



Lífríki tjarna á Þeistareykjum

Samantekt á rannsóknum 2011 og 2016-2020



Sesselja Guðrún Sigurðardóttir¹, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir² og Jón S. Ólafsson²

Maí 2021

N á t t ú r u s t o f a
N o r ð a u s t u r l a n d s

 N á t t ú r u s t o f a Norðausturlands		Hafnarstétt 3 640 Húsavík Sími: 464 5100 www.nna.is nna@nna.is
Skýrsla nr. NNA-2102	Dags. maí 2021	Dreifing. Rafræn
Heiti skýrslu/aðal- og undirtitill: Lífríki tjarna á Þeistareykjum. Samantekt á rannsóknum 2011 og 2016-2020		Upplag:
		Síðufjöldi: 26
		Fjöldi viðauka:
Höfundar: Sesselja Guðrún Sigurðardóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og Jón S. Ólafsson		
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samstarfsaðilar: Hafrannsóknastofnun – Rannsókn- og ráðgjafastofnun hafs og vatna		
Samantekt: Náttúrustofa Norðausturlands kannaði lífríki tveggja tjarna (tjörn 1 og tjörn 2) við Tjarnarás á Þeistareykjum sumarið 2011 í samstarfi við Veiðimálastofnun (nú Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafastofnun hafs og vatna) að beiðni Þeistarreykja ehf. framkvæmdaraðila jarðvarmavirkjunar á Þeistareykjum. Sömu aðilar gerðu aðra úttekt árið 2016, þá að beiðni Landsvirkjunar. Í kjölfar skýrslu sem þá var gefin út tók Landsvirkjun ákvörðun um vöktun á tjörnunum til ársins 2020. Á vöktunartímanum voru samtals greindar 13 tegundir í svifi tjarnar 1 og 13 tegundir í botnseti. Heildarþéttleiki smádyra í svifi tjarnarinnar var á bilinu 0,172-15,43 dýr/l, minnstur árið 2018 og mestur árið 2020. Heildarþéttleiki í botnseti tjarnarinnar var minnstur 255 dýr/m² árið 2017 og mestur 57.041 dýr/m² árið 2019. Í tjörn 2 voru greindar tegundir í svifi samtals 19 og 18 í botnseti. Heildarþéttleiki smádyra í svifi tjarnar 2 var á bilinu 11,2 – 54,5 dýr/l, minnstur árið 2011 og mestur árið 2019. Heildarþéttleiki í botnseti tjarnar 2 var minnstur árið 2017, 6.112 dýr/m² og mestur árið 2019, 52.713 dýr/m². Eins og áður hefur verið bent á (Sesselja Guðrún Sigurðardóttir o.fl. 2012) er yfirborðsvatn á Þeistareykjasvæðinu mjög takmarkað og tjarnirnar því einstakar í því umhverfi sem þær eru. Þær ættu því að hafa talsvert verndargildi sem slíkar þó samsetning lífríkis þeirra sé nokkuð hefðbundin fyrir ferskvatn hér á landi. Vöktun hefur leitt í ljós að losun affallsvatns í tjarnirnar hefur neikvæð áhrif á lífríki þeirra. Minnkandi losun síðustu ár hefur sýnt að verði losun hætt ætti lífríkið að jafna sig með tímanum, þó ber að hafa í huga að töluvert magn þungmálma og næringarefna berst með affallsvatni í tjarnirnar og þungmálmur eyðast ekki í náttúrunni og safnast því að einhverju leyti upp í botnseti tjarnanna. Ekki er hægt að segja til um hvaða afleiðingar uppsöfnun þungmálma til lengri tíma kemur til með að hafa á lífríki tjarnanna. Náttúrustofan leggur því áherslu á að efnamælingum á vatni og í botnseti verði bætt við þá vöktun sem fyrir er til að fylgjast með styrk þungmálma og næringarefna. Sú vöktun á lífríki ferskvatns á virkjanasvæði sem Landsvirkjun hefur staðið fyrir síðastliðin 5 ár á Þeistareykjartjörnunum tveimur á sér ekki hliðstæðu hér á landi svo vitað sé og veitir því einstaka innsýn í áhrif jarðvarmavirkjunar á lífríki í ferskvatni. Í áliti Skipulagsstofnunar um mat á umhverfisáhrifum Þeistareykjavirkjunar er losun affallsvatns í tjarnirnar ekki talin ásættanleg. Í umhverfisskýrslu Landsvirkjunar 2014 kemur fram að þegar virkjunin taki til starfa komi affallsvatn til með að fara í sérstakar niðurrennslisholur sem ná niður á 250 til 450 m dýpi. Ekki kemur þar fram hvort losun í tjarnirnar verði hætt samhliða. Í deiliskipulagi Þeistareykjavirkjunar kemur hins vegar fram að losun affallsvatns verði undir yfirborð en að í einhverjum tilfellum sé nauðsynlegt að leiða það í lögnum að náttúrulegum farvegi sem síðan renni í tjarnirnar. Það virðist því ekki að stefnt sé að því að hætta losun affallsvatns í tjarnirnar. Á meðan svo er telur Náttúrustofan nauðsynlegt að áfram verði fylgst með lífríki tjarnanna til að hægt sé að bregðast við ef lífríki tjarnanna verður fyrir meiri skaða en ásættanlegt getur talist.		
Lykilorð: tjarnir, virkjun, losun, affallsvatn, þungmálmur, þéttleiki, smádyr, vöktun		Yfirfarið: AÖS

LÍFRÍKI TJARNA Á ÞEISTAREYKJUM

SAMANTEKT Á RANNSÓKNUM 2011 OG 2016-2020

Sesselja Guðrún Sigurðardóttir¹, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir² og Jón S. Ólafsson²

Unnið fyrir Landsvirkjun.

NNA-2102

Húsavík, maí 2021

¹Náttúrustofa Norðausturlands

²Hafrannsóknastofnun Rannsókn- og ráðgjafastofnun hafs og vatna



N á t t ú r u s t o f a
N o r ð a u s t u r l a n d s



HAFRANNSÓKNASTOFNUN
Rannsókn- og ráðgjafastofnun hafs og vatna

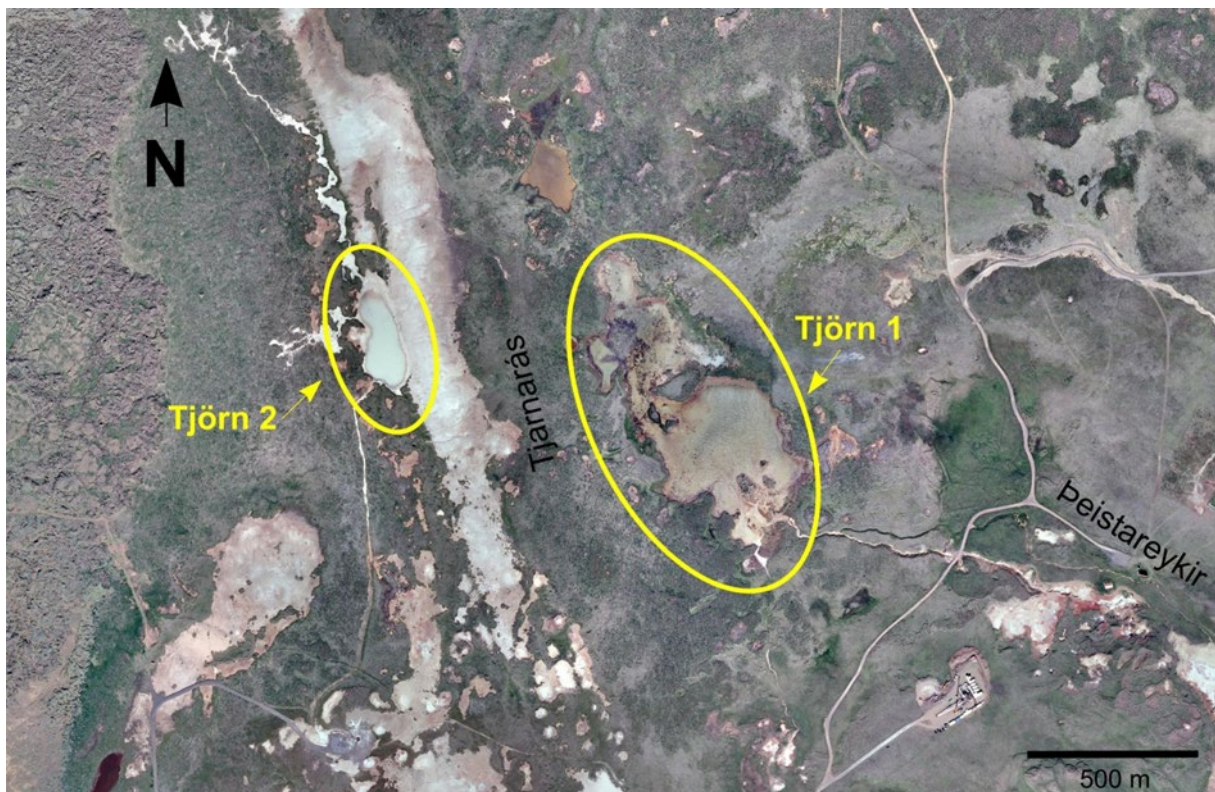
EFNISYFIRLIT

Inngangur	3
Staðhættir.....	4
Aðferðir	6
Dýpi og botngerð	6
Eðlisþættir	6
Smádýr.....	6
Svif	6
Botn	7
Yfirborðslosun affallsvatns og þungmálmar	8
Niðurstöður	8
Dýpi og botngerð	8
Eðlisþættir	9
Smádýr.....	9
Svif	9
Botn	16
Yfirborðslosun affallsvatns og þungmálma	22
Umræða.....	24
Almennar ábendingar.....	25
Þakkir.....	26
Heimildir	27

INNGANGUR

Náttúrustofa Norðausturlands kannaði lífríki tveggja tjarna við Tjarnarás á Þeistareykjum sumarið 2011 að beiðni Þeistareykja ehf., framkvæmdaraðila jarðvarmavirkjunar á Þeistareykjum sem þá var fyrirhuguð. Megináhersla rannsóknarinnar, sem unnin var í samstarfi við Veiðimálastofnun (nú Hafrannsóknastofnun, rannsókna og ráðgjafarstofnun hafs og vatna), var að afla upplýsinga um samfélagsgerðir hryggleysingja í tjörnunum tveimur. Affallsvatni við boranir og blástur hola hafði þá verið veitt í tjarnirnar allt frá árinu 2002. Engar rannsóknir höfðu verið gerðar á tjörnunum áður en þeim var raskað. Samkvæmt upplýsingum frá Landsvirkjun er hluta affallsvatns frá borholum enn veitt í tjarnirnar.

Árið 2016 gerði Náttúrustofan, í samstarfi við Hafrannsóknastofnun, aðra úttekt á tjörnunum að beiðni Landsvirkjunar. Markmið rannsóknarinnar var að kanna hvort breytingar hefðu orðið á lífríki tjarnanna miðað við fyrri athugun. Í skýrslu sem kom út í kjölfarið var bent á að æskilegt væri að auka tíðni rannsókna til að nema betur og auka skilning á áhrifum jarðvarmavirkjunar á lífríki í ferskvatni sem hingað til hafa verið óþekkt. Í kjölfarið tók Landsvirkjun ákvörðun um vöktun tjarnanna til ársins 2020. Frá árinu 2016 hafa því verið árlegar sýnatökur úr tjörnunum tveimur. Sýni hafa verið tekin í seinni hluta ágúst ár hvert. Í skýrslunni er fjallað um niðurstöður þessarar vöktunar.



1. mynd. Loftmynd af rannsóknasvæðinu á Þeistareykjum sem sýnir staðsetningu tjarnanna, austan (tjörn 1) og vestan (tjörn 2) undir Tjarnarás. Myndin er tekin árið 2007 og er vatnsborð talsvert lægra en verið hefur á árunum 2016-2020 (mynd fengin hjá Landsvirkjun 2011).

STAÐHÆTTIR

Tjarnirnar tvær liggja sitt hvoru megin við svokallaðan Tjarnarás á Þeistareykjum, vestur af gamla bæjarstæðinu (1. mynd). Tjörnin austan ássins (tjörn 1) er mun stærri. Að henni liggur náttúrulegt afrennsli hverasvæða, annars vegar frá hverasvæðinu í Bæjarfjalli og hins vegar frá litlu hverasvæði vestan vegarins suður frá Þeistareykjum. Áður en tilraunaboranir hófust árið 2002 rann náttúrulegt jarðhitavatn frá hverasvæðinu og leysingavatn út í tjörnina eftir þessum tveimur farvegum. Var hún þá yfirleitt í hámarki fyrri hluta sumars eftir vorleysingar og þornaði einstaka sinnum upp í mjög þurrum sumrum eins og til dæmis gerðist sumarið 1978 (Sæþór Gunnsteinsson bóndi í Presthvammi, munnl. upplýsingar 2011). Frá árinu 2002 hefur affallsvatni frá borholum á Þeistareykjum verið veitt í tjörn 1 og vatnsborð hennar því mun hærra nú en við náttúrulegar aðstæður auk þess sem hún þornar ekki upp á sumrin. Frá tjörninni er yfirfall sem rennur í læk að niðurrennsli svæði þaðan sem það er leitt í sprungu eða grunna borholu (Landsvirkjun, munnl. upplýsingar 2021). Austan við tjörnina er mólendi en graslendi vestan hennar (2. mynd).

