



Gerðir straumvatna og stöðuvatna

Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar



Veðurstofa Íslands
VÍ 2013-002

Veiðimálastofnun
VMST 13007

Gerðir straumvatna og stöðuvatna

Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Ritstjórar

Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir

Lykilsíða

Dags.:

Mars 2013

Dreifing:

Upplag: 25

Opin **Lokuð**

Titill

Gerðir straumvatna og stöðuvatna
Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar

Höf./Ritstj.

Gerður Stefánsdóttir og Halla Margrét Jóhannesdóttir, ritstjórar

Verkstig

Stöðuskýrsla

Unnið fyrir:

Umhverfisstofnun

Samvinnuaðilar:

Útdráttur:

Um er að ræða frumtillögu (a priori) um skilgreiningu gerða yfirborðsvatns á Íslandi. Lagðar eru til níu gerðir stöðuvatnshlota og níu gerðir straumvatnshlota. Stöðuvötn flokkast eftir jarðfræði (aldri berggrunns), hæð yfir sjávarmáli, jökulþætti og meðaldýpi. Straumvötn flokkast eftir jarðfræði (aldri berggrunns), hæð yfir sjávarmáli, jökulþætti og þekju vatns og votlendis á vatnasviði.

Lykilorð:

Stjórn vatnamála, yfirborðsvatn,
vatnshlot, stöðuvatnshlot,
straumvatnshlot, gerðir, lýsar



F.h. Veðurstofu Íslands



F.h. Veðimálastofnunar

Efnisyfirlit

Ágrip.....	7
1. Inngangur.....	8
1.1 Stjórn vatnamála.....	8
2. Framkvæmd.....	9
3. Íslensk vötn; áhrifavaldar og fyrri flokkun.....	9
4. Gögn.....	11
4.1. Mæligögn.....	12
4.2 Landfræðileg gögn.....	12
5. Skilgreining gerða vatnshlota.....	12
5.1 Gerðagreining miðað við skyldubundna lýsa.....	12
5.1.1 Stöðuvötn.....	13
5.1.2 Straumvötn.....	14
5.1.3 Niðurstaða.....	14
5.2 Tillaga að lýsum vegna gerðagreiningar.....	15
5.2.1 Aðferðir.....	15
5.2.2 Afmörkun lýsa.....	15
5.2.3 Niðurstaða.....	21
6 Niðurlag.....	23
7 Heimildir og ítarefni.....	24

Ágrip

Með innleiðingu laga um stjórn vatnamála (36/2011) er komið á nýju kerfi til að tryggja gæði vatns. Í reglugerð nr. 535/2011 eru lagðar grunnlínur þessa kerfis þar sem skilgreindar eru aðferðir til að flokka vatn, meta eiginleika þess og álag vegna mannlegra athafna.

Veðurstofan og Veiðimálastofnun setja hér fram tillögu að gerðagreiningu fyrir straum- og stöðuvötn. Gerðagreining felst í því að nota lýsa til að skilgreina mismunandi gerðir vatnshlota. Hver gerð þarf að hafa ólík viðmiðunarskilyrði sem byggja á líffræðilegum, eðlisefnafræðilegum og vatnsformfræðilegum eiginleikum.

Niðurstaðan byggir á fyrri tillögum að flokkun vatna á Íslandi og fyrirliggjandi heimildum þar um. Þá voru skoðuð tiltæk eðlisefnafræðileg og líffræðileg gögn innbyrðis sem og tengsl þeirra við umhverfisþætti s.s. berggrunn, hæðar yfir sjó og vatnasviðseinkenni.

Skyldubundnir lýsar sem kveðið er á um að nota skuli samkvæmt reglugerð 535/2011 voru skoðaðir sérstaklega. Sú greining skilaði 108 mögulegum stöðuvatnsgerðum og 48 straumvatnsgerðum (kafla 5.1). Talið var ólíklegt að þessi fjöldi endurspeglaði raunverulegar gerðir m.t.t. líffræðilegra og eðlisfræðilegra þátta. Niðurstaðan var því notuð til áframhaldandi samanburðar og úrvinnslu. Lagt var mat á hvaða lýsar endurspegluðu best mun á lífríki vatna. Ýmsar tilgátur voru lagðar fram, skoðaðar og prófaðar eftir því sem kostur var miðað við fyrirliggjandi gögn.

Sú tillaga sem hér er lögð fram byggir á takmörkuðum gögnum og er frekari gagnaöflun og úrvinnsla nauðsynleg til að endurskoða og meta hversu vel hún stenst.

Lagðar eru til ný gerðir stöðuvatnshlota og ný gerðir straumvatnshlota.

- Stöðuvötn flokkast eftir jarðfræði (aldri berggrunns), hæð yfir sjávarmáli, jökulþætti og meðaldýpi.
- Straumvötn flokkast eftir jarðfræði (aldri berggrunns), hæð yfir sjávarmáli, jökulþætti og þekju vatns og votlendis á vatnasviði.

1 Inngangur

Í apríl 2011 voru samþykkt lög á Alþingi nr. 36/2011 um stjórn vatnamála sem byggja á rammtilskipun Evrópusambandsins um verndun vatns (Vatnatilskipun Evrópu 2000/60/EB). Á grundvelli laganna var sett reglugerð nr. 935/2011 þar sem Umhverfisstofnun er m.a. falið að samræma vinnu við framkvæmd laganna og gera um það samninga við viðeigandi stofnanir. Árið 2012 voru gerðir samningar við Veðurstofu Íslands og Veidimálastofnun þar sem þeim var m.a. falið að skilgreina gerðir ferskvatns á yfirborði Íslands í samræmi við ofangreind lög og reglugerð nr. 535/2011 (5. gr. og II. viðauki).

Hér er gerð grein fyrir meginniðurstöðum þeirrar vinnu árið 2012, gögnum sem lögð voru til grundvallar og aðferðum sem beitt var. Í meginatriðum var verkaskipting milli stofnana þannig að Veðurstofa Íslands sá um vinnslu gagna úr landfræðilegu upplýsingakerfi (LUK) og skilgreiningu á eðlisefnafræðilegum forsendum gerðargreiningarinnar. Veidimálastofnun sá um úrvinnslu og skilgreiningu á líffræðilegum forsendum gerðargreiningar og meginákvörðun er varðar afmörkun lýsa í ljósi fyrirbyggjandi gagna.

Vinna við skýrsluna var að mestu í höndum Gerðar Stefánsdóttur (VÍ) og Höllu Margrétar Jóhannesdóttur (VMST) en að vinnunni komu einnig Bogi. B. Björnsson, Jón S. Ólafsson, Jórunn Harðardóttir, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Guðjónsson. Að auki lásu fleiri sérfræðingar stofnananna yfir texta.

Í stöðuskýrslu þessari er lögð fram tillaga um gerðir vatns á Íslandi. Þörf er á frekari úrvinnslu og greiningu m.a. til að auka áreiðanleika og sannreyna hve vel framlögð tillaga stenst.

1.1 Stjórn vatnamála

Með innleiðingu laga um stjórn vatnamála er nýju kerfi komið á til að tryggja gæði vatns. Samkvæmt því skal vatn flokkað eftir vistfræðilegu ástandi í fimm ástandsflokkka. Í reglugerð nr. 535/2011 eru lagðar grunnlínur þessa kerfis þar sem skilgreindar eru aðferðir til að flokka vatn, meta eiginleika þess og álag frá mannlegum athöfnum. Lögin taka til yfirborðsvatns og grunnvatns, ásamt árósvatni og strandsjó en í þessari greinargerð er eingöngu fjallað um ferskt yfirborðsvatn.

Samkvæmt ofangreindri reglugerð skal öllu yfirborðsvatni skipt upp í einingar sem kallast vatnshlot (e. water body). Vatnshlot er afmörkuð eining vatns, s.s. stöðuvatn, straumvatn eða hluti þeirra. Jafnframt skal skilgreina gerðir (e. types) vatnshlota. Markmiðið er að hver gerð hafi samsvarandi eiginleika og sambærileg vistkerfi. Við skilgreiningu gerða skal fara eftir því sem fram kemur í 5. gr. reglugerðarinnar og II. viðauka. Þar segir til um hvernig gerðir vatnshlota skuli skilgreindar út frá tilteknum lýsum (e. descriptors). Lýsar eru einkennisþættir sem eru líklegir til að hafa afgerandi áhrif á vistkerfi vatnshlota, s.s. jarðfræði eða hæð yfir sjávarmáli. Gefið er val um annað tveggja kerfa, A eða B. Í kerfi B eru notaðir bæði skyldubundnir og valkvæðir lýsar en í kerfi A eingöngu skyldubundnir lýsar. (sjá nánar II. viðauka reglugerðar). Stofnanirnar töldu að kerfi B væri betur fallið til flokkunar vatns á Íslandi þar sem það gefur aukið svigrúm við val og skilgreiningu á þeim lýsum sem eru einkennandi fyrir íslenskar aðstæður. Lýsana þarf að afmarka m.t.t. mæligilda, sbr. að fyrir hæð yfir sjávarmáli þarf að skilgreina hæðarbil í samræmi við íslenskt náttúrufar. Svo hægt sé að velja lýsa og afmarka þá þarf að sannreyna tengsl viðkomandi lýsa og líffræðilegra þátta.

Markmið þess að skilgreina gerðir er að finna ólíkar vistgerðir vatnshlota. Vistfræðilegum viðmiðunarskilyrðum hvernar gerðar þarf síðar að lýsa, en það eru þau skilyrði sem einkenna

náttúrulegt ástand vatnshlota og tilheyra ástandsflokknum mjög gott ástand. Ástandi er lýst með gæðapáttum (e. quality elements), sem eru líffræðilegir, eðlisefnafræðilegir og vatnsformfræðilegir. Gert er ráð fyrir fimm ástandsflokkum vatns í hverri gerð. Markmið laga um stjórn vatnamála er að allt vatn nái að lágmarki góðu ástandi og komið sé í veg fyrir að ástand vatns versni.

2 Framkvæmd

Fyrsti hluti verkefnisins fólst m.a. í heimildavinnu til að fá yfirsýn yfir fyrri rannsóknir á efnafræðilegri, vatnafarslegri og vistfræðilegri flokkun vatns á Íslandi. Tilgangurinn var að skoða tengsl milli valdra lýsa annars vegar og eðlisefnafræðilegra og líffræðilegra gæðapátta hinsvegar. Þannig var lagt mat á hvaða lýsar væru líklegir til að hafa mest áhrif á samsetningu og lífmagn vatnavistkerfa. Niðurstöður voru hafðar til hliðsjónar við skoðun hinna skyldubundnu lýsa og við mat á mögulegum valkvæðum lýsum.

