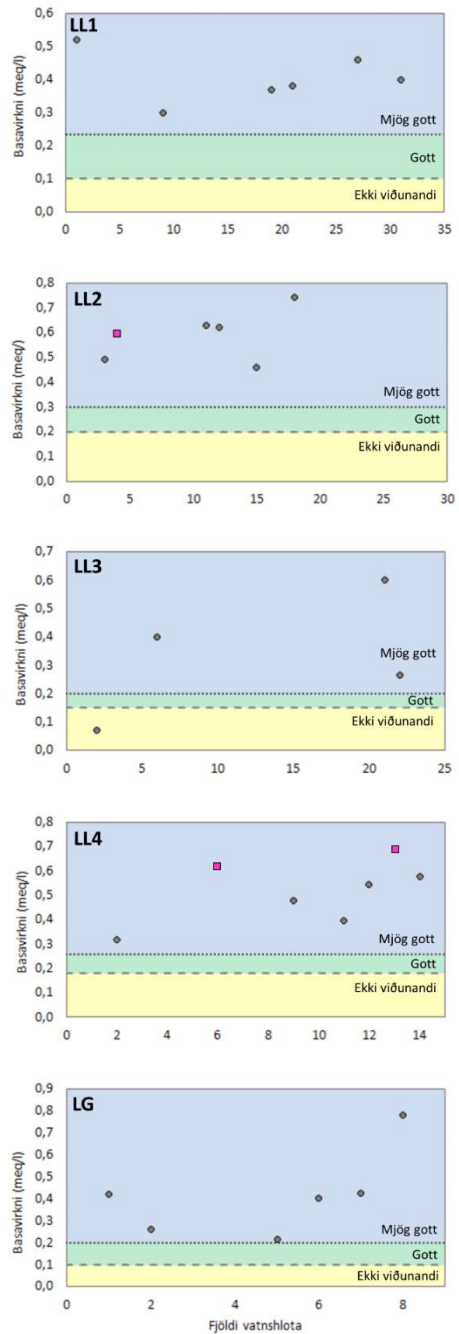
Tafla 31. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir basavirkni í stöðuvötnum í vatnagerðum á láglendi og í jökulskotnum vötnum.

Stöðuvötn							
	Basavirkni (alkalinity) meq/l				EQR basavirkni (alkalinity)		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	0,39	>0,23	0,23–0,10	<0,10	1–0,60	<0,60–0,26	<0,26
LL2	0,61	>0,30	0,30–0,20	<0,20	1–0,50	<0,50–0,33	<0,33
LL3	0,33	>0,20	0,20–0,15	<0,15	1–0,60	<0,60–0,45	<0,45
LL4	0,44	>0,26	0,26–0,18	<0,18	1–0,60	<0,60–0,40	<0,40
LG	0,26	>0,21	0,21–0,10	<0,10	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 straumvötnum 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.



Mynd 24. Meðaltal mælinga á basavirkni í stöðuvötnum þar sem gögn eru fyrirliggjandi. Blár litur nær yfir flokkinn mjög gott ástand, grænn litur yfir gott ástand og gulur yfir ekki viðunandi ástand. Viðmiðunaratnshlot 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 aðstæðum, s.s. jarðhitavatni, 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 hærri en í RL2a (tafla 32).

Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokkanna

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 sérfræðialiti 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 R. 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 búið 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 16.

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

Rafleiðni getur mælst lægri en viðmiðunargildið þar sem viðmiðunargildið er fundið út frá miðgildi gagna úr öröskuðum 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 ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir rafleiðni í straumvötnum á Íslandi.

Straumvötn							
	Rafleiðni (µS/cm)				EQR rafleiðni		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
RL1	56	<86	86–112	>112	1–0,65	<0,65–0,50	<0,50
RL2a	66	<100	100–143	>143	1–0,66	<0,66–0,46	<0,46
RL2b	115	<151	151–209	>209	1–0,76	<0,76–0,55	<0,55
RL3	91	<137	137–182	>183	1–0,66	<0,66–0,50	<0,50
RL4	132	<197	197–264	>264	1–0,67	<0,67–0,50	<0,50
RG	80	<118	118–160	>160	1–0,68	<0,68–0,50	<0,50

