



Fjölrit nr. 2-03

ÁHRIF VATNSMIÐLUNAR Á VATNALÍFRÍKI SKORRADALSVATNS: FORKÖNNUN OG RANNSÓKNATILLÖGUR

Greinargerð unnin fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson og Haraldur Rafn Ingvason



Náttúrufræðistofa Kópavogs

Natural History Museum of Kópavogur

Hamraborg 6 A · IS-200 Kópavogur · Iceland

www.natkop.is

Desember 2003

Ítarlegur útdráttur

Greinargerð þessi er unnin að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur í tengslum við fyrirspurn Veiðifélags Skorradalsvatns til Náttúrufræðistofu Kópavogs um hugsanleg áhrif vatnsmiðlunar Andakílsárvirkjunar á vatnalífriki Skorradalsvatns. Um er að ræða forkönnun og tillögugerð sem felst í 1) samantekt heimilda um líffræðirannsóknir í vatninu og ástandslýsingu á lífríki vatnsins, 2) mat á notagildi fyrirbyggjandi rannsókna og nauðsyn frekari rannsókna varðandi áhrif vatnsmiðlunar á vatnalífriki Skorradalsvatns og 3) tillögugerð um vöktun á völdum lífríkisþáttum í Skorradalsvatni með það að markmiði að fylgjast með lífríki vatnsins og hugsanlegum áhrifum af völdum vatnsmiðlunar.

1) Samantekt á líffræðirannsóknum og ástandslýsing á lífríki Skorradalsvatns

Skorradalsvatn er stórt og djúpt dalavatn og vatnsbúskapur þess er undir sterkum dragavatnsáhrifum, sem helgast af þéttum og lítt lekum grágrýtis- og blágrýtismyndunum á vatnasviðinu. Eftir tilkomu Andakílsárvirkjunar 1947 og síðari endurbætur hefur vatnsborðssveifla aukist og orðið örari en hún var fyrir virkjun. Talið er að náttúrulegt sveifluútslag fyrir virkjun hafi verið allt að 70 cm, en eftir virkjun eru fjölmörg dæmi um 70–170 cm útslag á 10–30 dögum og nokkur dæmi um allt að 200 cm útslag á nokkrum vikum. Jafnan er vatnsstaða lægst og vatnsborðssveifla minnst á tímabilinu júlí–ágúst yfir sumarmánuðina.

Nokkrar rannsóknir hafa verið gerðar á lífríki Skorradalsvatns og snúast flestar þeirra, sex talsins, um fisk. Fyrsta rannsóknin fór fram 1972 og beindist að bleikjunni í vatninu (Jón Kristjánsson 1974). Árið 1975 fór fram stofnstærðarmat á bleikju í vatninu með bergmálmælingum (Jón Kristjánsson & E.P. Nunnallee 1978). Nýjasta rannsóknin fór fram á þessu ári, 2003, og snerist um efnafræði og fisk (Johan Nyqvist 2003). Yfirgripsmesta rannsóknin fór fram 1998, en þar var á ferð heildstæð úttekt á mörgum lífríkisþáttum í vatninu auk mælinga á efna- og eðlisþáttum (Hilmar J. Malmquist o.fl. 1999, 2000, 2003). Í rannsókninni voru athuguð botndýr í fjörubelti og í djúpseti, svifdýr í vatnsbol og margvíslegar mælingar gerðar á bleikju og urriða, auk mælinga á efna- og eðlisþáttum. Rannsóknin frá 1998 er hluti af rannsóknarverkefni *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna*, þar sem um er að ræða gagnabanka með sambærilegum upplýsingum um líffræði, jarðfræði og vatna- og efnafræði ríflega 70 stöðuvatna víðs vegar að af landinu. Að auki hafa fjögur verkefni verið unnin í Skorradalsvatni af líffræðinemum við Háskóla Íslands, eitt um botndýr (Bjarni Kr. Kristjánsson o.fl. 1993); eitt um svifdýr (Ellý Guðjohnsen o.fl. 1993) og tvö um fisk (Edda S. Oddsdóttir o.fl. 1993; Arngerður Jónsdóttir o.fl. 1995).

Frá náttúrunnar hendi er Skorradalsvatn fremur snautt af næringarefnum og tengist það gerð berggrunns á vatnasviðinu ásamt stærð og dýpi vatnsins og löngum endurnýjunartíma þess (um 330 dagar). Lágur styrkur næringarefna takmarkar mögulega getu vatnsins til frumframleiðslu og þar með almennan lífvænleika í vatnavistkerfinu. Ekki er tekið undir þá kenningu Johan Nyqvist (2003), um að vatnsmiðlun ásamt yfirborðsflæði um Andakílsárstíflu leiði til þess að fosfór tapist úr vatnakerfinu með því að lokast af ofan í setbotni vatnsins.

Þéttleiki botndýra í grýttu fjörubelti Skorradalsvatns, einkum þó er varðar rykmýslirfur sem jafnan eru mikilvæg fiskifæða, er í lægri kantinum miðað við vötn almennt í

landinu og sver sig í ætt við það sem mælist meðal vatna upp til fjalla og annarra vatna þar sem vatnsmiðlunar gætir. Fjörubeltið er það búsvæði í Skorradalsvatni sem er undir hvað mestu álagi af völdum vatnsmiðlunar. Bæði er um að ræða óstöðugleika fyrir lífverur vegna breytilegrar vatnstöðu, þ.e. búsvæðið þornar og blotnar á víxl, og vegna mekanískra áhrifa á lífverur og undirlag þeirra af völdum íss.

Samfélagsgerð og þéttleiki svifkrabba í vatnsbol Skorradalsvatns er með svipuðum hætti og gegnir um stór og djúp dalavötn á landinu. Ekki verður séð að áhrif vatnsmiðlunar gæti á þennan lífríkisþátt vatnsins.

Í Skorradalsvatni eru náttúrulegir stofna bleikju og hornsíla, auk urriða sem sleppt hefur verið tvívegis í vatnið, fyrst 1974 og aftur 1976. Langmest er af bleikju og hornsílum, en magn urriða virðist vera nokkuð breytilegt á því tímabili sem gögn ná yfir (1972–2003), eða allt frá því að vera 0% í tæp 20% af silungsafla. Mismunandi hlutdeild urriða kann að stafa að hluta til af ólíkum veiðaðferðum í fiskirannsóknunum.

Samkvæmt bergmálmælingum í Skorradalsvatni 1975 mældist stærð bleikjustofnsins neðan 5 m dýptarlínu um 5,4 milljón einstkalingar, sem svarar til 43ja fiska/100 m². Þetta er mikill þéttleiki og í meira lagi miðað við vötn almennt á landinu. Síðsumars, þegar orðið er skuggsýnt og dimmt á nóttunni, heldur stærstur hluti bleikjanna sig á 10–25 m dýpi á dreif í vatnssúlunni. Á daginn þéttist fiskurinn og myndar litlar torfur sem standa fremur djúpt, á 20–40 m dýpi.

Afli á sóknareiningu á strandgrunni er með minna móti í Skorradalsvatni miðað við önnur vötn á landinu. Þetta kemur heim og saman við það að um dalavatn er að ræða, þar sem stærðarhlutfall strandsgrunns er lítið í samanburði við umfang annarra fiskibúsvæða í vatninu, einkum vatnsbolsins, þess búsvæðis sem uppvaxnir fiskar nýta mest í dalavötnum og öðrum álíka stórum og djúpum vötnum.

Bleikjan í Skorradalsvatni einkennist af lágum meðalaldri (3,6 ára), lágum hámarksaldri (6+ ára) og umtalsverðum breytileika í lengd innan aldurshópa. Breytileikinn í stærð ræðst að miklu leyti af kynþroskastigi. Um er að ræða tvo nokkuð glögga stærðarhópa; ókynþroska hraðvaxta fiska á stærðarbilinu 15–40 cm og kynþroska fremur hægvaxta fiska á stærðarbilinu 10–20 cm. Milli þessar tveggja hópa er afgerandi munur í fæðuvali. Stærri fiskarnir lifa aðallega á hornsílum og vatnabobba, en smærri fiskarnir nærast mest á smágerðum svifkröbbum úti í vatnsbolnum. Síðarnefnda hópnum svipar mjög til murtu í Þingvallvatni.

Samkvæmt Fultons holdastuðli er holdafar bleikju í Skorradalsvatni rétt undir meðallagi miðað við það sem gengur og gerist hjá bleikju í íslenskum vötnum. Ekki er marktækur munur á Fultons holdastuðli hjá bleikju í fjórum rannsóknum sem fram fóru í vatninu á tímabilinu 1993–2003.

Fátt bendir til þess að vatnsmiðlun hafi haft merkjanleg áhrif á lífsöguþætti bleikjunnar í Skorradalsvatni. Stærsti hluti bleikjustofnsins í vatninu, þ.e. sá hluti sem hefst við úti í vatnsbolnum og lifir mest á svifdýrum, ber öll einkenni dæmigerðs uppsjávarfisks sem hefst við í slíku búsvæði. Bleikju með sömu lífsögueinkennum og lífshætti má finna í nokkrum öðrum stórum og djúpum dalavötnum hér á landi þar sem ekki gætir vatnsmiðlunar, t.d. í Svínavatni, Stóra Viðarvatni og Geitabergsvatni.

2) Mat á notagildi fyrirbyggjandi rannsókna og nauðsyn frekara rannsókna

Þær tvær rannsóknir sem gerðar hafa verið í Skorradalsvatni á botndýrum nýttast ágætlega til að lýsa helstu einkennum botndýrasamfélagsins í fjöruvist vatnsins m.t.t. þéttleika og tegundasamsetningar. Ekki er talin þörf á frekari rannsóknum á botndýrum í fjörubelti til að renna stoðum undir að vatnsmiðlun hafi áhrif á botndýralíf í fjörubelti Skorradalsvatns. Hins vegar, þar sem báðar rannsóknirnar gefa einungis augnabliksmynd af dýralífinu, þ.e. annars vegar síðla í júlí 1998 og hins vegar seint í september 1993, þá er lítið vitað um framvindu botndýra og viðbrögð þeirra við vatnsmiðlun á mismunandi árstíðum yfir heilt ár. Slík rannsókn hefur ekki verið gerð hér á landi áður í miðlunarlóni og því áhugavert að ráðast í slíka úttekt. Rannsókn af þessu tagi getur m.a. varpað ljósi á hvenær á lífsferli botndýra þeim er hættast við áföllum af völdum vatnsmiðlunar, auk þess að upplýsa um umfang áhrifa af völdum vatnsmiðlunar.

Í ljósi kenningar um að botnset kunnir að virka sem gildra fyrir næringarefni í vatninu er æskilegt að kanna botndýr í seti vatnsins og grennslast fyrir um hvort merkja megi hugsnaleg áhrif næringaefnaauðgunar á dýralífið. Setkjarnasýni eru til úr vatninu en eftir er að vinna úr þeim. Í þessu sambandi er einnig mjög áhugavert að rannsaka lífsögu Skorradalsvatns áratugi og árhundruð aftur í tímann með því að greina dýra- og plöntuleifar úr setkjörnum. Slík rannsókn gæti varpað ljósi á það hvort og þá hvernig vistfræðilegt eðli vatnsins hefur breyst í tímans rás, m.a. með tilkomu Andakílsárvirkjunar.

Enda þótt fátt bendi til þess að vatnsmiðlun hafi haft merkjanleg áhrif á bleikjustofninn í Skorradalsvatni, a.m.k. liggja engar beinar mælingar því til stuðnings, er ekki hægt að útiloka slíkt. Mjög líklegt verður að teljast að óstöðugleiki í fjörubeltinu vegna vatnsmiðlunar hafi áhrif á bleikjustofninn, einkum á afkomumöguleika seiða (0+ og 1+ ára), en þau nýta fjörubeltið sem matarlind og afdrep. Æskilegt væri að ráðast í seiðarannsóknir til að varpa ljósi á þetta atriði. Framkvæmd slíkrar rannsóknar ætti að vera með líku sniði og lýst er hér að framan um botndýr. Þ.e. með söfnun sýna á mismunandi árstímum til að fylgja eftir framvindu seiðanna á ársgrundvelli.

Svifdýrasamfélag Skorradalsvatns virðist lítt eða ekkert snortið af vatnsmiðlun og því eru rannsóknir m.t.t. áhrifa af völdum virkjunarinnar á þennan lífríkisþátt óþarfar. Á hinn bóginn skiptir svifdýrasamfélagið mjög miklu máli fyrir orkumsetningu í vistkerfi vatnsins, m.a. sem fæða fyrir bleikju, og jafnframt er mörgum spurningum ósvarað um hegðun svifdýranna. Því eru athuganir á svifdýrasamfélaginu mjög áhugaverðar, einkum er varðar dægurferðir dýranna og framvindu ólíkra tegunda yfir árið.

3) Tillögur um vöktun á völdum lífríkisþáttum í Skorradalsvatni

Með hugtakinu vöktun er átt við rannsókn þar sem fylgst er með völdum lykilþáttum í tilteknu kerfi með endurtekinni, staðlaðri sýnatöku með reglulega millibili um allan langt skeið, tíu ár að lágmarki.

Tilgangur vöktunarverkefna er að hafa auga með ákveðnum þáttum sem eru í senn upplýsandi fyrir bæði ástand viðkomandi þáttar og kerfisins í heild sem þátturinn tilheyrir. Yfirleitt eru vöktunarverkefni þannig sniðin að sýnataka og úrvinnsla er með

einfaldara móti, sýni fremur hratt unnin og verkefnið í heild í ódýrari kantinum á ársgrundvelli.

Gerðar eru þrjár tillögur um vöktunarverkefni í Skorradalsvatni. Allar miða þær að því að afla vitneskju um ástand lykilþátta í orkuflæði vistkerfisins og vitneskju um ástand kerfisins í heild.

1. Vöktun á botndýrum í fjörubelti, svifdýrum í vatnsbol og fiski á strandgrunni.

Botndýr: Meginmarkmið er að fylgjast með þéttleika rykmýs og vatnabobba í tengslum við vatnsmiðlun og sem fæðu fyrir bleikju (og urriða).

Svifdýr: Meginmarkmið er að fylgjast með fæðuframboði fyrir bleikju. Aukamarkmið er að afla gagna um dægurferðir svifkrabba.

Fiskur: Annars vegar veiði með lagnetum á strandgrunni og hins vegar rafveiði á seiðum í fjörubelti. Meginmarkmið að fylgjast með bleikju, einkum m.t.t. lengdar, þyngdar og aldurs, sem og fæðuvals og afla á sóknareiningu.

Annað: Eðlis- og efnabættir mældir á staðnum og tekin blaðgrænasýni og mælt rýni. Markmið er að fylgjast með frumframleiðslu á fljótvirkan hátt.

Sýnataka á öllum fjórum þáttum samtímis einu sinni ári (15. júlí – 15. ágúst) á tveggja ára fresti.

2. Vöktun á botndýrum og fiskseiðum í fjörubelti ásamt svifdýrum í vatnsbol.

Botndýr: Sama og í tillögu nr. 1.

Svifdýr: Sama og í tillögu nr. 1.

Fiskseiði (bleikja): Þéttleiki mældur í rafveiði og tekið hlutasýni til mælinga á lengd, þyngd og aldri og greiningu á magainnihaldi. Meginmarkmið að fylgjast með almennu ástandi bleikjungviðis í tengslum við vatnsmiðlun og fæðuframboð.

Annað: Sama og í tillögu nr. 1.

Sýnataka á öllum fjórum þáttum samtímis einu sinni á ári (15. júlí– 15. ágúst) hvert ár.

3. Vöktun á botndýrum og fiskseiðum í fjörubelti.

Botndýr: Sama og í tillögu nr. 1.

Fiskseiði (bleikja): Sama og í tillögu nr. 2.

Annað: Sama og í tillögu nr. 1.

Sýnataka á öllum þremur þáttum samtímis einu sinni á ári (15. júlí– 15. ágúst) hvert ár.

Í kjölfar sérhverrar sýnatöku yrði gefin út skýrsla með niðurstöðum viðkomandi árs og fyrri niðurstöðum eftir því sem verkinu vindur fram. Auk þess að gagnast verkkaupa með beinum hætti geta skýrslurnar einnig haft almenna skírskotun til landeigenda og annarra hagsmunaaðila við Skorradalsvatn. Bændur og bústaðafólk hafa líklega margir hverjir áhuga á að fylgjast með ástandi og þróun helstu þátta í lífríki vatnsins.