Tjörnin vestan Tjarnarás (tjörn 2) er talsvert minni en tjörn 1 og liggur alveg upp við á sinn (1. mynd). Að henni liggur vatnsfarvegur frá jarðhitasvæði á flötunum vestan Bæjarfjalls, svokölluðum Hitum. Tjörnin ber merki þess að vatnsborð hennar sveiflist nokkuð en ekki er vitað til þess að hún þorni upp á sumrin (Sæþór Gunnsteinsson bóndi í Presthvammi, munnl. upplýsingar 2011). Mólendi liggur að tjörninni að vestan, en að austan er ber jarðhitajarðvegur á Tjarnarási (3. mynd). Affallsvatni frá borholum var veitt beint í tjörn 2 á árunum 2003-2005 en rör liggur nú á milli tjarnanna þannig að rennsli er úr tjörn 1 yfir í tjörn 2. Líkt og í tjörn 1 er yfirfall úr henni sem rennur í læk að niðurrennsli svæði sem síðan er leitt í sprungu eða grunna borholu (Landsvirkjun, munnl. upplýsingar 2021).

Frá árinu 2011, þegar fyrstu rannsóknir fóru fram á tjörnunum, hefur umhverfi þeirra breyst verulega. Vegir liggja nú á milli tjarnanna, þvert yfir Tjarnarás og meðfram tjörn 1 að austan auk þess sem gufulögn hefur verið lögð vestan hennar (1.-3. mynd).



2. mynd. Tjörn 1 austan Tjarnaráss, mynd tekin með dróna þann 12. september 2018 (NNA). Mólendi liggur að tjörninni að vestan en graslendi að mestu leyti að austan. Vegur liggur nú á milli tjarnanna, þvert yfir Tjarnarás og meðfram austurbakka tjarnar 1.



3. mynd. Tjörn 2 vestan Tjarnaráss, mynd tekin með dróna þann 12. september 2018 (NNA). Þer jarðhitajarðvegur liggur að tjörninni að austan en mólendi að vestan.

AÐFERÐIR

Sýnatökur og athuganir á lífríki fóru fram dagana 19. ágúst 2016, 23. ágúst 2017, 30. ágúst 2018, 28. ágúst 2019 og 25. ágúst 2020. Sýni voru tekin á einni stöð í hvorri tjörn. Við sýnatökur var farið á bát út á tjörn 1 en vaðið út í tjörn 2. Myndir voru teknar af tjörnunum með dróna 6. september 2017 og 12. september 2018 en ekki voru teknar myndir 2019 og 2020. Púpuhömum rykmýs var safnað af vatnsyfirborði tjarnanna með skaftháfi og smádýrum safnað úr vatnsbol með háfi og af botni með kjarnsýnataka. Leiðni, sýrustig og hiti voru mæld. Unnið var úr sýnum ársins 2016 það ár og skýrsla gefin út í kjölfarið. Unnið var úr sýnum árána 2017-2019 í byrjun árs 2020 og sýnum ársins 2020 veturinn 2020-2021. Niðurstöður úr sýnatökum 9. ágúst 2011 voru einnig nýttar við gerð skýrslunnar.

Dýpi og botngerð

Dýpi var mælt á sýnatökustöð ásamt sjóndýpi sem mælt var með Secchi disk. Botngerð var lýst miðað við botnkjarnasýni.

Eðlisþættir

Vatnshiti ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$), sýrustig ($\text{pH} \pm 0,01$) og rafleiðni ($\pm 0,1 \mu\text{S}/\text{cm}$) voru mæld með YSI Professional Plus fjölnemamæli. Mæliniðurstöður rafleiðni og pH eru leiðréttar fyrir 25°C .

Smádýr

Svíf

Háfað var með skaftháfi (4. mynd) með $105 \mu\text{m}$ möskvastærð frá bakka af yfirborði, innan um botngróður og við setyfirborð til að ná í púpuhami rykmýs (*Chironomidae*). Miðað var við að ná sýnum sem víðast í hvorri tjörn, í krikum og víkum, bæði áveðurs og skjólmegin. Sýnin eru ómagnbundin. Eitt sýni var tekið úr hvorri tjörn. Innihald háfsins var síað í gegnum $125 \mu\text{m}$ sigti og sett í plastdöllu til varðveislu í 70% etanóli.



4. mynd. Skaftháfur Náttúrustofunnar.

Svifsýni, 6 talsins, voru tekin úr vatnsbol hvorrar tjarnar með svifháfi með 140 μm möskvastærð á einni sýnatökustöð í hvorri tjörn og þau síuð í gegnum 125 μm sigti og sett í plastdöllu til varðveislu í 70% etanóli. Svifsýni voru ekki tekin árið 2011.

Á rannsóknarstofu voru yfirborðssýni síuð í gegnum 125 μm sigti og sett á petri disk með vatni. Púpuhamir voru tíndir úr sýnum undir LEICA MZ 12₅ víðsjá, taldir og settir í sýnaglös merkt dagsetningu sýnatöku, gerð sýnis og sýnatökustað. Ekki reyndist unnt að greina púpuhami að svo stöddu.

Svifsýni úr vatnsbol voru einnig síuð í gegnum 125 μm sigti á rannsóknarstofu og sett á petri disk með vatni. Ef magn smádýra í sýni var mikið var tekið hlutsýni með hlutsýnahringjum (þvermál 2,22 cm). Miðað var við að samtals 200 smádýr væru greind úr allt að 6 hringjum. Smádýr voru talin og greind til tegunda eða tegundahópa undir LEICA MZ 12₅ víðsjá við allt að 80x stækkun eftir því sem kostur var. Vatnaflær voru í sumum tilfellum skoðaðar í smásjá af gerðinni LEICA DM LS2 við 400x stækkun. Við tegundagreiningu vatnaflóa var notast við eftirfarandi heimildir: Alonzo (1996) og Scourfield og Harding (1994) og greiningarlykillinn Íslenskar vatnabjöllur (Gísli Már Gíslason (1977) var notaður við greiningar á vatnabjöllum. Rykmýslirfur voru taldar og tíndar úr sýnunum og síðar steypar á smásjargler með Hoyer's steypiefni (Anderson 1954). Þær voru síðan greindar til tegunda eða tegundahópa hjá Hafrannsóknarstofnun undir LEICA DM1000 eða DM4000 smásjá við 400-1.000 falda stækkun. Við tegundagreiningu rykmýslirfanna var notast við eftirfarandi heimildir: Cranston (1982) og Wiederholm (1983). Smádýr voru sett í sýnaglös með 70% alkóhóli til varðveislu, glösin voru merkt með dagsetningu sýnatöku, gerð sýnis, sýnatökustað og númeri sýnis.

Botn

Kjarnsýnataka (5. mynd), 50 mm í þvermál, var notaður við botnsýnatökur en með botnsýnum fæst mat á þéttleika smádýra í botnseti tjarnanna. Sýnin voru tekin úr dýpsta hluta tjarnanna, alls 6 sýni á einni stöð úr hvorri tjörn. Tekinn var um það bil 1 cm ofan af hverjum kjarna og hann settur í plastdöllu og varðveittur í 70% etanóli.



5. mynd. Botnsýni tekið með kjarnsýnataka í tjörn 2 þann 30. ágúst 2018.

Á rannsóknastofu voru smádýr talin og greind til tegunda eða tegundahópa undir LEICA MZ 12₅ víðsjá við allt að 80x stækkun eftir því sem kostur var. Í þeim tilfellum sem það dugði ekki til var notast við 400x stækkun í LEICA DM LS2 smásjá. Smádýr voru sett í sýnaglös með 70% etanóli til varðveislu og glösin merkt með dagsetningu sýnatöku, gerð sýnis, sýnatökustað og númeri sýnis. Rykmýslirfur voru steiptar á smásjargler og greindar hjá Hafrannsóknastofnun við 400–1.000 falda stækkun undir LEICA DM1000 eða DM4000 smásjá á sama hátt og gert var í svifsýnum.

Yfirborðslosun affallsvatns og þungmálmar

Leitað var eftir upplýsingum hjá Landsvirkjun um yfirborðslosun affallsvatns í tjarnirnar og magn þeirra þungmálma sem mælst hafa í affallsvatninu.

NIÐURSTÖÐUR

Dýpi og botngerð

Á árunum 2011–2020 mældist dýpi á sýnatökustöð tjarnar 1 á bilinu 151–178 cm, minnst var dýpið árið 2020 og mest árið 2016. Sjóndýpið mældist minnst 13 cm árið 2011 og mest 84 cm árið 2020 (1. tafla). Í tjörn 1 er svartur leðjubotn þar sem efsta lagið er ljósbrúnt lífrænt lag. Þar undir er þéttur dökkur hveraleir (6. mynd).

Dýpi tjarnar 2 mældist á bilinu 63–99,5 cm, minnst árið 2011 og mest árið 2017. Sjóndýpið mældist minnst 16 cm árið 2018 og mest 68 cm árið 2020 (2. tafla) þegar það náði til botns. Í tjörn 2 er svartur leðjubotn þar sem efsta lagið er ljóst, lífrænt lag sem er örlítið þykkara en í tjörn 1. Við tekur nokkuð þéttur dökkur hveraleir (7. mynd).



6. mynd. Botnsýni úr tjörn 1, 25. ágúst 2020.



7. mynd. Botnsýni úr tjörn 2, 25. ágúst 2020.

Eðlisþættir

Rafleiðni eða heildarstyrkur hlaðinna jóna og efnasambanda í tjörn 1 mældist hæst 430,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ árið 2018 og lægst 235,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ árið 2019. Sýrustig mældist á bilinu pH 8,45 - 9,58, hæst árið 2020 og lægst árið 2016. Hitastigið, sem jafnan fylgir lofthita, mældist á bilinu 5,8 – 12,3°C, lægst árið 2018 og hæst árið 2016 (1. tafla).

1. tafla. Tjörn 1: dýpi, sjóndýpi, vatnshiti, rafleiðni, sýrustig (pH) og botnngerð á árunum 2011-2020. Gildin fyrir leiðni og sýrustig eru stöðluð við 25°C

Ár	Dýpi (cm)	Sjóndýpi (cm)	Vatnshiti (°C)	Rafleiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Botnngerð
2011	153,5	13	11,5	371,2	8,92	Svört leðja
2016	178	51	12,3	316,7	8,45	Svört leðja
2017	177,5	23,5	9,7	416,7	9,3	Svört leðja
2018	170	68	5,8	430,7	9,48	Svört leðja
2019	157	83	9,8	235,6	8,63	Svört leðja
2020	151	84	10,6	315,0	9,58	Svört leðja

Í tjörn 2 mældist rafleiðnin á bilinu 43,5 – 481,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lægst árið 2011 og hæst árið 2017. Sýrustigið mældist á bilinu pH 7,68 – 10,26, lægst árið 2011 og hæst árið 2020. Vatnshitinn, sem jafnan fylgir lofthita, mældist hæstur árið 2016, 14,4°C og lægstur árið 2018, 6,4°C (2. tafla).

2. tafla. Tjörn 2: dýpi, sjóndýpi, vatnshiti, rafleiðni, sýrustig (pH) og botnngerð á árunum 2011-2020. Gildin fyrir leiðni og sýrustig eru stöðluð við 25°C

Ár	Dýpi (cm)	Sjóndýpi (cm)	Vatnshiti (°C)	Rafleiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Botnngerð
2011	63	40	13	43,5	7,68	Svört leðja
2016	95	49	14,4	260,8	9,31	Svört leðja
2017	99,5	21,5	11,8	481,3	9,57	Svört leðja
2018	68	16	6,4	227,5	8,75	Svört leðja
2019	79	32	9,9	108,3	8,23	Svört leðja
2020	68	68	12,3	117,9	10,26	Svört leðja

Smádýr

Svíf

Tjörn 1

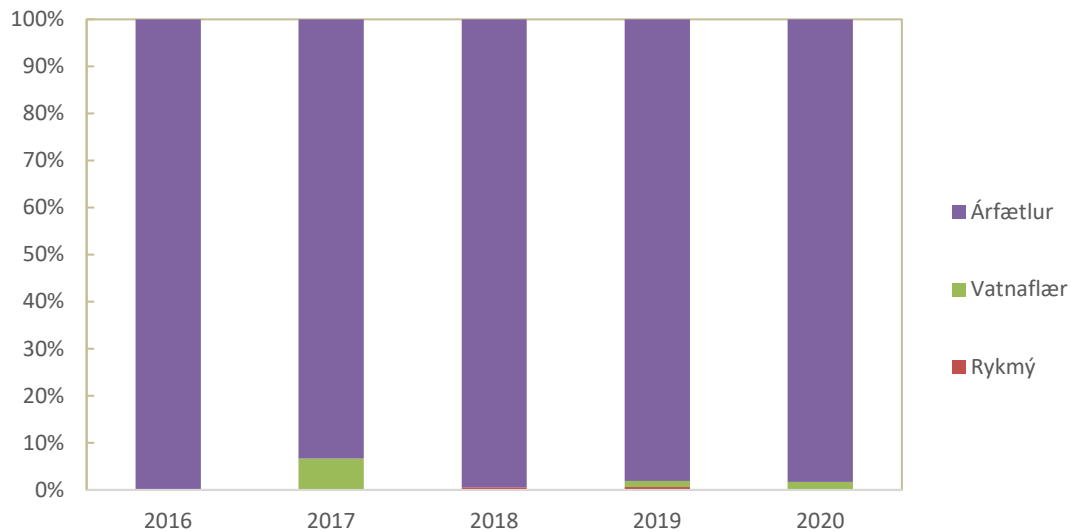
Alls voru greindar 13 tegundir/tegundahópar smádýra í vatnsbol tjarnar 1 á vöktunartímanum. Flestar greindust tegundirnar/tegundahóparnir 11 talsins árið 2019. Á árunum 2016-2018 voru tegundirnar einungis 3-4 og 5 árið 2020. Krabbadýr voru samtals af 6 tegundum/tegundahópum á vöktunartímanum, þar af voru 5 tegundir/tegundahópar vatnaflóa (*Cladocera*) auk árfætla af ætt augndíla (*Cyclopoidae*). Tegundir/tegundahópar rykmýslirfa voru samtals 7 (3. tafla).