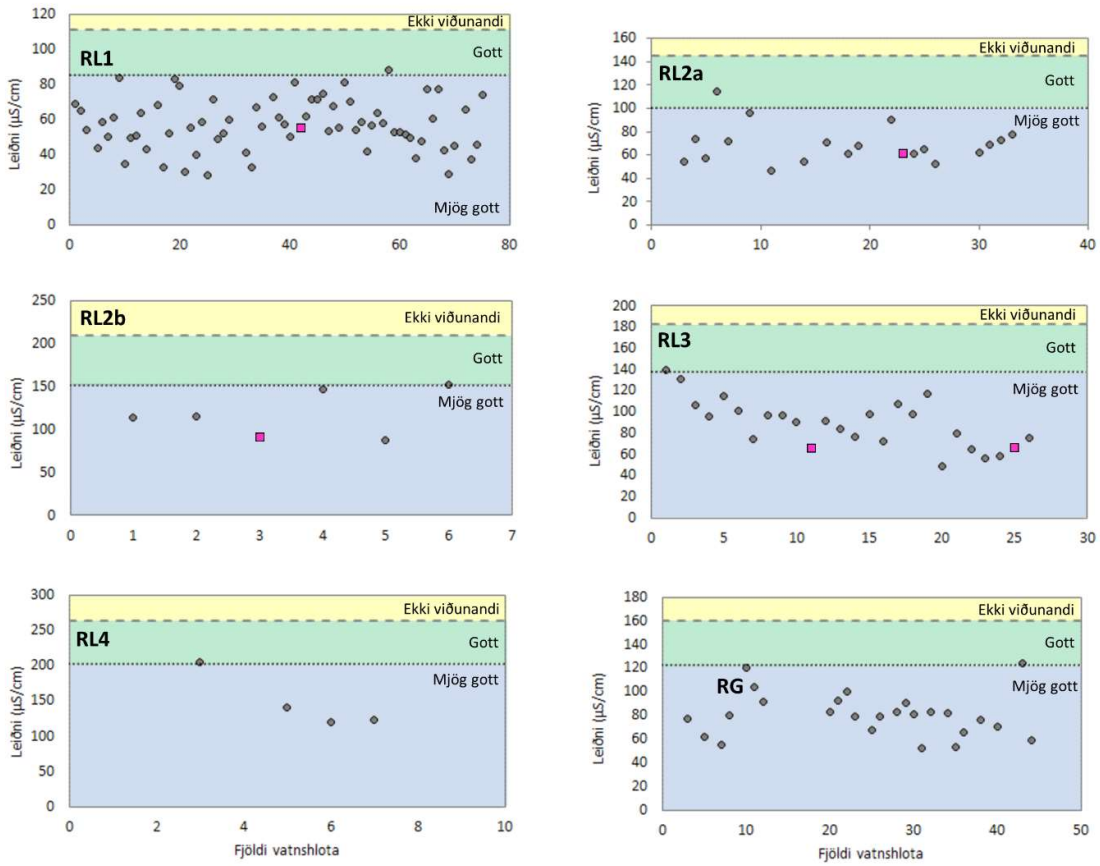
Ekki viðunandi*: Mörk á milli flokkanna ekki viðunandi ástand og lélegt ástand eru ekki metin hér.

Tafla 33. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir rafleiðni í stöðuvötnum á Íslandi.

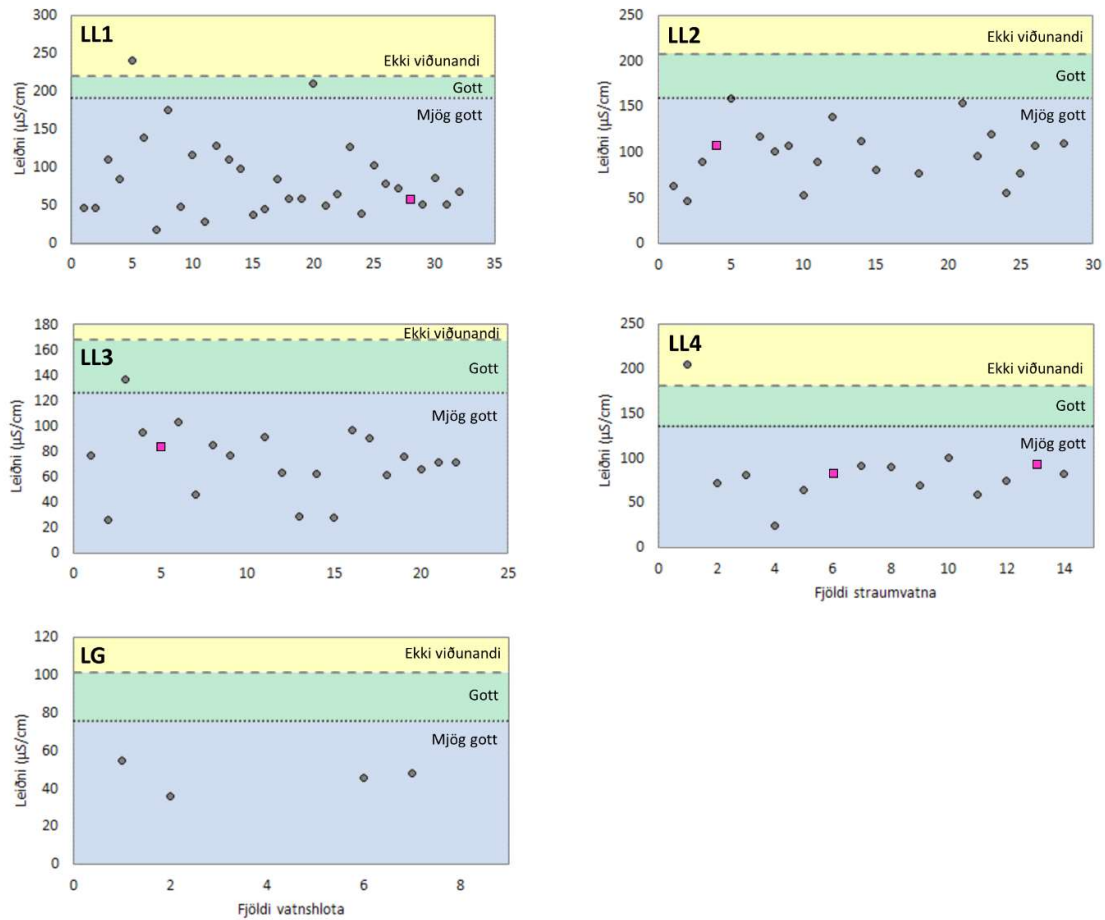
Stöðuvötn							
	Rafleiðni (µS/cm)				EQR rafleiðni		
Vatnagerð	Viðmiðunargildi	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi*
LL1	110	<183	183–220	>220	1–0,60	<0,60–0,50	<0,50
LL2	104	<160	160–208	>208	1–0,65	<0,65–0,50	<0,50
LL3	76	<127	127–169	>169	1–0,60	<0,60–0,45	<0,45
LL4	82	<137	137–182	>182	1–0,60	<0,60–0,45	<0,45
LG	47	<78	78–104	>104	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 um leiðni eru til í straum- og stöðuvatnshlotum sem skilgreind hafa verið sem viðmiðunarvatnshlot. Straumvötnin eru Krossá (RL1), Stóra Laxá (RL2), Svartá í Bárðardal (RL2), Selá í Vopnafirði (RL3) og Norðurá (RL3). Stöðuvötnin eru Vatnshlíðarvatn (LL1), Eystra Gíslholtvatn (LL2), Ytra Deildarvatn (LL2), Haukadalsvatn (LL3), Mátavatn (LL4) og Stóra Fossvatn (LL4). Viðmiðunarvatnshlotin flokkast öll í mjög góðu ástandi miðað við þær forsendur sem settar eru fram hér.