Í skýrslu um vatnshlotavinnu 2012 (Bogi B. Björnsson o.fl., 2013) er lýst verklagsreglum sem hafðar voru til viðmiðunar við skiptingu yfirborðsvatns í vatnshlot. Þeirri vinnu lauk í byrjun október 2012. Því næst voru öll vatnshlot flokkuð í gerðir út frá skyldubundnum lýsum samkvæmt kerfi B. Notuð var sama afmörkun og í kerfi A fyrir utan hæð yfir sjávarmáli og jarðfræði. Þessari flokkun og niðurstöðum hennar er lýst í kafla 5.1.

Í framhaldi af því var farið í aðlögun á lýsunum í samræmi við niðurstöður fyrri rannsókna og mat sérfræðinga. Lagðar voru fram tilgátur um líklega lýsa og þær prófaðar með fyrirbyggjandi gögnum þar sem þess var kostur. Öll vatnshlot voru svo flokkuð að nýju samkvæmt þessari aðlögun. Þeirri vinnu, forsendum og niðurstöðum flokkunar er lýst í kafla 5.2.

3 Íslensk vötn; áhrifavaldar og fyrri flokkun

Ísland er um 103.000 km². Þar af hylja jöklar um 11.000 km², gróður um 24.000 km² og vötn um 3.000 km² (Hagstofa Íslands, 2012, Helgi Björnsson o.fl., 2008).

Jarðfræði landsins ræður miklu um landslag og vatnafar. Elsta berg landsins er yfir 16 milljón ára, en það yngsta nánast nýmyndað. Mikill munur er á lekt jarðlaganna eftir aldri þeirra þar sem berg eldra en u.þ.b. 0,8 milljón ára hefur venjulega mjög litla lekt nema á sprungusvæðum og upp til fjalla þar sem holufylling er lítil. Innan gosbeltisins er lekt jarðlaga hins vegar mikil, og þar af mest í hraunum frá nútíma yngri en u.þ.b. 10.000 ára gömlum (Árni Hjartarson o.fl., 1980; Kristján Sæmundsson, 1979; 1990). Þessi mikla lekt yngstu jarðmyndanna veldur því að ekkert yfirborðsvatn er að finna á stórum svæðum á yngsta hluta landsins og mikil lindarsvæði má finna við jaðra þeirra (sjá t.d. Árni Hjartarson o.fl., 1980; Freysteinn Sigurðsson & Kristinn Einarsson, 1988). Auk berggrunns og landslags hefur t.d. veðurfar, gróður og jarðvegur áhrif á vistfræði vatna. Tilvist jökla hefur einnig mikil áhrif á afrennsli og fjölbreytileika vatns, auk þess sem þáttur jökla og eldvirkni er verulegur í mótun lands. Á Íslandi ríkir úthafsloftslag og er meðalhiti hlýjasta mánaðarins rétt yfir 10°C sunnanlands en köldustu mánuðina sveiflast meðalhitinn í kringum frostmark á láglandi (Markús Einarsson, 1984; Halldór Björnsson o.fl., 2007). Úrkoma er mismikil eftir landssvæðum á Íslandi, allt frá því að vera innan við 500 mm í uppsveitum Skagafjarðar og upp í um 10.000 mm á sunnanverðum jöklum á Suðurlandi (Philippe Crochet o.fl., 2007). Almennt er meiri úrkoma sunnan-

lands en norðan og úrkoma þar fellur fremur sem rigning en sem snjór norðanlands (Markús Einarsson, 1976; Philippe Crochet o.fl., 2007).

Heildarafrennsli vatnsfalla á Íslandi var nýlega metið með WaSiM afrennslislíkani fyrir árin 1961–1990 og reyndist vera um 1.460 mm/ári eða 4.770 m³/s (Jóna Finndís Jónsdóttir, 2008). Þetta er heldur minna afrennsli en Haukur Tómasson (1981; 1982) reiknaði fyrir árin 1950–1975 (5.150 m³/s eða 1.586 mm/ári) og Sigurjón Rist (1956) reiknaði fyrir árin 1948–1955 (5.500 m³/s eða 1.690 mm/ári). Af þessum tæplega 4.800 m³/s renna um 1.000 m³/s til sjávar sem lindavatn, eða 20% af heildarafrennsli landsins (Freysteinn Sigurðsson, 1992).

Íslensk straumvötn hafa verið flokkuð á margvíslegan hátt í gegnum tíðina. Guðmundur Kjartansson (1945) flokkaði straumvötn í dragár, lindár og jökulár og hefur sú flokkun verið mikið notuð þrátt yfir að vitað sé að flest stærri vatnsföll á landinu eru blönduð að uppruna, enda koma þau af landsvæðum með mismunandi vatnafarseiginleika (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 2006).

Árið 1979 setti Arnþór Garðarsson fram tillögu að vistfræðilegri flokkun vatns. Hann flokkaði bergvatn í nokkra flokka eftir landssvæðum, byggða á berggrunni og landslagi. Tveir meginflokkar vatna komu fram þ.e. vötn á þeim svæðum sem hann kallar annars vegar móbergssvæði og hins vegar blágrýtissvæði. Á móbergssvæðunum lagði Arnþór til undirflokka bæði lindarvatna og dragavatna og á blágrýtissvæðunum voru einnig undirflokkar, sigvötn, dalavötn og dragavötn. Flokkunin náði ekki til jökulvatna, varmavatna né strandvatna.

Sigurður Guðjónsson (1990; 1991) flokkaði vötn á grunni efnainnihalds (leiðni), veðurfars, og jarðfræði. Sigurður sýndi fram á að nota má rafleiðni vatns sem stiku á magn uppleystra efna í vatni og þar með frjósemi. Flokkunin skýrir frjósemi vatna og stöðugleika og skýrir útbreiðslu laxfiska og lífsögu þeirra.

Freysteinn Sigurðsson o.fl. (2006) settu fram vatnafarsflokkun yfirborðsvatnasviða með 12 flokkum. Flokkunin tók til höfuðeinkenna svæðanna í miðlunarháttum (t.d. miðlun í snjó, jöklum, seti, jarðvegi og votlendi), höfuðeinkenna í rennslis háttum vatnsfallanna, hæð yfir sjávarmáli (hálandi/láglandi) og á ástandi vatnsins (m.a. hitastigi og efnainnihaldi).

Fjöl margar efnagreiningar hafa verið birtar á köldu yfirborðs- og grunnvatni á síðastliðnum áratugum (sjá t.d. Sigurjón Rist, 1986; Sigurður R. Gíslason, 1985; Sigurður R. Gíslason & Eugster, 1987a; Stefán Arnórsson o.fl., 2002; Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005; Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2006; Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2010; Eydís S. Eiríksdóttir o.fl., 2012a; 2012b; 2012c). Af þessum greiningum eru samfelldastar greiningar á vatnsföllum á Suðurlandi sem Raunvísindastofnun Háskólans, Veðurstofa Íslands, Landsvirkjun og Umhverfisstofnun standa nú að þar sem samfelldum gögnum hefur verið safnað síðan árið 1996 (Eydís S. Eiríksdóttir o.fl., 2012a). Auk þeirra greininga sem hér eru upptaldar hafa fjölmargir vísindamenn, fyrirtæki og stofnanir greint efnasamsetningu vatns, t.d. í tengslum við rannsóknarverkefni, vöktun á neysluvatni eða mengunarmælingar.

Þegar kemur að því að skoða líffræðilega fjölbreytni í vatnsföllum og tengsl líffræði við efna- og eðlisfræðilega þætti er það fyrsta sem kemur fram hve lífríki hér á landi er fábreyttara og tegundir færri en gerist á sambærilegum breiddargráðum. Þetta skýrist m.a af því að skammt er liðið frá síðustu ísöld þegar landið var hulið ís sem og legu og einangrun landsins.

Rannsóknir á botndýrum í straumvötnum hér á landi hafa sýnt að bæði lífmagn (þéttleiki) og tegundasamsetning er tengd gerð vatna (Gísli Már Gíslason o.fl., 1998; Jón S. Ólafsson o.fl.,

2001; 2002). Mesti þéttleiki og mestur fjölbreytileiki botndýra mældist í ám sem runnu á eða í jöðrum berggrunns frá nútíma og síðan í dragám sem upprunnar voru á votlendum heiðum. Rannsóknir á hryggleysingjum í stöðuvötnum (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2000) leiddi í ljós að fjölbreytni og þéttleiki botndýra var mestur í vötum innan virka gosbeltisins.

Eldri yfirlitsgreinar leggja til uppskiptingu vatnasviða á Íslandi eftir uppruna yfirborðsvatns og eiginleikum þess (Guðmundur Kjartansson, 1945; Arnþór Garðarsson, 1979; Sigurður Guðjónsson, 1990; Freysteinn Sigurðsson o.fl., 2006). Í meginráttum eru greining þeirra samhljóma um eftirfarandi flokkun yfirborðsvatns þó að lögð hafi verið til ítarlegri flokkun í sumum þeirra.

1. **Jökulvötn.** Svifaur hefur það afgerandi áhrif á lífríki að flokka verður jökulvötn sérstaklega. Svifaur kemur í veg fyrir að sólarljós nái niður í vatnið og takmarkar þar með frumframleiðni þörunga og gróðurs (sjá t.d. Hákon Aðalsteinsson, 1981). Einnig veldur rennslismynstur með miklum mun sumars- og vetrarrennslis auk aurburðar því að farvegir jökulvatna eru óstöðugir og hefur neikvæð áhrif á þéttleika og fjölbreytni lífvera (Gísli M. Gíslason o.fl., 2001; Iris Hansen o.fl., 2006). Um 37% af öllu afrennslis á landinu er blandað jökulvatni (Hákon Aðalsteinsson o.fl., 2000).

Bergvatni má skipta í tvo meginflokka:

2. **Vötn á jarðfræðilega yngri hluta landsins á og við virku gosbeltin.** Þetta eru annars vegar lindarvötn sem koma fram í lindum gjarnan við hraunjaðra eða á mörkum ungra jarðmyndana og eldri og þéttari jarðlaga. Lindarvötn eru sérstök og finnast óvída annars staðar í heiminum. Lindarvötn eru með jöfnu rennslis og oft háu steinefnainnihaldi (há rafleiðni og hátt pH). Hluti lindarvatna er jarðhitavatn sem hefur auk hærri hita enn hærra efnainnihald en hefðbundið lindarvatn. Hins vegar eru dragavötn, sem stundum eru lindarskotin. Þau einkennast af háu efnainnihaldi sem ættað er úr ungu auðveðruðu bergi. Þessi vatnsföll er einkum að finna við jaðra gosbeltisins.
3. **Vötn á jarðfræðilega eldri hluta landsins utan virkra gosbelta.** Vötum á þessum hluta landsins má skipta frekar eftir vatnasvæðum. Annars vegar eru hrein dragavötn eins og gjarnan má finna á Vestfjörðum, Tröllaskaga og Austfjörðum. Hins vegar eru vötn sem komin eru af gömlum grónum jökulmórenum þar sem vötn og votlendi setja sterkan svip á vatnasviðið. Kalla má þessi vötn heiðavotlendisvötn. Eins og gjarnan er með flokkun eru oft ekki glögg skil á milli vatna. Dalastöðuvötn sem finna má í dragavötum geta haft mikil áhrif á lífríki bæði vegna meiri stöðugleika í rennslis og lengri viðstöðutíma og þar með hærra efnainnihaldi en ella og líkjast þar með heiðavotlendisvötum.