Heildarþéttleiki smádýra í svífi tjarnar 1 var á bilinu 0,172 dýr/l árið 2018 og upp í 15,43 dýr/l árið 2020. Á heildina litið var þéttleiki smádýra í svífi tjarnar 1 ekki mikill á vöktunartímanum en greina mátti aukningu á árunum 2019 og 2020 (3. tafla). Þegar meðaltal af fjölda smádýra í hverjum lítra fyrir árin 2019-2020 (14,5 dýr/l) var borið saman við meðaltal áranna 2016-2018 (3,7 dýr/l) mátti sjá að meðaltalið 2019-2020 var tæplega fjórfalt meðaltal áranna 2016-2018.

Þær vatnaflær sem komu fyrir á vöktunartímanum voru ranafló (*Bosmina coregoni*), kúlufló (*Chydorus sphaericus*), 2 tegundir mánaflóa (*Alona affinis* og *Alona quadrangularis*) og halafló (*Daphnia* sp.) (3. tafla). Árið 2016 kom einungis fyrir ein tegund vatnaflóar í svifsýnum tjarnar 1, mánaflóin *A. affinis*. Árið 2017 var mjög lítið í svifsýnum tjarnar 1 en þá greindust þó 3 tegundir vatnaflóa, 2 tegundir mánaflóa, *A. affinis* og *A. quadrangularis* og kúlufló. Engar vatnaflær reyndust í sýnum ársins 2018 en árið 2019 voru tegundirnar/tegundahóparnir 4 talsins, mánaflóin *A. affinis*, ranafló, halafló og kúlufló og tveir árið 2020, mánaflóin *A. affinis* og kúlufló. Árfætlur af ætt augndíla komu fyrir öll árin og var hlutfallslega mest af þeim (3. tafla og 8. mynd).

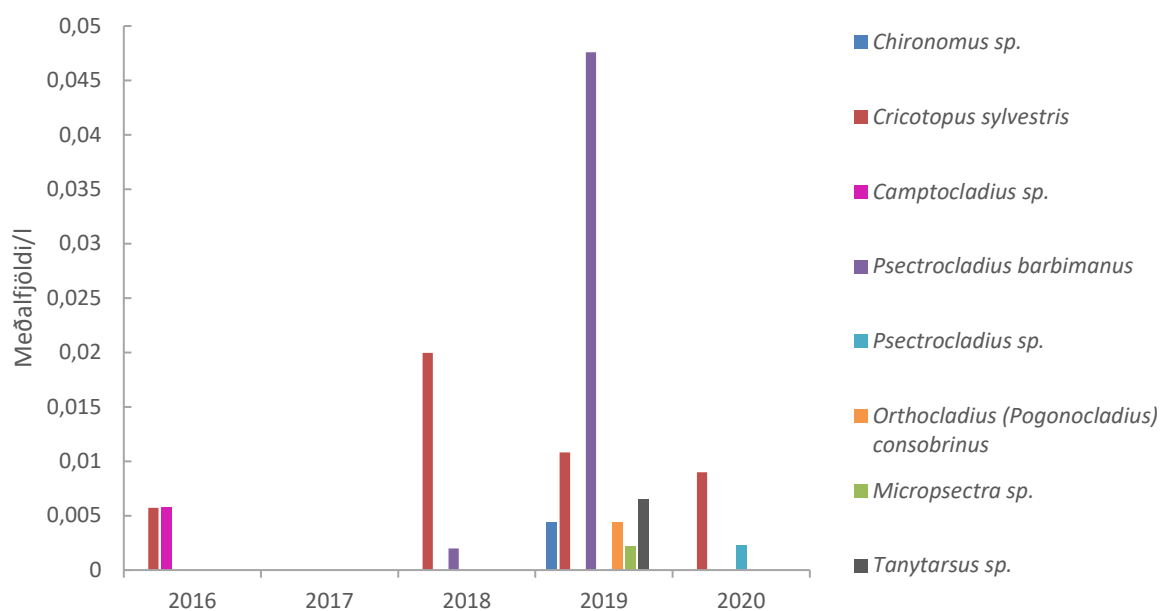
3. tafla. Meðalþéttleiki smádýra í hverjum síuðum lítra ásamt staðalskekkju á árunum 2016-2019 í tjörn 1.

	2016		2017		2018		2019		2020	
	Meðal- þ./l	Staðal- sk.	Meðal- þ./l	Staðal- sk.	Meðal- þ./l	Staðal- sk.	Meðal- þ./l	Staðal- sk.	Meðal- þ./l	Staðal- sk.
Vatnaflær (Cladocera)										
Mánafló/ <i>Alona affinis</i>	0,013	0,005	0,006	0,006			0,078	0,012	0,054	0,008
Mánafló/ <i>Alona quadrangularis</i>			0,004	0,004						
Ranafló/ <i>Bosmina coregoni</i>							0,017	0,011		
Halafló/ <i>Daphnia</i> sp.							0,011	0,011		
Kúlufló/ <i>Chydorus sphaericus</i>			0,002	0,002			0,076	0,018	0,196	0,188
Árfætlur (Copepoda)										
Augndíli/Cyclops	7,193	0,405	0,161	0,025	3,743	0,179	13,35	0,706	15,17	0,670
Rykmý/Chironomidae (I)										
Bogmý (Orthocladinae)										
<i>Camptocladus</i> sp.	0,006	0,004								
<i>Cricotopus (I.) sylvestris</i>	0,006	0,004			0,020	0,004	0,011	0,006	0,009	0,004
<i>Orthocladus (Pogonocladus)</i>										
<i>consobrinus</i>							0,004	0,003		
<i>Psectrocladius barbimanus</i>					0,002	0,002	0,048	0,014		
<i>Psectrocladius</i> sp.									0,002	0,002
Slæðumý/Tanytarsini										
<i>Micropsectra</i> sp.							0,002	0,002		
<i>Tanytarsus</i> sp.							0,006	0,004		
Þeymý (Chironominae)										
<i>Chironomus</i> sp.							0,004	0,003		
Samtals	7,218		0,172		3,765		13,607		15,430	



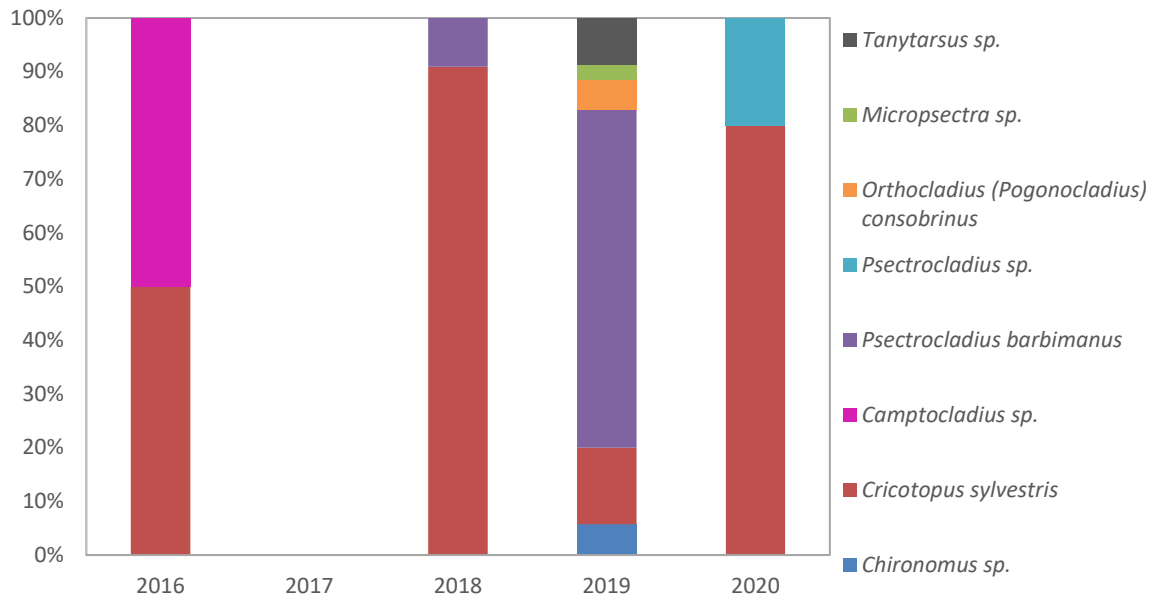
8. mynd. Hlutfall (%) veiddra smádýra í svifi tjarnar 1 á árunum 2016-2020.

Þær 7 tegundir/tegundahópar rykmýs sem komu fyrir í svifsýnum tjarnar 1 á árunum 2016-2020 voru af undirættum bogmýs (Orthoclaadiinae), slæðumýs (Tanytarsini) og þeymýs (Chironominae). Árið 2016 voru tegundirnar/tegundahóparnir tveir, *Cricotopus (l.) sylvestris* og *Camptocladius* sp. sem báðar teljast til undirættar bogmýs. Engar rykmýslirfur voru í svifsýnum árið 2017 og tvær tegundir/tegundahópar árið 2018, *C. (l.) sylvestris* líkt og árið 2016 og *Psectrocladius barbimanus* en sú síðarnefnda telst einnig til bogmýs. Sumarið 2019 skar sig nokkuð úr hvað varðar tegundafjölda en tegundir/tegundahópar voru þá 6 talsins, *P. barbimanus*, *C. (l.) sylvestris* og *Orthoclaadius (Pogonoclaadius) consobrinus* sem allar tilheyra undirætt bogmýs, *Tanytarsus* sp., *Micropsectra* sp. sem tilheyra undirætt slæðumýs og *Chironomus* sp. sem tilheyrir undirætt þeymýs. Árið 2020 voru tegundirnar/tegundahóparnir tveir, *C. (l.) sylvestris* og *Psectrocladius* sp. Ekki reyndist unnt að greina lifur af tegundahópi *Chironomus* sp. til tegunda með nægilegri vissu en að öllum líkindum voru þær af tegundinni *Chironomus islandicus* (3. tafla og 9. mynd).



9. mynd. Meðalfjöldi tegunda/tegundahópa rykmýslirfa í hverjum síuðum lítra vatns í tjörn 1 á árunum 2016-2020.

Þegar hlutdeild tegunda/tegundahópa rykmýs var skoðuð sérstaklega mátti sjá að sumarið 2016 var hlutdeild *C. (I.) sylvestris* 50% og *Camptocladus* sp. 50%. Árið 2018 reyndist hlutur *C. (I.) sylvestris* rúm 90% og *P. barbimanus* 10%, árið eftir var hlutur *C. (I.) sylvestris* hins vegar einungis 14% á meðan hlutur *P. barbimanus* reyndist 60%. Árið 2020 jókst hlutdeild *C. (I.) sylvestris* á ný og var þá um 80% (10. mynd).



10. mynd. Hlutfall tegunda/tegundahópa rykmýslirfa í svifi tjarnar 1 eftir árum á árunum 2016-2020.

Tjörn 2

Alls voru greindar 19 tegundir/tegundahópar smádýra í svifsýnum tjarnar 2 á vöktunartímanum. Þar af voru 6 tegundir/tegundahópar krabbadýra (4 tegundir vatnaflóa, árfætlur af ætt augndíla og skelkrebbs). Tegundir/tegundahópar rykmýs voru 8 talsins og bjöllur voru af 3 tegundum en einnig komu fyrir skortíta og ánar (4. tafla).