EFNISYFIRLIT

Ítarlegur útdráttur	1
1. Inngangur	6
2. Vatnafræði Skorradalsvatns, virkjun Andakílsár og vatnsmiðlun ..	6
3. Líffræðirannsóknir í Skorradalsvatni.....	10
3.1 Botndýr	11
3.2 Fiskur.....	15
3.3 Svifdýr.....	19
3.4 Efna- og eðlisþættir	22
4. Notagildi fyrri rannsókna og nauðsyn á frekari rannsóknum	25
4.1 Botndýrarannsóknir.....	25
4.2 Fiskirannsóknir.....	27
4.3 Aðrar rannsóknir.....	28
5. Tillögur um vöktun á vatnalífriki	29
6. Heimildir og ítarefni	31
VIÐAUKI I.	34

1. Inngangur

Greinargerð þessi er unnin að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur í tengslum við fyrirspurn Veiðifélags Skorradalsvatns til Náttúrufræðistofu Kópavogs (bréf dags. 24. febrúar 2003) um hugsanleg áhrif vatnsmiðlunar Andakílsárvirkjunar á vatnalífriki Skorradalsvatns.

Um er að ræða forkönnun og tillögugerð sem felst í eftirfarandi þremur þáttum:

- 1) að taka saman heimildir um fyrirliggjandi líffræðirannsóknir í vatninu og greina frá núverandi þekkingu á lífríki vatnsins (kafla 3),
- 2) að leggja mat á notagildi fyrirliggjandi rannsókna varðandi áhrif vatnsmiðlunar á vatnalífriki Skorradalsvatns og meta nauðsyn á frekari rannsóknum í þessu skyni (kafla 4) og,
- 3) að leggja fram tillögur um vöktun á völdum lífríkisþáttum í Skorradalsvatni með það að markmiði að fylgjast með hugsanlegum áhrifum af völdum vatnsmiðlunar (kafla 5)

Í kafla 2 er stiklað á stóru um vatnafræði Skorradalsvatns, umhverfi og landnýtingu á svæðinu. Í kaflanum er einkum stuðst við gögn frá Orkustofnun um vatnsmiðlun í Skorradalsvatni (Orkustofnun, Vatnamælingar 2003).

Í kafla 3 er veitt yfirlit um skipulegar rannsóknir sem höfundum er kunnugt um að hafi farið fram á vatnalífriki Skorradalsvatns fram til þessa. Í mati á stöðu vatnalífríkis í Skorradalsvatni er töluvert byggt á samanburði við gögn sem er að finna í viðamiklum gagnabanka, *Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna: samræmdur gagnagrunnur*, sem er á hendi Náttúrufræðistofu Kópavogs, Líffræðistofnunar Háskóla Íslands, Hólaskóla og Veiðimálastofnunar (Hilmar J. Malmquist o.fl 2003, 1999a).

Í kafla 4 er lagt mat á notagildi fyrirliggjandi rannsókna og nauðsyn frekari rannsókna til að varpa skýrara ljósi á áhrif vatnsmiðlunar á vatnalífriki Skorradalsvatns.

Í kafla 5 eru lagðar fram tillögur um vöktunarverkefni í því augnamiði að fylgjast með völdum lykilþáttum í líffræði Skorradalsvatns sem tengjast bæði vistfræði vatnsins almennt og áhrifum vatnsmiðlunar á vatnalífrikið.

2. Vatnafræði Skorradalsvatns, virkjun Andakílsár og vatnsmiðlun

Skorradalsvatn er í hópi fárra, stórra vatna á landinu, 14,7 km² að flatarmáli, 16 km langt og 1,5 km þar sem það er breiðast (Sigurjón Rist 1975, 1990). Meðaldýpi er mikið, um 22,5 m, og mesta mælda dýpi um 48 m. Vatnið er í 17 km fjarlægð frá sjó og liggur í 57 m hæð yfir sjávarmáli.

Skorradalsvatn hvílir í jökulsorfinni, dallaga (línulegri) skál þar sem botninn hallar nokkuð jafnt frá fjöruborði til mesta dýpis. Í samræmi við tilurð vatnsins er það í flokki jökulsorfinna dalvatna (Sigurjón Rist 1975; Arnþór Garðarsson 1979). Um 40–50% af flatarmáli vatnsins liggur yfir botndýpi sem er meira en 20–30 m (neðri mörk

ljóstillífunar). Verulegur hluti botnsins í Skorradalsvatni nýtur þar af leiðandi ekki sólarljóss. Hlutdeild djúpbots í Skorradalsvatni er óvenjuhá meðal íslenskra vatna.

Flatarmál strandgrunns (< 20 m dýpi) þar sem mest lífræn framleiðsla fer yfirleitt fram í vötnum, er nær 60% af flatarmáli Skorradalsvatns. Þetta er lítil hlutdeild miðað við vötn almennt á landinu. Flatarmál grýttis fjörubeltis (< 10 m dýpi), þar sem mest framleiðsla botnhryggleysingja á sér jafnan stað, er einnig mjög lítið í Skorradalsvatni, eða um 22%. Vatnsbolur Skorradalsvatns, þ.e. allur vatnsmassinn utan strandgrunns er aftur á móti mjög umfangsmikill, eða um 103 Gl. Í heild er rúmtak Skorradalsvatns um 333 Gl (Sigurjón Rist 1975).

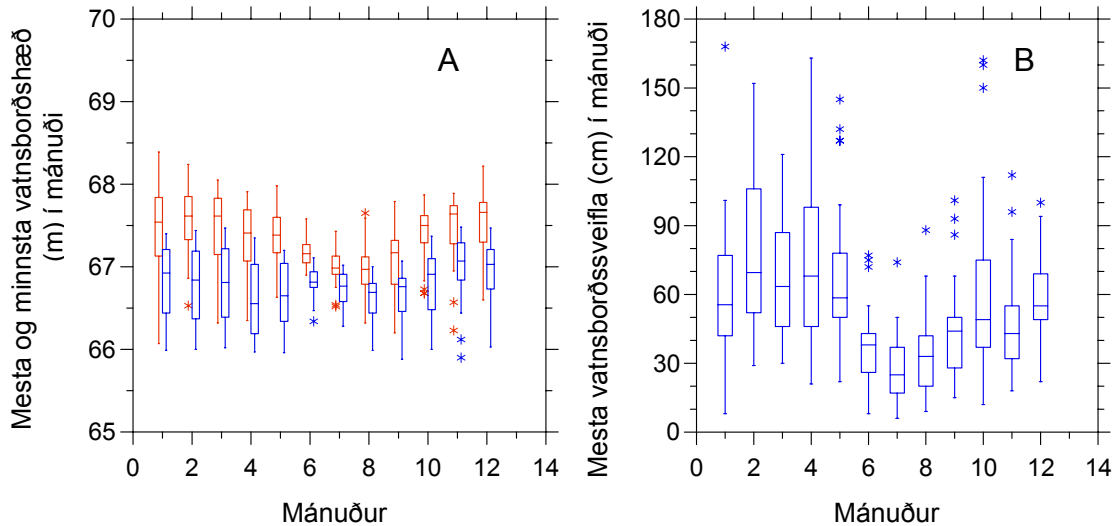
Vatnasviðið Skorradalsvatns (fyrir ofan útfall við Andakílsá) er um 147 km² og í heild vel gróið land, einnig á heiðum uppi. Að miklu leyti er um að ræða mólendi, graslendi og ræktað land, með meira en 50% gróðurþekju (Guðmundur Guðjónsson & Einar Gíslason 1998). Í norðanverðum Skorradal er umtalsverð skógrækt, bæði á vegum Skógræktar ríkisins og orlofshúsaeygenda. Stór svæði eru ræktað barrtrjám og lauftrjám og víða eru stórar breiður af lúpínu. Birkikjarr liggur hér og þar að vatninu sunnanverðu og við suðausturendann vex birkiskógur. Báðum megin í Skorradal er umtalsverð byggð orlofshúsa, nær 500 talsins. Helsta landnýting á svæðinu í dag byggist á orlofsdvöl og frístundaiðkun ýmis konar. Hefðbundinn landbúnaðar í dalnum hefur látið undan síga síðastliðna áratugi.

Skorradalsvatn og vatnasvið þess liggur að hluta til á eldri grágrýtismynduninni (0,8–3,3 milljón ára) og að hluta til á blágrýtismynduninni (3,3-16 milljón ára) (Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson 1998). Lekt vatns á báðum þessum gerðum berggrunns er yfirleitt mjög léleg (Freysteinn Sigurðsson 1993; Kristján Sæmundsson 1990). Vatnið er í flokki dragavatna og vatnsbúskapur þess mjög háður úrkomu á vatnasviðinu. Allt írennsli í vatnið er meira eða minna dragavatn á yfirborði og helgast það mest af þéttum og lítt lekum berggrunninum. Helsta írennslið er um Fitjaá í austurenda vatnsins og Dragá um miðja sunnanverða ströndina. Auk þess dregur til vatnsins úr fjölda smærri lækja allt umhverfis vatnið. Andakílsá rennur úr vesturenda vatnsins og er meðalársrennslið um 12 m³/s (Sigurjón Rist 1990). Reiknaður endurnýjunartími vatnsins er um 321 dagar.

Samkvæmt Vatnamælingum Orkustofnunar er talið að náttúruleg, árleg vatnsborðssveifla í Skorradalsvatni hafi verið allt að 70 cm áður en til virkjunar kom (vatnsborðssveifla milli 66,5 til 67,2 m skv. viðmiðunarhæðakerfi Andakílsárvirkjunar) (Gísli Már Gíslason 1993). Þetta er sambærilegt við náttúrulega vatnsborðssveiflu í Þingvallavatni eins og hún var fyrir virkjun Efra-Sogs árið 1959. Á hartnær 20 ára tímabili (1940-1959) var vatnsborðssveifla í Þingvallavatni á bilinu 27-88 cm á ársgrunni (Árni Snorrason 2002). Lækkun vatnsborðs um 30-50 cm að sumarlagi í Þingvallavatni er einnig kunn frá því um aldamótin þarsíðustu (Bjarni Sæmundsson 1904). Beinn samanburður milli þessara tveggja vatna er þó ekki alls kostar réttmætur. Hafa verður í huga að Skorradalsvatn er undir sterkum dragavatnsáhrifum, ólíkt Þingvallavatni sem er undir sterkum lindarvatnsáhrifum. Almennnt eru náttúrulegar vatnsborðssveiflur meiri og óreglulegri í dragavötnum en lindarvötnum.

Árið 1947 var Andakílsá virkjuð og reist 70 cm há stífla í ósnum við Skorradalsvatn (Gísli Már Gíslason 1993). Talið er að vatnsborð Skorradalsvatns hafi þá hækkað um

60 cm. Árið 1957 var byggt ofan á stíflumannvirkin frá 1947 og stíflan hækkuð um 50 cm (hugsanlega um 70 cm, Gísli Már Gíslason 1993). Á árunum 1993-1994 var byggð ný stífla á þeim stað sem stíflan frá 1957 stóð á. Áhöld eru uppi um það hvort nýja stíflan sé 8 eða 16 cm hærri en sú sem reist var 1957 (Gísli Már Gíslason 1993).

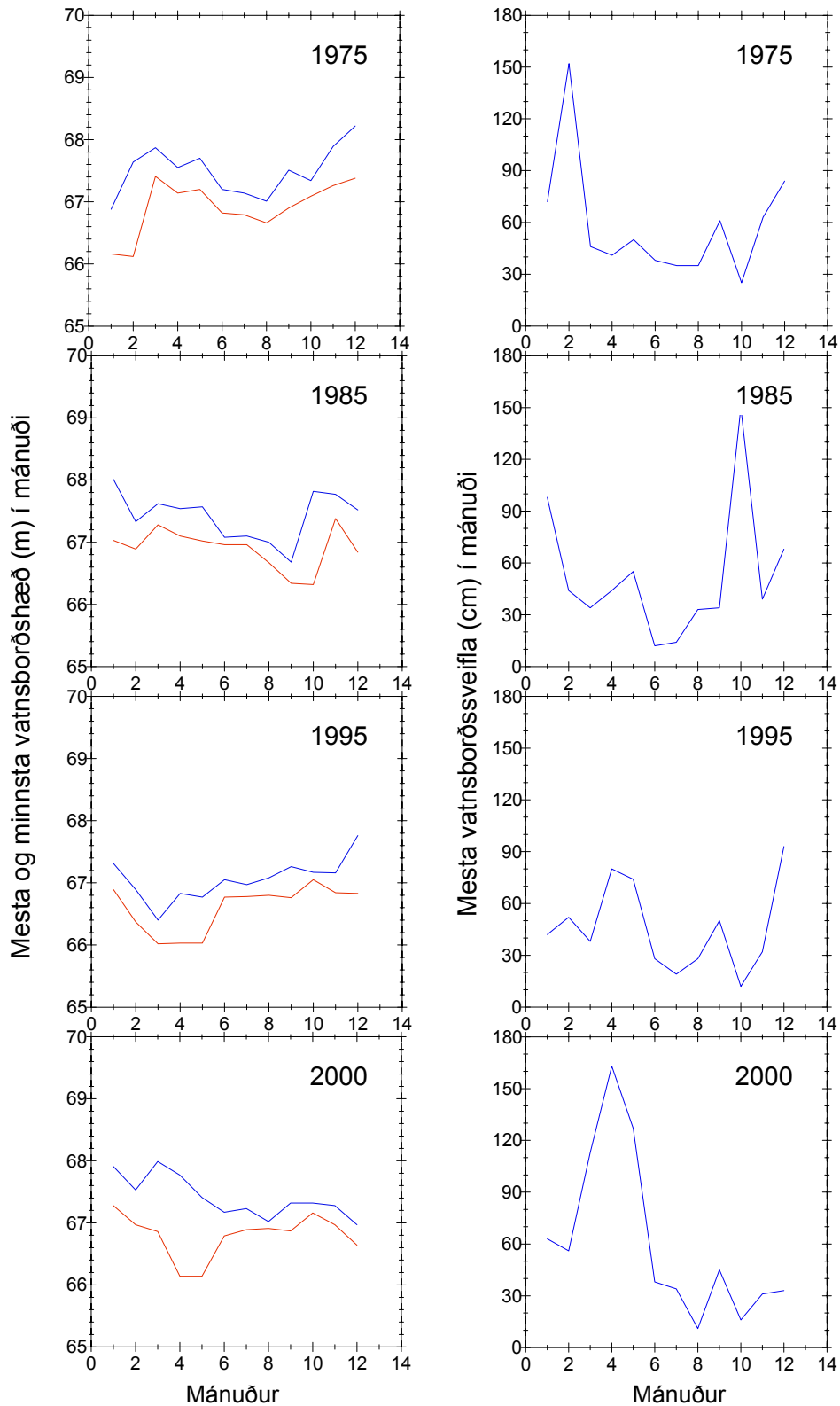


Mynd 1. A: Hámarks- (rautt) og lágmarksstaða (blátt) á vatnsborði Skorradalsvatns í hverjum mánuði á tímabilinu 1973–2002. **B:** Mesta sveifluútslag (munur á hæstu og lægstu vatnsborðs-stöðu) í Skorradalsvatni í hverjum mánuði á tímabilinu 1973–2002. Byggt á gögnum frá Orkustofnun (Orkustofnun, Vatnamælingar 2003). Skýringar á grafi: Hver kassi hýsir 50% af dreifni mæligilda; lárétt strik innan kassa er miðgildi; lóðrétt strik sýna 95% öryggimörk dreifinnar; stakir krossar eru óvenjuleg mæligildi (outliers) miðað við dreifni.

Auk hækkunar á vatnsborði Skorradalsvatns vegna stíflumannvirkja hefur land einnig sigið í Skorradal, einkum við austanvert vatnið. Talið er að landssig þar geti hafa numið um 20 cm á tímabilinu 1957–1992 (Gísli Már Gíslason 1993). Með hliðsjón af landsigi og gerð stíflumannvirkja hefur möguleg hámarksstaða vatnsborðs í Skorradalsvatni hækkað um 1,3–1,5 m síðan 1947.

Samkvæmt Vatnamælingum Orkustofnunar (Orkustofnun, Vatnamælingar 2003), hefur vatnsborð Skorradalsvatns sveiflast á bilinu 6–168 cm á ársgrunni á tímabilinu 1973–2002 (mynd 1 A og B). Að jafnaði er vatnsstaðan hvort tveggja lægst og með minnstar vatnsborðsbreytingar yfir sumarmánuðina (júní, júlí og ágúst). Á þessu þriggja mánaða tímabili sveiflast vatnsborð jafnan ekki meira en um 30–40 cm í mesta lagi innan hvers mánaðar. Meðaltal hámarksveiflu innan mánaðar á þessu þriggja mánaða tímabili er 32,8 cm (\pm 3,59 cm, 95% öryggimörk). Frá þessu eru undantekningar í báðar áttir. Þannig eru dæmi um 74 cm útslag á fimm dögum í júlí 1982, 77 cm útslag á 29 dögum í júní 1978 og 88 cm útslag á níu dögum í ágúst 1976. Minnsta útslag sem mælt hefur verið um sumar á umræddu mælitímabili (1973–2002) er 6 cm á 16 dögum í júlí 1996, 8 cm á 16 dögum í júní 1998 og á 13 dögum í júní 2001 og 9 cm á einum degi í ágúst 1992.