Mynd 25. Meðalgildi rafleiðni í straumvöðnum 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.



Mynd 26. Meðalgildi rafleiðni í stöðuvötnum 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.

4.3.3.4 Súrefnisástand

Í ljósi þess að mjög lítið er til af mælingum á súrefni í straum- og stöðuvötnum verða ástandsviðmið í upphafi byggð á flokkunarkerfi sem sett hefur verið fram fyrir tær vötn í Noregi, t.d. norsku vatnagerðirnar LN1 og RN1 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Viðmiðunargildi og mörk á milli ástandsflokka eru sett fram í töflu 34.

Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir súrefnisinnihald í straum- og stöðuvötnum er reiknað út frá mældum súrefnisstyrk og viðmiðunargildi þess (jafna 17). 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 vanndirektivet, 2018). Gefin eru upp mörk fyrir 50% og 5% dreifingu mæligilda í hverju vatnshloti á hverjum tíma. Þessari töflu skal þó taka með þeim fyrirvara að mettun súrefnis er mjög hitastigsháð og því nauðsynlegt að hafa það í huga við ástandsflokkun vatnshlota. Lagt er til að viðmiðunargildi og mörk ástandsflokka verði tekið til endurskoðunar þegar gögnum hefur verið safnað og jafnvel gefin upp sem mettun súrefnis í vatni frekar en styrkur.

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{O_2 \text{ mælt}}{O_2 \text{ viðmiðunargildi}} \quad \text{Jafna 17}$$

Tafla 34. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokka og vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) fyrir súrefnisástand í straum- og stöðuvötnum á Íslandi. Gildin eru þau sömu og miðað er við í Noregi (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Þessum gildum skal taka með fyrirvara því að mettun súrefnis er mjög háð hitastigi.

Stöðuvötn og straumvötn							
Allar vatnagerðir	Viðmiðunargildi	Súrefni (mg/L)			EQR súrefni		
		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

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

4.3.3.5 Sjóndýpi (Secchi)

Samantekin gögn um sjóndýpi í stöðuvötnum eru í gagnagrunni verkefnisins Natura Ísland (Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl., 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 að í grunnum jafndjúpum stöðuvötnum (<3 m) sést að jafnaði til botns. Séu þau misdjúp getur sjóndýpið þó verið minna en hámarksdýpi vatnanna. Sem dæmi er hámarksdýpi í Eystra Gíslholtsvatni (LL2) 7,7 m og þar mældist sjóndýpi um 5 m. Ekki er gerð tilraun til að setja mörk á milli ástandsflokkanna í grunnum stöðuvötnum þar sem gögn benda til að sjóndýpi sé ekki góður mælikvarði á ástand grunnra vatna. Hins vegar má gera ráð fyrir að sjáist til botns í vötnum sem eru grynri en 3 m (jafndjúp) við náttúrulegt ástand.