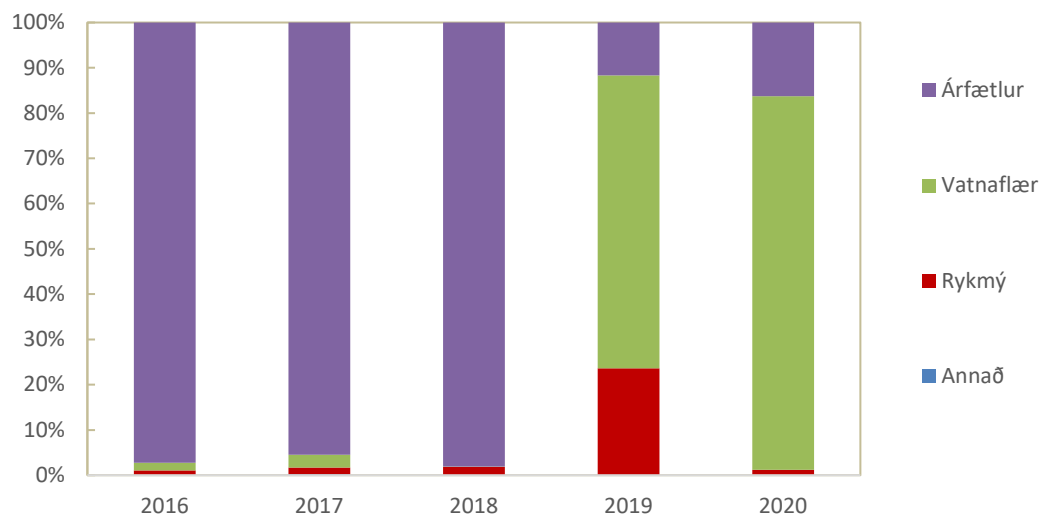
Heildarþéttleiki smádýra í svifi tjarnar 2 á vöktunartímanum var á bilinu 11,2 – 54,5 dýr/l, minnstur árið 2011 en mestur árið 2019 (4. tafla).

Þær vatnaflær sem komu fyrir í tjörn 2 á tímabilinu voru mánaflær af tveimur tegundum, *A. affinis* og *A. rectangula*, halafló og kúlufló. Mánaflóin *A. affinis* og kúlufló komu fyrir öll árin. Árið 2017 greindist mánaflóin *A. rectangula* að auki og halafló árið 2019. Árið 2020 komu allar 4 tegundirnar/tegundahóparnar fyrir (4. tafla).

Árfætlur af ætt augndíla komu fyrir öll árin (4. tafla). Á árunum 2016-2018 var hlutfall þeirra yfirgnæfandi (95-98%) í vatnsbol tjarnar 2 líkt og í tjörn 1. Árin 2019 og 2020 skáru sig hins vegar úr þar sem hlutur augndíla var einungis tæp 12% árið 2019 og 16% 2020. Árið 2019 reyndist hlutfall vatnaflóa tæp 65% og munaði þar mestu um magn kúluflóa, árið 2020 var hlutdeild vatnaflóa tæp 83%, og reyndist þar mest af hala- og kúlufló eða 45% af halafló og 33% af kúlufló. Hlutfall rykmýslirfa reyndist einnig nokkuð hærri árið 2019 en hin árin eða tæp 24% (1-2% 2016-2018 og 2020) (11. mynd).

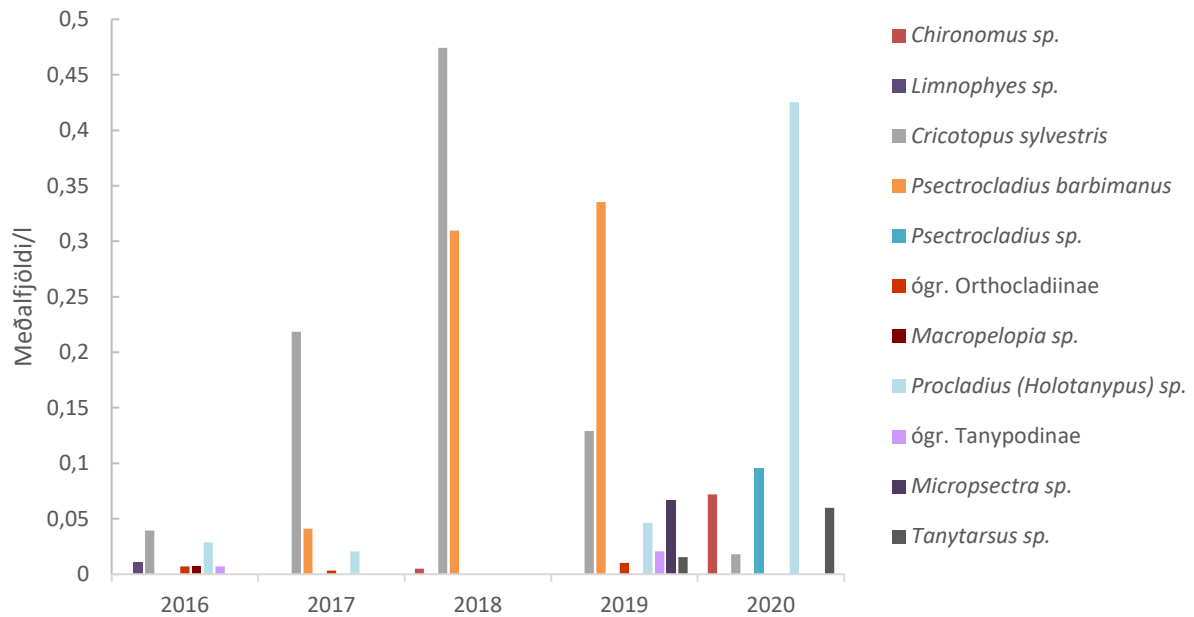
4. tafla. Meðalþéttleiki smádýra í hverjum síuðum lítra ásamt staðalskekkju eftir árum í tjörn 2.

	2016		2017		2018		2019		2020	
	Meðal- þ./l	Staðal- sk.	Meðal- þ./l	Staðal- sk.	Meðal- þ./l	Staðal- sk.	Meðal- þ./l	Staðal- sk.	Meðal- þ./l	Staðal- sk.
Vatnaflær (Cladocera)										
Mánafló/ <i>Alona affinis</i>	0,073	0,072	0,026	0,026	0,005	0,005	0,545	0,340	0,121	0,036
Mánafló/ <i>Alona rectangula</i>			0,104	0,104					0,975	0,501
Halafló/ <i>Daphnia</i> sp.							0,005	0,005	12,10	3,928
Kúlufló/ <i>Chydorus sphaericus</i>	0,120	0,087	0,681	0,497	0,043	0,037	45,14	35,09	8,888	5,240
Árfætlur (Copepoda)										
Augndíli/ <i>Cyclops</i>	10,92	4,386	27,82	8,896	43,69	9,815	8,237	3,815	4,351	2,726
Skelkrebbs/Ostracoda										
			0,013	0,013						
Bjöllur (Coleoptera)										
Vatnaklukka/ <i>Haliphus fulvus</i>	0,004	0,004								
Brunnklukka/ <i>Agabus bipustulatus</i>			0,043	0,026					0,010	0,010
Tjarnaklukka/ <i>Hydroporus nigrita</i>							0,005	0,005		
Skortíta/Hemiptera										
									0,005	0,005
Ánar/Oligochaeta										
			0,003	0,003						
Rykmý/Chironomidae (I)										
Bogmý/Orthocladinae										
<i>Cricotopus (I.) sylvestris</i>	0,039	0,024	0,218	0,052	0,474	0,064	0,129	0,046	0,018	0,011
<i>Limnophyes</i> sp.	0,011	0,011								
<i>Psectrocladius barbimanus</i>			0,041	0,013	0,310	0,026	0,335	0,151		
<i>Psectrocladius</i> sp.									0,096	0,038
ógr. Orthocladinae	0,007	0,005	0,003	0,003			0,010	0,006		
Ránmý/Tanypodinae										
<i>Macropelopia</i> sp.	0,007	0,005								
<i>Procladius (Holotanypus)</i> sp.	0,029	0,009	0,020	0,007			0,046	0,026	0,425	0,081
ógr. Tanypodinae	0,007	0,007					0,021	0,012		
Slæðumý/Tanytarsini										
<i>Micropsectra</i> sp.							0,067	0,014		
<i>Tanytarsus</i> sp.							0,015	0,006	0,06	0,023
Þeymý/Chironominae										
<i>Chironomus</i> sp.					0,005	0,005			0,072	0,037
Samtals	11,223		29,969		44,529		54,555		27,123	



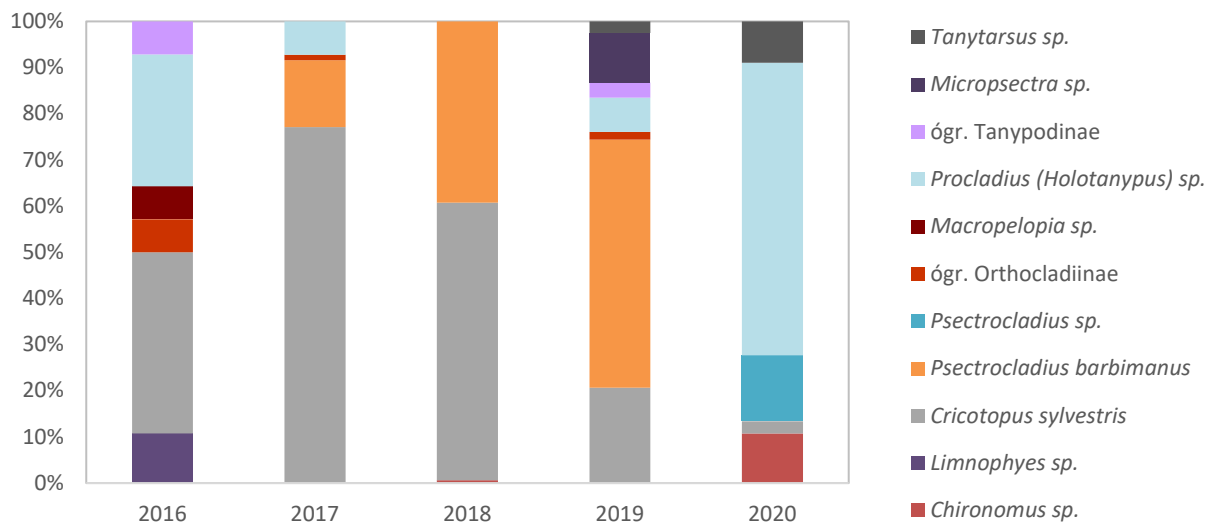
11. mynd. Hlutfall (%) veiddra smádýra í svifi tjarnar 2 á árunum 2016-2020.

Þær 8 tegundir/tegundahópar rykmýs sem komu fyrir í svifsýnum tjarnar 2 á vöktunartímanum voru af undirættum bogmýs, slæðumýs, ránmýs og þeymýs. Árið 2016 voru greindar tegundir/tegundahópar 4 talsins, *C. (I.) sylvestris* og *Lymnophyes* sp. sem tilheyra undirætt bogmýs og *Macropelopia* sp. og *Procladius (Holotanypus)* sp. sem tilheyra undirætt ránmýs. Árið 2017 voru greindar tegundir/tegundahópar 3 talsins, *C. (I.) sylvestris* og *Procladius (Holotanypus)* sp. sem einnig komu fyrir árið áður og að auki *Psectrocladius barbimanus* sem tilheyrir undirætt bogmýs. Árið 2018 reyndust tegundirnar einnig 3, *C. (I.) sylvestris*, *P. barbimanus* og *Chironomus* sp. sem er af undirætt þeymýs. Tegundir/tegundahópar árið 2019 voru 5, *C. (I.) sylvestris*, *P. barbimanus*, *Procladius (Holotanypus)* sp. og *Micropsectra* sp. og *Tanytarsus* sp. af undirætt slæðumýs. Árið 2020 voru tegundir/tegundahópar rykmýs einnig 5 talsins, *C. (I.) sylvestris*, *Psectrocladius* sp., *Procladius (Holotanypus)* sp., *Tanytarsus* sp. og *Chironomus* sp. Þær lifur sem ekki reyndist unnt að greina til tegunda/tegundahópa voru skráðar sem ógreindar bogmýs- (ógr. Orthocladiinae) eða ránmýslifur (ógr. Tanypodinae) (12. mynd og 4. tafla). Þetta voru aðallega lifur á fyrsta stigi en fyrsta lifustig rykmýs er oft á tíðum mjög erfitt að tegundagreina þar sem greiningarlyklar byggja á greiningareinkennum eldri lifustiga og þær því einungis greindar til undirætta.



12. mynd. Meðalfjöldi tegunda/tegundahópa rykmýslirfa í hverjum síuðum lítra vatns í tjörn 2 á árunum 2016-2020.

Á árunum 2017-2019 voru tegundirnar *C. (l.) sylvestris* (20-77%) og *P. barbimanus* (14-54%) með mesta hlutdeild þeirra rykmýslirfa sem komu fyrir í svifi tjarnar 2 (13. mynd) en hlutfall *P. barbimanus* jókst jafnt og þétt á þessum árum á kostnað *C. (l.) sylvestris*. Árið 2016 voru það hins vegar *C. (l.) sylvestris* (40%) og *Procladius (Holotanypus) sp.* (29%) sem höfðu mesta hlutdeild rykmýs í svifinu. Árið 2020 skar sig töluvert úr en þar var hlutdeild *Procladius (Holotanypus) sp.* mest eða 63%.



13. mynd. Hlutfall tegunda/tegundahópa rykmýslirfa í svifi tjarnar 2 eftir árum á árunum 2016-2020.