4 Gögn

Samkvæmt samningum við stofnanir skal byggja vinnu verkefnisins á tiltækum gögnum og ekki var gert ráð fyrir kostnaði til frekari gagnaöflunar. Setja verður fyrirvara um þau gögn sem hér eru lögð til grundvallar, en þeim hefur verið safnað af mörgum stofnunum í mismunandi tilgangi yfir mismunandi tímabil. Aðferðir við mælingar, úrvinnsla, gæði gagna sem og varðveisla þeirra er með ýmsu móti. Samanburður slíkra gagna er því hvorki einfaldur né augljós. Frekari samræming og gæðamat gagna er nauðsynleg forsenda áframhaldandi úrvinnslu.

4.1 Mæligögn

Unnið hefur verið að því að taka saman tiltæk mæligögn um vatnavistkerfi og þau vistuð í viðeigandi gagnagrunnum vegna stjórnar vatnamála. Í forgangi voru eðlisefnafræðileg og líffræðileg gögn sem ætluð voru til skilgreiningar á gerðum vatns. Þessi gögn verða síðar notuð til að finna viðmiðunargildi fyrir lítt eða öröskuð vötn sem endurspeglar því sem næst náttúrulegar aðstæður viðkomandi gerða.

Fyrstu gagnagrunnar voru tilbúnir til notkunar í byrjun nóvember 2012. Enn er þó langt í land með að þeir verði fullbúnir sem heildstæðir gagnabankar fyrir stjórn vatnamála. Vinna við samantekt og samræmingu gagna hefur reynst umfangsmeiri og tímafrekari en gert var ráð fyrir. Nauðsynlegt er að halda henni áfram enda grundvöllur þess að hægt sé að meta ástand vatnshlota eins og lög segja fyrir um.

4.2 Landfræðileg gögn

Vatnshlot voru skilgreind í landfræðilegu upplýsingakerfi (LUK) út frá vatnagrunni Veðurstofu Íslands. Samhliða voru skráðar í gagnagrunn fyrirliggjandi upplýsingar um vatnshlot, s.s. jarðfræði á vatnasviði og dýpi stöðuvatna. Ef ekki voru til gögn um dýpi vatna var áætlað hvaða dýptarflokkur það tilheyrði samkvæmt II. viðauka í reglugerð 535/2011. Í greinargerð Veðurstofu Íslands og Orkustofnunar, „Yfirborðs- og grunnvatnshlot. Verklagsreglur við skilgreiningu vatnshlota“ er fjallað nánar um verklag við flokkun og skilgreiningu slíkra vatnshlota auk nánari umfjöllunar um landfræðileg gögn sem notuð voru (Bogi B. Björnsson o.fl., 2013).

Auk vatnafræðilegra gagna eru í LUK gagnagrunninum m.a. bergrunns- og gróðurkort sem notuð voru til þess að meta hlutfall og þekju bergrunns og gróðurs á vatnasviði vatnshlota sem og hlutfall jökla á vatnasviði straumvatnshlota.

Notuð voru kort Náttúrufraeðistofnunar Íslands (Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson, 1998; Guðmundur Guðjónsson & Einar Gíslason, 1998). Upplausn og umfang upplýsinga á gróðurfars- og berggrunnskort NÍ voru borin saman við upplýsingar sambærilegra korta frá öðrum aðilum (s.s. jarðvegskort, nytjalandskort, rofkort og LULUCF2008 frá Landbúnaðarháskóla Íslands). Almenn reyndist góð samsvörun milli þessara korta. Tekin var ákvörðun um að nota eingöngu kort NÍ á fyrstu stigum verkefnisins, enda er upplausn þeirra í samræmi við þarfir verkefnisins.

Reiknað var flatarmál þekju landgerða sem tilheyra grunnflokkunum landbúnaðarland og manngerð svæði út frá CORINE 2006 gagnasafni Landmælinga Íslands (Kolbeinn Árnason & Ingvar Matthíasson, 2009). Niðurstöður þeirrar greiningar eru ekki notaðar við skilgreiningu á gerðum en munu nýtast síðar við álagsgreiningu þar sem hægt verður að draga fram hlutfallstölur um landnotkun, s.s. landbúnaðarsvæði, á vatnasviði einstakra straumvatnshlota.

5 Skilgreining gerða vatnshlota

5.1 Gerðagreining miðað við skyldubundna lýsa

Í fyrstu yfirferð voru vatnshlot flokkuð í gerðir út frá skyldubundnum lýsum samkvæmt kerfi B. Notuð er sama afmörkun lýsa og í kerfi A fyrir utan að hæð yfir sjávarmáli og jarðfræði var aðlöguð að íslenskum aðstæðum. Fyrir hæð yfir sjávarmáli var efsti hæðarflokkurinn miðaður

við 600 m hæð yfir sjávarmáli í stað 800 m. Þetta var gert til samræmis við gróðurmörk á Íslandi sem eru jafnan miðuð við 600 m hæð, þó það sé stundum mismunandi milli landshluta (Bjartmar Sveinbjörnsson o.fl., 1993, Rannveig Ólafsdóttir o.fl., 2001). Náttúruleg gróðurmörk sveiflast fyrst og fremst eftir hitastigi, því hérlandis er það hiti sem er takmarkandi þáttur fyrir vöxt gróðurs en ekki úrkoma (Páll Bergþórsson, 1996). Lofthiti er líka áhrifavaldur á vatnalífriki. Því var talið eðlilegt að miða hæðarbíl við þá línu. Jarðfræðilega falla öll íslensk vötn undir flokkinn kísilrík vötn (e. silicious) samkvæmt kerfi A. Eins og fram hefur komið hefur jarðfræði mikil áhrif á eiginleika vatns á Íslandi, því var á fyrstu stigum verkefnisins talið eðlilegt að skipta landinu upp í fjóra meginflokka byggt á berggrunnskorti NÍ (Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson, 1998).

Hafa þarf í huga að ekki er búið að flokka vatnshlot sem mikið breytt eða manngerð og því mun fjöldi vatnshlota í hverri gerð breytast í samræmi við þá ákvörðun.

5.1.1 Stöðuvötn

Samtals voru skilgreind 386 stöðuvatnshlot í fyrstu yfirferð skiptingar vatna í vatnshlot. Hlotin voru flokkuð í gerðir samkvæmt fjórum skyldubundnum lýsum, þ.e.:

1. Hæð yfir sjávarmáli; þrjár hæðarflokkar (<200 m, 200–600 m, >600 m).
2. Dýpi; þrjár dýptarflokkar (<3 m, 3–15 m, >15m).
3. Stærð; fjórir stærðarflokkar (0,5–1 km², 1–10 km², 10–100 km², >100 km²) Þar sem ekkert stöðuvatn á Íslandi er stærra en 100 km², eru virkir stærðarflokkar aðeins þrjár.
4. Jarðfræði; fjórir flokkar byggðir á aldri berggrunns (<10 þús., 10 þús.–0,8 milljón, 0,8–3,3 milljón ára og >3,3 milljón ára).

Greining samkvæmt ofangreindum lýsum gefur 108 mögulegar gerðir stöðuvatnshlota á Íslandi.

Tafla 1. Fjöldi stöðuvatnshlota í hverri gerð miðað við skyldubundna lýsa eftir fyrstu aðlögun að íslenskum aðstæðum.

Hæð yfir sjó	Jarðfræði	< 10 þúsund				0. þús. - 0,8 milljón				>0,8 - 3,3 milljón				> 3,3 milljón				Heildarsumma
		Stærð		Samtals	Stærð		Samtals	Stærð		Samtals	Stærð		Samtals					
		Lítið	Miðlungs		Lítið	Miðlungs		Lítið	Miðlungs		Lítið	Miðlungs						
Hálendi (> 600 m)	Djúpt			1	1	5	1	1	7		1	1	2				0	10
	Grunnt					7	6	2	15	1	2		3	2	1		3	21
	Mjög grunnt	1			1	4	6		10	13	1		14	7	1		8	33
	Samtals	1	0	1	2	16	13	3	32	14	4	1	19	9	2	0	11	64
Miðbik (200 - 600 m)	Djúpt			1	1		2	2	4		4		4	4	3		7	16
	Grunnt	5	4		9	12	17	1	30	5	9	2	16	21	3		24	79
	Mjög grunnt	2	3	1	6	12	9		21	31	16		47	18	6		24	98
	Samtals	7	8	1	16	24	28	3	55	36	29	2	67	43	12	0	55	193
Láglendi (<200 m)	Djúpt	2	5	1	8		3		3	1	2		3		3	2	5	19
	Grunnt		2		2	4	4		8	1	2		3	9	16	2	27	40
	Mjög grunnt	2	6		8	14	4	1	19	8	5		13	24	6		30	70
	Samtals	4	13	1	18	18	11	1	30	10	9	0	19	33	25	4	62	129
Heildarsumma		12	21	3	36	58	52	7	117	60	42	3	105	85	39	4	128	386

Sumar þessara gerða finnast hins vegar ekki hér á landi, s.s. stór vötn á jarðlagi sem er eldra en 3,3 milljón ára. Þegar öll stöðuvatnshlot hér á landi höfðu verið flokkuð í gerðir m.t.t. þessara lýsa, falla þau í 70 gerðir eða um 65% mögulegra gerða (tafla 1). Meira en helmingur gerðanna, eða 43 gerðir, eru með færri en fimm vatnshlot í viðkomandi gerð. Skoða þarf hvort marktækur munur er milli þeirra vatnshlota sem lenda í mismunandi gerðum.