Í djúpum bergvötnum er sjóndýpi hins vegar fall af frumframleiðni. Gögnin úr verkefninu 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 18) og þeim mörkum sem sett hafa verið fyrir blaðgrænu *a* í stöðuvötnum (tafla 11). Þessi líking gildir ekki fyrir grunn vötn, jökulvötn eða mýrarvötn.

$$\text{Sjóndýpi í djúpum vötnum} = 7,2 * [\text{blaðgræna } a]^{-0,38} \quad \text{Jafna 18}$$

Tafla 35. Viðmiðunargildi, mörk ástandsflokkanna 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 jafndjúp 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

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

5 Lokaorð

Skýrslan er unnin fyrir Umhverfisstofnun og er hluti af innleiðingu laga um stjórn vatnamála nr. 36/2011. Lögð er fram tillaga að mörkum á milli þriggja efstu ástandsflokkanna hvað varðar líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðabætti sem liggja til grundvallar í fyrsta áfanga innleiðingar stjórnar vatnamála.

Viðmiðunargildin byggja á fyrirbyggjandi upplýsingum og í sumum tilfellum sérfræðimati fyrir hvern gæðabátt. Mjög mismunandi er milli vatnagerða 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 endurspegla ekki breytileika á ársgrundvelli eða á milli ára. Í þeim tilfellum var reynt að byggja á samsvarandi vatnshlotum, t.d. voru gögn úr straumvatnshlotum notuð þar sem ekki voru nægjanleg gögn úr stöðuvatnshlotum. Einnig þurfti að taka tillit til ósamræmis í sýnatöku, meðferð sýna og greiningu þeirra við afmörkun ástandsflokkanna út frá gögnum og sérfræðipækkingu.

Viðmiðunarvatnshlot eiga að endurspegla náttúrulegt ástand og eiga því samkvæmt skilgreiningu að vera í *mjög góðu* ástandi. Í nokkrum tilvikum flokkast viðmiðunarvatnshlot í flokkinn *gott* eða *ekki viðunandi* ástand. Í þeim tilfellum er aðeins um staka mælingu að ræða en ekki meðaltal margra mælinga úr vatnshlotinu. Ástæðan fyrir að viðmiðunarvatnshlot flokkast ekki í *mjög gott ástand* gæti verið af náttúrulegum orsökum, svo sem vegna breytilegs vatnsborðs stöðuvatna, flóða eða eldvirkni. Þetta undirstrikar nauðsyn þess að byggja ástands-flokkun vatnshlota á yfirgripsmiklum mælingum og að mörk ástandsflokkanna séu í sífældri 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 flokkunarkerfisins. 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 viðmiðunarvatnshlot 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 skýrsluna yfir 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

- 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.
- Arnold, G.P. (1966). Observations on *Lepidurus arcticus* (Pallas) (Crustacea, Notostraca) in East Greenland. *Annals and Magazine of Natural History* 9: 599–617. DOI: 10.1080/00222936608651674.
- Bogi B. Björnsson, Kristinn Einarsson & Linda Georgsdóttir (2013). Yfirborðs- og grunnvatnshlot. Verklagsreglur fyrir skilgreiningu vatnshlota. Unnið fyrir Umhverfisstofnun. Veðurstofa Íslands, BBB/KE/LG/2013-01. 23 bls.
- Bogi B. Björnsson, Gerður Stefánsdóttir & Jórunn Harðardóttir (2012). Auðkennisnúmerakerfi íslenskra vatnshlota. Unnið fyrir Umhverfisstofnun. Veðurstofa Íslands, BBB/GSt/JHa/2012-01. 13 bls.
- Borcard, D., Gillet, F. & Legendre, P. (2018). Numerical ecology with R. Önnur útgáfa. Springer, Cham, Sviss. 306 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. DOI: 10.4415/ANN_16_02_20.
- 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.
- Commission Decision 2005/646/EC of 17 August 2005 on the establishment of a register of sites to form the intercalibration network in accordance with Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council (notified under document number C(2005) 3140). Bls. 1–48 í: Official Journal of the European Union, L 243, 19.9.2005. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005D0646&from=EN> [skoðað 17.4.2020].
- Commission Decision (EU) 2018/299/EC of 12 February 2018 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise and repealing Commission Decision 2013/480/EU. Bls. 1–91 í: Official Journal of the European Union, L 47, 20.2.2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018D0229&from=EN> [skoðað 17.4.2020].
- De Cáceres, M. & Legendre, P. (2009). Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* 90: 3566–3574.
- Dettinger-Klemm, P.M.A. (2003). Chironomids (Diptera, Nematocera) of temporary pools – an ecological case-study. Doktorsritgerð, Philipps-Universität Marburg, 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. Bls. 1–73 í: Official Journal of the European Communities, L 327, 22.12.2000. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060> [skoðað 17.4.2020].
- Direktoratsgruppen vanndirektivet (2018). Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 220 bls. <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/>.
- Direktoratsgruppen vanndirektivet (2018). Vedlegg til veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann,