Vatnsmiðlun og vatnalífriki í Skorradalsvatni



Mynd 2. Hámarksstaða (blátt) og lágmarksstaða (rautt) (gröf til vinstri) og mesta sveifluútslag (gröf til hægri) á vatnsborði Skorradalsvatns í hverjum mánuði árið 1975, 1985, 1995 og 2000. Byggt á gögnum frá Orkustofnun (Orkustofnun, Vatnamælingar 2003).

Ekki liggja fyrir mælingar á vatnsborði yfir sumarmánuðina þrjá fyrir virkjun, en líklega hefur náttúruleg vatnsborðssveifla verið á svipuðu róli. Benda má á, að fyrir virkjun Þingvallavatns var ekki óalgengt að vatnsborðið lækkaði um 10-30 cm yfir sumarið (maí-september), en fátítt að það lækkaði um 30-50 cm, eins og dæmi eru um frá 1902 (Bjarni Sæmundsson 1904).

Mestar breytingar á vatnsborði Skorradalsvatns eiga sér jafnan stað yfir vetrar- og vormánuði (desember–maí) (mynd 1 A og B og mynd 2). Þá stendur vatnsborð einnig hæst í vatninu. Á þessu sex mánaða tímabili sveiflast vatnsborð jafnan á bilinu 50–90 cm innan hvers mánaðar. Hins vegar er töluvert um frávik frá þessu. Þannig er sveifluútslag á bilinu 70–168 cm innan hvers mánaðar á fyrrgreindu sex mánuða tímabili í 39% tilfella (70 af 179 tilfellum). Í heild, þ.e fyrir alla 12 mánuði hvers árs á tímabilinu 1973-2002, þá mælist sveifluútslag á bilinu 70–168 cm í 26% tilfella (91 af 356 tilfellum alls). Í sumum tilvikum skýra flóð svo mikla vatnsborðsbreytingar. Gott dæmi er hin mikla vatnsborðsbreyting sem átti sér stað í janúar 1983. Þá hækkaði vatnsstaðan um 168 cm á aðeins tæpum fjórum dögum (milli kl. 16 þ. 19. janúar og kl. 11 þ. 23. janúar) (sjá einnig skýrslu Árna Snorrasonar & Halínu Bogadóttur 1989).

Jafn mikil vatnsborðsbreyting á eins skömmum tíma og átti sér stað í janúar 1983 heyrir til undantekninga. Til viðmiðunar má nefna að vatnsborðsbreytingar með 100 cm útslagi eða meira, alls 32 tilfelli (9%), gerast að jafnaði á 19,6 dögum (frá 8 dögum til 30 daga).

3. Líffræðirannsóknir í Skorradalsvatni

Í töflu 1 er yfirlit um allar rannsóknir sem höfundum er kunnugt um að hafi farið fram á líffræðiþáttum í Skorradalsvatni fram til ársins 2003. Alls eru þetta 12 rannsóknir á 30 ára tímabili. Þar af eru sex fiskirannsóknir og tvær rannsóknir fyrir hvert sviðið fyrir sig, botndýr, svifdýr og efna- eðlisþætti.

Tafla 1. Skrá yfir opinber gögn um rannsóknir á líffræði og efna- og eðlisþáttum í Skorradalsvatni fram til 2003. Skráin nær til staðfesta rannsókna og athugana í tímaritsgreinum og óútgefnum nemendaverkefnum í Líffræðiskor við Háskóla Íslands.

Gerð rannsóknar – Meginviðfangsefni	Fram- kvæmdaár	Heimild
Fiskirannsókn, lífsöguþættir og fæða bleikju	1972	Jón Kristjánsson 1974.
Fiskirannsókn, stofnstærðarmat bleikju	1975	Nunnallee, E.P. & Kristjánsson, J. 1978.
Fiskirannsókn, lífsöguþættir, fæða og snikjudýr	1993	Edda S. Oddsdóttir o.fl. 1993.
Fiskirannsókn, lífsöguþættir, fæða og snikjudýr	1995	Arngerður Jónsdóttir o.fl. 1995.
Fiskirannsókn, alhliða úttekt á fiskistofnum	1998	Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003; Halla Jónsdóttir o.fl. 1989.
Fiskirannsókn, lífsöguþættir, fæða og snikjudýr	2003	Nyqvist, J. 2003.
Botndýrarrannsókn, alhliða úttekt	1993	Bjarni Kr. Kristjánsson o.fl. 1993.
Botndýrarrannsókn, alhliða úttekt	1998	Hilmar J. Malmquist o.fl. 2000.
Svifdýrarrannsókn, dægurferðir	1993	Elly Guðjohnsen o.fl. 1993.
Svifdýrarrannsókn, alhliða úttekt	1998	Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003; Jón S. Ólafsson & Malmquist, H.J. 2003.
Efna- og eðlisþættir, alhliða úttekt	1998	Hilmar J. Malmquist o.fl. 1999a, 2003.
Efna- og eðlisþættir, mæling á N og P	2003	Nyqvist, J. 2003.

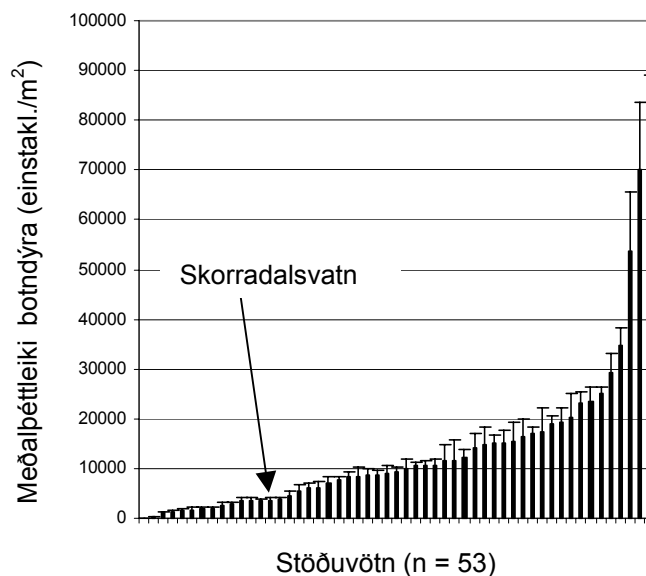
Auk líffræðirannsóknanna í Skorradalsvatni má nefna rannsókn líffræðinema í Háskóla Íslands haustið 1993 á dýralífi í Andakílsá, Fitjaá og fleiri straumvötnum á vatnasviði Skorradalsvatns (Broddi R. Hansen o.fl. 1993) og rannsóknir Vesturlandsdeildar Veiðimálastofnunar í Borgarnesi laxfiskastofnum í Andakílsá (Sigurður Már Einarsson 1993; Sigurður Már Einarsson & Jón Örn Pálsson 1991). Þá stóð Orkustofnun að athugun á landbroti við Skorradalsvatn haustið 1998 (Skúli Víkingsson & Ingibjörg Kaldal 1998).

3.1 Botndýr

Tvær rannsóknir hafa verið gerðar á botndýrasamfélögum í Skorradalsvatni. Önnur fór fram seint í júlí 1998 og er hluti af rannsóknarverkefni Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). Hin rannsóknin fór fram síðla í september 1993 og er um að ræða nemendaverkefni við Líffræðiskor Háskóla Íslands (Bjarni Kr. Kristjánsson o.fl. 1993).

Í báðum rannsóknum voru sýni tekin annars vegar af grýttum botni í fjörubelti (steinasýni) og hins vegar á mjúkum setbotni á meira dýpi (Kajak- og Ekmansýni). Hér verður sjónum beint að sýnum úr fjörubeltinu (0–2 m dýpi) þar eð það er það búsvæði sem mest mæðir á í vatninu vegna vatnsmiðlunar.

Samkvæmt niðurstöðum í gagnagrunni Yfirlitskönnunarinnar er þéttleiki botndýra í fjörubelti Skorradalsvatns í lægri kantinum miðað við það sem gengur og gerist í fjörubelti íslenskra stöðuvatna (mynd 3). Vatnið er í 14 neðsta sæti af 53 vötnum alls

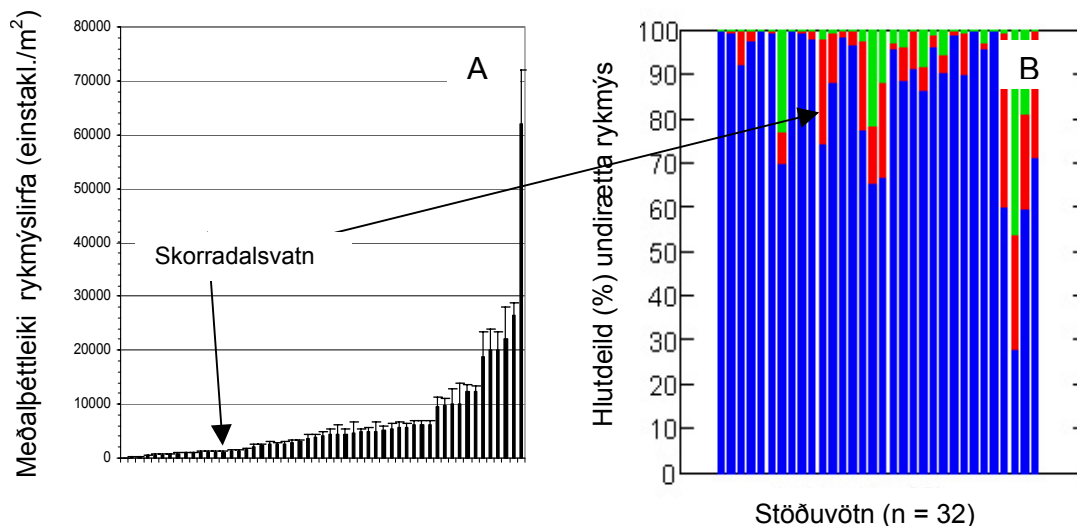


Mynd 3. Meðalþéttleiki (+ staðalskekkja) botndýra í fjörubelti 53 stöðuvatna (raðað eftir vaxandi meðalþéttleika). Um er að ræða dýr (krabbadýr ekki meðtalin) sem burstuð eru af fimm steinum sem teknir eru á 4-6 stöðum í grýttu fjörubelti á 20–50 cm dýpi í hverju vatni (alls 20-30 steinasýni í hverju vatni). Sýnin eru sigtuð með 250 sigti. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).

sem gögn ná til í gagnagrunninum. Meðalþéttleikinn í Skorradalsvatni er 3.692 dýr/m² (± 857 dýr/m², 95% öm.), en meðalþéttleikinn fyrir öll vötnin 53 er 13.591 dýr/m² (± 4.296 dýr/m², 95% öm.). Skorradalsvatn skipar sér á bekk með öðrum vötnum þar sem vatnsmiðlunar gætir, þ.e. Þiðriksvallavatn (nr. 5) og Hítarvatn (nr. 17), sem og vötnum þar sem vatnasviðið er fremur hrjóstrugt og eða á hálendi, t.d. Högnavatn (nr. 8) á Steingrímsfjarðarheiði og Ónefnt vatn (nr. 6) á Þorskafjarðarheiði, Sandvatn (nr.11) á Fljótsdalsheiði og Heiðarvatn (nr. 4) á Fjarðarheiði.

Í nemendaverkefninu mældist meðalþéttleiki botndýra á 10–20 cm dýpi 1.132 dýr/m² og 946 dýr/m² á 50 cm dýpi. Þetta er umtalsvert minni þéttleiki en mældist í Yfirlitskönnuninni, einkum þegar haft er í huga að krabbadýr eru meðtalin í nemendaverkefninu. Líkleg skýring á þessu er að sýni voru tekin mun seinna á árinu í nemendaverkefninu en í Yfirlitskönnuninni, þ.e. síðla í september miðað við lok júlí. Þannig má telja nokkuð víst að um haustið sé botndýrasamfélagið að mestu samansett af tiltölulega stórum, uppvöxnum einstaklingum og að mest afföll á ungvíði séu þegar komin fram (sbr. gögn úr Þingvallavatni, Lindegaard 1992).

Mismunur á þéttleika botndýra milli rannsókna gæti einnig stafað af áramun í umhverfisskilyrðum. Hér undir fellur vatnsmiðlun í vatninu. Benda má á að árið 1993 var sveifluútslag mun hærra og vatnsborð óstöðugara en árið 1998. Mesti munur yfir allt árið 1993 á hæstu og lægstu vatnsstöðu var 200 cm, borið saman við 100 cm árið 1998. Árið 1993 sveiflaðist vatnsborð mikið á tímabilinu febrúar-maí, einkum þó í maí þegar það hækkaði um ríflega 132 cm á aðeins átta dögum. Þremur vikum síðar hafði vatnsborðið lækkað um 76 cm (Orkustofnun, Vatnamælingar 2003). Allt öðru máli gegndi um árið 1998, en þá var mesta sveifluútslag innan mánaðar 87 cm og iðulega ekki meira en rétt liðlega 40 cm allt árið. Vatnsborðsbreytingarnar voruð og snemm-



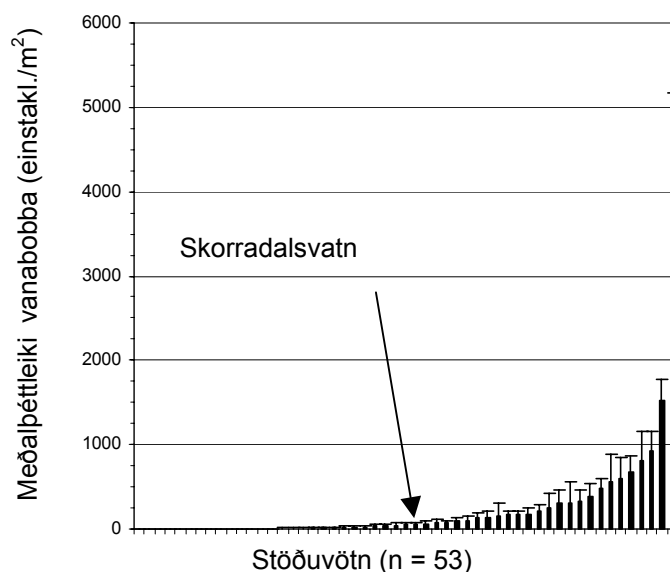
Mynd 4. A: Meðalþéttleiki (+ staðalskekkja) rykmýslirfa í fjörubelti 53 stöðuvatna (raðað eftir vaxandi meðalþéttleika). Skorradalsvatn er í 14 sæti af 53, með meðalþéttleikann 1.105 dýr/m² (± 345 dýr/m², 95% öm.). Heildarmeðaltal allra 53 vatna er 6.597 dýr/m² (± 2.719 dýr/m², 95% öm.). Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn). **B:** Hlutdeild (%) bogmýs- (blátt), þeymýs- (rautt) og ránmýslirfa (grænt) af heildarþéttleika rykmýslirfa í fjörubelti 32 íslenskra stöðuvatna (Erlín E. Jóhannsdóttir o.fl. 2003).

sumars 1993 gætu vel hafa spillt fyrir vexti og viðgangi smárra vatnadýra í fjörubeltinu það árið.

Samkvæmt gögnum úr Yfirlitskönnuninni sker Skorradalsvatn sig ekki frá öðrum stöðuvötnum á landinu hvað varðar samsetningu tegunda og dýrhópa í fjörubeltinu, enda þótt þéttleiki einstakra tegunda og hópa sé lítill og í samræmi við lítinn heildarþéttleika botndýranna almennt í vatninu.

Líkt og í flestum vötnum eru rykmýslirfur sá dýrahópur sem mest kveður að meðal fjörubotndýra í Skorradalsvatni (mynd 4 A). Meðalþéttleiki rykmýslirfa er 1.105 dýr/m² (\pm 345 dýr/m², 95% öm.), sem er um þriðjungshlutdeild (30%) af heildarþéttleika botndýranna. Af einstökum undirættum rykmýs er bogmý (Orthocladinae) langmest áberandi með 73% hlutdeild af rykmýsundirættunum þremur (mynd 4 B). Þar næst kemur þeymý (Chironominae) með 26% hlut, en minnst er af ránmýi (Tanypodinae) með 1% hlut.