Botn

Tjörn 1

Á árunum 2011 og 2016-2020 voru samtals greindar 13 tegundir/tegundahópar úr botnsýnum tjarnar 1. Þar af voru tegundir/tegundahópar krabbadýra 5 talsins, þ.e. 3 tegundir/tegundahópar vatnaflóa ásamt árfætlum og skelkrebbum. Rykmýslirfur voru af 7 tegundum/tegundahópum og ánar komu fyrir í litlum mæli (5. tafla).

Heildarþéttleiki smádýra í botnseti tjarnar 1 var á bilinu 255–57.041 dýr/m², minnstur árið 2017 og mestur árið 2019. Þéttleikinn jókst mjög á árunum 2019 og 2020. Þegar meðaltal af þéttleika smádýra á m² í botnseti fyrir árin 2019-2020 var borið saman við meðaltal áranna 2011 og 2016-2018 kom í ljós að meðaltal áranna 2019-2020 (49.953 dýr/m²) var tæplega fimmfalt meðaltal áranna 2011 og 2016-2018 (10.356 dýr/m²).

Engar vatnaflær voru í sýnum 2011 og 2017 en árin 2016 og 2018 kom mánaflóin *A. affinis* fram í litlum mæli. Þéttleiki hennar jókst töluvert árið 2019 (2.377 dýr/m²) og enn frekar árið 2020 (4.244 dýr/m²). Auk mánaflóar komu tvær aðrar tegundir/tegundahópar vatnaflóa fyrir árið 2020, kúlufló (424 dýr/m²) og halafló (85 dýr/m²). Árfætlur af ætt augndíla komu fyrir öll árin í mismiklu magni að frátöldu árinu 2017 þegar engar árfætlur voru. Árin 2011 og 2018 reyndust augndílin vera í mjög litlum mæli en árið 2016 voru þau rúmur helmingur þeirra smádýra sem komu fyrir í botnsýnum það árið (15.958 dýr/m²). Rykmýslirfur voru þá með 43% hlutdeild en önnur ár var hlutur þeirra yfirgnæfandi (5. tafla og 14. mynd).

5. tafla. Meðalþéttleiki smádýra á m² í tjörn 1 ásamt staðalskekkju árin 2011 og 2016-2020. (Bókstafir í sviga aftan við tegund/tegundahóp rykmýs vísar til þess mengunarflokks sem viðkomandi tegund/tegundahópur hefur verið flokkaður í (Wilson og Ruse 2005).

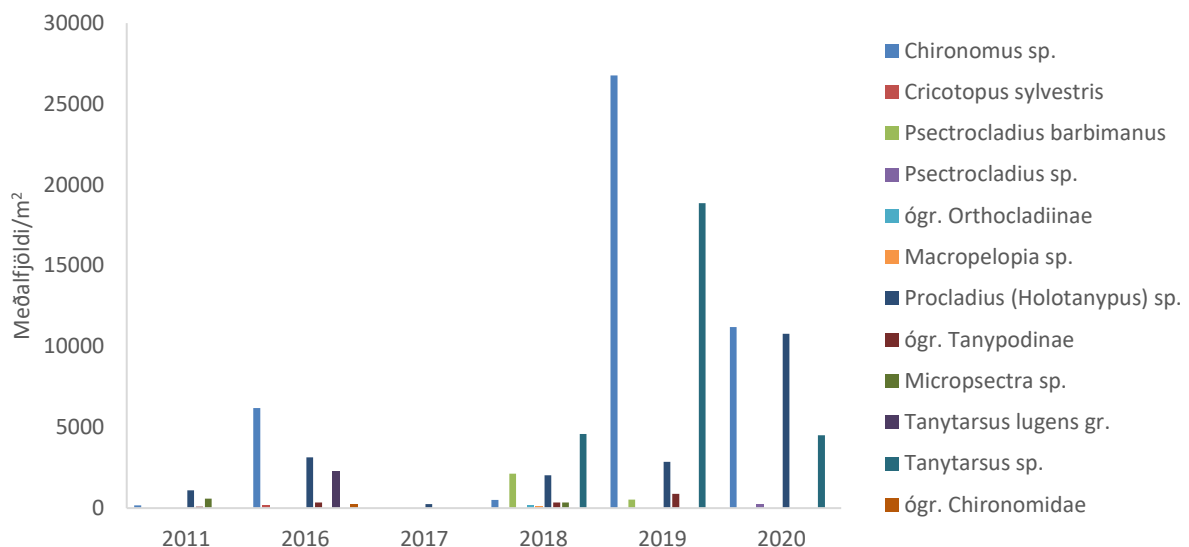
	2011		2016		2017		2018		2019		2020	
	Meðal- þéttl. /m ²	Stsk.	Meðal- þéttl. /m ²	Stsk.	Meðal- þéttl. /m ²	Stsk.	Meðal- þéttl. /m ²	Stsk.	Meðal- þéttl. /m ²	Stsk.	Meðal- þéttl. /m ²	Stsk.
Vatnaflær (Cladocera)												
Mánafló/ <i>Alona affinis</i>			679	170			85	85	2.377	598	4.244	583
Kúlufló/ <i>Chydorus sphaericus</i>											424	204
Halafló/ <i>Daphnia</i> sp.											85	85
Árfætlur (Copepoda)												
Augndíli/ <i>Cyclops</i>	85	85	15.958	2.957			85	85	4.499	1.080	8.488	774
Skelkrebbs/ <i>Ostracoda</i>			85	85					170	170	2.886	898
Ánar/ <i>Oligochaeta</i>									85	85		
Rykmý/ <i>Chironomidae</i> (I)			255	174								
Bogmý/Orthocladinae												
<i>Cricotopus</i> (I.) <i>sylvestris</i> (D)			170	107								
<i>Psectrocladius barbimanus</i> (B)							2.122	623	530	340		
<i>Psectrocladius</i> sp.											255	174
ógr. Orthocladinae							170	107				
Ránmý/Tanypodinae												
<i>Macropelopia</i> sp. (D)							85	85				
<i>Procladius</i> (<i>Holotanyus</i>) sp. (D)	1.103	333	3.141	896	255	255	2.037	294	2.861	1.144	10.780	906
ógr. Tanypodinae	85	85					340	252	890	575		
Slæðumý/Tanytarsini												
<i>Micropsectra</i> sp. (B)	594	276					340	170				
<i>Tanytarsus lugens</i> gr. (A)			2.292	627								
<i>Tanytarsus</i> sp. (A)							4.584	902	18.861	2.968	4.499	725
Þeymý/Chironominae												
<i>Chironomus</i> sp. (D)	170	107	6.196	1.663			509	304	26.768	4.292	11.205	732
Samtals	2.037		28.776		255		10.356		57.041		42.866	



14. mynd. Hlutfall (%) smádýra í botnsýnum tjarnar 1 á árunum 2011 og 2016-2020.

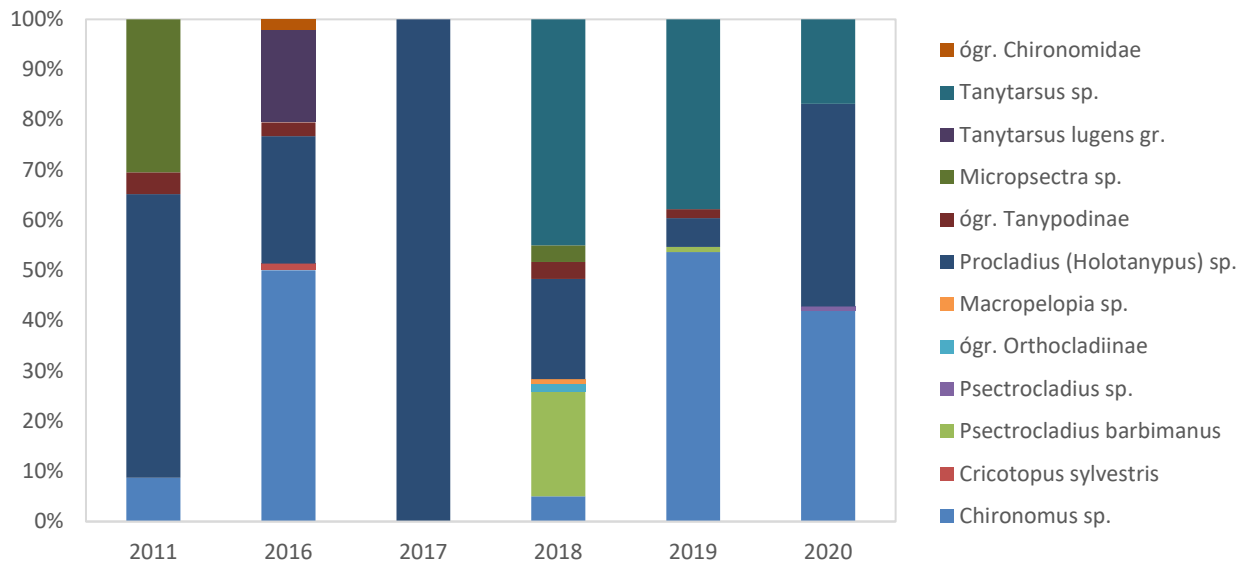
Þær 7 tegundir/tegundahópar rykmýs sem komu fram í botnsýnum tjarnar 1 á vöktunartímanum voru *C. (I.) sylvestris* og *P. barbimanus* af undirætt bogmýs, *Macropelopia* sp. og *Procladius (Holotanypus)* sp. af undirætt ránmýs, *Micropsectra* sp. og *Tanytarsus lugens* gr. af undirætt slæðumýs og *Chironomus* sp. af undirætt þeymýs. Ekki reyndist unnt að greina allar lirlfur, þær voru því skráðar sem rykmý/Chironomidae (I), ógr. Orthoclaadiinae og ógr. Tanypodinae. *Procladius (Holotanypus)* sp. kom fyrir öll árin ásamt *Chironomus* sp. að frátöldu árinu 2017 en það ár var ekkert í botnsýnum tjarnar 1 nema *Procladius (Holotanypus)* sp. í litlum mæli. Árið 2011 voru tegundir/tegundahópar rykmýs 3 talsins, 4 árin 2016 og 2019-2020 og síðan 6 árið 2018 (5. tafla og 15. mynd).

Árið 2011 var heildarþéttleiki rykmýslirfa í tjörn 1 tæpar 2000 lirlfur/m², þéttleiki þeirra hafði aukist töluvert árið 2016 og var þá rúmar 12.000 lirlfur/m². Árið 2017 skar sig úr en þá var þéttleiki rykmýs einungis 255 dýr/m² af einni tegund auk þess sem ekkert annað reyndist vera í sýnum það árið. Þéttleikinn fór aftur upp á við næstu tvö ár á eftir og mældist 49.911 lirlfur/m² árið 2019 en minnkaði svo töluvert árið 2020 (26.738 lirlfur/m²) (5. tafla)



15. mynd. Meðalfjöldi tegunda/tegundahópa rykmýslirfa á m² í botnseti tjarnar 1 á árunum 2011 og 2016-2020.

Af þeim rykmýslirfum sem greindust á vöktunartímanum var hlutfallslega mest af *Chironomus* sp. árin 2016, 2019 og 2020 (42-54%). Hlutdeild *Procladius (Holotanypus)* sp., sem eins og áður sagði var til staðar öll árin, var á bilinu 20-100% ef frá er talið árið 2019 þegar hlutdeild hennar var einungis 6%. *Tanytarsus* sp. var til staðar í sýnum árin 2018-2020 og var hlutfall hennar hæst árið 2018, 45%, hlutfallið var 37% árið 2019 og 17% árið 2020 (16. mynd).



16. mynd. Hlutfall (%) tegunda/tegundahópa rykmýslirfa í botnsýnum tjarnar 1 á árunum 2011 og 2016-2020.

Lirfur rykmýs hafa verið flokkaðar í fjóra flokka (A-D) eftir því hversu vel þær þola lífræna mengun. Flokkur A þolir illa hvers kyns mengun, flokkur D þolir hins vegar mengun nokkuð vel og þar á milli eru flokkar B og C (Wilson og Ruse 2005). Mengun í tjörnunum vegna affalls frá borholum er að mestu af ólífrænum toga en þær tegundir sem þola vel lífræna mengun þola einnig betur annars konar mengun auk þess sem þær þola vel súrefnissnauðar aðstæður upp að vissu marki. Á vöktunartímanum var meiri hluti rykmýslirfa í botnseti tjarnar 1 í flokki D (59-100%) ef frá er talið árið 2018 þegar 69% voru í flokki A og B (5. og 6. tafla).

6. tafla. Hlutfall (%) tegunda/tegundahópa rykmýslirfa í botnseti tjarnar 1 eftir því hversu vel þær þola lífræna mengun. Flokkur A þolir mengun illa, flokkur D þolir mengun vel og flokkar B og C eru þar á milli (Wilson og Ruse 2005).

	2011	2016	2017	2018	2019	2020
A		18%		45%	38%	17%
B	30%			24%	1%	
C						
D	65%	77%	100%	26%	59%	82%

Tjörn 2

Á vöktunartímanum voru samtals greindar 18 tegundir/tegundahópar úr botnsýnum tjarnar 2, þar af voru 6 tegundir/tegundahópar krabbadýra (4 tegundir/tegundahópar vatnaflóa, árfætlur og skelkrebbs), 2 bjöllutegundir, 8 tegundir/tegundahópar rykmýslirfa, ánar og áttfætlumaaurar.