- innsjær og elver. 146 bls. <https://www.vannportalen.no/veiledning/02-2018-vedlegg-til-veileder-klassifisering-av-miljotilstanden-i-vann.pdf/>.
- Elísabet 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. Veðurstofa Íslands, VÍ 2019-002/NÍ 19003/HV 2019-28. 36 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir & Gerður Stefánsdóttir (2019b). Tillögur að líffræðilegum og eðlisefnafræðilegum gæðabáttum til ástandsflokkunar straum- og stöðuvatna á Íslandi. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. Veðurstofa Íslands, VÍ 2019-004/NÍ 19005/HV 2019-55. 38 bls.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Fjóla Rut Svavarsdóttir & Svava Börk Þorlákssdóttir (2020). Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi. Skýrsla til Umhverfisstofnunar. Veðurstofa Íslands, VÍ 2020-007/HV 2020-23/NÍ-20004. 82 bls.
- Ferrington, L.C. & Sæther, O.A. (1987). Male, female, pupa and biology of *Oliveridia hugginsi* n.sp. (Diptera: Chironomidae) 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 á lífríki íslenskra vatna: Samræmdur gagnagrunnur. Skýrsla í vinnslu 2020.
- Friðþjófur Árnason (2014). Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í stöðuvötnum. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Veiðimálastofnun, VMST/14013. 28 bls.
- Gensemer, R.W. & Playle, R.C. (1999). The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 29: 315–450.
- Gerður Stefánsdóttir & Davíð Egilson (2014). Vatnsformfræðilegir gæðabættir – yfirlit yfir úrvinnslumöguleika. Unnið fyrir Umhverfisstofnun. Veðurstofa Íslands, GSt/DE/2014-02. 28 bls.
- Gerður Stefánsdóttir & Halla Margrét Jóhannesdóttir (2013). Gerðir straumvatna og stöðuvatna. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Veðurstofa Íslands, Veiðimálastofnun, VÍ 2013-002/VMST 13007. 28 bls.
- Gerður Stefánsdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir & Svava Björk Þorlákssdóttir (2020a). Tillögur að straumvatnshlotum sem endurspegla mjög gott vistfræðilegt ástand. Unnið fyrir Umhverfisstofnun. Veðurstofa Íslands, GSt/ofl/2020-02. 17 bls.
- Gerður Stefánsdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir & Svava Björk Þorlákssdóttir (2020b). Tillögur að stöðuvatnshlotum sem endurspegla mjög gott vistfræðilegt ástand. Endurútféið með breytingum. Unnið fyrir Umhverfisstofnun. Veðurstofa Íslands, GSt/ofl/2020-01. 11 bls.
- Gerður Stefánsdóttir, Nicole Keller, Árni Sigurðsson, Elín Björk Jónasdóttir, Melissa Pfeffer, Sara Barsotti, Þorsteinn Jóhannesson & Andri Stefánsson (2017). Áhrif eldgossins í Holuhrauni á efnasamsetningu í úrkomu, dreifingu og möguleg áhrifasvæði. Bls. 30–40 í: Bjarni Diðrik Sigurðsson & Gerður Stefánsdóttir (ritstj.). Áhrif Holuhraungossins á umhverfi og heilsu. Rit LbhÍ nr. 83.

- Gísli Már Gíslason (1978). Life cycle of *Limnephilus affinis* Curt. (Trichoptera: Limnephilidae) in Iceland and in Northumberland, England. *Verhandlungen der internationalen 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.
- Gunnar Steinn Jónsson, Iris Hansen, Halla Margrét Jóhannesdóttir & Ingi Rúnar Jónsson (2014). Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Vatnagróður. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Veiðimálfstofnun, VMST/14010. 27 bls.
- Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson, Stefán Már Stefánsson & Þóra Hrafnisdóttir (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, fjölrit 1-03. 33 bls.
- Hörður Kristinsson, Þóra Ellen Þórhallsdóttir & Jón Baldur Hlíðberg (2018). Flóra Íslands. Blómplöntur og byrkningar. Forlagið, Reykjavík. 742 bls.
- Ilyashuk, B.P., Ilyashuk, E.A., Makarchenko, E.A. & Heiri, O. (2010). Midges of the genus *Pseudodiamesa* Goetghebuer (Diptera, Chironomidae): current knowledge and palaeoecological perspective. *Journal of Paleolimnology* 44: 667–676.
- ISO 10260:1992 (1992). Water quality – Measurement of biochemical parameters – Spectrometric determination of the chlorophyll-a concentration. Staðlaráð Íslands, Reykjavík. 6 bls. <https://www.stadlar.is/stadlabudin/vara/?ProductName=ISO-10260-1992>.
- ÍST EN 10870:2012 (2012). Water quality – Guidelines for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters. Staðlaráð Íslands, Reykjavík. 26 bls. <https://www.stadlar.is/stadlabudin/vara/?ProductName=IST-EN-ISO-10870-2012>.
- ÍST EN 15196:2006 (2006). Water quality – Guidance on sampling and processing of the pupal exuviae of Chironomidae (Order Diptera) for ecological assessment. Staðlaráð Íslands, Reykjavík. 9 bls. <https://www.stadlar.is/stadlabudin/vara/?ProductName=IST-EN-15196-2006>.
- ÍST EN 15460:2007 (2007). Water quality – Guidance standard for the surveying of macrophytes in lakes. Staðlaráð Íslands, Reykjavík. 20 bls. <https://www.stadlar.is/stadlabudin/vara/?ProductName=IST-EN-15460-2007>.
- ÍST EN 16150:2012 (2012). Water quality – Guidance on pro-rata Multi-Habitat sampling of benthic macro-invertebrates from Wadeable rivers. Staðlaráð Íslands, Reykjavík. 14 bls. <https://www.stadlar.is/stadlabudin/vara/?ProductName=IST-EN-16150-2012>.