Hlutdeild þeymýs í Skorradalsvatni er með meira móti miðað við það sem gengur og gerist í stöðuvötnum, en hún hefur mælst mest tæp 40% (Erlín E. Jóhannsdóttir o.fl. 2003). Fyrir þessu má færa þau rök að skilyrði fyrir rán- og einkum bogmýslirfur, sem lifa aðallega á því að skrapa þörunga af steinum og öðru föstu undirlagi, séu verri í Skorradalsvatni en víðast hvar annars staðar vegna vatnsmiðlunar. Þar af leiðandi skapast meira olnbogaráymi fyrir þeymýslirfur, en þær eru síarar og ekki eins háðar fæðu á föstu undirlagi og hinar tvær rykmýsundirættirnar.



Mynd 5. Meðalþéttleiki (+ staðalskekkja) vatnabobba (*Lymnaea peregra*) í fjörubelti 53 stöðuvatna (raðað eftir vaxandi meðalþéttleika). Skorradalsvatn er í 28 sæti af 53, með meðalþéttleikann 56 dýr/m² (\pm 43 dýr/m², 95% öm.). Heildarmeðaltal allra 53 vatna er 232 dýr/m² (\pm 142 dýr/m², 95% öm.). Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).

Forvitnilegt er að líta á þéttleika vatnabobba í fjörubelti Skorradalsvatns (mynd 5) og bera hann saman við önnur vötn, þar eð vatnabobbar eru hægfara sniglar sem hvað minnsta möguleika eiga meðal vatnahryggleysingja til að forða sér ef vatnsborð

sveiflast hratt og mikið. Vatnabobbinn sýgur sig fastan á fjörugrjót og lifir á þörungum með því að skrapa þá af grjótinu.

Samkvæmt gögnum Yfirlitskönnunar er þéttleiki vatnabobba í Skorradalsvatni 56 dýr/m² (\pm 43 dýr/m², 95% öm.), eða um fimmtungur af meðalþéttleika allra vatnanna 53ja sem gögnin ná til (mynd 5). Svipaðar niðurstöður, ívið minn þéttleiki þó, fengust í nemendaverkefninu frá 1993 (Bjarni Kr. Kristjánsson o.fl. 1993).

Enda þótt þéttleiki vatnabobba í Skorradalsvatni sé í lægri kantinum miðað við önnur vötn, þá eru engu að síður 27 (51%) af 53 vötnum með minni þéttleika. Þar af eru 14 vötn þar sem engir sniglar fundust. Með hliðsjón af umfangi vatnsborðsveiflu í Skorradalsvatni mætti e.t.v. búast við að enn minna væri af vatnabobba en mælingar sýna. Á hitt bera að líta, að meirihluti vatna sem hefur minni þéttleika en Skorradalsvatn eru vötn þar sem skilyrði fyrir þrifum vatnabobba eru með óhagstæðasta móti. Þannig eru 12 af vötnunum hálendisvötn (> 400 m yfir sjó), fjögur eru strandvötn undir seltuáhrifum, tvö eru jökulvötn og í tveimur vötnum gætir mikillar vatnsborðsveiflu. Framangreind skilyrði gilda í 74% tilvika, þ.e. í 20 vötnum af þeim 27 sem hafa minni þéttleika af vatnabobba en mælist í Skorradalsvatni.

Í nemendaverkefninu voru tekin steinasýni á fimm dýptarstöðvum í fjörubeltinu (10-20 cm, 50 cm, 1, 2 og 5 m dýpi) og setsýni á þremur dýptarstöðvum (10, 20 og 30-40 m dýpi). Meginniðurstöður í verkefninu eru að þéttleiki botndýra og tegundafjöldi er meiri á mjúkum setbotni á 10 og 20 m dýpi en á grýttum fjörubotni á 0,1–5,0 m dýpi. Í umræðukafla er bent á nokkrar skýringar á þessum mun og m.a. nefnt að fjörubúsvæðið á grunninu sé óhagstæðara lífverum, einkum vegna óstöðugleika í vatnshæð, ölduágangs, burtflæði finna agna, og áhrifa íss á fjörugrjót og lífverur. Þetta eru allt haldbærar skýringar svo langt sem þær ná. Hins vegar eru forsendur tölulega samanburðarins vart réttmætar, þar eð bornar eru saman niðurstöður sem fengnar eru með gjörólíkri sýnatöku í hvoru búsvæði fyrir sig. Botndýrasýni úr grýtta fjörubeltinu á 0,1–5,0 m dýpi eru tekin með því að bursta steina en sýni á setbotni á 10–40 m dýpi eru tekin með Kajakröri og Ekmangreip. Í raun er verið að bera saman epli (steina) og appelsínur (setsýni), sem ekki ætti að gera.

Ef eingöngu er horft til niðurstaðna í nemendaverkefninu úr grýtta fjörubeltinu og spáð í mun á milli dýptarstöðvanna fimm, þ.e. á dýptarbilinu 0,1–5,0 m, virðist sem að heildarþéttleiki og tegundafjöldi botndýra, ásamt þéttleika rykmýslirfa, sé meiri á 2 m og 5 m dýpi en á grynri stöðvunum þremur. Þessu er öfugt farið með vatnaflær (cladocera) og ána (oligochaeta), þ.e.a.s. að mest er af þessum dýrum á 10–20 cm dýpi. Hins vegar er ljóst, vegna mjög víðra öryggismarka kringum meðaltöl, að ekki er í neinum tilvikum um tölfræðilega marktækan mun að ræða milli dýptarstöðvanna fimm í fjörubeltinu.

Í umræðukafla í nemendaverkefninu er því haldið fram að tegundum fækki almennt í vötnum með auknu dýpi en að einstaklingsfjöldi vaxi. Þingvallavatn er nefnt sem dæmi í þessu samhengi. Þetta er ekki alls kostar rétt. Niðurstöður ítarlegra rannsókna í Þingvallavatni gefa til kynna að heldur færri tegundir og tegundahópar (alls 17) séu á 40 cm dýpi í fjöru miðað við 1–2 m, 2–6 m, 6–10 m og 10–20 m botndýpi (í rétttri röð: 27, 34, 35 og 32 tegundir og tegundahópar) (Lindegaard 1992, bls. 286). Á 20–114 m dýpi fundust alls 16 tegundir og tegundahópar. Einnig kemur fram að þéttleiki algengustu rykmýstegundanna (*Eukiefferiella minor*, *Cricotopus* spp., *Eurthocladius*

frigidus og *Orthocladus oblidens*) er langmestur á dýptarbilinu 0–2 m, 2–6 og 6–10 m (Lindegaard 1992, bls. 264). Ennfremur er heildarþéttleiki allra botndýra hæstur (20.650 einsakl./m²) á dýptarbilinu 0–2 m, miðað við dýptarbilin 2–6 m (17.793 einsakl./m²), 6–10 m (10.379 einsakl./m²), 10–20 m botndýpi (3.490 einsakl./m²) og 20–114 m (3.886 einsakl./m²) (Lindegaard 1992, bls. 264).

3.2 Fiskur

Af þeim 12 líffræðirannsóknnum sem gerðar hafa verið í Skorradalsvatni fjallar helmingurinn um fiska (tafla 1). Þetta verður að teljast nokkuð mikið miðað við fiskirannsóknir almennt í íslenskum stöðuvötnum.

Í Skorradalsvatni lifa þrjár fiskitegundir. Mest er af bleikju og hornsíli en minnst af urriða. Viðkoma urriða er háð rennandi vatni og hrogn þroskast ekki með góðu móti nema í súrefnisríku straumvatni. Eftir virkjun Andakílsár hefur tekið fyrir ferðir urriða úr ánni í vatnið. Þess vegna má gera ráð fyrir að náttúrulegum urriða hafi fækkað í vatninu eftir tilkomu Andakílsárvirkjunar. Fiskgegn er milli Skorradalsvatns og Fitjaár og þar er urriði. Urriða hefur í tvígang verið sleppt í vatnið. Fyrst árið 1974 og aftur árið 1976 (Tumi Tómasson 1979).

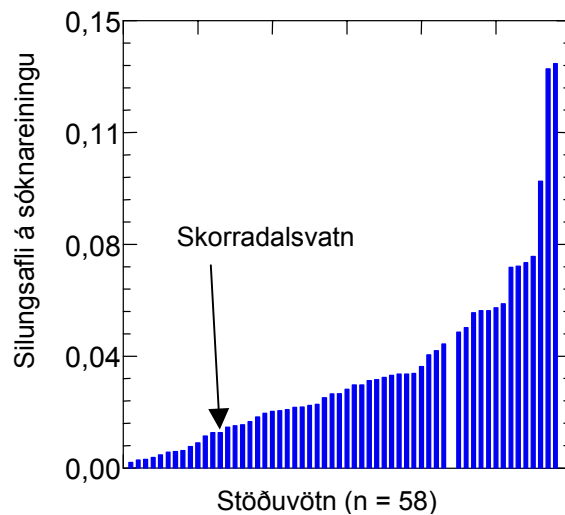
Fjöldahlutfall urriða í silungsafla í Skorradalsvatni hefur verið mjög breytilegt frá einu ári til annars samkvæmt fyrirliggjandi rannsóknnum. Árið 1972 veiddist ekkert af urriða (Jón Kistjánsson 1974), en árið 1998 var fjöldahlutdeild urriða 19,2% af heildarafla silunga (Yfirlitskönnun, óbirt gögn). Árið 1993 var fjöldahlutdeild urriða 0,4% (Edda S. Oddsdóttir o.fl. 1993), 2% árið 1995 (Arngerður Jónsdóttir o.fl. 1995) og 12% árið 2003 (Nyqvist 2003). Í öllum framangreindum rannsóknnum voru notuð lagnet með svipaðri möskvastærð (6,5 – 60 mm legglengd) og netin lögð á strandgrunnsbotn á dýptarbilinu 2-30 m. Munurinn milli ára stafar líklegast af ólíkri staðsetningu netalagna í vatninu m.t.t. helstu búsvæða urriða. Í rannsóknunum 1998 og 2003 voru netalagnir nálægt aðrennslisám í vatnið, en á þeim slóðum má hvað helst búast við urriða. Urriðaleysið 1972 gæti stafað af því að netalagnir voru fremur fjarri aðrennslisám sem og að þá var ekki búið að sleppa urriða í vatnið.

Samkvæmt bergmálmælingum sem framkvæmdar voru um mánaðarmótin ágúst-september 1975 í Skorradalsvatni var stærð bleikjustofnsins neðan 5 m dýptarlínu áætluð um 5,4 milljónir einstaklingar (Nunnallee & Kristjánsson 1978). Þetta svarar til 43ja fiska að jafnaði á hverja 100 m² af flatarmáli vatnsins og telst það fremur mikið miðað við vötn almennt á landinu. Til samanburðar má nefna að í Þingvallvatni, sem þykir gjöfult vatn á fisk, mældist rúmlega tvisvar sinnum minni þéttleiki, eða um 25 fiskar/100 m² (Nunnallee & Kristjánsson 1978). Þar sem netveiði fór ekki fram samhliða bergmálmælingunni í Skorradalsvatni er ekki hægt að fjölyrða um stærð þeirra fiska sem stofnstærðarmatið náði til. Líklegt verður þó að teljast að matið hafi náð til fiska sem voru 7-8 cm og lengri.

Í bergmálmælingunni 1975 kom fram umtalsverður breytileiki í þéttleika fiska eftir dýpi í vatninu. Þannig mældist langmest af fiski á 10–25 m dýptarbili úti í vatnsbolnum, eða allt að 137 fiskar/100 m², en mun minna á grunnslóð á 5-10 m dýpi og neðan 25 m dýptarlínu, eða á bilinu 1 til 10 fiskar/100 m². Þessi munur í þéttleika fiska eftir dýpi var einnig háður tíma sólarhrings (Nunnallee & Kristjánsson 1978). Á daginn hélt bleikjan sig í litlum, þéttum torfum og stóð fremur djúpt (20-40 m dýpi),

en á nóttunni dreifðist hún um vatnssúluna, enda þótt mest hafi verið af henni á 10-25 m dýpi. Dægurferðir af þessu tagi eru vel þekktar hjá murtu í Þingvallavatni (Sigurður S. Snorrason o.fl. 2002) og eru dæmigerðar fyrir uppsjávarfiska á borð síld og fleiri fiska sem halda sig fyrst og fremst í vatnsbolnum og lifa á svifdýrum.

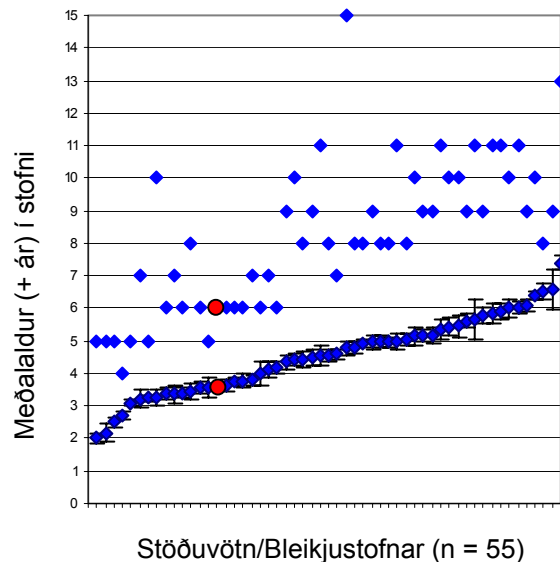
Samkvæmt netalögnum á strandgrunni er afli á sóknareiningu í Skorradalsvatni með minna móti miðað við önnur vötn á landinu (mynd 6). Þetta bendir til þess að strandgrunnið, einkum grynri hluti þess á 0–5 m dýpi, sem er mikilvægasta búsvæðið í uppvexti fiskseiða, henti fiskunum ekki vel. Orsakana er líklega að leita í áhrifum vatnsmiðlunar á fjörugrunninu. Einnig skiptir máli að fjörugrunnið (0–5 m dýpi) er fremur lítil hluti af flatarmáli vatnsins, ekki nema um 15% (2,2 km²), en hlutdeild vatnsbols mjög mikil og það búsvæði færa fiskarnir sér í nyt. Eins og áður segir er Skorradalsvatn dallaga og í þannig vötnum heldur jafnan stærstur hluti uppvaxinna fiska sig úti í vatnsbolnum.



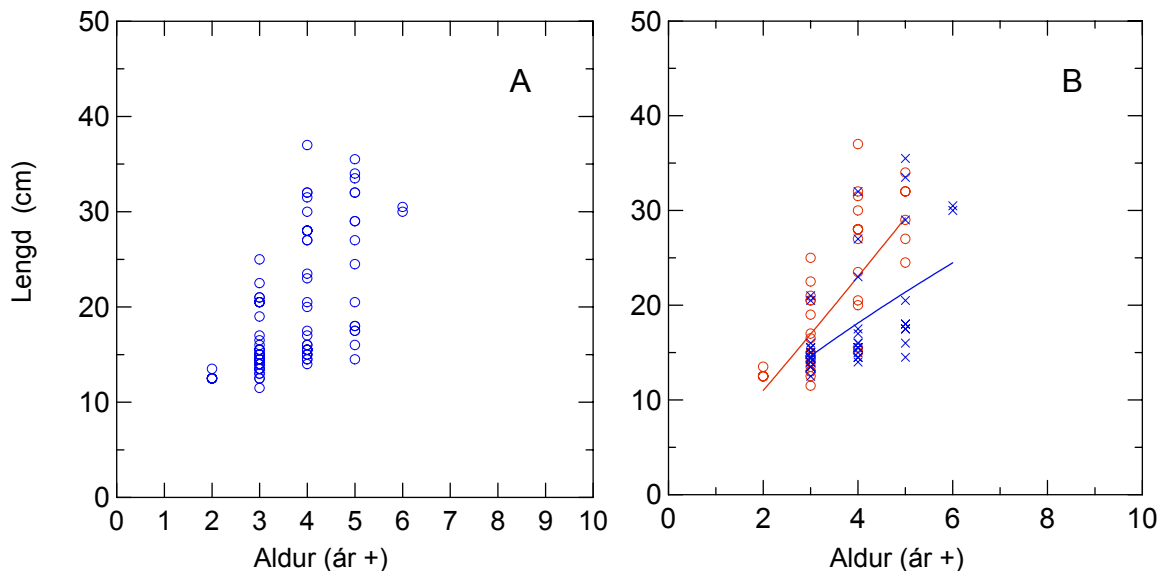
Mynd 6. Silungsafl á sóknareiningu (fjöldi bleikja og urriða á netfermetra á klst.) í 58 stöðuvötnum. Skorradalsvatn er í 14. sæti með gildið 0,0142. Um er að ræða lagnet á strandgrunnsbotni. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).