5.1.2 Straumvötn

Samtals voru skilgreind 1865 straumvatnshlot í fyrstu yfirferð. Hlotin voru flokkuð í gerðir samkvæmt þremur skyldubundnum lýsum, þ.e.:

1. Hæð yfir sjávarmáli; þrjú flokkar (<200 m, 200–600 m, >600 m).
2. Stærð vatnasviðs; fimm flokkar (10–100 km², 100–1.000 km², 1.000–10.000 km², >10.000 km²). Samkvæmt skyldubundnum lýsum eru stærðarflokkar vatnasviða fimm, en þar sem ekkert vatnasvið hér á landi er stærra en 10.000 km² er í raun aðeins um fjóra flokka að ræða.
3. Aldur bergrunns; fjórir flokkar (<10. þús. ára, 10 þús.–0,8 milljón ára, 0,8–3,3 milljón ára og >3,3 milljón ára).

Tafla 2. Fjöldi straumvatnshlota í hverri gerð miðað við skyldubundna lýsa eftir fyrstu aðlögun að íslenskum aðstæðum.

Jarðfræði	< 10 þúsund				10. þús - 0,8 milljón				>0,8 - 3,3 milljón				> 3,3 milljón				Heildar summa				
	Stærð vatnasviðs				Samtals	Stærð vatnasviðs				Samtals	Stærð vatnasviðs				Samtals						
	Hæð yfir sjó	Stórt	Miðlungs	Lítið		Mjög lítið	Stórt	Miðlungs	Lítið		Mjög lítið	Stórt	Miðlungs	Lítið		Mjög lítið					
Hálendi		5	2		7	2	29	49	1	81		8	59		67		5	34		39	194
Láglendi	8	29	76	6	119	16	34	93	14	157	8	19	63	4	94	7	97	388	19	511	881
Miðbik	2	19	14	3	38	21	52	113	7	193	3	34	125	5	167	1	26	359	6	392	790
Grand Total	10	53	92	9	164	39	115	255	22	431	11	61	247	9	328	8	128	781	25	942	1865

Greining samkvæmt ofangreindum lýsum gefur samtals 48 mögulegar gerðir straumvatnshlota á Íslandi. Sumar þessara gerða eru hins vegar ekki til hér á landi. Þegar öll straumvatnshlot hér á landi voru flokkuð m.t.t. þessara lýsa, falla þau í 42 gerðir eða um 88% mögulegra gerða (tafla 2). Átta gerðir eru með færri en fimm vatnshlot í viðkomandi gerð. Skoða þarf hvort raunverulegur munur er á milli þeirra vatnshlota sem lenda í mismunandi gerðum.

5.1.3 Niðurstaða

Niðurstöður fyrstu gerðagreiningar samkvæmt skyldubundnum lýsum gefa samtals 70 gerðir stöðuvatnshlota og 42 gerðir straumvatnshlota á Íslandi. Líklegt má telja að þetta séu fleiri gerðir en endurspeglast í líffræðilegum og eðlisfræðilegum þáttum enda innhalda margar gerðanna mjög fá vatnshlot. Þá er ljóst að tiltæk mæligögn gefa á þessari stundu ekki tilefni til svo margbreytilegra gerða. Kanna þarf hvort gerðir sem innhalda mjög fá vötn endurspegli í raun sjaldgæfar gerðir eða hvort æskilegt sé að sameina þær öðrum gerðum.

Þessar niðurstöður voru lagðar til grundvallar frekari greiningu á eiginleikum vatnshlota og lýsum svo greina megi vatnshlot í raunverulegar gerðir með ólíkum viðmiðunarskilyrðum.

5.2 Tillaga að lýsum vegna gerðagreiningar

5.2.1 Aðferðir

Í kjölfar niðurstaða úr gerðagreiningu skv. kafla 5.1 var hver lýsir skoðaður frekar og tengsl hans við breytileika í vatnavistkerfum metin. Þetta var gert með tölfræðigreiningu og stuðst var við heimildir um flokkanir á vatni. Við prófun á hvort tilsett mörk lýsa endurspegluðu magn, fjölbreytni eða samfélög hryggleysingja í straum- og stöðuvötnum var notast við fjölþáttagreiningar þar sem skýringarmáttur (marktækni) mældra umhverfisbreyta var reiknaður með umröðunarprófunum (Monte Carlo). Auk þess var stuðst við aðhvarfsgreiningar í einstökum tilfellum. Á sama hátt voru niðurstöður seiðamælinga í ám notaðar til að kanna hvort þau gögn féllu að mörkum lýsa. Annars vegar var skoðað hvaða tegund var ríkjandi á hverjum stað og hins vegar hversu mikill heildarþéttleiki seiða í hverju vatnsfalli var. Í báðum tilfellum var um meðaltöl gagna eða gagnaraða að ræða. Af því voru svo leiddar nýjar tillögur um afmörkun lýsanna.

Gerð var frumtölfræðigreining á fyrirliggjandi gögnum um eðlisefnafræðilega þætti (Guðmundur Einarsson, 2012 a; 2012b). Markmið þess var að fá yfirlit yfir gögn sem safnað hafði verið saman, umfang þeirra, mögulegan skýringarmátt og forsendur gagnasöfnunar. Gögnin voru greind með línulegri greiningu. Þar sem breytileiki í slíkum gögnum er mikill er afar mikilvægt að gera frekari greiningu með greiningarlíkönnum sem m.a. taka tillit til gerða eða flokka vatns. Einnig þarf að meta betur dreifingu gagnanna og hvaða aðferðafræði hentar best til greininga. Niðurstöður þeirra greininga eru settar fram í sér skýrslu og eftir því sem við á í þessari greinagerð.

Þá var horft til notkunar á lýsum í nágrannalöndum sem búa að einhverju leyti við svipaðar aðstæður. Niðurstöður þeirra byggja að jafnaði á víðtækari gögnum en eru tiltæk hér á landi og má í sumum tilfellum sækja styrk í þeirra rökstuðning. Flest lönd hafa valið að nota kerfi B við gerðagreiningu, og þannig aðlagð skyldubundna lýsa að innlendum aðstæðum og/eða bætt við lýsum. Einnig hafa sum lönd sleppt alveg tilteknum skyldubundnum lýsum séu áhrif þeirra á lífsamfélög í vatnavistkerfum ekki teljanleg. Auk þessa þarf að hafa í huga að ákveðnar gerðir vatnshlota þurfa að vera samanburðarhæfar í öllum löndum Evrópusambandsins til þess að tryggja að gæðamat á vatni sé sambærilegt (millikvörðun, e. intercalibration).

5.2.2 Afmörkun lýsa

5.2.2.1 Jarðfræði og uppruni vatns

Leysnihraði bergs breytist með hitastigi, sýrustigi og rennslishraða vatnsins sem um það rennur, en að auki skiptir gerð og aldur berggrunnsins verulegu máli. Þannig fer efnainnihald vatns að miklu leyti eftir því hvort vatnið rennur um glerkennt berg, s.s. móberg, eldfjallaösku eða gjallkennd hraun, eða um holufyllt kristallað berg sem finna má í eldri hraunlagastöflum landsins (Sigurður R. Gíslason & Stefán Arnórsson, 1988, Sigurður R. Gíslason o.fl., 1996; Sigurður R. Gíslason, 2008). Þar sem vatn rennur um langan veg neðanjarðar um lek jarðlög getur efnastyrkur orðið hár þar sem efnaveðrun er mikil við glerríkt, ungt berg. Lindarvatn á slíkum svæðum er því ríkt af uppleystum efnum og með hátt sýrustig (pH 8,5-9,5) vegna efnahvarfa (sjá m.a. Hrefna Kristmannsdóttir, 2007 og Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2010). Hraði efnaveðrunar á yngri bergmyndunum (u.þ.b. <0,8 m.ár) landsins er því mikill þrátt fyrir lágt hitastig eða um 3–4 sinnum meiri en að meðaltali (Sigurður R. Gíslason & Stefán Arnórsson, 1988) og getur jafnvel orðið tífoldur við pH 9–10 (Sigurður R. Gíslason & Eugster, 1987b). Hæstan styrk af uppleystum efnum er þó að finna í jarðhitavatni, sem er ein gerð

lindarvatns (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2005). Á eldri berggrunni ræðst efnainnihald fremur af viðstöðutíma vatnsins og snertingu við gróður og jarðveg en berggrunn. Þar er sýrustig vatns lægra (pH 7–7,5). Á yngri hluta landsins er nitur almennt takmarkandi fyrir lífræna framleiðslu á meðan fosfór er takmarkandi á eldri hlutanum.

Við tölfræðilega greiningu á þeim eðlisefnafræðilegu gögnum sem eru í gagnagrunni tengdum stjórn vatnamála (Guðmundur Einarsson 2012a; 2012b) eru vísbendingar um að pH gildi í vatnsföllum sé háð aldri berg hvort sem lítið var til meðaltals, miðgildis eða hæsta og lægsta gildis. Sömuleiðis var styrkur fosfórs og lággildi niturs tengdur aldri bergs en afar fáar mælingar liggja að baki þeirri niðurstöðu. Þannig má búast við hærri magni fosfórs og niturs á yngri bergi. Er það í samræmi við fyrri rannsóknir. Eins og hefur komið fram er þó nauðsynlegt að skoða þessar mælingar með ítarlegri hætti og öflugri greiningaraðferðum sem m.a. taka tillit til mismunandi gerða vatns.

Gögn Veiðimálastofnunar um seiðamælingar í ám hafa verið tekin saman að hluta og fyrir liggja tölur um meðalþéttleika hveirrar tegundar. Skoðun á þessum gögnum leiðir í ljós að yfirleitt er ein tegund afgerandi á hverju svæði en hinar tegundirnar í mun minna mæli. Lax er ríkjandi tegund þar sem fiskgengt er; í flestum lengri lindám, í heiðavotlendisám og í lengri dragám, einkum ef stöðuvötn er að finna í vatnakerfinu. Bleikja er ríkjandi í dragám á eldri berggrunni og í lindám nærri upptökum þeirra (köld svæði). Urriði er óvída ríkjandi tegund nema á ófiskgengum hlutum, í frjósömum ám og/eða í styttri (og þar með kaldari) lindám og dragám á yngri berggrunni. Þéttleiki seiða laxfiska er mestur í lindánum, en einnig mikill í heiðavotlendisám og dragám á yngri berggrunni. Þéttleiki fisks er mestur í lindánum, en einnig mikill í heiðavotlendisám og dragám á yngri berggrunni. Þéttleiki er lítill í dragám á eldri berggrunni en hann er einnig háður öðrum þáttum eins og botngerð. Þannig getur botngerð haft mikil áhrif á fiskmagn. Í Ytri og Eystri Rangá á Suðurlandi, sem báðar eru að mestu lindár er til að mynda lítið um náttúrulegan fisk. Það er vegna þess að á löngum köflum renna árnar um flatlendi á sandi þar sem laxfiskaseiði þrífast illa. Þessi skoðun styrkir því þá flokkun sem áður hefur verið sett fram (Sigurður Guðjónsson, 1991).