- IST EN ISO 5667-3:2018 (2018). Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples. Staðlaráð Íslands, Reykjavík. 52 bls. <https://www.stadlar.is/stadlabudin/vara/?ProductName=IST-EN-ISO-5667-3-2018>.
- 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. Umhverfisstofnun, UST-2020:09. 48 bls.
- Kristensen, P., Whalley, C., Zal, F.N.N. & Christiansen, T. (2018). European waters. Assessment of status and pressures 2018. EEA Report No 7/2018. European Environment Agency. ISBN 978-92-9213-947-6. 85 bls.
- Kristín Lóa Ólafsdóttir (2012). Vöktun Kiðafellsár, Leirvogsár og Úlfarsár árið 2009. Samantekt unnin fyrir Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur. 57 bls.
- Lakka, H.-K. (2013). The ecology of a freshwater Crustacean: *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda; Notostraca) in a high Arctic region. Mastersritgerð, University Centre in Svalbard, University of Helsinki. 151 bls.
- Lento, J., Goedkoop, W., Culp, J., Christoffersen, K.S., Kári Fannar Lárusson, Fefilova, E., Guðni Guðbergsson, Liljaniemi, P., Jón S. Ólafsson, Sandøy, S., Zimmerman, C., Christensen, T., Chambers, P., Heino, J., Hellsten, S., Kahlert, M., Keck, F., Laske, S., Chun Pong Lau, D., Lavoie, I., Levenstein, B., Mariash, H., Rühland, K., Saulnier-Talbot, E., Schartau, A.K. & Svenning, M. (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.
- Lög um stjórn vatnamála nr. 36/2011.
- 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. Bls. 170–214 í: Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir & María Harðardóttir (ritstj.). Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54.
- Moller Pillot, H.K.M. (2009). Chironomidae larvae II. Biology and ecology of the Chironomini. KNNV Publishing, Zeist, Holland. 270 bls.
- Moller Pillot, H.K.M. (2013). Chironomidae larvae. Biology and ecology of the aquatic Orthoclaadiinae. KNNV Publishing, Zeist, Holland. 316 bls.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, 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. Environmental Chemistry Letters 13: 69–87. doi.org/10.1007/s10311-015-0491-9.
- Penning, W.E., Mjelde, M., Dudley, B., Hellsten, S., Hanganu, J., Kolada, A., van den Berg, M., Poikane, S., Phillips, G., Willby, N. & Ecke, F. (2008). Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes. Aquatic Ecology 42: 237–251.
- Reglugerð um (4.) breytingu á reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun nr. 982/2015.
- Reglugerð um (4.) breytingu á reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns nr. 981/2015.
- Reglugerð um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun nr. 535/2011.
- Reglugerð um stjórn vatnamála nr. 935/2011.

- Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999.
- Ruse, L.P. (2000). A simple key to canal water quality based on chironomid pupal exuviae. Bls. 405–413 í: Hoffrichter, O. (ritstj.). 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 Elliðaánna 1997–1998. Skýrsla Raunvísindastofnunar, RH-19-98. 100 bls.
- Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Bogi Brynjar Björnsson & Sigmar Metúsalemsson (2019). Möguleg mengun vatns vegna landbúnaðar: Helstu álagsþættir og mat á gögnum. Unnið fyrir Umhverfisstofnun. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-19011/VÍ 2019-014. 26 bls.
- Tryggvi Þórðarson (2007). Flokkun vatna á Kjósarsvæði. Varmá. Endurflokkun. Unnið fyrir Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. Háskólasetrið í Hveragerði. 19 bls.
- Vallenduuk, H.J. & Moller Pillot, H.K.M. (2007). Chironomidae larvae of the Netherlands and adjacent lowlands. 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. REBECCA Deliverable 10. Institute for Environment and Sustainability. EUR 22722 EN. 23 bls.
- WFD CIS (2003). Guidance document no. 10. River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. [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].
- WFD CIS (2005). Guidance document no. 13. Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. [https://circabc.europa.eu/sd/a/06480e87-27a6-41e6-b165-0581c2b046ad/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20\(WG%20A\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/06480e87-27a6-41e6-b165-0581c2b046ad/Guidance%20No%2013%20-%20Classification%20of%20Ecological%20Status%20(WG%20A).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. 176 bls.
- Þórólfur Antonsson, Leó A. Guðmundsson, Ingi Rúnar Jónsson & Guðmunda Björg Þórðardóttir (2014). Mat á vistfræðilegu ástandi vatnshlota: Laxfiskar í straumvötnum. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Veiðmálastofnun, VMST/14007. 25 bls.

Viðauki I

Yfirlit yfir skilgreindar vatnagerðir eru byggðar á lýsum sem skilgreindir hafa verið í áður útkomum skýrslum (Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir, 2013; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2019a).

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%

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 sérfræðialíti

Viðauki II

Plöntutegundir sem notaðar voru við útreikninga á næringarefnavísunum (Tlc).