Samkvæmt gögnum í Yfirlitskönnuninni einkennist bleikjustofninn í Skorradalsvatni af lágum meðalaldri og lágum hámarksaldri (mynd 7) og umtalsverðum breytileika í lengd eftir aldri (mynd 8 A). Meðalaldur í stofninum er 3,6 ár (\pm 0,09 ár, staðalskekka) sem er í lægri kantinum fyrir íslensk vötn. Sama gildir um hámarksaldur sem er 6 ár.

Þegar rýnt er í tengsl milli kynþroskastigs annars vegar og lengdar og aldurs hins vegar kemur í ljós að ókynþroska fiskar vaxa hraðar og verða að jafnaði stærri en kynþroska fiskar (mynd 8 B). Nærri lætur að flokka megi bleikjustofninn í vatninu í tvennt m.t.t. vaxtar, þ.e. hægvoxta kynþroska fisk og hraðvoxta ókynþroska fisk. Hvað varðar útlit, stærð og vöxt þá svipar kynþroska bleikju í Skorradalsvatni mjög til murtunnar í Þingvallvatni (Sigurður S. Snorrason o.fl. 2002).



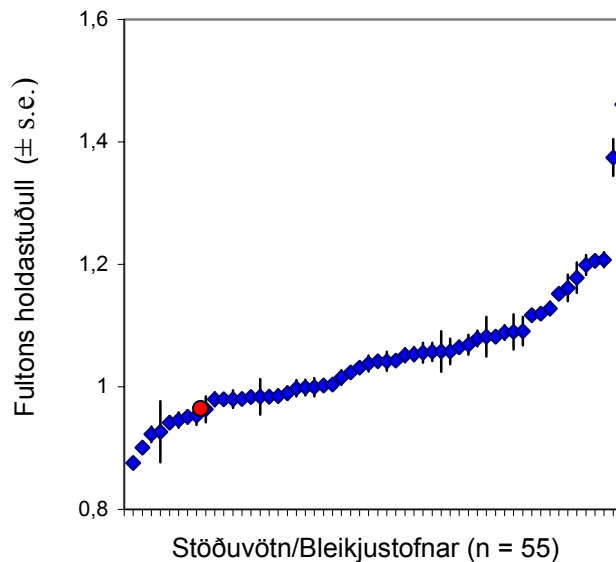
Mynd 7. Meðalaldur og hámarksaldur (stakir punktar) í 55 bleikjustofnum raðað eftir vaxandi meðalaldri. Skorradalsvatn er merkt með rauðum lit. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).



Mynd 8. A: Lengd (klauf lengd, cm) bleikju í Skorradalsvatni raðað eftir aldri. **B:** Lengd (klauf lengd, cm) kynþroska bleikju (bláir krossar) og ókynþroska bleikju (rauðir hringir) í Skorradalsvatni eftir aldri. Marktækur munur er á hallatölum aðhvarfslína kynþroska og ókynþroska fiska ($F_{1,94} = 23.61$, $P < 0.001$). Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).

Kynþroskaaldur bleikju í Skorradalsvatni er 4+ ár (nær því að vera 3+ ár) sem er fremur lágur kynþroskaaldur miðað við vötn almennt á landinu. Kynþroskaaldur er skilgreindur hér sem yngsti aldurshópur í bleikjustofninum þar sem meira en 50% einstaklinga er orðinn kynþroska. Svo lágur kynþroskaaldur á við um bleikjustofna í liðlega fjórðungi íslenskra stöðuvatna samkvæmt gagnagrunni Yfirlitskönnunar. Meðalkynþroskaaldur fyrir bleikjustofninn í Skorradalsvatni í heild (allir fiskar kynþroska og ókynþroska) var 3,9+ ár og yngsti kynþroska fiskurinn var 3+ ára.

Með hliðsjón af svokölluðum Fultons holdastuðli er holdafar eða líkamsástand bleikju í Skorradalsvatni rétt undir meðallagi miðað við það sem gengur og gerist í stöðuvötnum hér á landi (mynd 9). Fultons holdastuðull (K) er reiknaður út skv. jöfnunni $K = 100 * b / l^3$, þar sem b er þyngd og l er lengd. Fiskstofnar með holdastuðulinn 1 og þaðan af hærri eru taldir í eðlilegum og góðum holdum en holdastuðull undir 1 bendir til þess að fiskarnir séu í miður góðum holdum. Holdastuðulsgildið fyrir bleikjustofninn í Skorradalsvatni er 0,96 ($\pm 0,021$, staðalskekkja).



Mynd 9. Fultons holdastuðull (meðaltal \pm staðalskekkja) meðal 55 bleikjustofna raðað eftir hækkandi holdastuðli. Skorradalsvatn er í níunda sæti. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).

Sé horft til kynþroskastigs bleikjanna í Skorradalsvatni og spáð í Fultons holdastuðul kemur í ljós að hann er eilítið hærri meðal kynþroska fiska en ókynþroska, eða 0,99 á móti 0,93, en ekki er marktækur munur þar á milli (t -próf, $P \gg 0,05$).

Í samanburði milli fiskirannsóknanna sex sem ráðist hefur verið í Skorradalsvatni, er ekki að sjá að markverðar breytingar hafi átt sér stað í bleikjustofninum í eina átt umfram aðra hvað varðar vöxt og stærð fiska á því tímabili sem gögnin ná yfir, þ.e. milli 1972 og 2003. Þannig kemur t.d. fram að breytileiki í lengd innan flestra aldurshópa er á svipuðu róli í öllum rannsóknunum. Fultons holdastuðull er einnig mjög áþekkur milli rannsókna; 0,98 (Edda S. Oddsdóttir o.fl 1993), 1,03 (Arngerður Jónsdóttir o.fl.1995), 0,96 (Yfirlitskönnun) og 0,92 (Nyqvist 2003). Þetta bendir til

Þess að umhverfisaðstæður fiskanna hafi ekki breyst mikið á fyrrgreindu tímabili, a.m.k. ekki þannig að það gæti einhverrar marktækrar tilhneigingar hvað varðar holdafar fiskanna.

Öðru máli virðist við fyrstu sýn gegna um aldursamsetningu í bleikjustofninum. Þannig lítur út fyrir að hámarksaldur fiskanna sé öllu lægri um og upp úr miðjum níunda áratugnum heldur en hann var í rannsóknunum 1972 og 1993 (tafla 2). Hámarks lengd og hámarksþyngd fellur einnig til samræmis við lækkandi hámarksaldur á tímabilinu milli rannsókna 1993, 1995 og 1998. Á þessum samanburði verður að hafa þann fyrirvara að ekki voru nákvæmlega eins möskvastærðir notaðar við lagnetaveiðarnar og getur það skekkt útkomuna verulega. Einnig getur skipt máli að netveiðar fóru fram á mismunandi stöðum í vatninu og á mismunandi árstímum. Til að reyna að skera úr um hvort í gangi sé einhver ákveðin þróun hjá bleikjustofninum hvað þessa lífsögubætti snertir, þyrfti að veiða reglulegu í vatninu með staðlaðri veiðiaðferð.

Tafla 2. Nokkrar lífsögubreytur í bleikjustofni Skorradalsvatns mældar í mismunandi rannsóknum.

Ár	Hámarks- aldur (+ ár)	Hámarks- lengd (cm)	Hámarks- þyngd (g)	Fultons holdastuðull	Heimild
1972	10	45,0	?	?	Jón Kristjánsson 1974.
1993	13	55,8	2152	0,98	Edda S. Oddsdóttir o.fl. 1993.
1995	7	50,5	1324	1,03	Arngerður Jónsdóttir o.fl. 1995.
1998	6	37,0	626	0,96	Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003; Halla Jónsdóttir o.fl. 1989.
2003	8	50,0	?	0,92	Nyqvist, J. 2003.

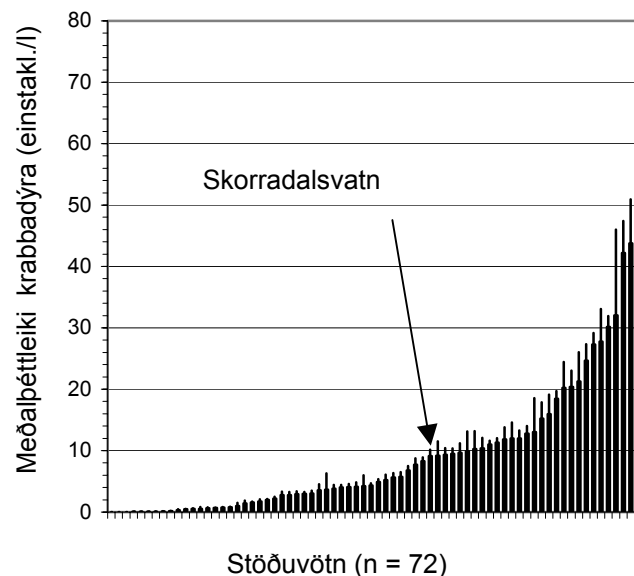
Samkvæmt gögnum í Yfirlitskönnuninni skiptist fæðuval bleikjunnar í Skorradalsvatni með nokkuð afgerandi hætti í tvö horn eftir stærð fiskanna. Annars vegar eru bleikjur á stærðarbilinu 10–20 cm sem lifa aðallega á svifdýrum (eingöngu kúlufló) og hins vegar eru bleikjur á stærðarbilinu 15–40 cm sem lifa mest á vatnabobba og hornsílum. Athygli vekur að aðeins 3% af öllum bleikjum í úrtakinu höfðu étið rykmýslirfur, en yfirleitt eru rykmýslirfur mjög áberandi í fæðu íslenskra vatnableikja (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). Í nemendaverkefninu 1993 fengust mjög sambærilegar niðurstöður um fæðu bleikjunnar m.t.t. fiskstærðar. Eini umtalsverði munurinn milli rannsókna fólst því að 1993 át minni bleikjan langhalafló í töluverðum mæli ásamt kúlufló, en langhalafló fannst ekki í maga bleikjanna árið 1998.

3.3 Svifdýr

Tvær rannsóknir hafa verið gerðar á svifdýrasamfélögum í Skorradalsvatni (sbr. töflu 1). Önnur fór fram seint í júlí 1998 og er hluti af rannsóknarverkefninu Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). Hin rannsóknin fór fram síðla í september 1993 og er um að ræða nemendaverkefni við Líffræðiskor Háskóla Íslands (Ellý Guðjohnsen o.fl. 1993).

Í Yfirlitskönnuninni eru svifsýni tekin með 125 μm háfi á tveimur til fjórum stöðum í hverju vatni, allt eftir stærð vatna. Á hverri stöð eru tekin þrjú svifhöl, misjafnlega löng eftir dýpi vatna, en þó aldrei lengri höl en 20 m.

Samkvæmt niðurstöðum Yfirlitskönnunar er þéttleiki svifkrabba í Skorradalsvatni nær meðallagi miðað við það sem gengur og gerist í vötnum (mynd 10). Meðalþéttleiki

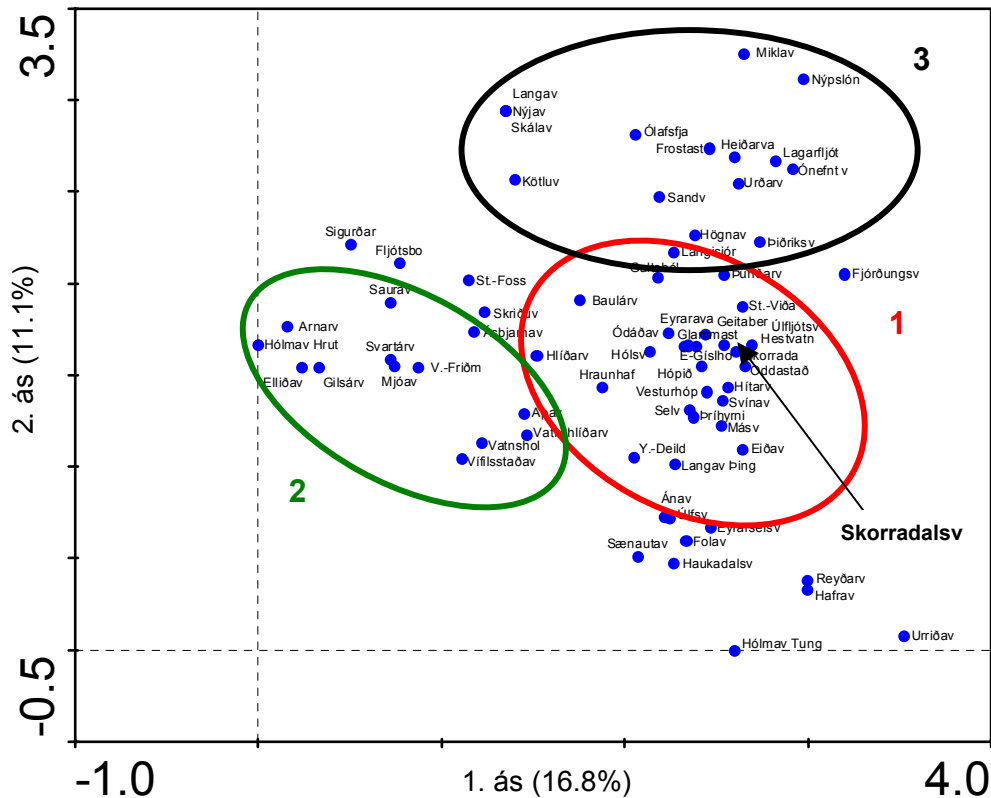


Mynd 10. Meðalþéttleiki (+ staðalskekking) krabbadyra í vatnsbol 72 stöðuvatna (raðað eftir vaxandi meðalþéttleika). Skorradalsvatn er í 44 sæti af 72 með meðalþéttleikann 9,1 dýr/l ($\pm 2,25$ dýr/l, 95% öm.). Heildarmeðaltal allra 72 vatna er 8,6 dýr/l ($\pm 1,00$ dýr/l, 95% öm.). Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).

svifdýra í Skorradalsvatni er 9,1 dýr í lítra, en meðaltalið fyrir öll vötnin 72 sem gögn ná til í Yfirlitskönnuninni er 8,6 dýr í lítra. Tegundirnar sem mynda svifkrabbasamfélagið í Skorradalsvatni eru smádíli (*Diaptomus minutus*, 67% hlutdeild), ranafló (*Bosmina coregoni*, 30% hlutdeild), langhalafló (*Daphnia longispina*, 2% hlutdeild) og augndíli (*Cyclops* sp., 1% hlutdeild).

Svifkrabbasamfélagið í Skorradalsvatni sver sig í ætt við það sem finnst jafnan í djúpum og meðaldjúpum vötnum (mynd 11), einkum í vötnum af dalagerð. Sem dæmi um vötn sem svipar til Skorradalsvatns hvað varðar bæði þéttleika og tegundasamsetningu má nefna Svínvatn, Geitabergsvatn og Stóra Viðarvatn.

Í nemendaverkefningu voru tekin 10 lítra vatnssýni á fimm dýpum (0-5 m, 5-15 m, 15-25 m, 25-35 m og 35-45 m) á einum stað í vatninu, í alls fimm skipti dagana 18.–19.



Mynd 11. Dreifing stöðuvatna og hópamyndun m.t.t. svifdýrategunda. Niðurstöður úr DCA-greiningu (sjá Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). Í hóp 1 raðast einkum saman djúp og meðaldjúp vötn. Í hópi 2 eru aðallega grunn vötn og í hópi 3 eru einkum strand- og jökulvötn auk annarra vatna. Vötn í hópi 1 eiga flest það sameiginlegt að þéttleiki svifdýra er mikill og eru ranafló (*Bosmina coregoni*) og langhalafló (*Daphnia longispina*) einkennistegundir vatna í þessum hópi. Í hópi 2 eru botnlægar vatnaflær langmest áberandi og er kúlufló (*Chydorus sphaericus*) einkennistegund vatna í þessum hópi. Í hópi 3 er tegundafæð einkennandi og er smádili (*Diatomus* sp.) yfirleitt allsráðandi tegund.

september (kl. 13:30, 19:30, 01:30, 07:30 og 13:30). Sýnin voru síuð með 250 μ m sigti. Meginmarkmið rannsóknarinnar var að kanna hvort svifkrabbar í vatninu stunduðu lóðréttar dægurferðir, eins og þekkt er meðal langhalaflóar og augndílis í Þingvallavatni síðla á sumrin (Sigurður S. Snorrason o.fl. 2002).

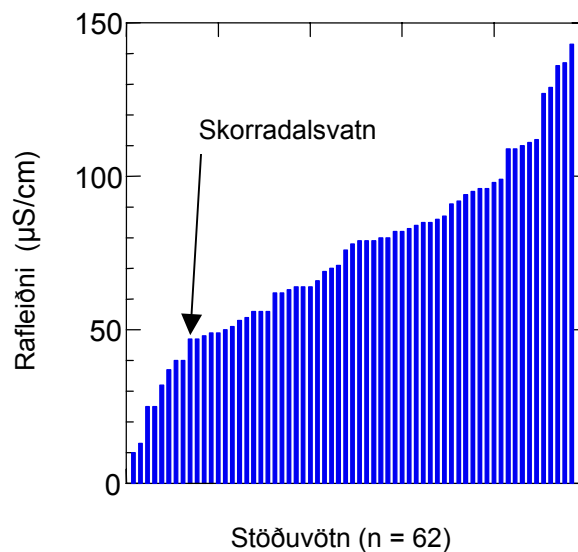
Niðurstöðum nemendaverkefnisins ber í öllum aðalatriðum saman við niðurstöður í Yfirlitskönnuninni. Sömu fjórar tegundir svifdýra fundust og álika þéttleiki mældist í heild (6,1 dýr/l) sem og þéttleiki fyrir hverja tegund fyrir sig. Ekki er tölfræðilega marktækur munur á þéttleika svifkrabba milli rannsókna, en ívið minni þéttleiki í nemendaverkefninu stafar líklegast af grófari möskva við síun á sýnum.

Samkvæmt nemendaverkefninu viðhafa svifkrabbategundirnar fjórar í Skorradalsvatni ekki dægurferðir í vatnsbolnum. Þetta á a.m.k. við um seinnipart september þegar rannsóknin fór fram. Annað gæti verið upp á teningnum seinni hluta sumars, þegar ætla má stofnar svifkrabba séu í hámarksvexti og munur á birtuskilyrðum yfir sólarhringinn meiri en seint um haust.

3.4 Efna- og eðlisþættir

Efna- og eðlisþættir hafa verið mældir í Skorradalsvatni í tveimur rannsóknum (sbr. töflu 1). Önnur fór fram seint í júlí 1998 og er hluti af rannsóknarverkefni Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra vatna (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003). Í þeirri rannsókn voru mældar alls 20 efna- og eðlisfræðibreytur. Hin rannsóknin fór fram í maí 2003 og beindist að heildarstyrk fosförs auk mælinga á hitastigi (Nyqvist 2003). Í nemendaverkefnum við Háskóla Íslands hafa hafa einnig verið gerðar mælingar á rafleiðni, sýrustigi og hitastigi (sjá t.d. Ellý Guðjohnsen o.fl. 1993).

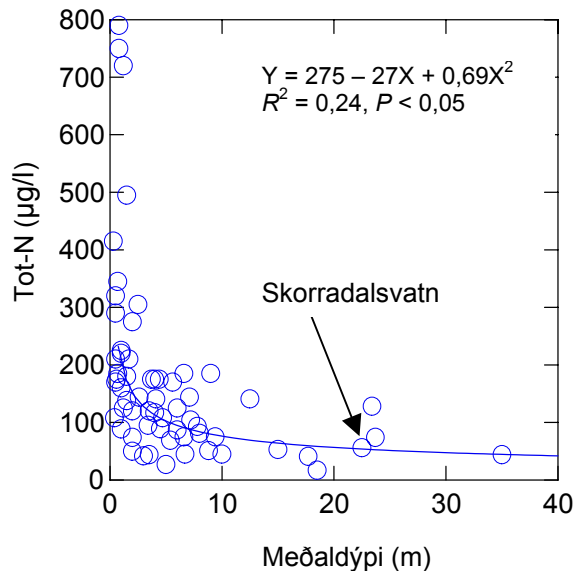
Samkvæmt mælingum í Yfirlitskönnuninni er Skorradalsvatn fremur snautt af uppleystum efnum, eins og lág rafleiðni í vatninu bendir til (mynd 12), en rafleiðni endurspeglar mögulega getu vatnakerfa til frumframleiðslu og þar með lífvænleika í vatnakerfum.



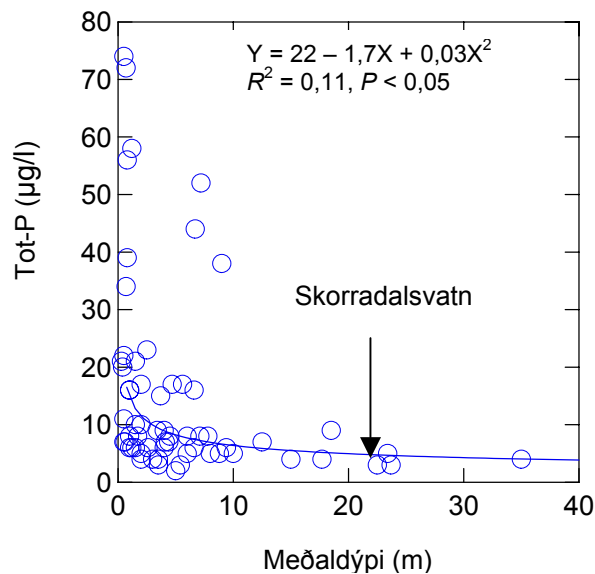
Mynd 12. Rafleiðni (mælikvarði á heildarstyrk uppleystra efna, $\mu\text{S/cm}$) í 62 stöðuvötnum raðað eftir vaxandi rafleiðni. Skorradalsvatn er í tíunda sæti og er rafleiðni í vatninu $47 \mu\text{S/cm}$. Ísölt vötn og jökulvötn eru ekki með í úrtakinu. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).

Rafleiðnin í Skorradalsvatni er hins vegar ekkert óvenjulega lág m.t.t. þess hve djúpt vatnið er og mikið að rúmmáli og að teknu tilliti til gerðar berggrunnins sem vatnasviðið liggur á (Hilmar J. Malmquist o.fl. 1999b; Gunnar St. Jónsson o.fl. 1999; Sigurður R. Gíslason 1993). Einnig er rétta að benda á að rafleiðni mælist mishá eftir árstíma og jafnframt er áramunur í heildarstyrk uppleystra efna. Þannig hefur rafleiðni í vatninu mælst $68 \mu\text{S/cm}$ seint í september 1993 (Ellý Guðjohnsen o.fl. 1993) og $55 \mu\text{S/cm}$ í byrjun september 1998 (Náttúrufræðistofa Kópavogs, óbirt gögn).

Hvað varðar tvö helstu næringarefni, þ.e. köfnunarefni og fosfór, þá er styrkur þeirra í Skorradalsvatni á ósköp venjulegu róli miðað við önnur vötn á landinu, sérstaklega að teknu tilliti til hversu djúpt og rúmmálmikið Skorradalsvatn er (mynd 13 og 14). Styrkur beggja næringarefnanna, einkum þó fosförs, er meiri í Skorradalsvatni en fjölmörgum öðrum vötnum.



Mynd 13. Heildarstyrkur köfnunarefnis (Tot-N, µg/l) í 62 stöðuvötnum raðað eftir meðaldýpi vatnanna. Heildarstyrkur köfnunarefnis í Skorradalsvatni er 56 µg/l. Meðaltalsgildi fyrir öll vötnin er 172,3 µg/l (± 41 µg/l, 95% öm.). Ísölt vötn og jökulvötn eru ekki með í úrtakinu. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).



Mynd 14. Heildarstyrkur fosfórs (Tot-P, µg/l) í 62 stöðuvötnum raðað eftir meðaldýpi vatnanna. Heildarstyrkur fosfórs í Skorradalsvatni er 3 µg/l. Meðaltalsgildi fyrir öll vötnin er 15,1 µg/l (± 4,3 µg/l, 95% öm.). Ísölt vötn og jökulvötn eru ekki með í úrtakinu. Úr gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna (óbirt gögn).

Niðurstöðum á fosförmælingum Johan Nyqvist (2003) í Skorradalsvatni, sem fram fóru í tvígang í maí 2003, ber vel saman við niðurstöður í Yfirlitskönnuninni. Johan Nyqvist mældi heildarstyrk fosfórs (Tot-P) á nokkrum stöðum í vatninu og mældist hann í flestum tilvikum < 1,0 µg/l.

Í ritgerð Johan Nyqvist eru dregnar nokkrar ályktanir um áhrif vatnsmiðlunar á Skorradalsvatn, m.a. á fosfórbúskap. Hér á eftir verður nokkrum orðum vikið að þessu, þar eð höfundar þessarar skýrslu telja að ýmsar ályktanir Johan standist illa og sumar alls ekki.

Í skýrslu Johan er því haldið fram að hluti af fosfórnum tapist líklega ofan í botnset vatnsins og þar með úr vatnakerfinu og nýtist ekki til frumframleiðslu í vatninu (bls. 16). Þetta segir Johan að megi rekja til þess að fosfórlosun úr fjörusvæðinu sé ekki lengur náttúruleg, þ.e.a.s. að há vatnsborðsstaða vegna vatnsmiðlunar sé á röngum tíma fyrir frumframleiðendur, einkum á veturna þegar mestallur gróður er í dvala. Fosfór vegna útskolunar úr fjörubeltinu í tengslum við háa vatnsborðsstöðu er því ekki tekinn upp af frumleiðendum, heldur fellur hann út og tapast ofan botnset vatnsins. Johan reiðir einnig fram þá skýringu að fosfór tapist úr Skorradalsvatni fremur en ella vegna þess að yfirborðsvatni sé fleytt úr vatninu, en Johan gengur út frá því að yfirborðslag vatnsins sé ríkara af næringarefnum en neðri lög þess.

Framangreindar ályktanir röstyður Johan með þrennum hætti. Í fyrsta lagi með því að fosfórstyrkur sé lágur í vatninu (bls. 12). Í öðru lagi með því að reikna út fosfórbúskap vatnsins út frá mældum fosfórstyrk í aðrennsli (Fitjaá og Dragá), í vatninu sjálfu og frárennslinu (Andakílsá) (bls. 4 og 14-16). Í þriðja lagi með tilvísun til þess að bleikjan í vatninu hafi það ekki gott, m.a. að stofninn fari minnkandi (bls. 16).

Hér á eftir fara athugasemdir við einstakar ályktanir og röksemdir Johans:

1. Tekið er undir það álit að fosfórskot í tengslum við flóð og háa vatnsborðsstöðu eru ekki lengur í sama náttúrulega farvegi og þau voru fyrir virkjun vatnsins. Vegna vatnsmiðlunar má búast við að fosfórskot komi oftar en áður á tímum sem nýtist frumframleiðendum lítið og alls ekki. Hins vegar hefur vatnsmiðlunin einnig leitt til þess að vatnsborð stendur stundum hærra á sumrin en áður var og ætti þetta að leiða til aukins framboðs á fosfór fyrir frumleiðendur.
2. Lágur fosfórstyrkur í vatninu stafar tæplega af því að fosfórinn tapist og lokist af ofan í botnsetinu vegna útskolunar úr fjörubelti á röngum tíma. Eins og fram hefur komið er fjöldi náttúrulegra vatna, þar sem ekki gættir vatnsmiðlunar, með álíka fosfórstyrk og lægri en Skorradalsvatn.
3. Lágur fosfórstyrkur vegna taps á fosfór með sérlega fosfórríku yfirborðsvatni í tengslum vatnsmiðlun verður að teljast ólíkleg skýring. Benda má á að samkvæmt mælingum á rafleiðni, sýrustigi og hitastigi er ekki um neina lagskiptingu að ræða í vatnsbol Skorradalsvatns (Ellý Guðjohnsen o.fl. 1993). Hér er að vísu aðeins um eina mælingu að ræða sem fór fram síðla í september árið 1993. Á hinn bóginn er almennt álitið að lagskipting í íslenskum stöðuvötnum sé afar fátíður viðburður. Ágætt dæmi er Þingvallvatn, en þar heyrir lagskipting til undantekninga og ef hún kemst á á annað borð þá er hún hvort tveggja veik og skammæ (Pétur M. Jónasson o.fl. 1992). Það sem veldur þessu í Þingvallavatni og öðrum vötnum á landinu er fyrst og fremst hið vindasama veðufar, sem hefur í för með sér að vatnsmassinn er meira eða minna blandaður frá botni og upp úr. Þar sem aðstæður fyrir lagskiptingu í Þingvallvatni eru sennilega betri en í Skorradalsvatni vegna meira dýpis og

minna vindálags, verður að teljast enn ólíklegra að lagskipting myndist í Skorradalsvatni.

4. Sú ályktun Johan út frá efnabúskaps-útreikningi fyrir maímánuð, að minna fosfórmagn í frárennsli en aðrennsli til Skorradalsvatns jafngildi tapi á fosfór niður í botnset innan vatnsins verður teljast hæpin. Útreikningarnir eru gerðir út frá fáum mælingum í einum mánuði að vori, en það dugar engan veginn til að álykta um efnabúskap vatnsins í heild yfir árið. Neikvæður mismunur á fosfórstyrk í að- og frárennsli að vori getur vel stafað af því að fósfor innan vatnsins er tekinn upp af frumframleiðendum og bundinn í lífrænan vef. Bindingin getur varað mislangan tíma, allt eftir því hvaða frumframleiðendur eiga í hlut og hvar þeir standa í fæðuvef vatnsins. Skorradalsvatn er yfirleitt ísi lagt frá nóvember til apríl og þá er frumframleiðsla með minnsta móti. Í maí þegar ís er horfinn eru frumframleiðendur hins vegar komnir á fullt skrið. Eins og þekktist í öðrum vötnum, t.d. Þingvallavatni (Pétur M. Jónasson o.fl. 1992), þá hefst frumleiðsla meira að segja áður en ís er alveg horfinn. Samkvæmt athugunum kafara (Ellý Guðjohnsen o.fl. 1993) og niðurstöðum í Yfirlitskönnuninni er gróskumikið belti af kransþörungum vatnanál (*Nitella opaca*) á u.þ.b. 7-18 m dýpi í Skorradalsvatni. Umfang gróðurbeltisins bendir ekki til þess að frumframleiðendur í vatninu líði skort á næringarefnum. Tilvist kransþörungsins stuðlar aftur á móti að því að næringarefni í vatninu eru tekin upp og bundin í lífrænan vef. Sama á við um svifþörunga í vatninu. Binditími fosfórs og annarra næringarefna í lífverunum getur verið mjög langur, t.d. ef svifþörungur eru étnir af svifdýrum, svifdýr af fiskum og fiskar loks af mönnum (þegar helst er hægt að tala um að fosfór „tapist“ úr kerfinu).

4. Notagildi fyrri rannsókna og nauðsyn á frekari rannsóknum

Við mat á notagildi fyrri rannsókna og nauðsyn frekari rannsókna sem varða áhrif vatnsmiðlunar á vatnalífrikið er sjónum beint að þeim þáttum sem telja má líklegasta til að verða fyrir mestum áhrifum af völdum vatnsmiðlunar í vatninu. Eðli málsins samkvæmt er því einkum horft til botndýra í efsta hluta fjörubeltisins (0–5 m dýpi) þar sem áhrifa vatnsmiðlunar gætir hvað mest. Einnig er sjónum beint að fiskum þar eð þeir nýta fjörubeltið alla jafnan að verulegu leyti sem matarlind og afdrep fyrstu eitt til tvö ár ævi sinnar.

4.1 Botndýrarannsóknir

Þær tvær rannsóknir sem gerðar hafa verið í Skorradalsvatni á botndýrum nýttast ágætlega til að lýsa helstu einkennum botndýrasamfélagsins í fjöruvist vatnsins m.t.t. þéttleika og tegundasamsetningar. Rannsóknirnar eru samanburðarhæfar að mörgu leyti nema helst hvað varðar sýnatökutíma, en önnur rannsóknin fór fram síðla í júlí (Yfirlitskönnun) og hin seint í september (nemendaverkefni, Bjarni Kr. Kristjánsson o.fl. 1993). Þessi munur dregur nokkuð úr notagildi á samanburði milli rannsókna, einkánlega m.t.t. þéttleika í botndýrastofnunum sem er árstíðabundinn.

Í nemendaverkefninu var reynt að meta áhrif vatnsmiðlunar á botndýrin með því að bera saman þéttleika og tegundasamsetningu á nokkrum dýptarstöðvum, frá örgrunnu vatni og allt niður á 30–40 m dýpi. Á þessu dýptarbili breytir botninn um eðli. Á dýptarbilinu 0–5 m er botninn að mestu leyti grýttur, en fyrir neðan 5 m dýpi tekur við mjúkur setbotn. Vegna þessa eðlismunar, sem og að gjörólíkum aðferðum var beitt til að ná í sýni af búsvæðunum, er ekki stætt á því að draga ályktanir um áhrif vatnsmiðlunar á dýralífið eins og gert var í nemendaverkefninu.