Út frá mismun á eðlisefnafræðilegum þáttum vatns sem annars vegar rennur á yngri berggrunni og hins vegar á eldri berggrunni og niðurstöðum ofangreindrar rannsóknar á seiðagögnum er lagt til að skipta vötnum í tvo flokka eftir aldri berggrunns. Talið var réttast að skipta vötnum í flokka við 0,8 milljón ár miðað við þá skiptingu sem er að finna á jarðfræðikorti NÍ (Haukur Jóhannsson & Kristján Sæmundsson 1998).

Lýsir fyrir straumvötn og stöðuvötn.

Jarðfræði: Aldur berggrunns

1. Yngri berggrunnur; <0,8 milljón ára
2. Eldri berggrunnur; ≥0,8 milljón ára

5.2.2.2 Hæð yfir sjávarmáli

Stöðuvötn

Hæð yfir sjávarmáli hefur verið nefnd sem áhrifaþáttur á lífverusamfélög í vatni í nokkrum íslenskum rannsóknum. Fyrir stöðuvötn hefur verið sýnt fram á neikvætt samband milli aukinnar hæðar og tegundafjölbreytni og þéttleika, bæði í samfélögum botnhryggleysingja í fjöruvist (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2000) og samfélögum svifkrabba (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2003). Í fyrrnefndu rannsókninni var notast við 400 m hæðarmörk. Skoðun á öðrum gögnum um botnhryggleysingja í stöðuvötnum, þar sem miðað var við 600 m h.y.s., sýndi aftur á móti ekki fram á mun í tegundafjölbreytileika eða þéttleika samfélaga. Þörf er á frekari greiningu hvað þennan þátt varðar svo taka megri rökstudda ákvörðun um notkun h.y.s. sem lýsi fyrir stöðuvatnshlot. Eins og mál standa er ekki hægt að færa rök fyrir tiltekinni uppskiptingu á hæðarbilum fyrir stöðuvötn. Hins vegar er um að ræða skyldubundinn lýsi og reynsla víða erlendis bendir til munar á samfélögum stöðuvatna eftir h.y.s. Því er talið æskilegt að nota lýsinn þrátt fyrir að ekki sé skýrt hvar mörkin liggja.

Lagt til að hæðarbil verði sett við 600 m h.y.s. í samræmi við skilgreint hæðarbil straumvatna.

Straumvötn

Mismunandi vísbendingar eru um áhrif hæðar yfir sjávarmáli á vistkerfi straumvatna. Vatnsföll á Íslandi eru jafnan stutt og straumhraði mikill miðað við ár meginlandanna. Það má því búast við að tími vatns í meginálum vatnsfalla á Íslandi sé u.þ.b. einn sólahringur eða minna (Sigurjón Rist, 1961). Vatn í lindám getur þannig haldið efnaeinkennum sínum e.t.v. allt niður í ósa (Sigurður R. Gíslason & Stefán Arnórsson, 1988).

Nokkrar íslenskar rannsóknir á vistfræði straumvatna hafa bent til þess að h.y.s. sé marktækur áhrifaþáttur þegar kemur að þéttleika eða tegundasamsetningu (sjá t.d. Gísli M. Gíslason o.fl., 2001). Rannsóknir á útbreiðslu ryk- og bitmýs bentu til þess að um 8% af breytileika samfélaga straumvatna mætti rekja til hæðar yfir sjávarmáli (Jón S. Ólafsson o.fl., 2002). Í rannsókn á botnhryggleysingjum í jökulvatni bentu niðurstöður til þess að h.y.s. útskýrði um 12% af breytileika í samfélögunum (Gísli M. Gíslason o.fl., 2001). Á sama hátt bentu niðurstöður úr rannsóknum á kísilþörungasamfélögum til þess að h.y.s. útskýrði að hluta til breytileika í samsetningu þeirra (Iris Hansen o.fl., 2006). Hins vegar er sá varnagli á þessum niðurstöðum að h.y.s. er nátengd fjarlægð frá jökli og svo kemur blöndun af öðru vatni inn svo ekki er auðvelt að segja til um hversu mikinn raunverulegan útskýringarmátt h.y.s. hefur í þessum rannsóknum (Gísli M. Gíslason o.fl., 2001). Í ofangreindum rannsóknum var notast við línulegan breytileika í h.y.s. en ekki skipt upp í hæðarbil.

Við frekari greiningar á áðurnefndum gögnum um hryggleysingja í ám norðan Hofsjökuls (Gísli M. Gíslason o.fl., 2001) að viðbættum gögnum úr ám á Austurlandi (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001) kom í ljós að nokkur munur var á þéttleika og fjölbreytni hryggleysingjasamfélaga í ám ofan 600 m h.y.s. og neðan. Frekari gögn um hryggleysingja í ám víðar af landinu eru nánast tilbúin til greininga sem ætti að treysta þann grunn sem flokkun hæðarbila byggir á.

Það er ljóst að raunveruleg áhrif hæðar yfir sjávarmáli á vistkerfi bæði stöðu- og straumvatna eru ekki fullþekkt. Frekari samantekt og samræming tiltækra gagna, öflun nýrra gagna og tölfræðigreiningar þurfa að fara fram áður en hægt er að taka endanlegar ákvarðanir um afmörkun hæðarbila. Hins vegar eru vísbendingar um að hæð yfir sjávarmáli sé þáttur sem

hafi teljanleg áhrif á samfélög vatnavistkerfa, enda nota flestar þjóðir hæð yfir sjávarmáli sem lýsi fyrir bæði stöðu- og straumvötn.

Í ljósi þessara gagna er lagt til hæðarbil fyrir straumvötn verði sett við 600 m.

Lagt er til að notaðir verði tveir hæðarflokkar fyrir stöðuvatns- og straumvatnshlot, ofan og neðan við 600 m h.y.s.

Lýsir fyrir straumvötn og stöðuvötn

Hæð yfir sjávarmáli

1. Láglandi; <600 m h.y.s.
2. Hálandi; ≥600 m h.y.s.

5.2.2.3 Dýpi

Samkvæmt niðurstöðum rannsóknar á samfélögum kísilþörungum í stöðuvötnum er meðaldýpi ein af sjö umhverfisbreytum sem best útskýrir breytileika kísilþörungum. Þegar stöðuvötn voru flokkuð m.t.t. samfélaga kísilþörungum fengust fjórar gerðir vatna, tvær gerðir grunnra vatna (mesta dýpi 0–5 m), ein gerð meðaldjúpra (mesta dýpi 5–25 m) og ein gerð djúpra (mesta dýpi >25 m). Mesta gróska kísilþörungum reyndist í meðaldjúpum vötnum (Karst-Riddoch o.fl., 2009; Hilmar J. Malmquist o.fl., 2010).

Niðurstöður rannsókna á samfélögum svifkrabba í íslenskum vötnum benda til almennar aukningar í magni og tegundafjölda með vaxandi rúmmáli og meðaldýpi (Hilmar Malmquist o.fl., 2003). Svifkrabbar eru þó ekki hluti af líffræðilegum gæðabáttum samkvæmt reglugerð 535/2011 en þeir eru nokkuð auðveldir til mælinga og eru hluti af tiltækum gögnum.

Skoðun á gögnum um fiska sýna að í dýpri stöðuvötnum er oft að finna fleiri en eitt útlitsafbrigði bleikju meðan grunn stöðuvötn hafa yfirleitt að geyma eina útlitsgerð bleikju (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2003). Dýpi skapar þannig fleiri búsvæði fyrir bleikju, en einnig getur fjölbreytt landslag eins og þar sem hraun eru í vötnum skapað slík skilyrði.

Líklegt er að botngróður og svifþörungur endurspegli dýpi vatna. Öflun gagna um botngróður stöðuvatna stendur yfir vegna vistgerðartilskipunar (EU Habitats Directive 92/43/EEC) sem er í umsjón Náttúrufræðistofnunar Íslands. Niðurstöður greininga á þeim gögnum geta varpað ljósi á mikilvægi dýpis fyrir samsetningu gróðursamfélaga í stöðuvötnum og þannig nýst við endurskoðun á gerðum.

Greining sem framkvæmd var á fyrirliggjandi gögnum um hryggleysingja styður ekki flokkun vatna eftir dýpi. Greiningin byggði á gögnum úr rannsóknaverkefni *Yfirlitskönnun íslenskra vatna* sem var í umsjón Náttúrufræðistofnu Kópavogs, Veiðimálastofnunar, Háskóla Íslands og Hólaskóla. Enn er ólokið við greiningar á hryggleysingjum til tegunda en nauðsynlegt er að ljúka við hana til að hægt verði að beita tölfræðigreiningu á umrædd gögn og auka þar með áreiðanleika túlkunar á niðurstöðunum.

Eins og fram hefur komið er dýpi skyldubundinn lýsir sem flestar þjóðir nota. Sumar þjóðir nota það ekki nema að hluta, s.s. Noregur og er það einkum rakið til skorts á vöktunargögnum. Talið er ráðlegt að nota dýpi áfram sem lýsi þar sem framangreindar rannsóknir benda til að það geti verið mikilvægur áhrifaþáttur þegar kemur að lífsamfélögum í stöðuvötnum.

Lagt er til að nota tvo dýptarflokka, mörkin liggja við 3 m meðaldýpi.

Lýsir fyrir stöðuvötn,

Dýpi

1. Grunnt; <3 m meðaldýpi
2. Djúpt; ≥3 m meðaldýpi

5.2.2.4 Stærð stöðuvatna og vatnasviða straumvatna

Stöðuvötn

Niðurstöður úr íslenskum rannsóknum hafa ekki bent til beinna tengsla milli yfirborðs-flatarmáls stöðuvatna og lífríkis. Jákvætt samband hefur hins vegar fundist milli rúmmáls og magns og tegundafjölda svifkrabba í vatnsbol stöðuvatna, en rúmmál er breyta sem er tengd flatarmáli (Hilmar Malmquist o.fl., 2003). Fyrir samfélög annarra lífveruhópa s.s. kísilþörungum og botnhryggleysingja virðist flatarmál stöðuvatns ekki vera ráðandi breyta (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2000; Karst-Riddoch o.fl., 2009).

Fyrirliggjandi gögn benda ekki til þess að stærð stöðuvatna sé ráðandi áhrifaþáttur á lífríki. Líklegt er að aðrir þættir s.s. jarðfræði og dýpi ráði mun meiru um samsetningu lífsamfélaga í stöðuvötnum. Því er lagt til að flatarmál verði ekki notað sem lýsir í gerðagreiningu fyrir stöðuvötn að svo stöddu.