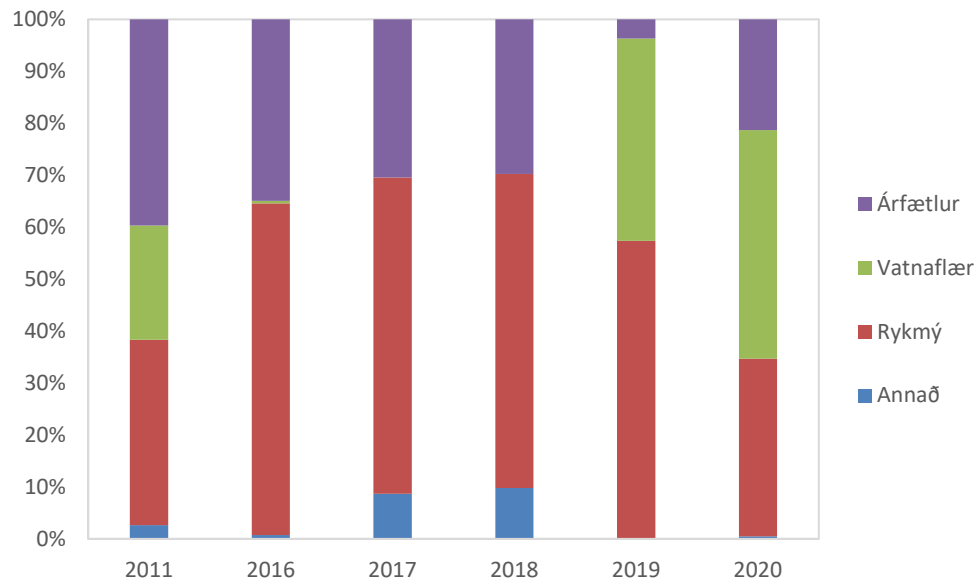
Heildarþéttleiki smádýra í botnseti tjarnar 2 var á bilinu 6.112-52.713 dýr/m², minnstur árið 2017 og mestur árið 2019. Þéttleikinn jókst töluvert á árunum 2019 og 2020. Ef meðaltal af fjölda smádýra á m² í botnseti tjarnar 2 fyrir árin 2019-2020 er borið saman við meðaltal áranna 2011 og 2016-2018 kemur í ljós að meðaltal áranna 2019-2020 (42.654 dýr/m²) er tvöfalt meiri en meðaltal hinna áranna (20.690 dýr/m²).

Töluvert var af vatnaflóm árið 2011 og voru þar mánaflóin *A. affinis* og kúlufló atkvæðamestar en að auki kom þar fyrir mánaflóin *A. rectangula* í litlum mæli. Árið 2016 komu einungis fyrir örfáar *A. affinis* en engar vatnaflær voru í sýnum 2017 og 2018. Töluvert var af vatnaflóm árin 2019 (20.456 dýr/m²) og 2020 (14.515 dýr/m²). Mánaflóin *A. affinis* var ráðandi árið 2019 en kúlufló kom þar líka fyrir. Árið 2020 reyndist mest af *A. affinis* og kúlufló en *A. rectangula* og halafló komu fram í litlum mæli. Árfætlur af ætt augndíla komu fyrir öll árin en þéttleiki þeirra var mismikill (1.783 – 11.714 dýr/m²), minnstur árið 2017 og mestur 2016 (7. tafla).

7. tafla. Meðalþéttleiki smádýra á m² í tjörn 2 ásamt staðalskekkju árin 2011 og 2016-2020. Bókstafir í sviga aftan við tegund/tegundahóp rykmýs vísar til þess mengunarflokks sem viðkomandi tegund/tegundahópur hefur verið flokkaður í (Wilson og Ruse 2005).

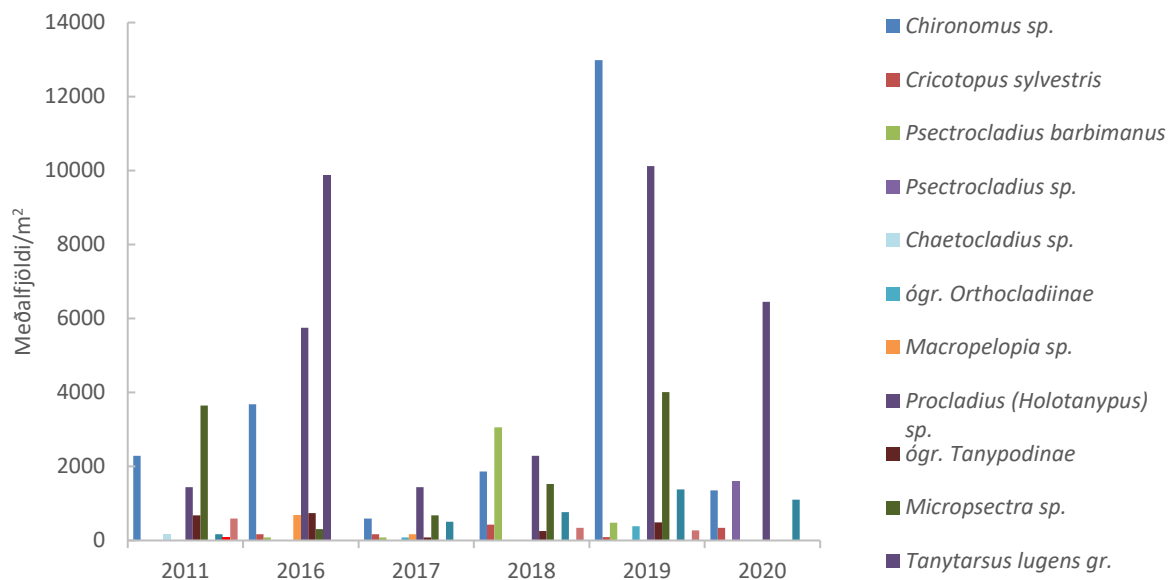
	2011		2016		2017		2018		2019		2020	
	Meðal- þétt./ m ²	Stsk.	Meðal- þétt./ m ²	Stsk.	Meðal- þétt./ m ²	Stsk.	Meðal- þétt./ m ²	Stsk.	Meðal- þétt./ m ²	Stsk.	Meðal- þétt./ m ²	Stsk.
Vatnaflær (Cladocera)												
Mánafló/ <i>Alona affinis</i>	2.886	1.105	170	107					16.382	7.746	6.621	778
Mánafló/ <i>Alona rectangula</i>	85	85									764	287
Kúlufló/ <i>Chydorus sphaericus</i>	2.631	886							4.074	872	6.451	2.167
Halafló/ <i>Daphnia</i> sp.											679	364
Árfætlur (Copepoda)												
Augndíli/Cyclops	10.101	1.660	11.714	2.293	1.783	451	5.432	1.830	1.952	906	7.045	1.208
											85	85
Skelkrebbi/Ostracoda												
Bjöllur (Coleoptera)												
Vatnaklukka/ <i>Halipus fulvus</i>					170	170	85	85				
Brunnklukka/ <i>Agabus bipustulatus</i>					85	85						
Áttfætlumaurar/Acarina	85	85										
Ánar/Oligochaeta	594	333	255	174	255	114	1.698	785			85	85
Rykmý/Chironomidae lirfa	594	157					340	170	273	273		
Bogmý/Orthocladinae												
<i>Chaetocladus</i> sp. (D)	170	107										
<i>Cricotopus</i> (I.) <i>sylvestris</i> (D)			170	107	170	170	424	157	89	89	340	170
<i>Psectrocladius barbimanus</i> (B)			85	85	85	85	3.056	558	477	380		
<i>Psectrocladius</i> sp. (B)											1613	579
ógr. Orthocladinae					85	85			388	388		
Ránmý/Tanytopodinae												
<i>Macropelopia</i> sp. (D)			688	438	170	107						
<i>Procladius</i> (<i>Holotanyus</i>) sp. (D)	1.443	579	5.773	1.468	1.443	783	2.292	667	10.122	2.979	6451	1462
ógr. Tanytopodinae	679	364	741	288	85	85	255	255	485	485		
Slæðumý/Tanytarsini												
<i>Micropsectra</i> sp. (B)	3.650	804	310	196	679	504	1.528	720	4.012	1.351		
<i>Tanytarsus lugens</i> gr. (A)			9.926	3.099	509	322						
<i>Tanytarsus</i> sp. (A)	170	107					764	218	1.385	449	1103	358
ógr. Tanytarsin									85	85		
Þeymý/Chironominae												
<i>Chironomus</i> sp. (D)	2.292	470	3.695	812	594	157	1.867	449	12.988	5.983	1358	583
Samtals	25.380		33.527		6.112		17.741		52.713		32.595	

Þegar hlutfall mismunandi hópa smádýra er skoðað sést að árið 2011 var hlutfall árfætla (40%) og rykmýs (36%) nokkuð svipað. Á árunum 2016-2019 var hlutdeild rykmýs í kringum 60% en árfætla í kringum 30%. Þau ár var hlutfall vatnaflóa jafnframt lítið eða ekkert. Árin 2019 og 2020 tóku vatnaflær hinsvegar við sér og var hlutfall þeirra í kringum 40%. Hlutfall rykmýs var nokkuð minna árið 2020 en árin á undan eða 34% (17. mynd).



17. mynd. Hlutfall (%) smádýra í botnsýnum tjarnar 2 á árunum 2011 og 2016-2020.

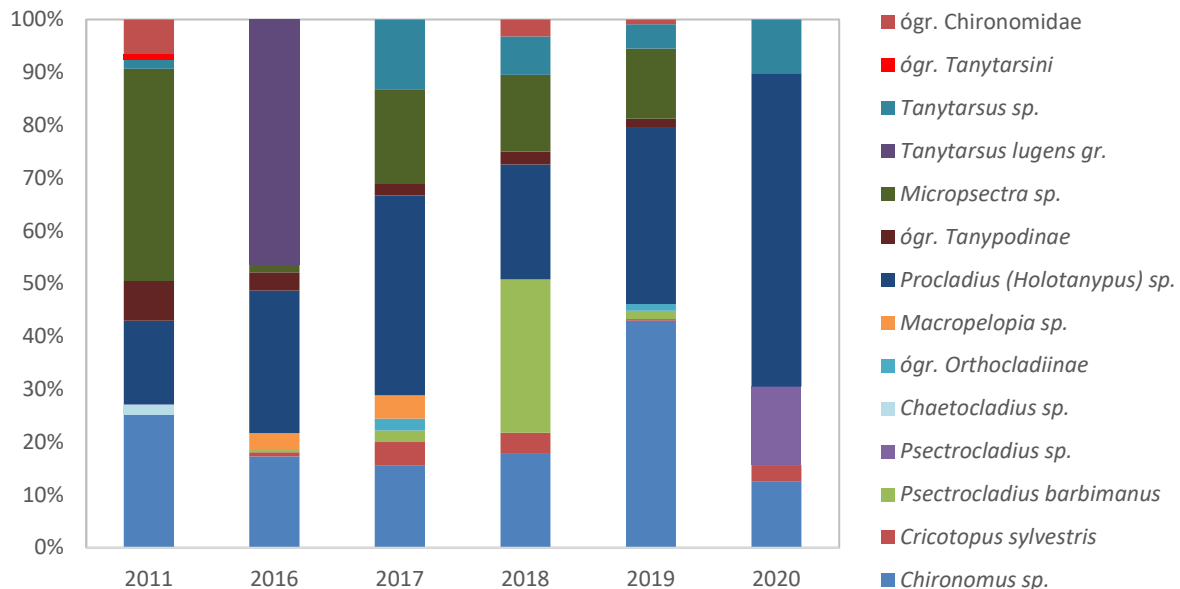
Þær 8 tegundir/tegundahópar rykmýs sem var að finna í botnsýnum tjarnar 2 á vöktunartímanum voru *Chaetocladius* sp., *Cricotopus* (l.) *sylvestris* og *Psectrocladius barbimanus* af undirætt bogmýs, *Macropelopia* sp. og *Procladius* (*Holotanypus*) sp. af undirætt ránmýs, *Micropsectra* sp. og *Tanytarsus lugens* gr. af undirætt slæðumýs og *Chironomus* sp. af undirætt þeymýs. Líkt og í tjörn 1 kom *Procladius* (*Holotanypus*) sp. fyrir öll árin ásamt *Chironomus* sp. en auk þeirra voru lurfur af ættkvísl *Tanytarsus* öll árin í tjörn 2. Flestar voru tegundirnar/tegundahóparnir 7 talsins 2016 og 2017 en færstar árin 2011 og 2020, þá 5 talsins. Heildarþéttleiki rykmýs var mestur 30.304 lurfur/m² árið 2019 (7. tafla og 18. mynd).



18. mynd. Meðalfjöldi tegunda/tegundahópa rykmýslirfa á m² botnseti tjarnar 2 á árunum 2011 og 2016-2020

Af rykmýslurfum var hlutfallslega mest af *Micropsectra* sp. (40%) í botnsýnum tjarnar 2 árið 2011 eða 40%, *Chironomus* sp. var þá með 25% hlutdeild og *Procladius* (*Holotanypus*) sp. 16%. Þessar þrjár tegundir voru einnig atkvæðamestar árin 2017 og 2019 þó hlutföllin hafi skipst misjafnlega á milli

tegundanna eftir árum. Árið 2017 var hlutfallslega mest af *Procladius (Holotanypus) sp.* (38%) en árið 2019 var hlutdeild *Chironomus sp.* mest (43%). Þessar þrjár tegundir voru einnig atkvæðamiklar árið 2018 en hlutfallslega var þó mest af *Psectrocladius barbimanus* (30%) það ár. Árið 2016 var hlutfallslega mest af *Tanytarsus lugens gr.* (46%) ásamt *Procladius (Holotanypus) sp.* (27%) og *Chironomus sp.* (17%). Árið 2020 reyndist svo hlutdeild *Procladius (Holotanypus) sp.* langmest eða tæp 60% (19. mynd).



19. mynd. Hlutfall (%) tegunda/tegundahópa rykmýslirfa í botnsýnum tjarnar 2 á árunum 2011 og 2016-2020.

Þegar tegundir/tegundahópar rykmýslirfa í botnseti tjarnar 2 voru skoðaðar með tilliti til þess hversu vel þær þola mengun kom í ljós að meiri hluti greindra tegunda/tegundahópa 2017 og 2019-2020 voru í flokki D (77-84%), sem þolir vel hvers kyns mengun. Árin 2011, 2016 og 2018 var hlutfallið, milli A og B (42-51%) annars vegar og D (33-51%) hins vegar, jafnara (Wilson og Ruse 2005) (8. tafla).

8. tafla. Hlutfall (%) tegunda/tegundahópa rykmýslirfa í botnseti tjarnar 2 eftir því hversu vel þær þola lífræna mengun. Flokkur A þolir mengun illa, flokkur D þolir mengun vel og flokkar B og C eru þar á milli (Wilson og Ruse 2005).

	2011	2016	2017	2018	2019	2020
A	2%	46%	13%	7%	5%	10%
B	40%	2%	20%	44%	15%	15%
C						
D	43%	51%	84%	33%	77%	75%

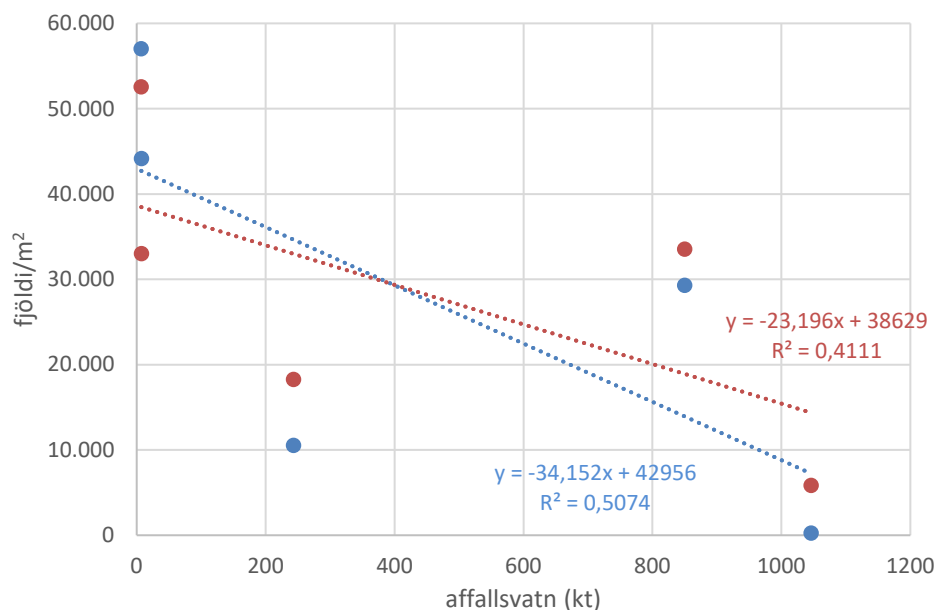
Yfirborðslosun affallsvatns og þungmálma

Samkvæmt upplýsingum frá Landsvirkjun var yfirborðslosun affallsvatns frá borholum mismikil eftir árum. Á þeim árum sem vöktun fór fram var yfirborðslosun langmest árið 2017 (1.046 þúsund tonn/ári) en síðustu tvö árin hafði hún minnkað verulega og var minnst árið 2019 (7.000 tonn/ári). Töluvert af þungmálum berast með affallsvatninu en á árunum 2011-2020 bárust samtals um 78,6 kg af þungmálum með affallsvatni í tjarnirnar. Langmest var þar af arseni (As) (32,3 kg) og sinki (Zn) (22,5 kg) (9. tafla).

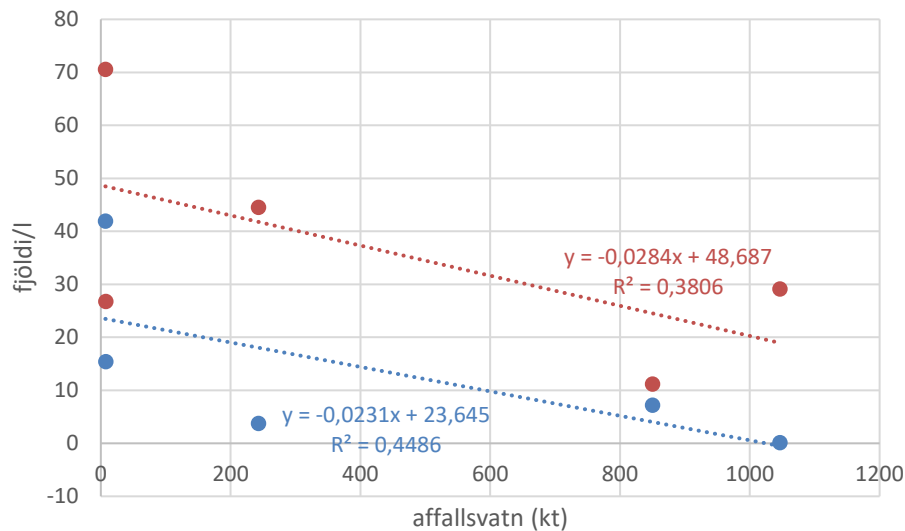
9. tafla. Heildaryfirborðslosun affallsvatns (kt) frá borholum á Þeistareykjum í tjarnir á ári ásamt heildarmagni þungmálma (kg) á ári. Vöktun lífríkis fór fram á þeim árum sem skyggð eru í töflu. Gögn frá Landsvirkjun.

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Samtals
Afallsvatn	kt	742	23	29	344	1.234	850	1.046	243	7	7,25	4.525
Arsen (As)	kg	1,9135	1,3467	2,4502	6,2817	14,0219	3,2337	2,4365	0,6010	0,0202	0,0320	32,337
Blý (Pb)	kg	0,3953	0,0071	0,0072	0,0001	0,1490	0,0035	0,0022	0,0016	0,000042	-	0,566
Kadmíum (Cd)	kg	0,0145	0,0014	0,0014	0,0001	0,2724	0	0,0003	0,000008	-	-	0,290
Kopar (Cu)	kg	0,3288	0,0045	0,0192	0,0711	0,2522	0,2230	0,5021	0,0028	-	-	1,404
Króm (Cr)	kg	0,2279	0,0018	0,0073	0,0218	0,0487	0,0726	0,1057	0,0145	-	0,0001	0,500
Kvikasilfur (Hg)	kg	0,4409	0,0004	0,0004	0,0000	0,2249	0,0064	0,00002	0	-	-	0,673
Nikkel (Ni)	kg	1,0134	0,0127	0,0334	0,0127	3,4534	0,0556	0,0963	0,0038	0,0010	-	4,682
Sink (Zn)	kg	4,9852	0,0510	0,0971	0,3530	3,2957	8,6504	4,5146	0,5671	0,0055	0,0190	22,539
Mólybden (Mo)	kg	2,8554	0,0397	0,4641	1,7840	3,7125	4,0509	2,4644	0,2334	0,0044	-	15,609
Samtals þungm.	kg	12,175	1,465	3,080	8,524	25,431	16,296	10,122	1,424	0,031	0,051	78,600

Þegar heildarfjöldi smádýra fyrir hvert ár í botnseti tjarnar 1 (5. tafla) annars vegar og tjarnar 2 (7. tafla) hins vegar var borinn saman við heildaryfirborðslosun affallsvatns á ári (9. tafla) mátti sjá töluverða fylgni (tjörn 1: $R^2=0,51$ og tjörn 2: $R^2=0,41$) (20. mynd). Það sama mátti sjá í svifi (3. og 4. tafla) tjarnanna (tjörn 1: $R^2=0,45$ og tjörn 2: $R^2=0,38$) (21. mynd).



20. mynd. Fylgni yfirborðslosunar affallsvatns (kt) (x-ás) og meðalfjöldi smádýra á hvern m² botns (y-ás) tjarnar 1 (bláir punktar) og tjarnar 2 (rauðir punktar). Aðhvarfslína, jafna hennar og fylgnistuðull (R^2) eru blá fyrir tjörn 1 og rauð fyrir tjörn 2.



21. mynd. Fylgni yfirborðslosunar affallsvatns (kt) (x-ás) og meðalfjölda smádýra (fjöldi/l) í svifi (y-ás) tjarnar 1 (bláir punktar) og tjarnar 2 (rauðir punktar). Aðhvarfslína, jafna hennar og fylgnistuðull (R^2) eru blá fyrir tjörn 1 og rauð fyrir tjörn 2.

UMRÆÐA

Fjölbreytni og þéttleiki smádýra er fremur lítill í tjörnunum, þrátt fyrir að hvoru tveggja hafi aukist og eru þær tegundir og ættkvíslir sem fundust í tjörnunum á vöktunartímanum allar algengar í ferskvatni hér á landi (sjá t.d. Gróa V. Ingimundardóttir og Jón S. Ólafsson 2005, Hákon Aðalsteinsson 1980 og 1985, Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001 og 2009). Rannsóknir á vatnalífi í stöðuvötnum hér á landi sýna að rafleiðni þeirra mælist jafnan á bilinu 70-160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2006, Tryggvi Þórðarson 2003 og 2006). Miðað við það er rafleiðni tjarnanna á Þeistareykjum nokkuð há, en það ætti ekki að koma á óvart vegna tengsla tjarnanna við jarðhita (Jón S. Ólafsson o.fl. 2010) auk þess sem mikið magn affallsvatns frá jarðvarmavirkjun, sem inniheldur bæði þungmálma og næringarefni (Ragnheiður Ólafsdóttir 2015), rennur í þær. Rafleiðni í vatni segir til um magn hlaðinna jóna í vatninu, þannig getur farið saman há leiðni og styrkur karbónats eða brennisteins í vatninu. Há rafleiðni getur því bent til efnamengunar eða áhrifa frá jarðhita. Á árunum 2011 og 2016-2018 var rafleiðni tjarnar 1 mjög há en lækkaði töluvert 2019-2020. Það sama má segja með rafleiðni í tjörn 2 ef frá er talið árið 2011 þegar leiðni var óvenju lág auk þess sem að á árunum 2019-2020 mældist hún vel innan þeirra marka sem mælist í stöðuvötnum hér á landi. Það má því leiða að því líkum að jarðhitaáhrif í tjörn 2 sé mun minni en í tjörn 1. Losun affallsvatns í tjarnirnar var með minnsta móti á árunum 2019 og 2020 miðað við það sem verið hefur. Minni rafleiðni á árunum 2019-2020 má að öllum líkindum rekja til minni losunar affallsvatns í tjarnirnar. Sjóndýpi mældist auk þess mun meira á þessum árum sem bendir til þess að mun minna grugg hafi þá verið í tjörnunum.

Tegundafjölbreytni í svifi og botnseti tjarnar 2 hefur verið nokkuð svipuð á milli ára. Tegundafjölbreytni tjarnar 1 hefur hins vegar aukist lítillega og þá sérstaklega á síðustu árum með minnkandi rennsli affallsvatns í tjörnina. Þéttleiki í botnseti tjarnar 2 hefur jafnan verið mun meiri en í tjörn 1. Á árunum 2019 og 2020 jókst þéttleikinn í báðum tjörnum, töluvert meira þó í tjörn 1 þannig að hún státaði þá í fyrsta skiptið af meiri þéttleika en tjörn 2. Augljós neikvæð fylgni var á milli þéttleika smádýra, bæði í botnseti og svifi, og losunar affallsvatns í tjarnirnar.

Á vöktunartímanum var framan af lítið af vatnaflóm í tjörnunum, hvort heldur sem var í botnseti eða svifi en vatnaflær eru jafnan algengar í hvers kyns vötnum og tjörnum (Helgi Hallgrímsson 1973) og eru bæði þolnar og lítt vandlátar á gæði búsvæðis síns (Árni Einarsson 1981). Vatnaflóm fækkar hins vegar hratt og jafnvel hverfa alveg ef rafleiðni hækkar mikið (Smol o.fl. 2001). Með minnkandi losun affallsvatns á árunum 2019-2020 minnkaði rafleiðni eins og áður var getið og um leið hafa vatnaflær tekið við sér.

Með affallsvatni sem veitt er í tjarnirnar berst mikið magn þungmálma og annarra mengandi efna, s.s. koldíoxíð, brennisteinsvetni, kísill og næringarefni (Ragnheiður Ólafsdóttir 2015 og Trausti Hauksson 2014). Þegar tegundir/tegundahópar rykmýs í botnseti tjarnar 1 voru skoðaðar með tilliti til þess hversu vel þær þola lífræna mengun kom í ljós að mjög hátt hlutfall þeirra var í flokki D, þ.e. lifur sem þola vel lífræna mengun. Þetta átti við um öll árin að frátöldu árinu 2018. Lágt hlutfall rykmýs í flokki D það ár skýrist af því að óvenju lítið var af lifrum af ættkvíslinni *Chironomus* sp. sem eru í flokki D sem annars var jafnan mikið af. Árið 2017 var hlutfall rykmýs í flokki D 100% en það skýrist af því að mjög lítið var af smádýrum í sýnum það ár og þau dýr sem þó voru reyndust öll vera rykmýslifur af tegundahópi *Procladius (Holotanypus)* sp., sem tilheyrir flokki D. Í tjörn 2 var hlutfall á milli tegunda/tegundahópa í flokki A og B annars vegar og D hins vegar nokkuð jafnt á árunum 2011, 2016 og 2018 en hlutfall í flokki D hins vegar nokkuð hátt 2017, 2019 og 2020. Hátt hlutfall rykmýslirfa í flokki D gefur til kynna að skilyrðin í tjörnunum séu líklega ekki eins og best verður á kosið hvað varðar mengandi efni. Þess ber að geta að þungmálmar í affallsvatninu sem veitt er í tjarnirnar safnast að einhverju leyti fyrir í botnseti, því má búast við því að styrkur þeirra í setinu aukist ár frá ári á meðan affallsvatni er enn veitt í tjarnirnar.

Vansköpunar varð vart hjá *Procladius (Holotanypus)* sp. rykmýslifum í tjörn 2 árið 2020. Vansköpunina mátti greina á tönnum lifanna, hjá sumum vantaði tennur, aukatennur var að finna hjá öðrum og hjá enn öðrum voru tennur samvaxnar. Rannsóknir hafa sýnt að slík vansköpun eykst í vötnum þar sem mengun frá þungmálmum gætir (sjá t.d. Deliberalli o.fl. 2018 og Ochieng o.fl. 2008).

Botngróður var ekki kannaður sérstaklega en augljósa aukningu mátti greina á árunum 2016-2020 frá því sem var árið 2011 (Sesselja Guðrún Sigurðardóttir o.fl. 2012). Minna grugg og þar með aukið sjóndýpi hefur skapað betri vaxtarskilyrði fyrir botngróður, sérstaklega í tjörn 1 sem er mun dýpri en tjörn 2. Aukin útbreiðsla og þekja háplantna getur haft víðtæk áhrif á efnabúskap tjarnanna og samfélagsmunstur hryggleysingja (Carpenter og Lodge 1986).

Almennar ábendingar

Eins og áður hefur verið bent á (Sesselja Guðrún Sigurðardóttir o.fl. 2012) er yfirborðsvatn á Þeistareykjasvæðinu mjög takmarkað og tjarnirnar því einstakar í því umhverfi sem þær eru. Þær ættu því að hafa talsvert verndargildi sem slíkar þó samsetning lífríkis þeirra sé nokkuð hefðbundin fyrir ferskvatn hér á landi. Vöktun hefur leitt í ljós að losun affallsvatns í tjarnirnar hefur neikvæð áhrif á lífríki þeirra. Minnkandi losun síðustu ár hefur sýnt að verði losun hætt ætti lífríkið að jafna sig með tímanum, þó ber að hafa í huga að töluvert magn þungmálma og næringarefna berst með affallsvatni í tjarnirnar og þungmálmar eyðast ekki í náttúrunni og safnast því að einhverju leyti upp í botnseti tjarnanna. Ekki er hægt að segja til um hvaða afleiðingar uppsöfnun þungmálma til lengri tíma kemur til með að hafa á lífríki tjarnanna. Náttúrustofan leggur því áherslu á að efnamælingum á vatni og í botnseti verði bætt við þá vöktun sem fyrir er til að fylgjast með styrk þungmálma og næringarefna.

Sú vöktun á lífríki ferskvatns á virkjanasvæði sem Landsvirkjun hefur staðið fyrir síðastliðin 5 ár á Þeistareykjartjörnunum tveimur á sér ekki hliðstæðu hér á landi svo vitað sé og veitir því einstaka innsýn í áhrif jarðvarmavirkjunar á lífríki í ferskvatni. Í áliti Skipulagsstofnunar um mat á umhverfisáhrifum Þeistareykjavirkjunar er losun affallsvatns í tjarnirnar ekki talin ásættanleg (Rut Kristinsdóttir og Þóroddur F. Þóroddsson 2010). Í umhverfisskýrslu Landsvirkjunar 2014 kemur fram að þegar virkjunin taki til starfa komi affallsvatn til með að fara í sérstakar niðurrennslisholur sem ná niður á 250 til 450 m dýpi (Ragnheiður Ólafsdóttir 2015). Ekki kemur þar fram hvort losun í tjarnirnar verði hætt samhliða. Í deiliskipulagi Þeistareykjavirkjunar (Þingeyjarsveit 2015) kemur hins vegar fram að losun affallsvatns verði undir yfirborð en í einhverjum tilfellum sé nauðsynlegt að leiða það í lögnum að náttúrulegum farvegi sem síðan renni í tjarnirnar. Það virðist því ekki að stefnt sé að því að hætta losun affallsvatns í tjarnirnar. Á meðan svo er telur Náttúrustofan nauðsynlegt að áfram verði fylgst með lífríki tjarnanna til að hægt sé að bregðast við ef það verður fyrir meiri skaða en ásættanlegt getur talist.

ÞAKKIR

Þorkell Lindberg Þórarinnsson, Aðalsteinn Örn Snæþórsson, Yann Kolbeinsson og Chanee Thianthong fá þakkir fyrir aðstoð við sýnatökur. Aðalsteinn Örn og Sigprúður Stella Jóhannsdóttir lásu yfir skýrslu. Sveinn Kári Valdimarsson, Ásrún Elmarsdóttir og Ásgerður K. Sigurðardóttir hjá Landsvirkjun fá bestu þakkir fyrir veittar upplýsingar á meðan á skýrslugerð stóð.

HEIMILDIR

- Anderson, L.E. 1954. *Hoyers's solution as a rapid permanent mounting medium for bryophytes*. The Bryologist 57 (3): 242–244.
- Árni Einarsson. 1981. *Krabbadýr frá hlýskeyði ísaldar*. Náttúrufræðingurinn, 51. árg. 1.-2.tlb. Reykjavík, Bls. 47-53.
- Alonzo, M. 1996. *Crustacea, Branchiopoda*. En: *Fauna Ibérica, vol. 7*. Ramos, M.A. et al. (Eds). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 486 bls.
- Carpenter, S.R. og Lodge, D.M. 1986. Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany*, 26:341–370.
- Cranston, P.S. 1982. *A key to the larvae of the British Orthocladinae (Chironomidae)*. Scientific publication No. 45. Freshwater Biological Association, Windermere Laboratory, Cumbria, England. 152 bls.
- Deliberalli, W., Cansion, R.L., Mielniczki Pereira A.A., Loureiro, R.C., Hepp, L.U., Restello, R.M. 2018. *The effects of heavy metals on the incidence of morphological deformities in Chironomidae (Diptera)*. *Zoologia* 35:1-7. doi: 10.3897/zoologia.35e12947.
- Gísli Már Gíslason. 1977. *Íslenskar vatnabjöllur*. Náttúrufræðingurinn, 47. árg. 3.-4. tlb. Reykjavík. Bls. 154-159.
- Gróa Valgerður Ingimundardóttir og Jón S. Ólafsson. 2005. *Tjarnir í Fuglafriðlandinu í Flóa*. Á sprekamó – afmælisrit tileinkað Helga Hallgrímssyni náttúrufræðingi sjötugum, 11. júní 2005. Bókaútgáfan Hólar, Akureyri. Bls. 92-104.
- Hákon Aðalsteinsson. 1980. *Lífvist í tjörnum og smávötnum á Vesturöræfum, Eyjabökkum og Múla – Yfirlitskönnun vegna Austurlandsvirkjunar*. Orkustofnun, Reykjavík. 50 bls.
- Hákon Aðalsteinsson. 1985. *Lífvist í tjörnum og vötnum á Hofsafrétti*. Orkustofnun, Reykjavík. 48 bls.
- Helgi Hallgrímsson. 1973. *Íslenskir vatnakrabbar*. Týli. Bókaforlag Odds Björnssonar, Akureyri. Bls. 29-44.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson og Haraldur Rafn Ingvason. 2006. Grunnrannsókn á lífríki Rauðavatns. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 3-06. 41 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Guðni Guðbergsson, Ingi R. Jónsson, Jón S. Ólafsson, Finnur Ingimarsson, Erlín E. Jóhannsdóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Sesselja G. Sigurðardóttir, Stefán Már Stefánsson, Iris Hansen og Sigurður S. Snorrason. 2001. *Vatnalífriki á virkjanaslóð. Áhrif fyrirhugaðrar Kárahnjúkavirkjunar ásamt Laugarfellsveitu, Bessastaðaárveitu, Jökulsárveitu, Hafursárveitu og Hraunaveitum á vistfræði vatnakerfa*. Náttúrufræðistofnun Íslands og Landsvirkjun, Reykjavík, 254 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Finnur Ingimarsson. 2009. *Grunnrannsóknir á lífríki Bakkatjarnar á Seltjarnarnesi. Unnið fyrir Umhverfisstofnu Seltjarnarnesbæjar*. Fjölrit nr. 1-09. Náttúrufræðistofa Kópavogs, Kópavogur. 30 bls.
- Jón S. Ólafsson, Gróa Valgerður Ingimundardóttir, Iris Hansen og Sesselja Guðrún Sigurðardóttir. 2010. *Smádyralíf í afrennslisvatni frá háhitavæðunum í Kröflu, Ölkelduhálsi og í Miðdal í Henglinum*. VMST/10019. Veiðimálastofnun, Reykjavík. 64 bls.
- Ochieng, H, de Ruyter van Steveninck, E.D. and Wanda, F.M. 2008. *Mouthpart deformities in Chironomidae (Diptera) as indicators of heavy metal pollution in northern Lake Victoria, Uganda*. *African Journal of Aquatic Science*. 33(2): 135–142. South Africa. doi: 10.2989/AJAS.2008.33.2.4.501
- Ragnheiður Ólafsdóttir ábyrgðarmaður 2015. *Umhverfisskýrsla Landsvirkjunar*. Landsvirkjun. <http://umhverfisskyrsla2014.landsvirkjun.is/losun/vatn-og-jardvegur/>
- Rut Kristinsdóttir og Þóroddur F. Þóroddsson. 2010. *Þeistareykjavirkjun, allt að 200 MWe jarðhitavirkjun í Þingeyjarsveit og Norðurþingi. Álit Skipulagsstofnunar um mat á umhverfisáhrifum*. Skipulagsstofnun, Reykjavík. 39 bls.
- Scourfield, D.J., Harding, J.P. 1994. *British Freshwater Cladocera*. Freshwater biological cladocera, Cumbria. 61 bls.
- Sesselja Guðrún Sigurðardóttir, Þorkell Lindberg Þórarinnsson og Jón S. Ólafsson 2012. *Lífriki tjarna á Þeistareykjum*. Skýrsla unnin fyrir Þeistareyki ehf. Náttúrustofa Norðausturlands. 29 bls.
- Smol, John P., Birks, John and Last, William M. 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 4: Zoological Indicators*. Kluwer Academic Publishers, London. 207 bls.
- Trausti Hauksson 2014. *Þeistareykjavirkjun. Vinnslueiginleikar gufu og vatns úr borholum*. Skýrsla nr. LV-2015/003. Landsvirkjun, Reykjavík. 24 bls.
- Tryggvi Þórðarson. 2003. Mengunarstaða Elliðavatns 2001-2002. Háskólasetrið í Hveragerði. 60 bls.
- Tryggvi Þórðarson. 2006. Mengunarflokkun á Urriðakotsvatni og ofanverðum Stórákrokslæk. Háskólasetrið í Hveragerði. 59 bls.
- Wiederholm, T. (ritstj.) 1983. *Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1 – Larvae*. Ent. Scand. Suppl. 19: 1–457.
- Wilson, Ronald S. and Ruse, Leslie P. 2005. *A Guide to the Identification of Genera of Chironomid Pupal Exuviae Occurring in Britain and Ireland (Including Common Genera from Northern Europe) and their use in Monitoring Lotic and Lentic Fresh Waters*. Freshwater Biological Association, Cumbria. 176 bls.
- Þingeyjarsveit. 2015. *Deiliskipulag Þeistareykjavirkjunar, Þingeyjarsveit. Greinargerð með samþykktum síðari breytingum, mars 2015*. Teiknistofa arkitekta, Gylfi Guðjónsson og félagar ehf.



Náttúrustofa
Norðausturlands