Í Yfirlitskönnuninni voru botndýrasýni tekin á 10–50 cm dýpi í fjörubeltinu á sex stöðum umhverfis vatnið. Innbyrðis samanburður á þeirri sýnatöku nýtist því ekki til að spá í áhrif vatnsmiðlunar á botndýralífið. Styrkur gagnanna um Skorradalsvatn sem fengin eru úr Yfirlitskönnuninni, og þar með talin gagnsemi til að álykta um um áhrif vatnsmiðlunar, felst aftur á móti í því að um er að ræða hluta af umfangsmiklum gagnagrunni með sambærilegar og samanburðarhæfar upplýsingar um botndýralíf, sem og upplýsingar um fisk, svifdýr og efna- og eðlisþætti, í rúmlega 70 öðrum stöðuvötnum víðs vegar að af landinu. Fyrir vikið er kleift að setja lífríki Skorradalsvatns í stórt samhengi á landsvísu og þ.a.l. hægt með tiltölulega áreiðanlegu móti að draga ályktanir um áhrif vatnsmiðlunar og ýmsar aðrar umhverfisbreytur.

Ekki er talin þörf á frekari rannsóknum á botndýrum í fjörubelti til að renna stoðum undir að vatnsmiðlun hafi áhrif á botndýralíf í fjörubelti Skorradalsvatns. Þau áhrif koma fram með nokkuð skýrum hætti í óvenju litlum þéttleika hryggleysingja, einkum meðal rykmýslirfa, en einnig meðal vatnabobba. Fæð rykmýslirfa í fjörubeltinu endurspeglast m.a. í fæðuvali bleikjunnar, en hlutdeild rykmýslirfa er þar óvenju lítil miðað við það sem þekkist almennt í fæðu bleikju í vötnum landsins.

Þar sem rannsóknirnar tvær á botndýrum í fjörubelti Skorradalsvatns gefa hvor um sig einungis mynd af dýralífinu á afmörkuðum tímamarki, þ.e. annars vegar síðla í júlí 1998 og hins vegar seint í september 1993, er lítið vitað um framvindu botndýrasamfélaganna og viðbrögð dýralífsins við vatnsmiðlun á mismunandi árstímum þegar vatnsborðsstaða er ólík. Slík rannsókn hefur ekki verið gerð hér á landi áður, að Þingvallavatni undanskildu (Lindegaard 1992). Áhugavert er að ráðast í úttekt á fjörlífinu á þennan hátt og beina sjónum að viðbrögðum valdra dýrategunda við vatnsmiðlun, einkum rykmýi og vatnabobba. Rannsókn af þessu tagi getur m.a. varpað ljósi á hvenær á lífsferli botndýranna þeim er hættast við áföllum af völdum vatnsmiðlunar, auk þess að upplýsa um umfang áhrifa vegna vatnsmiðlunar. Úttekt af þessari gerð væri æskilegt að gera 4-5 sinnum yfir heilt ár, þ.e. um vor, sumar (í tvígang), haust og vetur.

Í ljósi kenningar Johan Nyqvist (2003) um að botnset kunnir að virka sem gildra fyrir næringarefni (einkum fosfór) í Skorradalsvatni, er æskilegt að gera úttekt á botndýrum í seti vatnsins og grennslast fyrir um hvort merkja megi hugsanleg áhrif næringarefna á dýralífið. Þar sem setkjarnar úr botni vatnsins eru fyrir hendi í Yfirlitskönnuninni er um minna verk að ræða en ella. Frumúrvinnsla sýnanna úr Skorradalsvatni, sem og úr um 40 öðrum vötnum, hefur þegar farið fram, en vinna þyrfti nánar úr sýnunum og taka saman gögnin. Samhliða slíkri rannsókn væri forvitnilegt að taka nýja setkjarna úr vatninu og mæla efnainnihald (einkum total-P, PO₄, köfnunarefni og kolefni) til að ganga enn betur úr skugga um hvort kenningin um næringaefnarýrnun vegna vatnsmiðlunar eigi við um Skorradalsvatn. Gagnsemi slíkrar efnarannsóknar er þó líklega minni en ætla má við fyrstu sýn og kemur aðallega til að gögn til samanburðar

úr öðrum stöðuvötnum eru ekki fyrir hendi í landinu svo höfundum sé kunnugt um. Því gæti verið miklum erfiðleikum bundið að túlka niðurstöður efnamælinganna.

Í tengslum við rannsókn á lifandi botndýrum í setkjörnum úr Skorradalsvatni er einnig mjög áhugavert að rannsaka nánar dýra- og plöntuleifar í setkjörnum úr botni vatnsins í því skyni að fá upplýsingar um þróun vistkerfisins í vatninu síðustu áratugina og árhundruðin. Slík rannsókn gæti m.a. varpað ljósi á hvort og þá hvernig eðli vatnavistkerfisins hefur breyst með tilkomu Andakílsárvirkjunar. Gögn sem nýtast til slíkrar rannsóknar eru þegar að hluta til fyrir hendi úr Skorradalsvatni, en hafa ekki verið tekin saman eða túlkuð í því samhengi sem hér um ræðir (Karst-Riddoch o.fl. 2003). Viðbótargögn með upplýsingum um dýrasamfélög í vatninu frá fyrri tíð er bæði hægt að fá með því að lesa dýraleifar (aðallega vatnaflær og rykmý) úr setkjörnunum og með því að mæla stöðugar samsætur kolefnis (C) og köfnunarefnis (N) í sýnunum (stable isotope analyses). Í báðum tilfellum gæti samstarfsaðili Náttúrufræðistofu Kópavogs, Danmarks Miljøundersøgelser í Silkeborg, orðið að liði við úrvinnslu sýna, en báðar stofnanirnar eru nú þegar í samstarfsverkefni á þessu sviði þar sem unnið er með sýni frá Íslandi.

4.2 Fiskirannsóknir

Fiskirannsóknirnar sex sem framkvæmdar hafa verið í vatninu er misvel fallnar til að bera þær saman. Þetta stafar bæði af því að beitt er mismunandi aðferðum við sýnatöku (ólík möskvastærð og frábrugðnir veiðistaðir) en einnig vegna þess að lýsing á mæliaðferðum er misjafnlega ítarleg, t.d. um veiðiflöt neta (lengd og dýpt neta), legutíma o.fl. þess háttar. Vegna þessa er t.d. ekki stætt á því að bera saman afla á sóknareiningu milli rannsókna. Þetta er bagalegt þar sem aflí á sóknareiningu gefur til kynna hlutfallslegt magn fiska (fjöldi) og þar með vísbendingar um breytingar í stofnstærð.

Fátt bendir til þess að bleikjustofninn í Skorradalsvatni hafi orðið fyrir markverðum breytingum vegna vatnsmiðlunar. Helstu einkenni bleikjustofnsins, þ.e. stór stofn, lágur aldur fiska, fremur smár fiskur og tiltölulega hægvaxta, ásamt torfumyndun og svifdýraáti úti vatnsbolnum, stemma vel við þá gerð af vatni sem Skorradalsvatn fellur undir; stórt, djúpt dalavatn með litla hlutdeild af fjörubelti á grunnsævi. Vötn af þessu tagi, t.t. Svínavatn og Stóra Viðarvatn, hýsa gjarnan bleikjustofna með þeim einkennum sem að framan greinir. Sama máli gegnir um murtuna í Þingvallavatni.

Stærð og vöxtur bleikju í Skorradalsvatni og fleiri dalavötnum hefur líklega meira með það að gera hverslags fæða er í boði fyrir fiskanna frá náttúrunnar hendi heldur en nokkuð annað. Eins og fram hefur komið minnir bleikjan í Skorradalsvatni um margt á murtu í Þingvallavatni. Murtan er smágerð, verður vart stærri en 20 cm, og þekkist á silfrudum lit og straumlínulaga vexti, rétt eins og stór hluti bleikjunnar í Skorradalsvatni. Hin takmarkaða stærð murtu stafar mjög líklega af fæðuvenjum hennar, en murtan er sérhæfð svifkrabbaæta og byggir afkomu sína að verulegu leyti á því að tína upp í sig stakar, örsmáar vatnaflær, líkt og virðist eiga við um stóran hluta bleikjunnar í Skorradalsvatni. Vatnaflærnar eru ekki nema um 1,5 mm að lengd og vegna smæðar fæðubitanna og þess að murtan étur staka vatnafló í einum munnbita, fer mjög drjúgur tími í fæðunámið, eða rúmur hálfur sólarhringur að jafnaði við bestu fæðuskilyrði til að fá magafylli (Hilmar J. Malmquist 1992; Sigurður S. Snorrason o.fl.

2002). Þess háttar fæðuvenjur eru dýrar fyrir murtuna í orkufræðilegum skilningi, þ.e.a.s. að hún eyðir hlutfallslega miklu púðri í að éta hina smágerðu fæðubita og líklega bitnar það á líkamsvestinum. Þessi skýring á sennilega einnig við um bleikjuna sem hefst við úti í vatnsbol Skorradalsvatns.

Enda þótt fátt bendi til þess að vatnsmiðlun hafi haft merkjanleg áhrif á bleikjustofninn í Skorradalsvatni, a.m.k. liggja engar beinar mælingar á fiskunum því til grundvallar, er á hinn bóginn ekki hægt að útiloka að óstöðugleiki í fjörubeltinu vegna vatnsmiðlunar hafi áhrif á afkomu fiskanna og þá einkum á seiði (0+ og 1+ ára), en þau eyða jafnan fyrsta árinu á örgrunnu vatni í fjörubeltinu. Æskilegt er því að ráðast í úttekt á seiðabúskap í fjörubeltinu og kanna þéttleika, vöxt og fæðuval seiða á svipuðum nótum og lagt er til varðandi framvindu fjörudýra hér að framan. Markmið slíkrar rannsóknar væri að afla þekkingar á hvar seiðin standa í fæðuvef vatnsins, fá vitneskju um þéttleika seiða og afdrif þeirra og tengsl þessara þátta við vatnsmiðlun og fæðuframboð á ársgrundvelli í vatninu.

4.3 Aðrar rannsóknir

Athuganir á svifdýrum í Skorradalsvatni eru áhugaverðar, meðal annars vegna þess að þessi dýrahópur skiptir miklu máli sem fæða fyrir bleikjuna. Auk þess eru svifdýrarannsóknir fremur einfaldar í sniðum og ódýrar í framkvæmd miðað við t.d. rannsóknir á fiski og botndýrum.

Ýmsum spurningum er ósvarað um svifdýrasamfélag Skorradalsvatns, t.d. um lóðréttar dægurferðir (sbr. nemendaverkefni, Ellý Guðjohnsen o.fl. 1993) og ekki síður um framvindu svifdýrategunda á ólíkum árstímum. Rannsókn sem hefði það að markmiði að varpa ljósi á framagreind atriði væri í senn upplýsandi um vistfræði vatnsins almennt og gagnleg til að fá vitneskju um framboð á mikilvægri fæðu fyrir stóran hluta bleikjustofnsins í vatninu. Slík rannsókn hefði hins vegar lítið með áhrif vatnsmiðlunar að gera, þar eð það er mat höfunda þessara skýrslu að tengsl milli vatnsmiðlunar og lífríkis úti í vatnsbol vatnsins séu í versta falli lítil og líklega ekki mælanleg.

Þær tvær rannsóknir sem fram hafa farið á efna- og eðlisþáttum í Skorradalsvatni eru þess eðlis að þær nýtast helst til að fá grófa hugmynd um helstu næringarefni og jónir í vatninu. Samkvæmt fyrirliggjandi gögnum bendir ekkert til þess að áhrifa vatnsmiðlunar gæti með mælanlegu móti á efnabúskap vatnsins. Fýsileiki til að ráðast í ítarlega efnarannsókn er því að mati skýrsluhöfunda ekki mikill. Ef á annað borð yrði ráðist í efnarannsókn til að grennslast betur fyrir um áhrif vatnsmiðlunar þyrfti að mæla vatnssýni nokkrum sinnum yfir árið og velja lykildreytur á borð við fosfór og köfnunarefni. Sýnatöku mætti haga þannig að hægt væri að reikna út efnabúskap fosfórs og köfnunarefnis á ársgrundvelli, þ.e. að mæla sýni í aðrennsli, frárennsli og í vatninu sjálfu á nokkrum stöðum. Náttúrufræðistofa Kópavogs hefur aðgang að tæki sem mælir tvö helstu næringarefni, fosfór og köfnunarefni, auk mælinga á rafleiðni, sýrustigi o.fl. Mæling á staðnum með tækinu sparar umtalsverðan kostnað sem ella fylgir því að taka vatnssýni og láta mæla það á rannsóknarstofu hér á landi eða erlendis.

5. Tillögur um vöktun á vatnalífriki

Með hugtakinu vöktun er átt við rannsókn þar sem fylgst er með völdum lykilþáttum í tilteknu kerfi með endurtekinni, staðlaðri sýnatöku með reglulega millibili um allan langt skeið, tíu ár að lágmarki (sjá t.d. Skriver 2001).

Tilgangur vöktunarverkefna er jafnan að hafa auga með ákveðnum þáttum sem eru í senn upplýsandi fyrir bæði ástand viðkomandi þáttar og kerfisins í heild sem þátturinn tilheyrir.

Vöktun er einnig hugsuð með það fyrir augum að hafa vaðið fyrir neðan sig, þ.e. að eiga gögn undir höndum frá fyrri tíð til að geta svarað spurningum sem hugsanlega koma upp í framtíðinni í tengslum við ástand sem rekja aftur í tímann.

Yfirleitt eru vöktunarverkefni þannig sniðin að sýnataka og úrvinnsla er með einfaldara móti, sýni fremur hratt unnin og verkefnið í heild í ódýrari kantinum á ársgrundvelli.

Hér á eftir eru lagðar fram þrjár tillögur um vöktunarverkefni í Skorradalsvatni. Allar miða þær að því að fá í senn vitneskju um ástand lykilþátta í orkuflæði vistkerfisins og vitneskju um ástand kerfisins í heild, bæði m.t.t. áhrifa vatnsmiðlunar og annarra umhverfisþátta á borð við vatnshita og veðurfar. Við tæknilega útfærslu á tillögunum er stuðst við vöktunartillögur úr Norðurlandasamstarfi vatnalíffræðinga (Johnson o.fl. 2001; Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001).

1. Vöktun á botndýrum í fjörubelti, svifdýrum í vatnsbol og fiski á strandgrunni.

Sýntaka einu sinni ári (15. júlí – 15. ágúst) á tveggja ára fresti, samtímis fyrir alla fjóra þætti.

1.1 Botndýr: Átta fjörustöðvar umhverfis vatnið, fimm steinar á stöð. Meginmarkmið er að fylgjast með þéttleika rykmýs og vatnabobba í tengslum við vatnsmiðlun og sem fæðu fyrir bleikju (og urriða).

1.2 Svifdýr: Þrjár stöðvar eftir endilöngu vatninu, 10 l sýni með 5 m dýptarbili á hverri stöð (ca. 5 sýni á stöð). Meginmarkmið að fylgjast með fæðuframboði fyrir bleikju. Aukamarkmið er að afla gagna um dægurferðir svifkrabba.

1.3 Fiskur: Annars vegar veiði með lagnetum á strandgrunni (22 net 11 möskvastærðir, Jensen sería) og hins vegar rafveiði á seiðum í fjörubelti (sömu átta stöðvar og fyrir botndýr). Meginmarkmið að fylgjast með bleikju, einkum m.t.t. lengdar, þyngdar og aldurs, sem og fæðuvals og afla á sóknareiningu.

1.4 Annað: Eðlis- og efnaþættir mældir á staðnum á hefðbundinn hátt. Samhliða sýnatöku á svifdýrum verða tekin blaðgræusýni og mælt rýni. Markmið er að fylgjast með frumframleiðslu á fljótvirkan hátt.

2. Vöktun á botndýrum og fiskseiðum í fjörubelti ásamt svifdýrum í vatnsbol.

Sýntaka einu sinni á ári (15. júlí– 15. ágúst) hvert ár, samtímis fyrir alla fjóra þætti.

2.1 Botndýr: Átta fjörustöðvar umhverfis vatnið, fimm steinar á stöð. Meginmarkmið er að fylgjast með þéttleika rykmýs og vatnabobba í tengslum við vatnsmiðlun og sem fæðu fyrir bleikju (og urriða).

2.2 Svifdýr: Þrjár stöðvar eftir endilöngu vatninu, 10 l sýni með 5 m dýptarbili á hverri stöð (ca. 5 sýni á stöð). Meginmarkmið að fylgjast með fæðuframboði fyrir bleikju. Aukamarkmið er að afla gagna um dægurferðir svifkrabba.

2.3 Fiskseiði (bleikja): Átta stöðvar umhverfis vatnið (næst botndýrastöðvum). rafveitt á afmörkuðum 40 fermetra kafla á hverri stöð. Þéttleiki skráður og tekið hlutasýni til mælinga á lengd, þyngd og aldri og greiningu á magainnihaldi. Meginmarkmið að fylgjast með almennu ástandi bleikjungviðis í tengslum við vatnsmiðlun og fæðuframboð.

2.4 Annað: Eðlis- og efnabættir mældir á staðnum á hefðbundinn hátt. Samhliða sýnatöku á svifdýrum verða tekin blaðgræusýni og mælt rýni. Markmið er að fylgjast með frumframleiðslu á fljótvirkan hátt.

3. Vöktun á botndýrum og fiskseiðum í fjörubelti.

Sýntaka einu sinni á ári (15. júlí– 15. ágúst) hvert ár, samtímis fyrir alla þrjá þætti.

3.1 Botndýr: Átta fjörustöðvar umhverfis vatnið, fimm steinar á stöð. Meginmarkmið er að fylgjast með þéttleika rykmýs og vatnabobba í tengslum við vatnsmiðlun og sem fæðu fyrir bleikju (og urriða).

3.2 Fiskseiði (bleikja): Átta stöðvar umhverfis vatnið (næst botndýrastöðvum). rafveitt á afmörkuðum 40 fermetra kafla á hverri stöð. Þéttleiki skráður og tekið hlutasýni til mælinga á lengd, þyngd og aldri og greiningu á magainnihaldi. Meginmarkmið að fylgjast með almennu ástandi bleikjungviðis í tengslum við vatnsmiðlun og fæðuframboð.

3.3 Annað: Eðlis- og efnabættir mældir á staðnum á hefðbundinn hátt.

Í öllum framangreindum tillögum er gengið út frá því að 10 ár séu lágmark vöktunartímabils. Strax í kjölfar sérhverrar sýnatöku yrði gefin út skýrsla með niðurstöðum viðkomandi árs og fyrri niðurstöðum eftir því sem verkinu vindur fram. Auk þess að gagnast verkkaupa með beinum hætti geta skýrslurnar einnig haft almenna skírskotun til landeigenda og annarra hagsmunaaðila við Skorradalsvatn. Bændur og bústaðafólk hafa líklega margir hverjir áhuga á að fylgjast með ástandi og þróun helstu þátta í lífríki vatnsins. Verkkaupi gæti í þessu skyni dreift skýrslum til aðila sem hafa aðsetur í Skorradal.

6. Heimildir og ítarefni

- Arngerður Jónsdóttir, Heiðdís Smáradóttir, Róbert A. Stefánsson, Sif Traustadóttir & Þorkell Heiðarsson. 1995. Laxfiskar í Skorradalsvatni. Nemendaverkefni í vatnalíffræði 1995. Ljósrit. Líffræðiskor, Háskóli Íslands. 25 s.
- Arnþór Garðarsson. 1979. Vistfræðileg flokkun íslenskra vatna. *Týli* 9: 1-10.
- Árni Snorrason. 2002. Vatnafar á vatnasviði Þingvallavatns. Í: *Þingvallavatn. Undraheimur í mótun* (Pétur M. Jónason & Páll Hersteinsson, ritstj.). Bls. 110-119. Mál & Menning, Reykjavík. 303 s.
- Árni Snorrason & Halína Bogadóttir. 1989. Athuganir á flóðum á vatnasviði Andakilsár í Borgarfirði. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. Orkustofnun, Vatnsorkudeild. ÁSn-HB-89/01. 39 s.
- Bjarni Kr. Kristjánsson, Haraldur R. Ingvason, Herdís E. Gunnarsdóttir, Magnea Karlsdóttir & Iris Hansen. 1993. Skorradalsvatn. Nemendaverkefni í vatnalíffræði. Botndýraránnsóknir 1993. Ljósrit. Líffræðiskor, Háskóli Íslands. 21 s.
- Bjarni Sæmundsson. 1904. Fiskirannsóknir 1902. *Andvari* 29: 79-119.
- Brodði R. Hansen, Guðný I. Guðmundsdóttir, Ingibjörg Hauksdóttir, Ólafur Einarsson og Svava S. Steinarsdóttir. 1993. Dýralíf í straumvatni (Skorradalur). Ljósrit. Nemendaverkefni. Líffræðiskor, Háskóli Íslands. 21 s.
- Edda S. Oddsdóttir, Guðrún Lárusdóttir, Hafsteinn H. Gunnarsson, Hrund Lárusdóttir & María Harðardóttir. 1993. Fiskistofnar í Skorradalsvatni. Nemendaverkefni í vatnalíffræði. Ljósrit. Líffræðiskor, Háskóli Íslands. 25 s.
- Elly Guðjohnsen, Steinarsdóttir, G., Pálsdóttir, G., Óskarsson, G. & Jónbjarnardóttir, S. 1993. Dægurferðir svifdýra í Skorradalsvatni. Nemendaverkefni í vatnalíffræði. Ljósrit. Líffræðiskor, Háskóli Íslands. 20 s.
- Erlín E. Jóhannsdóttir, Jón S. Ólafsson & Hilmar J. Malmquist. 2003. Community structure of Chironomidae larvae in the surf zone of Icelandic lakes. Útdráttur og veggspjald birt á: XV International Symposium on Chironomidae. University of Minnesota, 12-15 August 2003.
- Freysteinn Sigurðsson. 1993. Groundwater chemistry and aquifer classification in Iceland. Í: Hydrology of hard rocks (Banks, S. & Banks, D. ritstj.). International Association of Hydrologists Memoires, XXIV, part 1, Oslo, Norway.
- Gísli Már Gíslason. 1993. Vatnsborðssveiflur í Skorradalsvatni. Skýrsla unnin fyrir Náttúruverndarráð. Ljósrit. 6 s.
- Guðmundur Guðjónsson & Einar Gíslason. 1998. Gróðurkort af Íslandi. 1:500.000. Yfirlitskort. Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík (1. útgáfa).
- Gunnar St. Jónsson, Hilmar J. Malmquist, Sigurður S. Snorrason & Kristinn Einarsson. 1999. Hydrogeological determinants of nutrient availability in Icelandic lakes. Útdráttur birtur á: *Northern Research Basins (NRB) – Twelfth International Symposium and Workshop*. Reykjavík, Kirkjubæjarklaustur and Höfn, Hornafjörður, Iceland. August 23-27, 1999.
- Halla Jónsdóttir, Hilmar J. Malmquist, Sigurður S. Snorrason, Guðni Guðbergsson & Sigríður Guðmundsdóttir. 1998. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in wild Arctic charr and brown trout in Iceland. *Journal of Fish Biology*. 53: 322-339.
- Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson. 1998. Jarðfræðikort af Íslandi. 1:500.000. Berggrunnur. Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík (2. útgáfa).

- Hilmar J. Malmquist. 2001. Vatnalíf á áhrifasvæði Kárahnjúkavirkjunar. *Glettingur* 11: 48-53.
- Hilmar J. Malmquist. 1998. Ár og vötn á Íslandi: Vistfræði og votlendistengsl. Í: *Íslensk votlendi - verndun og nýting* (Jón S. Ólafsson ritstj.). Háskólaútgáfan. Bls. 37-55.
- Hilmar J. Malmquist. 1992. Phenotype-specific feeding behaviour of two Arctic charr *Salvelinus alpinus* morphs. *Oecologia* 92: 354-361.
- Hilmar J. Malmquist & Jóhannes Sturlaugsson. 2002. Urriði í Þingvallavatni. Í: *Þingvallavatn. Undraheimur í mótun* (Pétur M. Jónason & Páll Hersteinsson, ritstj.). Bls. 197-202. Mál & Menning, Reykjavík. 303 s.
- Hilmar J. Malmquist, Appelberg, M., Diepenrik, C., Hesthagen, T. & Rask, M. 2001. Kafli 8. Fish. Bls. 61-71. Í: *Biological Monitoring of Nordic Rivers and Lakes* (J. Skriver ritstj.). *TemaNord 2001*: 513. Nordic Ministers Council. 109 s.
- Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason. 2003. Vistfræði- og verndarflokkun íslenskra stöðuvatna. Verkefni unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Áfangaskýrsla. Fjölrit nr. 1-03, Náttúrufræðistofa Kópavogs. 33 s.
- Hilmar J. Malmquist, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. 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, Þórólfur Antonsson, Guðni Guðbergsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason. 1999a. Yfirlitskönnun á lífríki íslenskra stöðuvatna. Útdráttur. Bls. 95. Í: *Líffræðirannsóknir á Íslandi*. Afmælisráðstefna Líffræðifélags Íslands og Líffræðistofnunar Háskólans. Hótel Loftleiðum 18.-20. nóvember 1999. Háskólaútgáfan. Háskóli Íslands.
- Hilmar J. Malmquist, Gunnar St. Jónsson, Sigurður S. Snorrason & Kristinn Einarsson. 1999b. Næringarefni í íslenskum stöðuvötnum. Útdráttur. Bls. 94. Í: *Líffræðirannsóknir á Íslandi*. Afmælisráðstefna Líffræðifélags Íslands og Líffræðistofnunar Háskólans. Hótel Loftleiðum 18.-20. nóvember 1999. Háskólaútgáfan. Háskóli Íslands.
- 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, Íris Hansen og Sigurður S. Snorrason. 2001. *Vatnalífriki á virkjanaslóð. Áhrif fyrirhugaðrar Kárahnjúkavirkjunar ásamt Laugarfellsveitu, Bessastaðaárveitu, Jökulsárveitu, Hafursárveitu og Hraunaveitum á vistfræði vatnakerfa*. Unnið fyrir Náttúrufræðistofnun Íslands og Landsvirkjun (LV-2001/025). 254 s.
- Ingi Rúnar Jónsson og Hilmar J. Malmquist. 2001. Rannsóknir á Þríhyrningsvatni 1998. Veiðimálastofnun, VMST R/0100. 15 s.
- Johnson, R.K., Aagaard, K., Aanes, K.J., Friberg, N., Gíslason, G.M., Lax, H. & Sandin, L. 2001. Kafli 6. Fish. Bls. 43-51. Í: *Biological Monitoring of Nordic Rivers and Lakes* (J. Skriver ritstj.). *TemaNord 2001*: 513. Nordic Ministers Council. 109 s.
- Jón Kristjánsson. 1974. Fiskirannsóknir í Skorradalsvatni. Veiðimálastofnunin, Reykjavík, Iceland. Ljósrit. 6 s.
- Karst-Riddoch, T.L., Malmquist, H.J., Smol, J. & Einarsson, Á. 2003. Relationship between freshwater sedimentary diatoms and environmental conditions in subarctic Icelandic lakes. Chapter 4. Ph.D. thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada. pp. 108-159.
- Kristján Sæmundsson. 1990. Jarðmyndanir. Kafli 2.2. Bls. 67-70. Í: *Vatns er þörf* (Sigurjón Rist, ritstj.). Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík. 248 s.

- Lindegaard, C. 1992. Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population dynamics and production. *Oikos* 64: 257-304.
- Ney, J., J. 1996. Oligotrophication and its Discontents: Effects of reduced Nutrient Loading on Reservoir Fisheries. *Am. Fish. Soc. Symp.* 16: 285-295.
- Nunnallee, E., P. & Kristjánsson, J. 1978. Hydroacoustic assessment of the lake Thingvallavatn and lake Skorradalsvatn fish populations. *J. Agr. Res. Icel.* 1978 10 (2): 141-155.
- Nyqvist, Johan. 2003. The effects of hydro-power on impounded lakes in cold climates. A comparison between Sweden and Iceland. B.Sc. thesis, Mid Sweden Univeristy, Östersund, Sweden. 39 s.
- Orkustofnun, Vatnamælingar. 2003. Gagnabanki Vatnamælinga, afgangi nr. 2003/38.
- Pétur M. Jónasson, Hákon Aðalsteinsson & Gunnar St. Jónsson. 1992. Production and nutrient supply of phytoplankton in subarctic, dimictic Thingvallavatn, Iceland. *Oikos* 64: 162-187.
- Sigurður Már Einarsson. 1993. Rannsóknir í Andakílsá 1992. Veiðimálastofnun, Vesturlandsdeild, Borgarnesi. VMST-V/93002X. 3 s.
- Sigurður Már Einarsson & Jón Örn Pálsson. 1991. Áætlun um leiðir til laxaræktunar í Andakílsá, Borgarfirði. Veiðimálastofnun, Vesturlandsdeild, Borgarnesi. VMST-V/92001X. 15 s.
- Sigurður R. Gíslason. 1993. Efnafræði úrkomu, jökla, árvatns, stöðuvatna og grunnvatns á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* 63: 219-236.
- Sigurður S. Snorrason, Hilmar J. Malmquist & Skúli Skúlason. 2002. Bleikjan. Í: *Þingvallavatn. Undraheimur í mótun* (Pétur M. Jónason & Páll Hersteinsson, ritstj.). Bls. 179-196. Mál & Menning, Reykjavík. 303 s.
- Sigurjón Rist. 1975. Stöðuvötn. Dýptarkort stöðuvatna í landfræðilegri röð frá Hvalfirði sólarinnis um landið. Orkustofnun, Vatnamælingar. Reykjavík. OS-Vatn-7503, OS-ROD-7519.
- Sigurjón Rist (ritstj.). 1990. Vatns er þörf. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík. 248 s.
- Skriver, J. (ritstj.). 2001. Biological Monitoring of Nordic Rivers and Lakes. *TemaNord 2001*: 513. Nordic Ministers Council. 109 s.
- Skúli Víkingsson & Ingibjörg Kaldal 1998. Landbrot við Skorradalsvatn. Unnið fyrir Andakílsárvirkjun. Orkustofnun, Rannsóknasvið. OS-98074. 24 s.
- Stemberger, R., S. & Miller, E., K. 1998. A zooplankton N:P-ratio indicator for lakes. *Environmental Monitoring and Assessment*. 51: 29-51.
- Stockner, J., Rydin, E. & Hyenstrand, P. 2000. Cultural Oligotrophication: Causes and Consequences for fisheries Resources. *Fisheries*. 25: 7-14.
- Tumi Tómasson. 1979. Nauðsyn fiskvegagerðar við Skorradalsvatn. Veiðimálastofnun, Borgarnes. Ljósrit, 1 s.

VIÐAUKI I.

Skrá yfir 72 stöðuvötn sem rannsókuð hafa verið og tilheyra gagnagrunni Yfirlitskönnunar á lífríki íslenskra vatna.

1	APAVATN	38	ÓNEFNT VATN
2	ELLIÐAVATN	39	ÁSBJARNARVATN SYÐRA
3	EYRARVATN	40	FJÓRÐUNGSVATN
4	GALTABÓL	41	HÓPIÐ
5	GEITABERGSVATN	42	VESTURHÓPSVATN
6	GLAMMASTAÐAVATN	43	LANGAVATN (ÞING.)
7	HRAUNHAFNARVATN	44	REYÐARVATN
8	HVÍTÁRVATN	45	URÐARVATN SYÐRA
9	KÖTLUVATN	46	MÁSVATN
10	LANGAVATN	47	FLJÓTSBOTN
11	MJÓAVATN	48	FROSTASTAÐAVATN
12	NÝJAVATN	49	EYSTRÁ-GÍSLHOLTSVATN
13	SELVATN	50	HESTVATN
14	SIGURÐARSTAÐAVATN	51	HLÍÐARVATN
15	SKÁLAVATN	52	HÓLMAVATN/TUNGUK.
16	STÓRA-FOSSVATN	53	ARNARVATN STÓRA
17	STÓRA-VIÐARVATN	54	ÚLFSVATN
18	SVARTÁRVATN	55	HÓLSVATN
19	SVÍNAVATN	56	SAURAVATN
20	ÚLFLJÓTSVATN	57	LANGISJÓR
21	VATNSHLÍÐARVATN	58	SKORRADALSVATN
22	VESTRA-FRÍÐMUNDARVATN	59	LAGARFLJÓT
23	YTRA-DEILDARVATN	60	ÞURÍÐARVATN
24	ÖLVESVATN	61	HEIÐARVATN/Fjarðarh.
25	HÓLMAVATN/HRÚTAFJ.	62	SKRIÐUVATN
26	NÝPSLÓN	63	ÓDÁÐAVATN
27	BAULÁRVALLAVATN	64	SANDVATN
28	HAUKADALSVATN	65	ÞRÍHYRNINGSVATN
29	HÍTARVATN	66	VÍFILSSTAÐAVATN
30	ODDASTAÐAVATN	67	HAFRAVATN
31	VATNSHOLTSVATN (V)	68	ÓLAFSFJARÐARVATN
32	ÁNAVATN	69	MIKLAVATN, FLJÓTUM
33	SÆNAUTAVATN	70	FOLAVATN, HRAUNI
34	EIÐAVATN	71	GILSÁRVATN, FLJÓTSDALSH.
35	URRIÐAVATN	72	EYRARSELVATN, FLJÓTSDALSH.
36	ÞIÐRIKSVALLAVATN		
37	HÖGNAVATN		