Straumvötn

Niðurstöður rannsókna á einkennum vatnasviða og lífríkis í íslenskum straumvötnum hafa sýnt fram á jákvætt samband milli flatarmáls vatnasviðs og veiddra laxa í straumvötnum með uppruna í grónum, votlendum vatnasviðum (Hákon Aðalsteinsson & Gísli Már Gíslason, 1998). Ekki hefur verið sýnt fram á samband milli flatarmáls vatnasviðs og veiddra laxa í ám af lítt grónum vatnasviðum. Ekki virðist marktækt samband milli útbreiðslu ryk- og bitmýslirfa og flatarmáls vatnasviðs (Jón S. Ólafsson o.fl., 2002).

Fyrirliggjandi gögn benda til þess að flatarmál vatnasviðs hafi eingöngu áhrif á lífsamfélög á tilteknum svæðum. Líklegt er að það megi rekja til miðlunar vatnasviðs og viðstöðutíma vatns á vatnasviði sem þekkt er að hafi áhrif á vistkerfi straumvatna (Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason 1998, Jón S. Ólafsson o.fl. 2002). Því er lagt til að flatarmál vatnasviðs verði ekki notað sem lýsir í gerðagreiningu fyrir straumvötn að svo stöddu en fjöldi vatna og þekja votlendis á vatnasviði verði lýsir þess í stað.

5.2.2.5 Vötn og votlendi á vatnasviði

Niðurstöður rannsókna á einkennum vatnasviða og lífríkis í íslenskum straumvötnum benda til þess að tilvist stöðuvatna eða gróðurþekja á vatnasviði ráði miklu um samsetningu dýrasamfélaga í ám. Þetta á einkum við vötn á jarðfræðilega eldri hluta landsins. Ár gróskumiklum vatnasviðum með ríkum jarðvegi hafa aukna framleiðni og fjölbreytni í dýrasamfélögum heldur en ár af gróðursnauðum vatnasviðum. Þessi munur hefur verið rakinn bæði til framboðs á jónum og næringarefnum frá berggrunni og framboðs á lífrænu efni frá gróðri og jarðvegi vatnasviðanna. Þá auka stöðuvötn á vatnasviðum viðstöðutíma vatns og þ.a.l. framleiðni (sjá t.d. Hákon Aðalsteinsson & Gísli Már Gíslason, 1998). Þar sem

samfélög mýflugna voru könnuð sérstaklega reyndist hlutfall stöðuvatna á vatnasviði ráða mestu um samsetningu þeirra, eða um 10,3% (Jón S. Ólafsson o.fl., 2002).

Við frekari úrvinnslu á gögnum um fljúgandi vatnaskordýr þar sem stuðst var við viðbótar-gögn við rannsókn frá 2002 (Jón S. Ólafsson o.fl., 2002) kom í ljós að þekja vatna og votlendis á vatnasviðum skýrðu mestan hluta breytileikans í tegundasamsetningu, eða 23%. Hvar mörkin liggja er erfitt að tilgreina þar sem um fallanda er að ræða fremur en skörp skil. Miðað við þau gögn sem notuð voru við fyrrnefnda greiningu má færa rök fyrir tilgátu um mörk þekju vatna og votlendis við 10 km². Gögn um botndýr og laxfiska á sömu stöðum eru nánast tilbúinn til tölfræðiúrvinnslu, en mikilvægt er að ljúka þeirri úrvinnslu til að prófa og þar með endurskoða þessi mörk.

Lagt er til að skipta vatnasviðum upp í tvo flokka eftir þekju vatna og votlendis á vatnasviði.

Lýsir fyrir straumvötn:

Þekja vatna og votlendis á vatnasviði

1. <10 km²
2. ≥10 km²

5.2.2.6 Jökull

Stöðuvötn

Ljóst er að jökulættaður svifaufur hefur veruleg áhrif á mögulega vistgerð stöðuvatna þar sem aukinn svifaursstyrkur minnkar gegnsæi og þar með lífsskilyrði í vatninu. Rannsóknir Hákonar Aðalsteinssonar (1981) sýndu fram á að svifaursstyrkur á bilinu 10–30 mg/l hafði afgerandi áhrif á magn plöntusvifs. Þó ber að hafa í huga að kornastærð svifaurs skiptir verulegu máli í þessu sambandi (Hákon Aðalsteinsson, 1981).

Almennt eru ekki til gögn um styrk svifaurs í stöðuvötnum né heldur rannsóknir á vistfræði þeirra. Í fyrstu yfirferð var farin sú leið að velja úr þau stöðuvötn þar sem styrkur svifaurs er ætlaður hár og myndu almennt teljast til flokksins jökulvatn. Meta þarf betur styrk svifaurs í þessum stöðuvötnum og áhrif hans á vistfræðileg skilyrði. Þar til slíkt mat liggur fyrir verður notast við sérfræðiálit.

Lýsir fyrir stöðuvötn:

Jökull

1. Sterklega jökulskotin
2. Önnur stöðuvötn

Straumvötn

Jökulár eru miðlaðar af úrkomu sem skilar sér í árnar með bráðnun íss og snævar að sumarlagi. Uppruna jökuláa í jökulísnum fylgir aurburður, rennslissveiflur og önnur einkenni jökulvatna (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 2006).

Fyrir straumvötn hafa nokkrar íslenskar rannsóknir bent til þess að tilvist jökuls á vatnasviði sé marktækur áhrifaþáttur þegar kemur að þéttleika eða tegundasamsetningu í botndýra og kísilþörunga. Þetta eru mikið til sömu rannsóknir og áður hafa verið nefndar, þá í tengslum við hæð yfir sjávarmáli. Niðurstöður rannsóknar á útbreiðslu ryk- og bitmýs í tengslum við eiginleika vatnasviða bentu m.a. til þess að 4-5% af breytileika samfélaga straumvatna mætti rekja til tilvistar jökla á vatnasviði (Jón S. Ólafsson o.fl., 2002). Í rannsókn þar sem samfélög botnhryggleysingja voru könnuð í jökulvatni sýndu niðurstöður hvernig fjarlægð frá jökli skýrði 13% af breytileika í tegundasamsetningu (Gísli M. Gíslason o.fl., 2001). Fjarlægð frá jökli endurspeglar jökuláhrif í vatninu, þ.e. hlutfall svifaurs og ísbráðar sem einnig hefur áhrif á hitastig (Gísli M. Gíslason o.fl., 2001). Að sama skapi bentu niðurstöður úr rannsókn á kísilþörungasamfélögum í sömu ám til þess að fjarlægð frá jökli útskýrði að hluta til minni þéttleika kísilþörunga og breytileika í tegundasamsetningu þeirra (Iris Hansen o.fl., 2006).

Eins og fyrr er lýst hefur aurburður jökulvatns mikil áhrif á lífríki. Í þessu skyni báru sérfræðingar Veðurstofu Íslands og Veiðimálastofnunar saman gögn úr nokkrum vatnsföllum þar sem magn svifaurs var þekkt og tiltæk voru gögn um þéttleika seiða. Þó ekki hafi verið gerð nákvæm tölfræðileg greining á gögnunum sýndi þessi athugun að ef heildarstyrkur svifaurs er meiri en u.þ.b. 250 mg/l er fiskur ekki til staðar. Hægt var að finna út flatarmál jökuls sem hlutfall af heildarvatnasviði fyrir þær ár sem höfðu hærri styrk svifaurs en 250 mg/l að meðaltali og var það u.þ.b. 15%. Nú er vitað að flestar stærri jökulár eru blanda af jökulvatni, lindavatni og dragavatni sem hefur áhrif á slíka útreikninga. Þessar frumniðurstöður virðast þó nokkuð eindregnar hvað þetta varðar þó að nákvæmari greiningu væri rétt að gera í framhaldinu. Út frá því mati var talið eðlilegt að miða við að vatnshlot þar sem jökull þekur meira en 15% af flatarmáli vatnasviðsins sem jökulá.

Miðað fyrirliiggjandi gögn er lagt er til að skipta vatni niður í bergvatn og jökulvatn, tvo flokka.

Lýsir fyrir straumvötn:

Þekja jökuls vatnasviði straumvatna

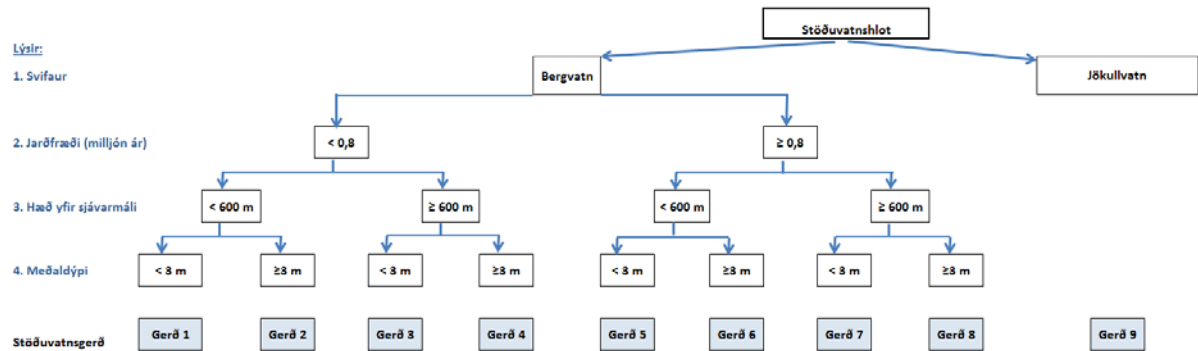
1. <15 %
2. ≥15 %

5.2.3 Niðurstæða

Í samræmi við ofangreinda greiningu á lýsum er lögð fram fyrsta tillaga Veðurstofu Íslands og Veiðimálastofnunar um gerðir. Hér er um tillögur að ræða og er frekari úrvinnsla og greining á gögnum nauðsynleg til frekari prófunar. Hafa skal í huga að fjöldi vantshlota í hverri gerð getur breyst þegar búið er að skilgreina manngerð og mikið breytt vatnshlot.

5.2.3.1. Stöðuvatn

Stöðuvatnshlot á landinu eru samtals 386. Fyrst eru skilgreind þau stöðuvatn sem eru áberandi jökulskotin og þau sett í eina gerð, jökulvötn. Önnur stöðuvatn, bergvötn, eru flokkuð nánar í samræmi við framlagða tillögu að gerðargreiningu sem fjallað var um í köflunum hér að framan. Bergvatnshlotum er skipt niður í átta gerðir eftir lýsum sem byggjast á berggerð (aldri) og dýpi (mynd 1). Þannig er lagt til að stöðuvatnshlotum á Íslandi sé skipt í samtals níu gerðir (mynd 1)



Mynd 1. Greining stöðuvatna í gerðir.