* Flokkun tegundar byggist á færri en fjórum athugunum.

** Tegund er ekki notuð við útreikninga á næringarefnavísunum (Tlc).

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

Viðauki III

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

Hópur	Til staðar við náttúruleg skilyrði í flokkum	Líkleg viðbrögð við mismunandi álagi			Heimild
		Súrnun	Næringarefna-auðgun	Breyting á vatnsformfræði	
Rykmý (Insecta, Diptera)					
<i>Diamesa bertrami</i>	RL1, RL2	?	hverfur	?	Wilson & Ruse, 2005
<i>Eukiefferiella minor</i>	RL1, RL2, RL3	?	hverfur	?	Moller Pillot, 2013
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	RL1, RL2, RL3	þolir	gæti þolað	gæti fækkað	Moller Pillot, 2013; Wilson & Ruse, 2005
<i>Orthocladius frigidus</i>	RL1, RL2, RL3	?	hverfur	?	Moller Pillot, 2013; Wilson & Ruse, 2005
<i>Thienemanniella sp.</i>	RL1, RL2, RL3	?	gæti þolað	hverfur	Moller Pillot, 2013; Wilson & Ruse, 2005
<i>Micropsectra sp.</i>	RL1, RL2, RL3	?	þolir	?	Wilson & Ruse, 2005
Önnur skordýr (Insecta)					
<i>Limnephilus affinis</i>	RL2	hverfur	?	fækkar	Gísli Már Gíslason, 1978; Andersen o.fl., 1990
Simuliidae	RL2, RL3	þolir	hverfur	hverfur	Maitland & Penney, 1967; Chmielewski & Hall, 1993; Ciadamidaro o.fl., 2016
<i>Clinocera stagnalis</i>	RL2, RL3	?	?	?	

Viðauki IV

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

Hópur	Til staðar við náttúruleg skilyrði	Líkleg viðbrögð við mismunandi álagi			Heimild
		Súrnun	Næringar-efnaauðgun	Breyting á vatnsformfræði	
Rykmý (Insecta, Diptera)					
<i>Rheocricotopus effusus</i>	LL1, LL2	?	?	gæti fækkað	Vallenduuk & Moller Pillot, 2007
<i>Diamesa</i> spp. (<i>bohemani/zernyi</i>)	LH2	?	?	?	
<i>Pseudodiamesa nivosa</i>	LH2	þolir	?	?	Ilyashuk o.fl., 2010
<i>Oliveridia tricornis</i>	LH2	?	hverfur	?	Ferrington & Sæther, 1987
<i>Macropelopia</i> sp.	LL2	þolir	þolir?	?	Vallenduuk & Moller Pillot, 2007
<i>Arctopelopia</i> sp.	LL2	þolir	hverfur	fækkar	Vallenduuk & Moller Pillot, 2007; Ruse, 2000
<i>Ablabesmyia monilis</i>	LL2	þolir	þolir	gæti fækkað	Vallenduuk & Moller Pillot, 2007
<i>Paracladopelma</i> sp.	LL2	hverfur	hverfur	fækkar	Vallenduuk & Moller Pillot, 2007
<i>Procladius islandicus</i>	LL2	þolir	?	hverfur	Vallenduuk & Moller Pillot, 2007; Dettinger-Klemm, 2003
<i>Orthocladius frigidus</i>	LL4	?	hverfur	?	Vallenduuk & Moller Pillot, 2007
Krabbadýr (Crustacea)					
<i>Lepidurus arcticus</i>	LH2 (LH1)	hverfur	þolir	fækkar	Lakka, 2013; Arnold, 1966
<i>Diaptomus</i> spp.	LH1				
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 Direktoratsgruppen vanndirektivet (2018).

Hryggleysingjar	Súrnunarpólsstuðull s_k
<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 ákvörðun ástandsflokka fyrir líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðaþætti 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 ákvörðun ástandsflokka var að nota einungis gögn úr vatnshlotum sem voru ekki undir álagi af mannavöldum og ætla mætti að ástand væri mjög gott. Einnig þurfti sýnataka og úrvinnsla sýna að vera af ásættanlegum gæðum. Einhverjar undantekningar voru á þessu, einkum hvað varðar sýrustig og leiðni, en einungis voru notuð gögn að vel athuguðu máli. Þá var hvert tilvik skoðað með það í huga hvort um frávik frá náttúrulegum aðstæðum væri að ræða. Önnur undantekning frá reglunni varðar stöðuvötn sem falla í flokkinn jökulskotin stöðuvötn. Þar eru svo til einungis um gögn úr virkjanalónum að ræða. Skoða þarf með frekari mælingum á náttúrulegu ástandi jökulskotinna stöðuvatna hvort það sé ásættanlegt. Þar sem ekki var nægjanlegt gagnamagn til staðar var stuðst við sérfræðiálit, sem byggðist á fyrirbyggjandi gögnum þótt rýr væru. Nokkuð af gögnum voru notuð úr straum- og stöðuvötnum sem eru ekki skilgreind sem vatnshlot þar eð þau ná ekki tilskilinni stærð. Í þeim tilvikum var metið sérstaklega hvaða vatnagerð þau tilheyrðu. Nauðsynlegt er að nýta öll gögn sem kostur er á, enda á ástandsflokkunarkerfið að ná utan um allt yfirborðsvatn þó svo að vatnshlotin nái ekki tilskilinni viðmiðunarstærð sem gengið er út frá við afmörkun vatnshlota. Samtals eru notuð gögn úr 56 stöðuvötnum og fimm vatnsföllum sem ekki eru skilgreind sem vatnshlot. Þau eru merkt sem handflokkuð (handfl.) í dálkinum vatnshlota nr. í töflunum hér að neðan.