Af þeim samtals 386 skilgreindum stöðuvatnshlotum flokkast 332 sem bergvatnshlot, en 49 tilheyra gerð 9, jökulskotin stöðuvatn. Stöðuvatnshlot þar sem bergvatn er ríkjandi eru þannig um 87% allra stöðuvatnshlota á landinu.

Niðurstöður greiningar bergvatnshlota í samræmi við framlagða tillögu að lýsum er sett fram í töflu 3. Þar er sýndur fjöldi stöðuvatnshlota í hverri gerð.

Tafla 3. Fjöldi stöðuvatnshlota innan hversrar gerðar með ríkjandi bergvatnseiginleika. Mörk flokkunar á dýpi miðast við 3 m meðaldýpi og jarðfræði við 0,8 milljón ára aldur berggrunns.

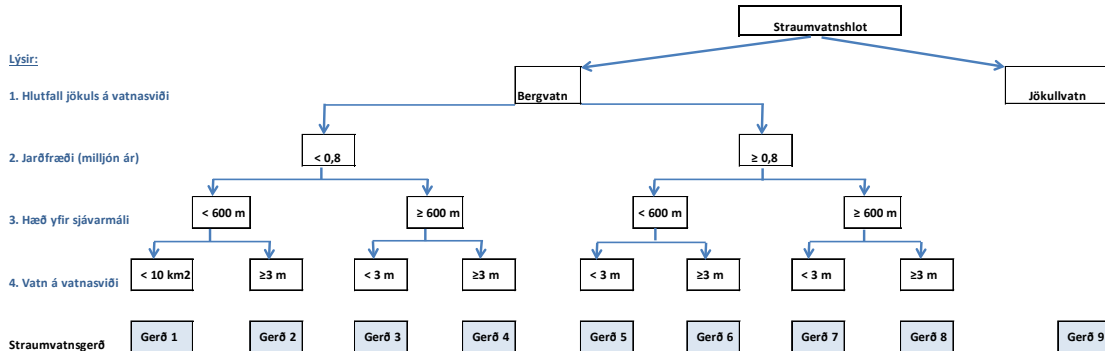
Hæð yfir sjó	Jarðfræði	Dýpi		Samtá
		Djúp	Grunn	
Hálendi (≥ 600 m)	Yngra	9	10	19
	Eldra	6	21	27
	Samtals	15	31	46
Láglendi (< 600 m)	Yngra	49	51	100
	Eldra	78	108	186
	Samtals	127	159	286
	Heildarfjöldi	142	190	332

Algengasta gerðin eru grunn vötn á eldri berggrunni. Bergvatnsstöðuvatn eru algengari á eldri berggrunni en áberandi jökulskotin stöðuvatn algengari á yngri berggrunni. Þetta á einkum við á hálendinu. Fjöldi grunnra og djúpra vatna er áþekkur. Fá djúp vötn á ungu bergi eru á hálendi (Tafla 3).

5.2.3.2 Straumvötn

Straumvatnshlot á landinu eru samtals 1865. Fyrst eru straumvatnshlot með yfir 15% jökuls á vatnasviði sett í eina gerð, jökulvatn. Straumvatn með ríkjandi bergvatni er síðan flokkað

nánar í samræmi við framlagða tillögu að lýsum. Þannig verður heildarfjöldi gerða straumvatnshlota á Íslandi nú gerðir (mynd 2).



Mynd 2. Greining straumvatns í gerðir. Vatn á vatnasviði er mæling af stöðuvötnum og votlendi á vatnasviði.

Af þeim samtals 1866 straumvatnshlotum sem skilgreind voru, flokkast 166 sem jökulvatn en 1700 sem bergvatn. Straumvatnshlot þar sem bergvatn er ríkjandi eru þannig um 91% allra straumvatnshlota á landinu (Tafla 4).

Tafla 4. Fjöldi straumvatnshlota innan hversrar straumvatnsgerðar með ríkjandi bergvatnseiginleika. Mörk flokkunar á því hvort vatn og votlendi á vatnasviði hefur umtalsverð áhrif á vistgerð miðast við 10 km² þekju á vatnasviði og jarðfræði miðast við 0,8 milljón ára aldur berggrunns.

Hæð yfir sjó	Jarðfræði	Vatn og votlendi á vatnasviði		Samtals
		< 10 km ²	≥ 10 km ²	
Hálendi (≥ 600 m)	Yngra	91	8	99
	Eldra	54	4	58
	Samtals	145	12	157
Láglendi (< 600 m)	Yngra	936	189	1125
	Eldra	323	95	418
	Samtals	1259	284	1543
Heildarfjöldi		1404	296	1700

Mestur fjöldi straumvatnshlota er á láglendi eða um 91% og flest þeirra eru á yngri berggrunni. Straumvatn sem á uppruna sinn í heiðarvotlendi, með vatn og votlendi á vatnasviði ≥ 10 km², er líklegt til að teljast til frjósamari áa. Það þarf þó að skoða nánar en hér var gert. Afar fá vatnshlot eru á hálendi með ≥10 km² þekju vatns og votlendis á vatnasviði.

6 Niðurlag

Hér er lögð fram tillaga að gerðum stöðu- og straumvatnshlota. Tillagan er frumtilaga (a priori) um skilgreiningu gerða yfirborðsvatns á Íslandi.

Lagðar eru til nýu gerðir stöðuvatnshlota og nýu gerðir straumvatnshlota. Stöðuvötn flokkast eftir jarðfræði (aldri berggrunns), hæð yfir sjávarmáli, jökulþætti og meðaldýpi. Straumvötn flokkast eftir jarðfræði (aldri berggrunns), hæð yfir sjávarmáli, jökulþætti og þekju vatns og votlendis á vatnasviði.

Ekki var tekið tillit til mikið breyttra vatnshlota (HMWB) né manngerðra vatnshlota enda skilgreiningu þeirra ekki lokið. Þá var ekki tekið tillit til jarðhitavatns, þar sem það nær hvergi þeirri lágmarksstærð sem miðað var við þegar skipt var í vatnshlot. Jarðhitavatnið er samt eitt af sérkennum náttúru Íslands sem á sér fáar hliðstæður og er full ástæða til að vernda á sama hátt og önnur vatnavistkerfi. Þetta er því nokkuð sem þarfnast frekari skoðunar.

Við gerðagreiningu voru tiltæk gögn frá stofnunum, háskólum, heilbrigðiseftirlitum og fleirum nýtt eins og kostur var miðað við forsendur um tíma og fjármagn. Samantekt og samræming þeirra reyndist mun umfangsmeiri en gert var ráð fyrir í upphafi og komu í ljós ýmsir annmarkar við notkun þeirra. Huga þarf betur að því að samræma staðarskráningar, gæðakvörðun gagna o.fl. á næstu stigum. Ekki eru öll tiltæk gögn um eðlisefnafræðilega og líffræðilega þætti komin inn í gagnagrunna stjórnar vatnamála og enn á eftir að móta reglur um aðgengi og afhendingu þeirra þannig að sú þekking sem til staðar er í landinu nýtist sem best. Einnig vantar að safna og vinna úr ýmsum gögnum sem þó á að nota samkvæmt reglugerð nr. 535/2011. Sem dæmi má nefna botngróður og svifþörungna. Sömuleiðis vantar að fullvinna ýmis gögn t.a.m. um lífverur sem ekki hafa enn verið greind til tegunda eða ættkvísla, en slíkt er nauðsynlegt þar sem að fáar tegundir koma til með að standa að baki ástandsflokkun vatnshlota. Gera þarf sérstaka úttekt á því hvaða gögn og upplýsingar vantar svo hægt sé að endurmeta framlagða tillögu að gerðum, m.a. með tölfræðigreiningum.

Árið 2013 þarf að halda áfram með uppbyggingu gagnagrunna og samantekt gagna fyrir næsta verkþátt sem felst í að finna aðferðir til ástandsflokkunar og skilgreina viðmiðunarskilyrði fyrir hverja gerð. Eftir því sem þeirri vinnu vindur áfram og gögn bætast við getur það haft áhrif á þær tillögur sem hér eru lagðar fram. Komi t.d. í ljós að ekki er munur á viðmiðunarskilyrðum tiltekinna gerða getur þurft að skoða sameiningu þeirra, eða aðgreiningu ef hið gagnstæða á við.

Við skipulag næstu verkþátta á innleiðingartímabili laga um stjórn vatnamála er mikilvægt að meta hvernig tekist hefur til fram að þessu. Komið hafa fram ýmsar áskoranir varðandi samantekt og úrvinnslu gagna og fleira sem leyst hefur verið með mismunandi hætti milli stofnanna. Af því má draga lærdóm sem mikilvægt er að nýta á næstu stigum verkefnisins.

7 Heimildir og ítarefni

Arnþór Garðarsson (1979). Vistfræðileg flokkun íslenskra vatna [An ecological classification of Icelandic freshwaters]. Týli, 9, 1-10.

Árni Hjartarson , L. J. Andersen, N. Kelstrup, J.Rasmusseh, W. Struckmeier & H. Karrenberg (1980). *MapSheet and Explanatory Note of the International Hydrological Map of Europe 1:1.500.000*. Hanover: Bundenanstalt fur Geowissenschaften und Rochstoffe/UNESCO.

Bjartmar Sveinbjörnsson, M. Sonesson, O. K. Nordell & S. P. Karlsson (1993). Performance of mountain birch in different environments in Sweden and Iceland: Implications for afforestation. Í J. Alden, J.L. Mastrantonio & S. Ødum (ritstj.), *Forest Development in Cold Climates*. NATO A.S.I. Series.

Bogi B. Björnsson, Kristinn Einarsson & Linda Georgsdóttir (2012). *Yfirborðs- og grunnvatnshlot. Verklagsreglur við skilgreiningu vatnshlota*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands og Orkustofnun.

EU Habitats Directive 92/43/EEC (1992). Sótt á <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1992:206:0007:0050:EN:PDF>.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir & Peter Torssander (2012a). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XV. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar* (RH-06-2012). Reykjavík: Raunvísindastofnun Háskólans.

Eydís Salóme Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir, Egill Axelsson & Árný E. Sveinbjörnsdóttir (2012b). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Austurlandi IX. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar* (RH-05-2012). Reykjavík: Raunvísindastofnun Háskólans.

Eydís Salóme Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir & Kristjana G. Eypórsdóttir (2012c). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi VI: Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar* (RH-07-2012). (RH-07-2012). Reykjavík: Raunvísindastofnun Háskólans.

Freysteinn Sigurðsson (1992). Hlutur grunnvatns í vatnsafla. Í *Ársfundur Orkustofnunar 1992. 26. mars 1992*, 2. útgáfa, OS-92013. Reykjavík: Orkustofnun.

Freysteinn Sigurðsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Stefanía Guðrún Halldórsdóttir & Þórarinn Jóhannsson (2006). *Vatnafarsleg flokkun vatnasvæða á Íslandi: hvernig bregðast landsvæði við úrkomu og miðla henni?* (OS-2006-013). Reykjavík: Orkustofnun.

Freysteinn Sigurðsson & Kristinn Einarsson (1988). Groundwater resources of Iceland. Availability and demand. *Jökull*, 38, 35-54.

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 (1998). Animal communities in Icelandic Rivers in relation to catchment characteristics and water chemistry. *Nordic Hydrology*, 29, 129-148.

Guðmundur Einarsson (2012a). *Basic Inference on Proportional Quantities of Plant Growth*. Óbirt skýrsla. Reykjavík: Höfundur.

Guðmundur Einarsson (2012b). *Basic Inference on JHI Dataset and Geological Data*. Óbirt skýrsla. Reykjavík: Höfundur.

Guðmundur Guðjónsson & Einar Gíslason (1998). *Gróðurkort af Íslandi. Yfirlitskort (1.útg.)*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.

Guðmundur Kjartansson (1945). Íslenskar vatnsfallategundir. *Náttúrufræðingurinn*, 15, 113-128.

Hagstofa Íslands (2012). <http://www.hagstofa.is/Hagtalur/Land-og-umhverfi/Landfraedilegar-upplysingar>.

Hákon Aðalsteinsson (1981). Tengsl svifaura og gagnsæis í jökulskotnum stöðuvötnum (OS-81027/VOD-12). Reykjavík: Orkustofnun.

Hákon Aðalsteinsson og Gísli Már Gíslason (1998). Áhrif landrænna þátta á líf í straumvötnum. *Náttúrufræðingurinn*, 68, 97-112.

Hákon Aðalsteinsson, Gísli Már Gíslason, Sigurður R. Gíslason & Árni Snorrason 2000. Physical and chemical characteristics of glacial rivers in Iceland, with particular reference to the River W-Jökulsá, North Iceland. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27: 735-739.

Halldór Björnsson, Trausti Jónsson, Sigríður Sif Gylfadóttir & Einar Örn Ólason (2007). Mapping the annual cycle of temperature in Iceland. *Meteorologische Zeitschrift*, 16, 1045-1056.

Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson (1989). *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:500.000. Berggrunnkort (1.útg.)*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands og Landmælingar Íslands.

Haukur Tómasson (1981). Vatnsafl Íslands, mat á stærð orkulindar. Í Orkuþing 81. Erindi flutt á Orkuþingi 9, 10-11 júní, 1981, vol. 2.

Haukur Tómasson (1982). Vattenkraft i Island och dess hydrologiska förutsättningar. Den nordiske hydrologiske konferense, NHK-82, Förde 28-30 juni 1982. Orkustofnun OS-82059/VOD-10 (in Swedish)

Helgi Björnsson & Finnur Pálsson (2008). Icelandic glaciers. *Jökull*, 58, 365-386.

Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason & Sigurður Snorrason. 2000. Biodiversity of macroinvertebrates on rocky substrate in the surf zone of Icelandic lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 121-127.

Hilmar J. Malmquist, Guðni Guðbergsson, Ingi Rúnar Jónsson, Jón S. Ólafsson, Finnur Ingimarsson, Erlín E. Jóhannsdóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Sesselja G. Sigurðardóttir, Stefán Már Stefánsson, Iris Hansen & Sigurður S. Snorrason (2001). *Vatnalífriki á virkjanaslóð. Áhrif fyrirhugaðrar Kárahnjúkavirkjunar ásamt Laugarfellsveitu, Bessastaðaárveitu, Hafursárveitu og Hraunaveitu á vistfræði vatnakerfa (LV-2001/025)*. Reykjavík: Landsvirkjun.

Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason (2003). *Vistfræði- og verndarflokkun íslenskra stöðuvatna. Unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Áfangaskýrsla. Kópavogur: Náttúrufræðistofa Kópavogs.*

Hilmar J. Malmquist, Tammy Lynn Karst-Riddoch, T. & John P. Smol (2010). Kísilþörungaflóra íslenskra stöðuvatna. *Náttúrufræðingurinn*, 80, 41-57.

Hrefna Kristmannsdóttir, (2007). Últrasískt lindarvatn á Norðausturlandi, (TS0703-Auðlindasvið). Akureyri. Viðskipta- og Raunvísindadeild Háskólans á Akureyri, 10 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Stefán Arnórsson, Árný Erla Sveinbjörnsdóttir & Höskuldur Ármannsson., 2010. Geochemistry and classification of cold groundwater in Iceland. Í P. Birkle & I.S. Torres-Alvarado (ritstjórar), *Proceedings Water-Rock Interaction*: 13, (bls. 207-210).

Hrefna Kristmannsdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Sverrir Óskar Elefsen, Steinunn Hauksdóttir, Árný Sveinbjörnsdóttir & Hreinn Haraldsson (2006). *Þróun efnavöktunarkerfis til varnar mannvirkjum við umbrot í jökli (OS-2006/014)*. Reykjavík: Orkustofnun.

Hrefna Kristmannsdóttir, Stefán Arnórsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir & Halldór Ármannsson (2005). *Verkefnið Vatnsauðlindir Íslands. Lokaskýrsla um niðurstöður verkefnisins (Skýrsla HK-05/04)*. Akureyri: Háskólinn á Akureyri.

Iris Hansen, Gísli Már Gíslason & Jón S. Ólafsson (2006). Diatoms in glacial and alpine rivers in Central Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29, 1271-1274

Jón S. Ólafsson, Hákon Aðalsteinsson & Gísli Már Gíslason (2001). Classification of running waters in Iceland, based on catchment characteristics. Í S. Bäck & K. Karttunen (ritstj.) *Classification of Ecological Status of Lakes and Rivers. TemaNord 2001*, 584, 57-59.

Jón S. Ólafsson, Hákon Aðalsteinsson, Gísli Már Gíslason, Iris Hansen & Þóra Hrafnisdóttir (2002). Spatial heterogeneity in lotic chironomids and simuliids in relation to catchment characteristics in Iceland. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 28, 157-163.

Jóna Finndís Jónsdóttir (2008). A runoff map based on numerically simulated projection of future runoff in Iceland. *Hydrological Sciences Journal*, 53, 100-111.

Kolbeinn Árnason & Ingvar Matthíasson (2009). Corine-landflokkun á Íslandi 2000 og 2006. Akranes: Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson 1979. Outline of the geology of Iceland. *Jökull* 29. 7-28.

Kristján Sæmundsson (1990). Jarðmyndun. Í Sigurjón Rist (ritstjóri), *Vatns er þörf* (bls. 67-70). Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs.

Lög nr. 36/2011 um stjórn vatnamála.

Markús Á. Einarsson (1976). *Veðurfar á Íslandi*. Reykjavík: Iðunn.

Markús Á. Einarsson (1984). Climate of Iceland. Í H. van Loon (ritstjóri), *World Survey of Climatology: 15, Climates of the Oceans* (bls. 673-697). Amsterdam: Elsevier.

Páll Bergþórsson (1996). Hitafar og gróður. *Búvísindi*, 10, 141-164.

Philippe Crochet, Tómas Jóhannesson, Trausti Jónsson, Oddur Sigurðsson, Helgi Björnsson, Finnur Pálsson & Idar Barstad (2007). Estimating the spatial distribution of precipitation in Iceland using a linear model of orographic precipitation. *Journal of Hydrometeorology*, 8, 1285-1306. DOI: 10.1175/2007JHM795.1

Rannveig Ólafsdóttir, P. Schlyter & Hörður V. Haraldsson (2001). Simulating Icelandic vegetation cover during the Holocene. Implications for long-term land degradation. *Geografiska Annaler*, 83A(4), 203-215.

Reglugerð nr. 935/2011 um stjórn vatnamála.

Reglugerð nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun.

Sigurður R. Gíslason (1985). *Meteoric water – basalt interactions: A field and laboratory study*. (Doktorsritgerð við Johns Hopkins háskólann í Baltimore, Bandaríkjunum).

Sigurður Reynir Gíslason (2008). Weathering in Iceland. *Jökull*, 58, 387-408.

- Sigurður R. Gíslason & H.P. Eugster (1987a). Meteoric water-basalt interactions: II. A field study in NE Iceland. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51, 2841-2855.
- Sigurður R. Gíslason & H.P. Eugster (1987b). Meteoric water-basalt interactions: I. A laboratory study. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51, 2827-2840.
- Sigurður R. Gíslason & Stefán Arnórsson (1988). Efnifræði árvatns á Íslandi og hraði efnarofs. *Náttúrufræðingurinn*, 58, 183-197.
- Sigurður R. Gíslason, Stefán Arnórsson & Halldór Ármannsson (1996). Chemical weathering of basalt in Southwest Iceland: effects of runoff, age of rocks and vegetative/glacial cover. *American Journal of Science*, 296, 837-907.
- Sigurður Guðjónsson (1990). Íslensk vötn og vistfræðileg flokkun þeirra. Í Guttormur Sigbjarnarson (ritstjóri), *Vatnið og landið* (bls. 219-223). Reykjavík: Orkustofnun.
- Sigurður Guðjónsson (1991). *Classification of Icelandic Watersheds and Rivers to Explain Life History Strategies of Atlantic Salmon*. Doktorsritgerð. Oregon State University, Corvallis.
- Sigurjón Rist (1956). *Íslensk vötn*. Reykjavík: Raforkumálastjóri, Vatnamælingar.
- Sigurjón Rist (1961). Vötn. Í Sigurður Þórarinsson (ritstjóri), *Náttúra Íslands* (bls. 169-193). Reykjavík: Almenna bókafélagið.
- Sigurjón Rist (1986). *Efnarannsókn vatna. Borgarfjörður, einnig Elliðaár í Reykjavík* (OS-86070/VOD-03). Reykjavík, Orkustofnun.
- Sigurjón Rist (1990). *Vatns er þörf*. Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs.
- Stefán Arnórsson, Ingvi Gunnarsson, Andri Stefánsson, Auður Andrésdóttir & Árný E. Sveinbjörnsdóttir (2002). Major element chemistry of surface and ground waters in basaltic terrain, N-Iceland. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 66, 4015-4046.
- Tammy L. Karst-Riddoch, Hilmar J. Malmquist & John P. Smol (2009). Relationships between freshwater sedimentary diatoms and environmental variables in Subarctic Icelandic lakes. *Fundamental and Applied Limnology (Archiv für Hydrobiologie)*. 175: 1-28.
- Vatnatilskipun Evrópu 2000/60/EB (2000). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:EN:PDF>