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

Vatnagerð	Fjöldi vatnshlota	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar	Vatna-plöntur	Hrygg-leysingar
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.13. Yfirlit yfir vatnshlot þar sem fyrirbyggjandi gögn voru notuð til að skilgreina ástandsviðmið vatnagerða miðað við líffræðilega og eðlisefnafræðilega gæðapætti. Eðlisefnafræðilegum þáttum er skipt annars vegar í eðlisfræðileg gögn og fellur þar undir sýrustig og leiðni og hins vegar í efnafræðileg gögn sem taka til mælinga á basavirkni (alkalinity), fosfati (PO_4), nitrati (NO_3) og ammóníum (NH_4). Ekki voru allir þættir mældir hverju sinni. Sýrustig og leiðni voru algengustu mælibreyturnar, en basavirkni var mæld í rúmlega 60% tilfella. Að jafnaði var mæling á fosfati og nitrati gerð samhliða en mæling á ammóníum í um 85% tilfella.

Tafla VI.2. Stöðuvötn af jökulgerð (LG) þar sem mælingar á gæðaþáttum 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)	Vatnablöntur	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
Háslón	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
Sultartangelón	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 vatnagerð LL1 þar sem mælingar á gæðaþáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingar	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, Hrótafjarðarhálsi	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hólmavatn, Tvídægru	104-430-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hólsvatn, Mýrum	104-523-L	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Hrútsvatn, Reykhólasveit	Handfl.	LL1	x	x	x	x		Ósúð sýni
Högnavatn, Þorskaftafjarðarheiði	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, Þorskaftafjarðarheiði	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
Vatnsholtavatn, 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 vatnagerð LL2 þar sem mælingar á gæðaþáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

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

Tafla VI.5, Stöðuvötn af vatnagerð LL3 þar sem mælingar á gæðafáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

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

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

Nafn vatns/ vatnshlotts	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnifræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnaþlöntur	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 Sjó	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				
Úlfjótssvatn	104-2231-L	LL4					x	Ósúð sýni
Þingvallavatn	104-2232-L	LL4	x	x	x			
Þríhyrningsvatn	102-1753-L	LL4					x	
Þristikluvatn, Norðurþingi	102-1495-L	LL4	x	x	x	x		Ósúð sýni

Tafla VI.7. Stöðuvötn af vatnagerðum LH1 og LH2 þar sem mælingar á gæðapáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

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

Tafla VI.8. Straumvötn af vatnagerð RG (jökulár) þar sem mælingar á gæðapáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnaplöntur	Hryggleysingjar	Álag og áhrifabættir
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.9. Straumvötn af vatnagerð RL1 þar sem mælingar á gæðaþáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (bláðgræna)	Vatnablöntur	Hryggleysingar	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			
Breiðabólísá	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, Ljósavattnsskarði	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.9. Framhald RL1.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Pörungar (blaðgræna)	Vatnaplöntur	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.9. Framhald RL1.

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Pörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	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, Reykjarfirir	101-43-R	RL1	x	x	x			
Sandaá, Dýrafirði	101-463-R	RL1	x		x			
Sandsá Önunðafirði	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			
Sunndalsá	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 Hrótafirði	101-1452-R	RL1	x	x	x			
Þorskafjarðará	101-509-R	RL1	x	x	x			

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

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnifræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnplöntur	Hryggleysingar	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			
Skjálfandafliót 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 vatnagerð RL3 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
Andakílsá 1	104-144-R	RL3	x	x				Vatnsborðsstýring
Bakkaá í Bakkafirði	102-1354-R	RL3	x	x				
Bakkaá í Hrótafirði	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			
Hnefilsdalsá	102-1129-R	RL3	x	x				
Hofsá í Vopnafirði	102-1317-R	RL3	x	x	x			
Hrafngerðisá	102-1114-R	RL3	x	x	x			
Hrótafjarðará	101-1865-R	RL3	x					
Hölkna í Bakkafirði	102-1365-R	RL3	x	x	x			
Hölkna í Þistilfirði	102-1402-R	RL3	x	x	x			
Kollavíkurá	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 Hrótafirði	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, Þverárhlið	104-208-R	RL3	x		x			

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

Nafn vatns/ vatnshlots	Vatnshlota nr.	Vatnagerð	Eðlisfræðigögn	Efnafræðigögn	Þörungar (blaðgræna)	Vatnablöntur	Hryggleysingar	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 gæðapáttum voru notaðar við skilgreiningu á viðmiðunaraðstæðum.

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



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna