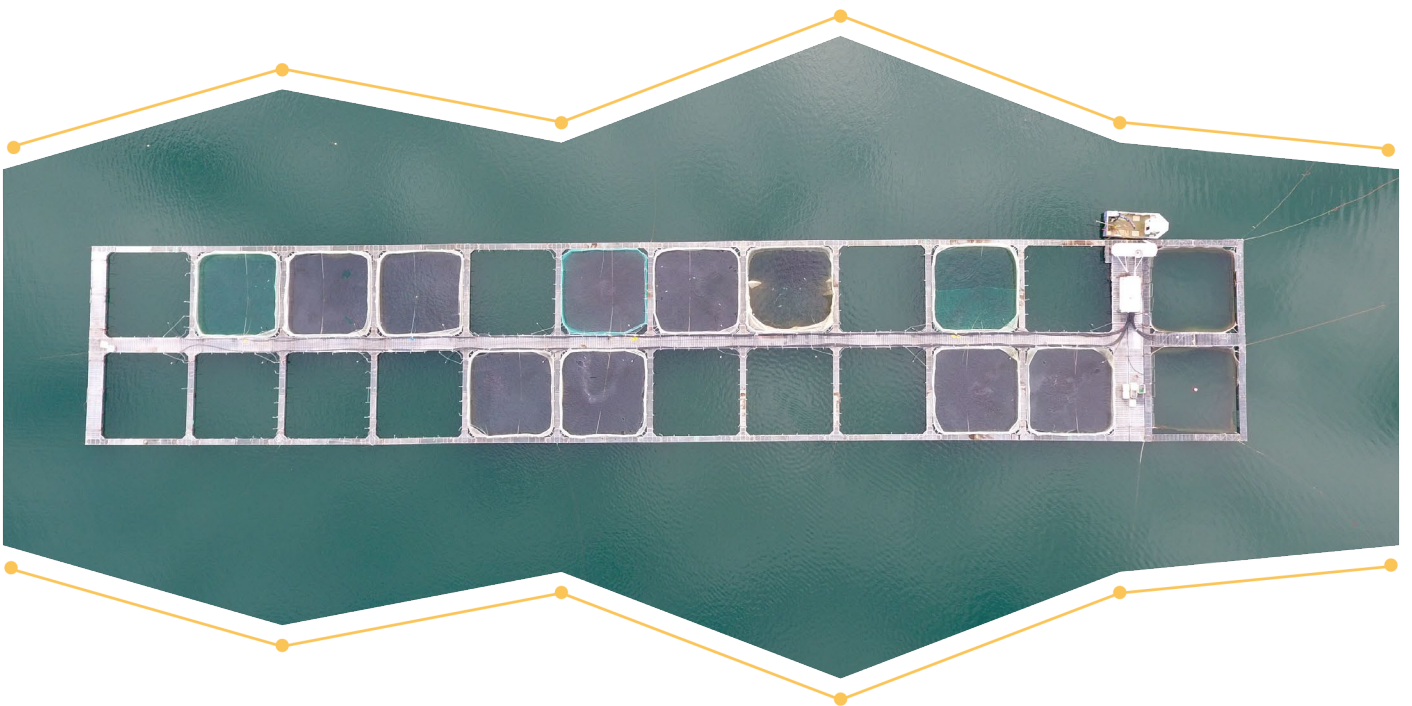




Vöktun lífríkis í Lónum

Ársskýrsla 2019



Sesselja Guðrún Sigurðardóttir og Aðalsteinn Örn Snæþórsson

Febrúar 2020

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

 Náttúrustofa Norðausturlands		Hafnarstétt 3 640 Húsavík Sími: 464 5100	www.nna.is nna@nna.is
Skýrsla nr. NNA-2001	Dags. febrúar 2020	Dreifing: rafræn	
Heiti skýrslu/aðal- og undirtitill: Vöktun lífríkis í Lónum Ársskýrsla 2019		Upplag:	
		Síðufjöldi: 33	
		Fjöldi viðauka: 5	
Höfundar: Sesselja Guðrún Sigurðardóttir og Aðalsteinn Örn Snæþórsson			
Unnið fyrir: Rifós hf.			
Samstarfsaðilar:			
<p>Samantekt:</p> <p>Náttúrustofa Norðausturlands gerði, líkt og undanfarin ár, vikulegar mælingar á blaðgrænu-a í Lónunum árið 2019. Botndýralíf var auk þess kannað, með sýnatökum í júní (að beiðni Umhverfisstofnunar) og september. Sambærilegar sýnatökur fóru fram á sömu stöðum í ágúst 2013 og 2016.</p> <p>Sveiflur í magni blaðgrænu í Lónum yfir árið eru að miklu leyti háðar framboði næringarefna og dreifingu þeirra bæði lóðrétt og lárétt um vatnsbolinn þó fleira spili þar inn í eins og hitastig og birtuskilyrði. Ein uppspretta næringarefna í Lónunum er frá rotnandi fódurleifum og skít frá fiskeldinu. Jákvætt samband á milli ársmeðaltals blaðgrænu-a og magns þess fódurs sem notað er af fiskeldinu sama ár bendir til þess að uppsprettu næringarefna í Lónunum megi að stærstum hluta rekja til fiskeldisins. Ekkert bendir þó til ofauðgunar í Lónunum að svo stöddu. Þróunin bendir engu að síður til þess að aukning hafi orðið í næringarefnum á síðustu árum vegna fiskeldisins og því mikilvægt að stíga varlega til jarðar varðandi aukið fiskeldi og fylgjast vel með framhaldinu.</p> <p>Tegundum/tegundahópum hefur fækkað um 45% frá árinu 2013 og þéttleikinn minnkað um 59%. Hvað veldur er óljóst. Með aukinni framleiðslu fiskeldisins eykst framboð næringarefna eins og blaðgrænumælingar gefa til kynna. Aukið framboð næringarefna ætti að hafa þau áhrif að lífverum fjölga tímabundið en fleiri þættir hafa þó áhrif eins og styrkur súrefnis og brennisteins. Á árunum 2001 til 2008 var hitastig, selta, auk styrks súrefnis og brennisteinsvetnis mælt reglulega yfir árið á átta mismunandi dýptarbilum. Það væri heldur til bóta ef slíkar mælingar færu fram samhliða vöktun lífríkisins. Það gæti mögulega varpað frekara ljósi á þær breytingar sem verða á lífríkinu og hjálpað við túlkun gagna.</p> <p>Öll árin sem sýnatökur hafa farið fram hefur seyru verið dælt undan búrunum 1-2 mánuðum fyrir sýnatökur í lok sumars. Það er hugsanlegt að niðurstöður yrðu aðrar ef sýnatökur færu fram á þeim árum sem ekki er dælt undan búrunum. Um það er þó ekki hægt að fullyrða að óreyndu. Að þessu sinni fóru sýnatökur einnig fram í júní, að beiðni Umhverfisstofnunar, til þess að kanna botndýralíf fyrir dælingu. Til að kanna áhrif dælingar er mikilvægt að skoða botndýralíf að hausti þau ár sem ekki er dælt undan búrunum.</p> <p>Rifós hf. hætti notkun koparmálingar árið 2013 og sýna mælingar að styrkur kopars fer enn lækandi og þá sérstaklega næst búrunum þar sem styrkurinn var hvað mestur. Niðurstöður sýna að styrkur kopars er nú nokkuð svipaður á stöðvunum þremur sem bendir til þess að áhrif vegna notkunar koparmálingar á árum áður séu á undanhaldi.</p> <p>Hlutfall lífræns kolefnis var áfram hæst næst kvíunum sem verður að teljast eðlilegt þar sem uppspretta lífrænna efna kemur að stórum hluta frá fódurleifum og skít frá kvíunum. Hlutfallið þar minnkaði þó á milli árána 2016 og 2019 og mældist lægra en árið 2013.</p>			
Lykilorð: Rifós, fiskeldi, lífríki, blaðgræna, botndýr, efnasýni, lífrænt kolefni, kopar		Yfirfarið: ÞLP	

VÖKTUN LÍFRÍKIS Í LÓNUM

ÁRSSKÝRSLA 2019

Sesselja Guðrún Sigurðardóttir og Aðalsteinn Örn Snæþórsson

Unnið fyrir Rifós hf.

NNA-2001

Húsavík, febrúar 2020



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

Efnisyfirlit

Inngangur	3
Rannsóknasvæði.....	3
Aðferðir	3
Blaðgræna-a	3
Botndýralíf.....	4
Efnasýni	5
Tölfræði	5
Niðurstöður	6
Blaðgræna-a	6
Botndýralíf.....	9
Vöktun	9
Aukasýnataka	15
Efnasýni	20
Vöktun	20
Aukasýnataka	21
Umræður	23
Blaðgræna-a	23
Botndýralíf.....	23
Efnamælingar	24
Þakkir.....	24
Heimildir	25
Viðauki 1.....	26
Viðauki 2.....	27
Viðauki 3.....	28
Viðauki 4.....	29
Viðauki 5.....	30

Inngangur

Frá árinu 2010 hefur Náttúrustofa Norðausturlands séð um vöktun á lífríki Lónanna í Kelduhverfi fyrir fiskeldisfyrirtækið Rifós hf. með það að markmiði að fylgjast með mögulegum áhrifum fiskeldisins á lífríki Lónanna. Frá árinu 2013 hefur verið unnið eftir vöktunaráætlun fyrir starfsemi fiskeldisins sem samþykkt var af Umhverfisstofnun (Aðalsteinn Örn Snæþórsson 2013).

Árið 2019 voru sem fyrr gerðar vikulegar mælingar á blaðgrænu-a í Lónunum. Sumarið 2019 var einnig gerð athugun á botndýralífi Innra-Lóns en samkvæmt vöktunaráætlun á slík athugun að fara fram á þriggja ára fresti. Athugun á botndýralífi var fyrst gerð þann 9. ágúst 2013 og var síðan endurtekin að hluta 24. ágúst 2016. Árið 2019 var botndýralíf kannað í júní og september á sömu stöðum og sýni voru tekin á bæði 2013 og 2016.

Rannsóknasvæði

Lónin eru tvö samtengd sjávarlón, Innra- og Ytra-Lón, aðskilin með grófu malarriði (1. mynd). Þau eru um 3,1 km² að stærð, staðsett í Kelduhverfi. Sýnatökur fóru allar fram í Innra-Lóni. Nánari lýsingu á rannsóknarsvæðinu má sjá í skýrslu Náttúrustofunnar „Vöktun lífríkis í Lónum – Ársskýrsla 2013“ (Aðalsteinn Örn Snæþórsson og Sesselja Guðrún Sigurðardóttir 2014).

Aðferðir

Blaðgræna-a

Blaðgræna-a er litarefni sem gegnir lykilhlutverki í ljóstillífun plantna. Mælingum á blaðgrænu-a er ætlað að endurspeglar magn svifþörunga í vatninu en um leið fást vísbendingar um næringarefnaástand í vatninu (Brönmark og Hansson 2005).

Fyrsta sýnataka fyrir Rifós hf. fór fram þann 13. apríl 2010 og hefur farið fram vikulega síðan, eftir því sem aðstæður hafa leyft. Sýnatökur hafa verið í höndum starfsmanna Rifóss og fara fram við bauju um miðja vegu milli fiskeldiskvía og bryggju. Bátur er notaður til að komast á sýnatökustað og eru sýnin tekin með 1 l brúsa sem fylltur er í yfirborðinu. Brúsinn er vafinn í álpappír og geymdur á köldum stað eða á ís þar til hann er fluttur til Húsavíkur í lok dags þar sem sýnið er síð samdægurs.

Sýnin eru síuð í gegnum Whatman GF/C síupappír (Cat No1822 047). Síupappírinn er síðan settur í álpappír og frystur þar til ljósgleypnimæling fer fram en hún er gerð á tveggja til þriggja mánaða fresti. Síupappírinn er þá tekinn úr frysti, lagður í 10 ml af 96% etanóli í lokuðu íláti og geymdur í kæli í 18-24 klst. til að leysa upp blaðgrænu-a úr þeim þörungum sem safnast hafa í síupappírinn. Að 18-24 klst. liðnum er ljósgleypni vökvans mæld við 665 nm og 750 nm bylgjulengdir með ljósgleypnimæli af gerðinni Cole-Parmer spectrophotometer 1200. Ljósgleypni blaðgrænu-a er mest við 665 nm bylgjulengd en við 750 nm er hún mjög lítil. Ljósgleypni annarra agna sem mögulega eru í sýninu ætti að vera jafnmikil við 665 og 750 nm. Mismunur þessara tveggja mæligilda gefur því magn blaðgrænu-a í sýninu.

Heildarmagn blaðgrænu-a var reiknað samkvæmt eftirfarandi jöfnu (Brönmark og Hansson 2005):

$$\text{Heildarmagn blaðgrænu-a } (\mu\text{g/l}) = (\text{Abs}_{(665 - 750\text{nm})} * A * 10^3) / 83,4 * V$$

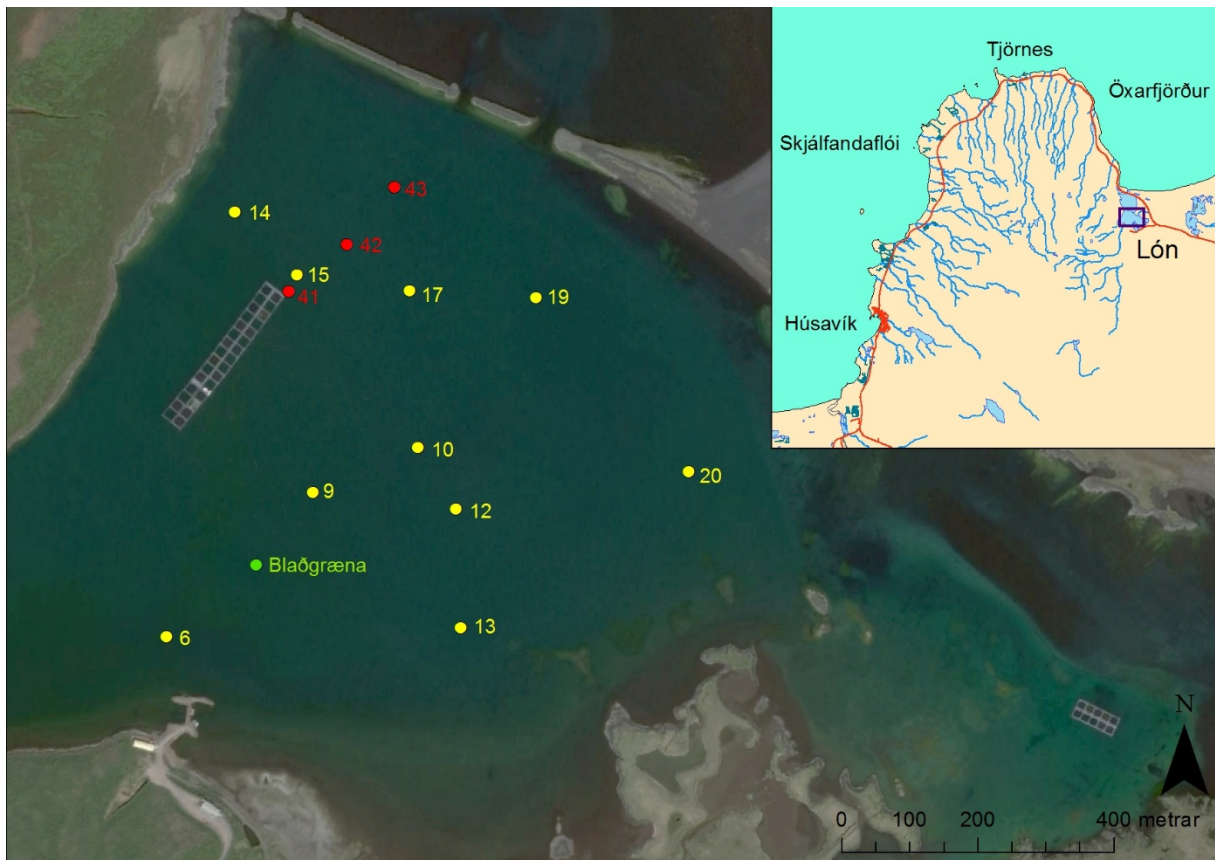
Þar sem:

- $\text{Abs}_{(665 - 750\text{nm})}$ = ljósgleypni við 665 nm að frádræginni ljósgleypni við 750 nm
- A = rúmmál leysnivökvans (etanól) á síupappírnum í ml
- 83,4 = ljósgleypnistuðull etanóls
- V = rúmmál sýnisins sem síað var í lítrum

Botndýralíf

Samkvæmt vöktunaráætlun (Aðalsteinn Örn Snæþórsson 2013) ber að kanna botndýralíf Innra-Lóns í lok sumars á þriggja ára fresti. Að beiðni Umhverfisstofnunar voru sýnatökur tvær að þessu sinni. Sú fyrri að vori til að kanna ástand botndýralífs fyrir dælingu seyru undan búrunum (aukasýnataka) og sú síðari að venju í lok sumars (vöktun). Dæling undan búrunum var upphaflega áætluð um miðjan júní en fór fram 10. -15. júlí.

Fyrri sýnataka fór fram þann 7. júní og sú síðari 5. september. Sýni voru, líkt og sumarið 2016, tekin á stöðvum nr. 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 19 og 20 (1. mynd). Starfsmaður Rifóss, Guðmundur Héðinsson, sigldi með starfsmenn Náttúrustofunnar á pramma Rifóss hf. á milli stöðva og var notast við GPS staðsetningartæki (Garmin eTrex Vista) til að staðsetja stöðvarnar (viðauki 4).



1. mynd. Sýnatökustöðvar í Innra-Lóni. Botnsýnastöðvar merktar með gulu, efnasýnastöðvar með rauðu og sýnatökustöð fyrir vikulega vöktun á blaðgrænu með grænu.

Ekman botngreip (15,24 cm x 15,24 cm), sem fengin var að láni hjá Náttúruvísindisstofnuninni við Mývatn, var notuð við sýnatökur. Þrjú sýni voru tekin á hverri stöð og sýnin sigtuð með sigti með 1,0 mm möskvastærð (í fyrri skýrslum er möskvastærðin misrituð 0,5 mm). Það sem eftir sat í sigtinu var sett í dollur með 70% etanóli. Á hverri stöð voru auk þess gerðar eftirfarandi mælingar eða athuganir:

- **Litur** á sýni skráður.
- **Kornastærð** sýnis ákvörðuð.
- **Lykt** af sýni skráð, einkum athugað hvort sýnið lyktaði af brennisteinsvetni (H₂S).
- Athugað hvort **fóðurleifar** eða **skítur** úr fiskum sæist í sýnunum.
- Teknir **botnkjarnar** með kajak á stöðvum 6, 13 og 20 og myndir teknar af þeim.

Unnið var úr sýnum á rannsóknastofu Náttúrustofu Norðausturlands í október og nóvember 2019 og öll botndýr greind til tegunda eða tegundahópa undir víðsjá af gerðinni Leica MZ 125.

Efnasýni

Sýni til efnamælinga voru tekin á stöðvum 41, 42, og 43 (1. mynd og viðauki 4). Stöð 41 er staðsett við norðurenda kvíanna og 42 og 43 með 100 m millibili í átt að miðopi á rifinu (Aðalsteinn Örn Snæþórsson og Sesselja Guðrún Sigurðardóttir 2014). Talið er að þetta sé straumstefnan frá kvíunum.

Efnasýni voru tekin í báðum sýnatökuferðunum. Notuð var sama botngreip og við athugun á botndýralífi og eitt sýni tekið á hverri stöð. Hvert sýni var sett í 1 lítra plastdöllu með loki sem innsiglið var með límbandi og fryst í lok dags. Nýsköpunarmiðstöð Íslands sá um að mæla styrk kopars og lífræns kolefnis í sýnunum.

Tölfræði

Allir tölfræðiútreikningar voru gerðir í tölfræðiforritinu R (R Core Team 2019). Til að kanna fylgni milli blaðgrænu-a og magns fóðurs var notað línulegt módel og til að kanna tengsl á milli þéttleika botndýra og stöðva annars vegar og ára hins vegar var notuð tvíhliða ferveikagreining.

Niðurstöður

Blaðgræna-a

Alls voru tekin 50 vatnssýni til blaðgrænumælinga árið 2019 (1. tafla). Niðurstöður fyrri mælinga má sjá í eldri vöktunarskýrslum (Sesselja Guðrún Sigurðardóttir og Aðalsteinn Örn Snæþórsson 2016, 2017a, 2017b og 2018) og á línuritum af dreifingu eftir mánuðum í viðauka 1. Í ár komu fram þrír afgerandi toppar, í mars, júlí og október og var sá síðasti þeirra hæstur (2. mynd).

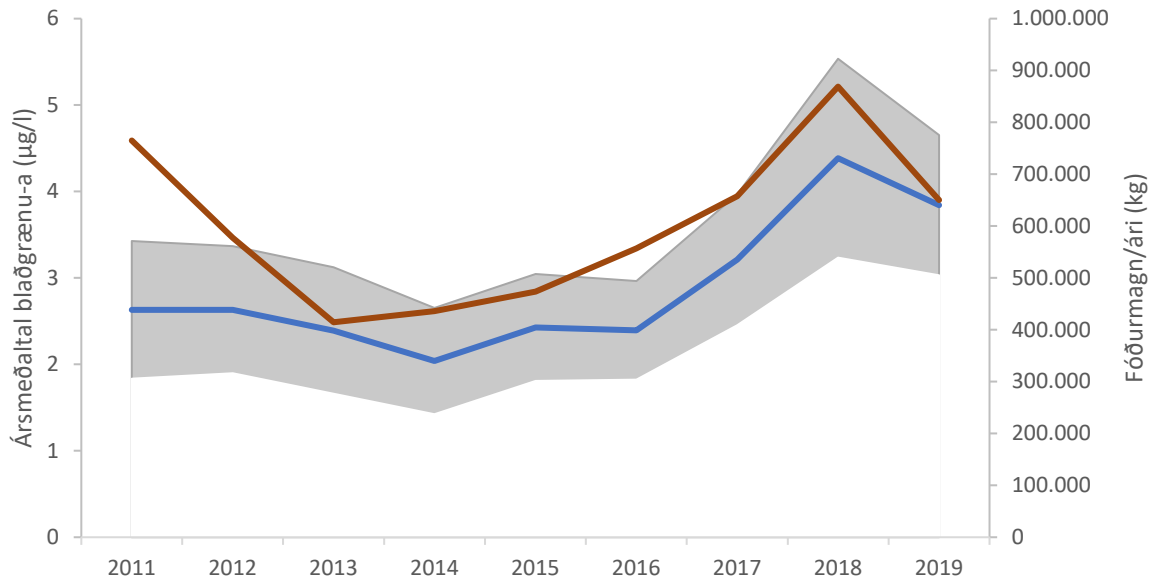
Dags.	Blaðgræna-a $\mu\text{g/l}$	Dags.	Blaðgræna-a $\mu\text{g/l}$
7.1.2019	0,480	24.6.2019	2,638
14.1.2019	0,360	1.7.2019	3,237
21.1.2019	0,480	8.7.2019	1,319
28.1.2019	0,600	16.7.2019	6,715
4.2.2019	0,000	22.7.2019	11,751
11.2.2019	0,600	29.7.2019	7,554
18.2.2019	2,158	6.8.2019	4,077
25.2.2019	5,875	12.8.2019	4,929
4.3.2019	5,036	19.8.2019	1,439
11.3.2019	8,034	26.8.2019	6,115
18.3.2019	4,436	2.9.2019	3,357
25.3.2019	4,676	9.9.2019	2,158
1.4.2019	5,516	16.9.2019	2,038
8.4.2019	9,353	23.9.2019	3,717
9.4.2019	3,118	30.9.2019	3,717
15.4.2019	3,237	7.10.2019	10,552
23.4.2019	3,717	15.10.2019	5,755
29.4.2019	4,197	21.10.2019	10,312
6.5.2019	1,918	28.10.2019	2,638
13.5.2019	3,357	4.11.2019	2,998
20.5.2019	5,875	11.11.2019	2,758
27.5.2019	2,878	18.11.2019	0,360
3.6.2019	0,839	25.11.2019	0,360
11.6.2019	2,998	2.12.2019	0,480
18.6.2019	4,197	9.12.2019	0,480

1. tafla. Dagsetningar sýnataka og reiknað magn blaðgrænu-a ($\mu\text{g/l}$) árið 2019, samtals 50 sýni. Tölur fyrri ára má sjá í eldri skýrslum Náttúrustofunnar.

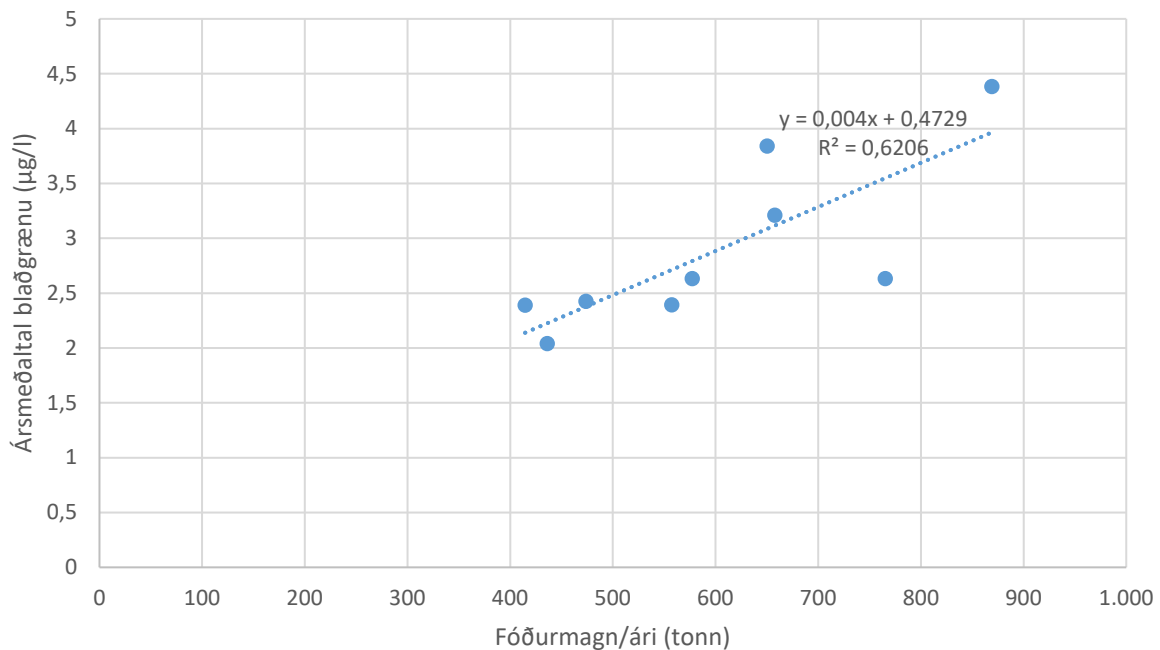


2. mynd. Meðaltal magns blaðgrænu-a ($\mu\text{g/l}$) fyrir hvern mánuð árið 2019. Línurit fyrri ára má sjá í viðauka 1.

Heildarmeðaltal blaðgrænu-a yfir árið lækkaði frá fyrra ári eftir að hafa verið á uppleið frá árinu 2016. Ef heildameðaltal blaðgrænu-a er borið saman við magn þess fóðurs sem gefið er í fiskeldinu á ári sést að það er mikil fylgni þar á milli (3. mynd). Línulegt líkan sýnir marktæka aukningu blaðgrænu-a eftir því sem fóðurmagn eykst ($t=3,384$, $p=0,012$). Líkanið gerir ráð fyrir að 62% af breytingu á blaðgrænu-a stafi af aukningu í fóðri ($r^2=0,62$) og að fyrir hver 100 tonn sem fóðurgjöf eykst aukist blaðgræna-a um $0,4 \mu\text{g/l}$ (4. mynd).



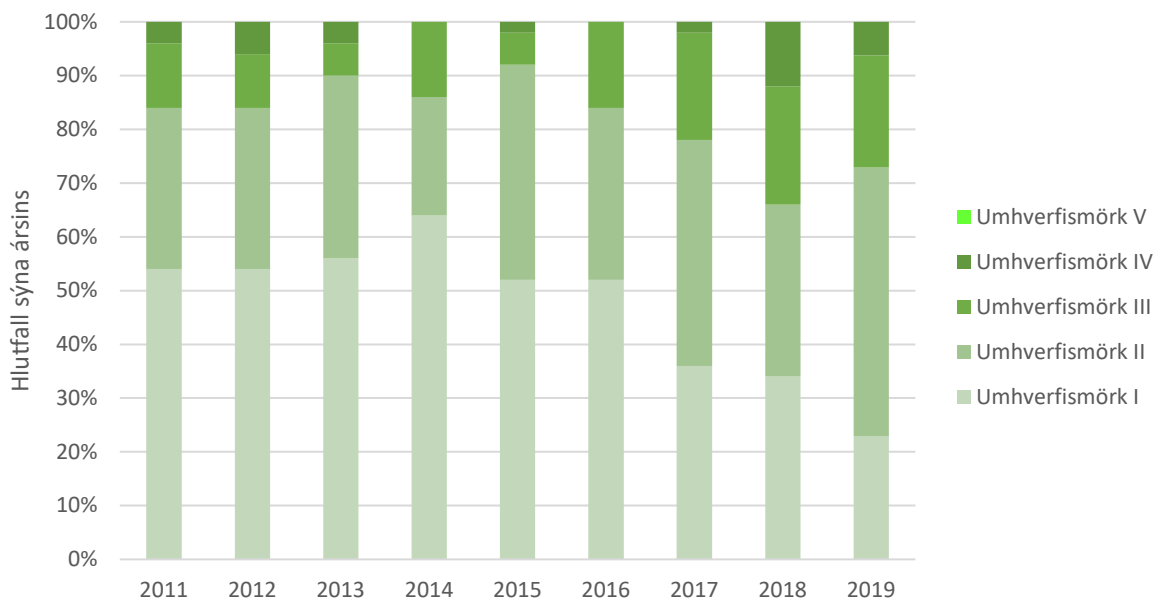
3. mynd. Magn blaðgrænu-a ($\mu\text{g/l}$) í Lónum í Kelduhverfi 2011-2019, sýnt sem ársmeðaltalsgildi 50 sýna (blá lína) með 95% öryggismörkum (skyggða bilið). Árinu 2010 er sleppt þar sem mælingar hófust ekki fyrr en í apríl það ár. Einstaka vikur vantar inn í og er þá tekið meðaltal sömu vikna hin árin. Rauð lína sýnir fóðurmagn (kg) hvers árs.



4. mynd. Samband fóðurmagns og blaðgrænu-a í Lónum í Kelduhverfi árin 2011-2019. Árinu 2010 er sleppt þar sem mælingar hófust ekki fyrr en í apríl það ár.

Í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns eru gefin upp umhverfismörk fyrir næringarefni og lífræn efni til verndar lífríki (viðauki 2). Gefin eru upp fimm umhverfismörk fyrir blaðgrænu-a, frá I og upp í V, þar sem I er næringarfátækt, II er lágt næringarefnainnihald, III næringarefnaríkt, IV næringarefnauðuðugt og í umhverfismörkum V er um ofauðgun að ræða.

Á árunum 2011-2016 voru um eða yfir helmingur sýna hvers árs innan umhverfismarka I fyrir djúp vötn (næringarefnafátækt). Frá árinu 2016 hefur sýnum sem falla þar undir hins vegar fækkað ár frá ári og féllu nú einungis 22,9% sýna innan þeirra (meðaltal árunna 2011-2019 er 47,2%) eða 29% færri sýni en árið 2016. Helmingur sýna lenti innan umhverfismarka II (lágt næringarefnainnihald) sem er töluvert yfir meðaltali (34,7%). Innan umhverfismarka III (næringarefnaríkt) voru 20,8% sem er einnig yfir meðaltali (14,1%) og 6,3% innan umhverfismarka IV (næringarefnauðuðugt) (meðaltal 4,1%). Sem fyrr eru engin sýni innan umhverfismarka V (ofauðugt) (5. mynd og viðauki 3).



5. mynd. Hlutfall blaðgrænusýna úr Lónum árin 2011-2019 sem falla innan þeirra fimm umhverfismarka (viðauki 2) sem skilgreind eru í reglugerð nr. 796/1999. Sýnum ársins 2010 er sleppt þar sem mælingar hófust ekki fyrr en í apríl það ár.

Botndýralíf

Vöktun

Ekki varð vart við gróður, skít eða fóðurleifar í sýnum. Brennisteinslykt fannst á öllum stöðvum nema á stöðvum 6 og 20 auk þess sem lyktin var dauf á stöð 13 (2. tafla).

Stöð	Dýpi (m)	Sjón-dýpi (m)	Litur			H ₂ S lykt		
			2013	2016	2019	2013	2016	2019
15	10,5	3,3	svart	svart	svart	já	já	já
17	9	3,3	svart	svart	svart	já	já	já
9	8,7	3,4	svart	svart	svart	já	já	já
14	8,4	3,8	svart	svart	svart	já	já	já
10	7,5	3,2	svart	svart	svart	já	já	já
19	7,2	3,2	svart	svart	svart	já	nei	já
12	6,9	3,2	svart	svart	svart	já	já	já
6	5,85	3	svart	svart/brúnt	dökkbrúnt	já	nei	nei
13	5,8	3,2	brúnt/svart	svart	brúnt/svart	dauf	dauf	dauf
20	4,7	3,2	dökkbrúnt	brúnt	brúnt	dauf	nei	nei

2. tafla. Dýpi og sjón-dýpi (m) á sýnatökustöðvum (mælt 2013) ásamt lit og lykt sýna árin 2013, 2016 og 2019. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.

Meðalþéttleiki botndýra á stöðvunum öllum í september 2019 var 32.722 dýr/m² en var 80.242 dýr/m² 2013 og 49.313 dýr/m² árið 2016 (3. tafla). Þéttleikinn hefur því minnkað um rúm 59% frá árinu 2013 og á milli árána 2016 og 2019 um tæp 34%. Meðalþéttleikinn minnkaði á öllum stöðvum á milli árána 2016 og 2019, nema á grynstu stöðvunum, 13 og 20. Á stöð 13 jókst hann lítillega en á stöð 20 jókst hann verulega eða um rúm 142% (4. tafla og 6. mynd).

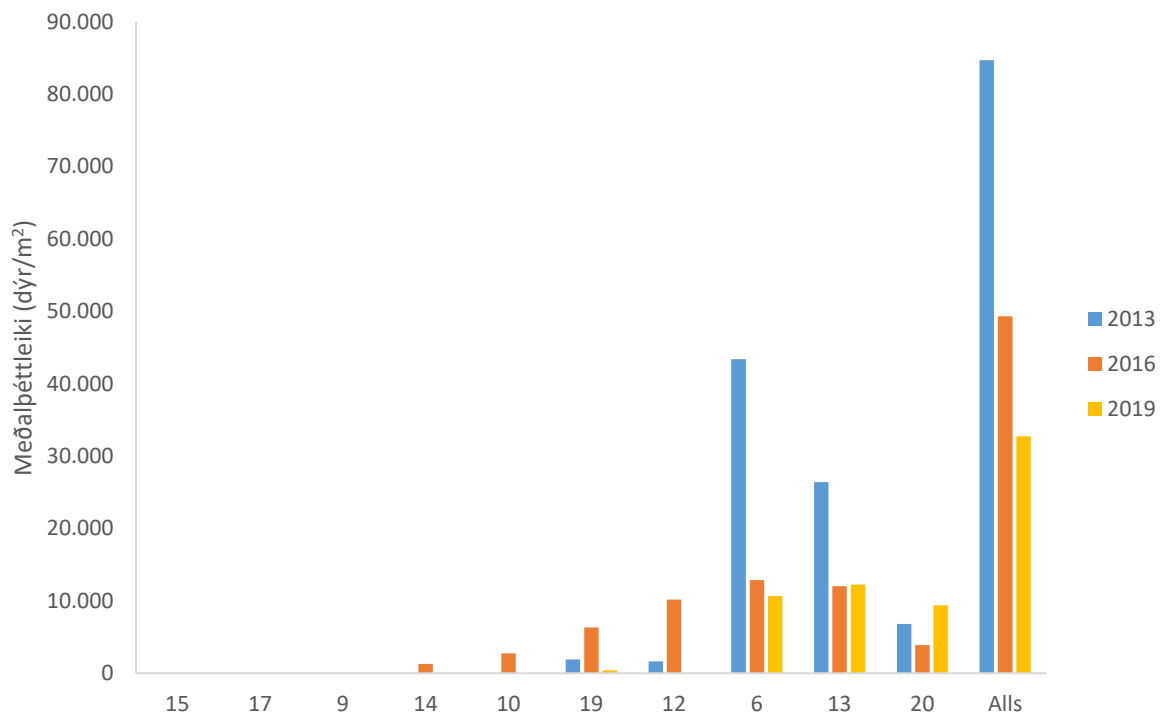
Ár	Meðalfjöldi	Meðalþéttleiki/m ²	Fjöldi tegunda
2013	1.864	80.242	9
2016	1.145	49.313	11
2019	760	32.722	6

3. tafla. Meðalfjöldi, meðalþéttleiki (dýr/m²) og fjöldi greindra tegunda eða tegundahópa á öllum stöðvum á árunum 2013, 2016 og 2019.

Stöð	Meðalþéttleiki/m ²		
	2013	2016	2019
15	29	0	0
17	0	0	0
9	0	0	0
14	14	1.277	0
10	29	2.756	0
19	1.923	6.344	388
12	1.636	10.175	0
6	43.400	12.859	10.678
13	26.407	12.027	12.271
20	6.803	3.875	9.386
Alls	80.242	49.313	32.722

4. tafla. Meðalþéttleiki botndýra (dýr/m²) á hverri stöð og öllum stöðvunum samtals. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.

Lítið sem ekkert líf hefur verið á dýpstu stöðvunum (15, 17, 9 og 14) öll árin, auk þess sem lítið var á stöðvum 10, 12 og 19 árin 2013 og 2019 (4. tafla og 6.-9. mynd).



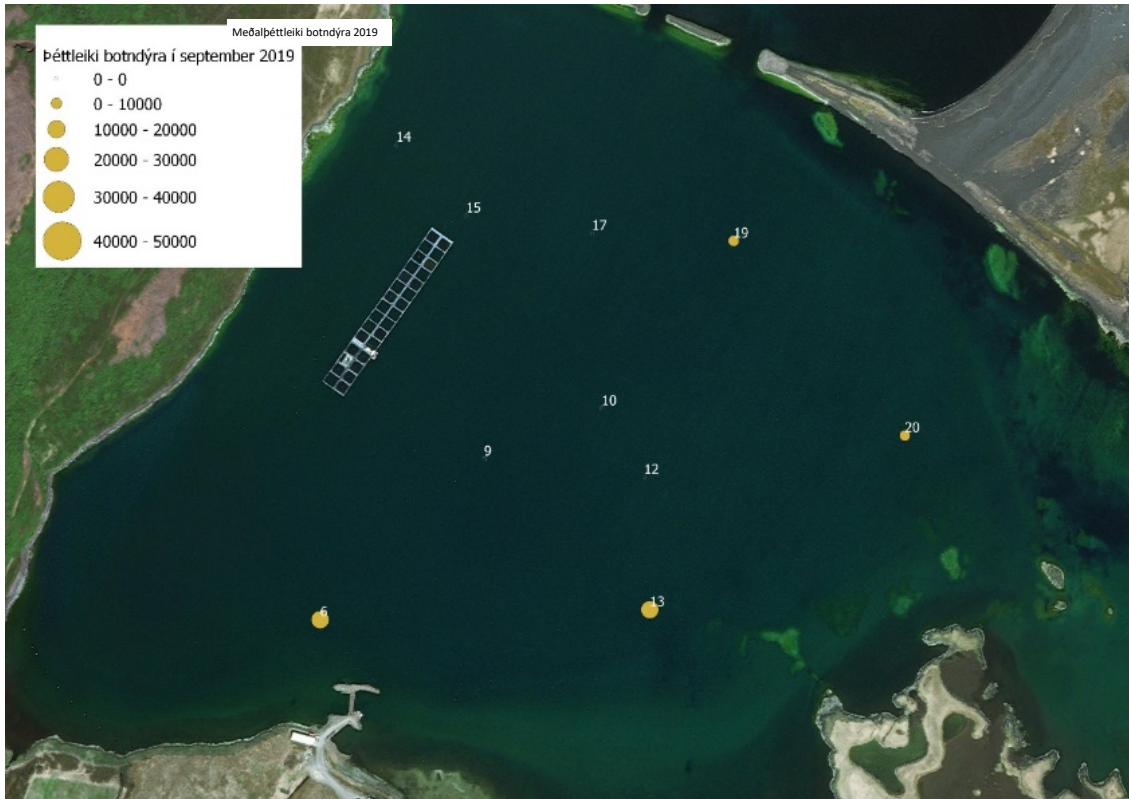
6. mynd. Meðalþéttleiki botndýra (dýr/m²) á hverri stöð og öllum stöðvunum samtals eftir árum. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.



7. mynd. Meðalþéttleiki botndýra (dýr/m²) eftir stöðvum í ágúst árið 2013. Hringirnir eru stærri eftir því sem þéttleikinn er meiri. Stöðvarnar eru eftir minnkandi dýpi 15, 17, 9, 14, 10, 19, 12, 6, 13, og 20.



8. mynd. Meðalþéttleiki botndýra/m² eftir stöðvum í ágúst árið 2016. Hringirnir eru stærri eftir því sem þéttleikinn er meiri. Stöðvarnar eru eftir minnkandi dýpi 15, 17, 9, 14, 10, 19, 12, 6, 13, og 20.



9. mynd. Meðalþéttleiki botndýra/m² eftir stöðvum í september árið 2019. Hringirnir eru stærri eftir því sem þéttleikinn er meiri. Stöðvarnar eru eftir minnkandi dýpi 15, 17, 9, 14, 10, 19, 12, 6, 13, og 20.

Notast var við ferveikagreiningu til að kanna mun á fjölda botndýra eftir stöðvum og árum auk þess sem prófað var fyrir víxlhrifum á milli stöðva og ára. Niðurstöður gáfu marktækan mun á milli stöðva ($F=11,1; p=1,29e^{-10}; ***$), ára ($F=6,76; p=0,011; *$) og einnig voru marktæk víxlhrif ($F=3,52; p=0,0012; **$). Bæði stöðvar og ár eru því ólík innbyrðis m.t.t. fjölda botndýra, marktæk víxlhrif sýna að þróun í fjölda botndýra eftir árum er ekki sú sama á milli stöðva.

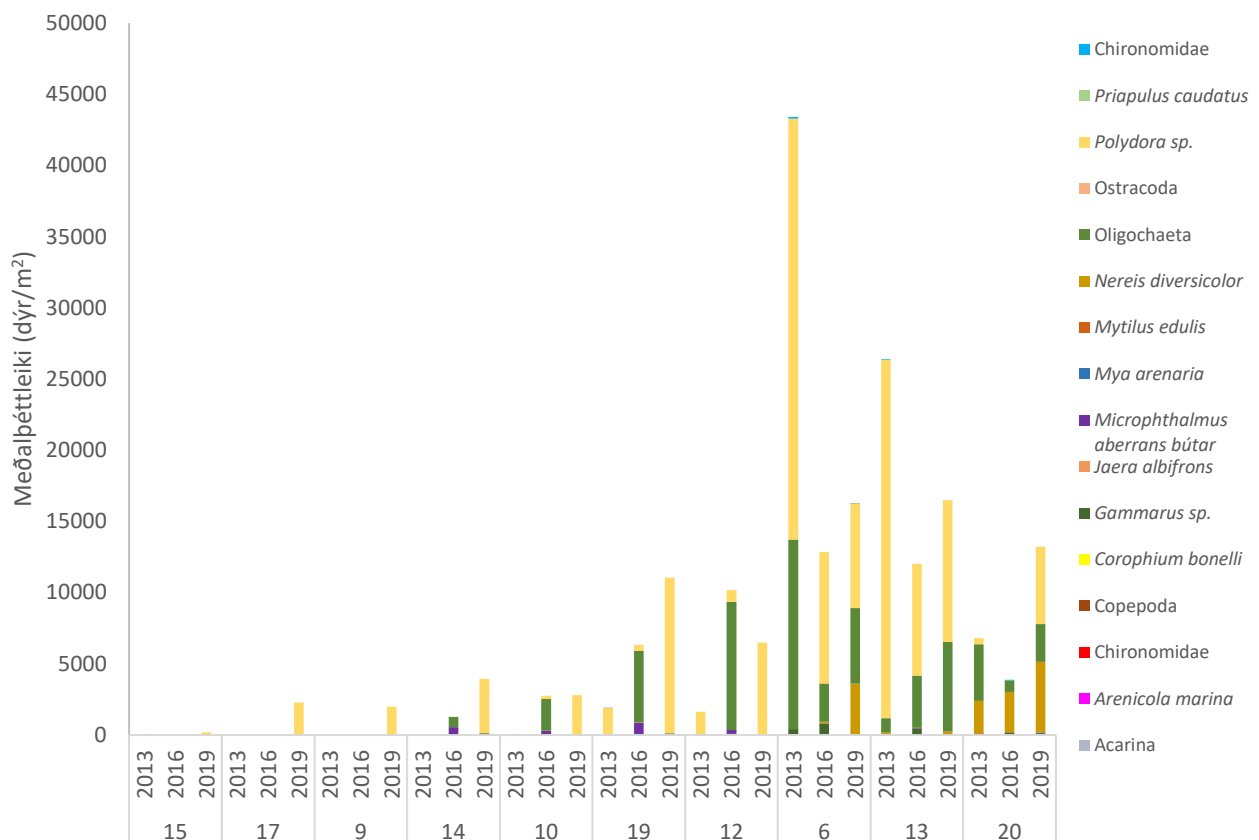
Þéttleiki botndýra hefur verið mestur á stöðvum 6 og 13 öll árin en stöðvarnar eru báðar á um 6 m dýpi. Þéttleikinn minnkar hratt með auknu dýpi. Stöð 20 fylgir þessu þó ekki en hún er á minnsta dýpinu (4,7 m) en þéttleikinn þar er mun minni en á stöðvum 6 og 13 (3. og 4. tafla og 6.-9. mynd).

Eins og áður segir minnkar þéttleikinn mikið á milli ára, bæði milli 2013 og 2016 og svo 2016 og 2019. Þar sem víxlhrif reyndust marktæk er ekki um sömu leitni að ræða á öllum stöðvum. Séu gögnin skoðuð má sjá að þéttleikinn minnkar áberandi á stöðvum 6 og 13. Aðrar stöðvar virðast ekki sýna neina sérstaka leitni eftir árum. Gögn stöðva 6 og 13 voru keyrð inn í línulegt líkan sem gaf marktækni fyrir stöð 6 sem samsvarar fækkun um tæplega 5.400 botndýr/m² á ári ($t=2,64; p=0,033; *$). Leitnin var hins vegar ekki marktæk á stöð 13.

Alls voru greindar 6 tegundir eða tegundahópar í september 2019 (5. tafla og 10. mynd). Árið 2016 voru tegundirnar 11 talsins og 9 árið 2013 (3. tafla).

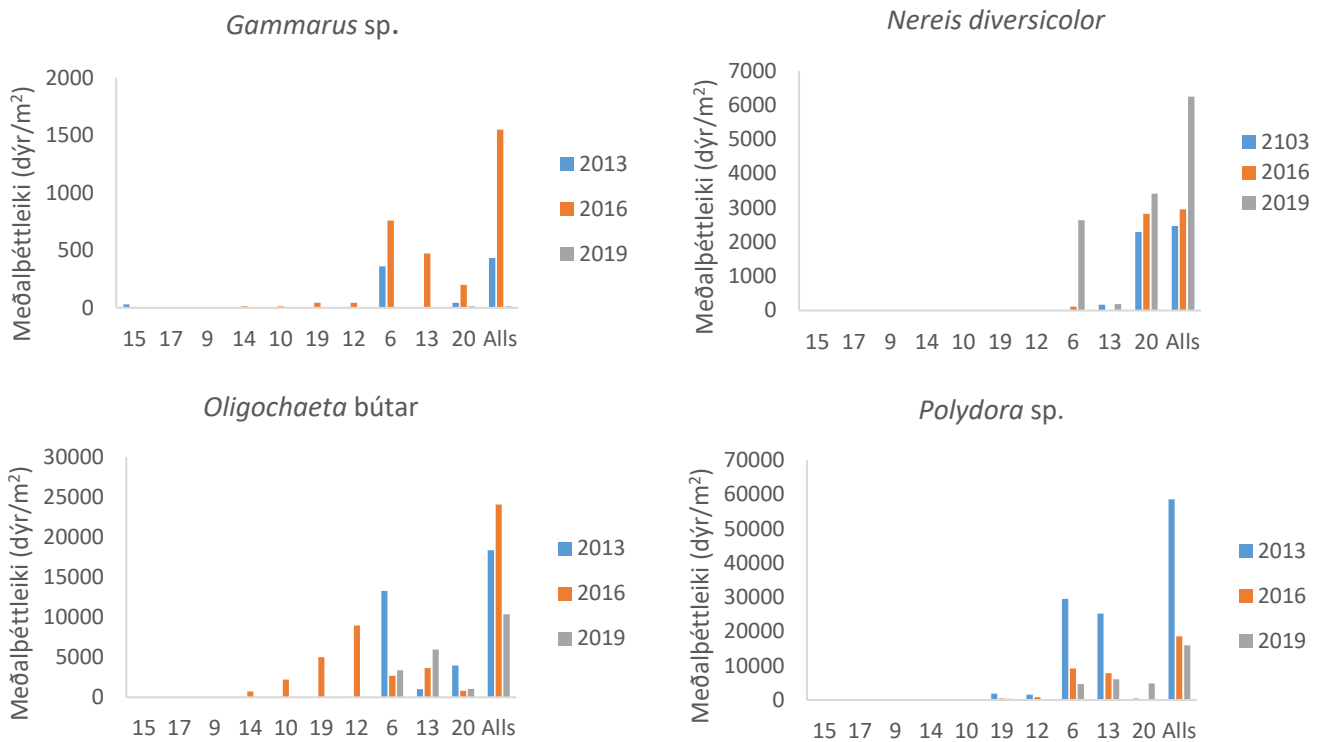
Stöð	<i>Gammarus</i> sp.	<i>Arenicola</i> <i>marina</i>	<i>Nereis</i> <i>diversicolor</i>	<i>Polydora</i> sp.	<i>Oligochaeta</i>	<i>Priapulus</i> <i>caudatus</i>	Samtals
15	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	388	0	0	388
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	43	2.641	4.607	3.373	14	10.678
13	0	0	187	6.100	5.985	0	12.271
20	14	29	3.416	4.880	1.048	0	9.386
Samtals	14	72	6.243	15.974	10.405	14	32.722

5. tafla. Meðalþéttleiki (dýr/m²) þeirra tegunda eða tegundahópa sem voru í sýnum á hverri stöð í september 2019. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.



10. mynd. Meðalþéttleiki (dýr/m²) þeirra tegunda eða tegundahópa sem voru í sýnum á hverri stöð á árunum 2013, 2016 og 2019. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.

Ef algengustu tegundirnar eru skoðaðar (5. tafla og 11. mynd) sést að marflóin (*Gammarus* sp.) hvarf nær alveg árið 2019, leiruskerinn (*Nereis diversicolor*) jók hins vegar hlut sinn verulega á milli árunna 2016 og 2019. Munar þar mestu um mikla aukningu á stöð 6 en leiruskeri fannst þar ekki árið 2013 og einungis í litlum mæli 2016. Minna var af ánum árið 2019 þegar á heildina er litið en þéttleikinn jókst þó lítillega á stöðvum 6, 13 og 20. Ánar hurfu alveg á öðrum stöðvum (10, 12, 14 og 19) sem þeir höfðu verið á árið 2016. Þéttleiki burstaorma af ættkvíslinni *Polydora* sp. minnkaði lítillega á milli árunna 2016 og 2019 en var sem fyrr mestur á stöðvum 6 og 13. Burstaormarnir komu aftur fram á stöð 20 þar sem þeir höfðu verið sumarið 2013 en ekki sumarið 2016.



11. mynd. Meðalþéttleiki (dýr/m²) marflóa (*Gammarus* sp.), leiruskera (*Nereis diversicolor*), ána búta (*Oligochaeta* sp.) og burstaorma (*Polydora* sp.) á hverri stöð og samtals á stöðvunum fyrir árin 2013, 2016 og 2019. Ath. mismunandi mælikvarði er á súluritunum.

Að þessu sinni voru einnig teknir botnkjarnar með kajak og teknar af þeim myndir til að kanna betur botngerðina. Teknir voru kjarnar á þremur grynstu stöðvunum, 6, 13 og 20 en stefnt er að því að taka slíka kjarna á öllum stöðvum framvegis. Á stöðvum 6 og 20 voru kjarnarnir einsleit svört drulla en á stöð 13 mátti sjá greinilegt ljósbrúnt lífrænt lag efst í kjarnanum (12. mynd).



12. mynd. Botnkjarnar af stöðvum 6,13 og 20.

Aukasýnataka

Ekki varð vart við gróður, skít eða fóðurleifar í sýnum sem tekin voru í júní 2019. Líkt og í september fannst brennisteinslykt af sýnum á öllum stöðvum nema 6 og 20. Hún var þó dauf á stöðvum 12, 13 og 19. Botninn var að mestu svartur leir að frátöldum stöðvum 6, 19 og 20 en þar var leirinn brúnn eða brúnn/svartur (6. tafla).

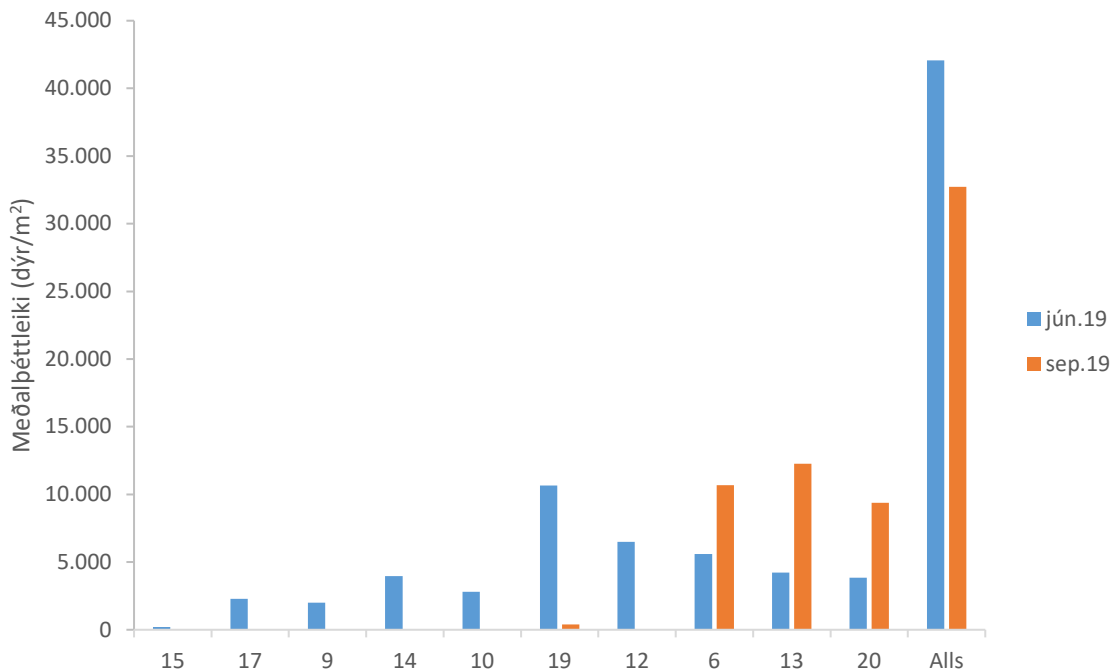
Stöð	dýpi	Litur		H ₂ S lykt	
		jún.19	sep.19	jún.19	sept.19
15	10,5	svart	svart	já	Já
17	9	svart	svart	já	Já
9	8,7	svart	svart	já	Já
14	8,4	svart	svart	já	Já
10	7,5	svart	svart	já	Já
19	7,2	svart/brúnt	svart	dauf	Já
12	6,9	svart	svart	dauf	Já
6	5,85	dökkbrúnt	dökkbrúnt	nei	nei
13	5,8	svart	brúnt/svart	dauf	dauf
20	4,7	brúnt	brúnt	nei	nei

6. tafla. Dýpi, litur og lykt af botnsýnum hvernar stöðvar þann 7. júní og 5. september 2019. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.

Meðalþéttleiki botndýra í júní var 42.065 dýr/m² en 32.722 dýr/m² í september (7. tafla) eða 22% meiri í júní. Munar þar mestu um að botndýr var að finna á öllum stöðvum í júní (á stöð 15 var þó einungis líf í einu sýni af þremur) á meðan engin dýr fundust á dýpstu stöðvunum (15, 17, 9, 14, 10 og 12) í september, ef frá er talin stöð 19 þar sem var lítið líf. Þéttleikinn á grynnsu stöðvunum (6, 13 og 20) jókst hins vegar á milli tímabila. Á stöð 6 tæplega tvöfaldaðist þéttleikinn og tæplega þrefaldaðist á stöð 13. Á stöð 20 jókst þéttleikinn um tæp 60% (7. tafla og 13. mynd).

Stöð	Meðalþéttleiki/m ²	
	júní 2019	sept. 2019
15	201	0
17	2.282	0
9	1.995	0
14	3.961	0
10	2.799	0
19	10.663	388
12	6.501	0
6	5.597	10.678
13	4.219	12.271
20	3.846	9.386
Alls	42.065	32.722

7. tafla. Meðalþéttleiki botndýra (dýr/m²) á hverri stöð og öllum stöðvunum samtals í júní 2019 annars vegar og september 2019 hins vegar. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.

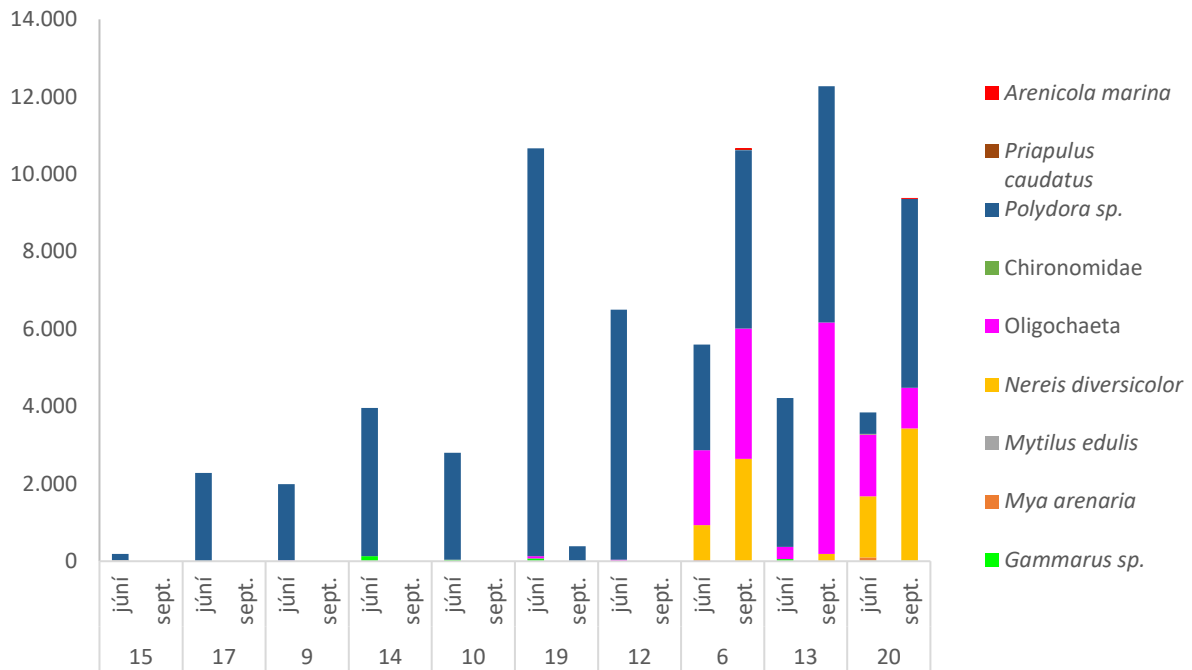


13. mynd. Meðalþéttleiki botndýra (dýr/m²) á hverri stöð og öllum stöðvunum samtals í júní og september 2019. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.

Alls voru greindar 8 tegundir eða tegundahópar í sýnunum sem tekin voru í júní eða tveimur fleiri en greindar voru í september (8. tafla og 14. mynd).

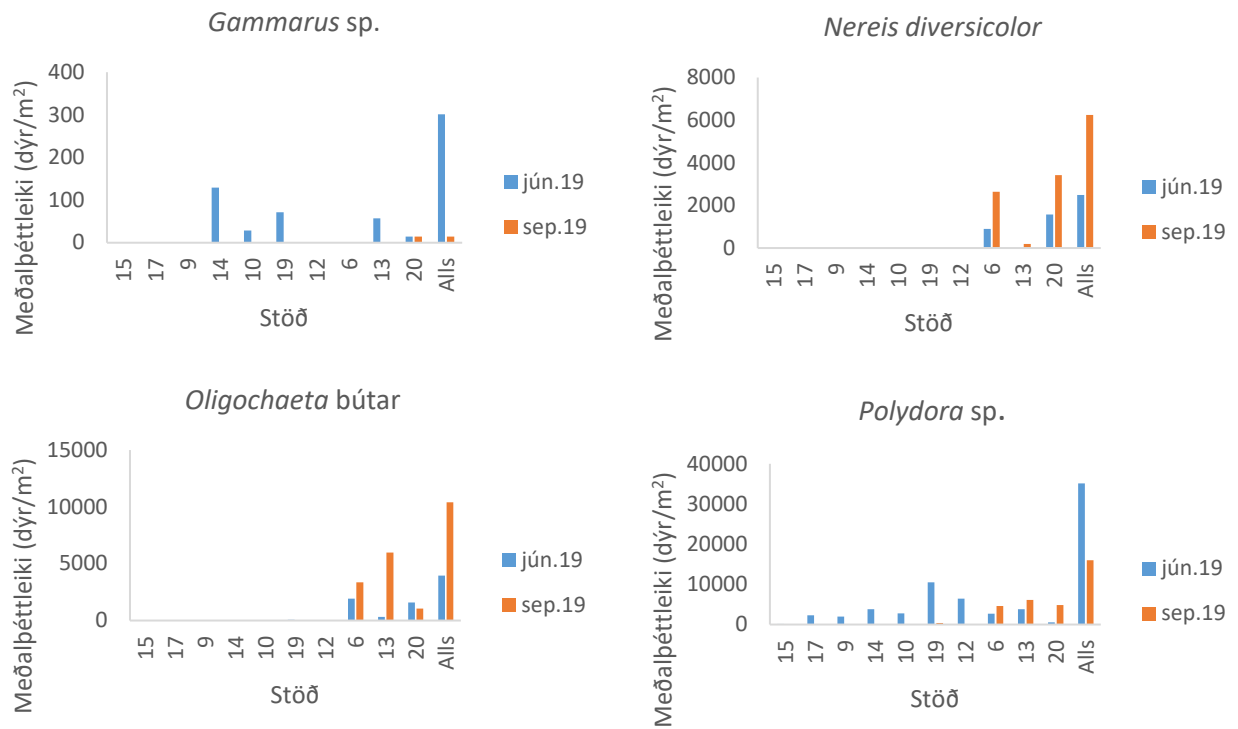
Stöð		<i>Gammarus</i> sp.	<i>Mya</i> <i>arenaria</i>	<i>Mytilus</i> <i>edulis</i>	<i>Nereis</i> <i>diversicolor</i>	Oligo- chaeta	Chirono- midæ	<i>Polydora</i> sp.	<i>Priapulus</i> <i>caudatus</i>	<i>Arenicola</i> <i>marina</i>	Alls
15	júní	0	0	29	0	0	0	158	0	0	187
	sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	júní	0	0	0	0	0	0	2.282	0	0	2.282
	sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	júní	0	0	0	0	14	0	1.981	0	0	1.995
	sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	júní	129	0	0	0	0	0	3.832	0	0	3.961
	sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	júní	29	0	0	0	0	14	2.756	0	0	2.799
	sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	júní	72	0	0	0	57	0	10.534	0	0	10.663
	sept.	0	0	0	0	0	0	388	0	0	388
12	júní	0	0	0	0	43	0	6.458	0	0	6.501
	sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	júní	0	29	0	904	1.938	0	2.727	0	0	5.597
	sept.	0	0	0	2.641	3.373	0	4.607	14	43	10.678
13	júní	57	0	0	0	316	0	3.846	0	0	4.219
	sept.	0	0	0	187	5.985	0	6.100	0	0	12.271
20	júní	14	86	0	1.579	1.593	14	560	0	0	3.846
	sept.	14	0	0	3.416	1.048	0	4.880	0	29	9.386

8. tafla. Meðalþéttleiki (dýr/m²) þeirra tegunda eða tegundahópa sem voru í sýnum á hverri stöð í júní 2019 annars vegar og september 2019 hins vegar. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.



14. mynd. Meðalþéttleiki (dýr/m²) tegunda eða tegundahópa í sýnum á hverri stöð í júní 2019 annars vegar og september 2019 hins vegar. Stöðvunum er raðað eftir minnkandi dýpi.

Ef algengustu tegundirnar eða tegundahóparnir eru skoðaðir sérstaklega (15. mynd og 8. tafla) má sjá að marflóin (*Gammarus sp.*) hvarf alveg á milli tímabila ef frá er talin grynnsta stöðin (stöð 20). Þar fannst hún áfram í litlum mæli. Leiruskerinn (*Nereis diversicolor*) fannst einungis á stöðvum 6 og 20 í júní og tvöfaldaði fjölda sinn á þeim stöðvum í september auk þess sem hann fannst þá í litlum mæli á stöð 13. Ánar (*Oligochaeta*) komu fyrir á 6 stöðvum í júní, stöðvum 6, 9, 12, 13, 19 og 20, þó í mjög litlum mæli á stöðvum 9, 12 og 19 (ekki greinanlegt á súluriti) (8. tafla). Meðalþéttleiki ána rúmlega þrefaldaðist á milli sýntaka þegar á heildina er litið, munar þar mestu um aukningu á stöð 13. Langmestur var meðalþéttleikinn hjá burstaormum af ættkvíslinni *Polydora sp.* í júní, auk þess sem útbreiðsla þeirra var mest. Burstaormana var að finna á öllum stöðvum, þó í litlum mæli á stöð 15 (ekki greinanlegt á súluriti). Í september hurfu þeir hins vegar alveg á dýpri stöðvunum.



15. mynd. Meðalþéttleiki (botndýr/m²) algengustu botndýra, marflóa (*Gammarus sp.*), leiruskera (*Nereis diversicolor*), ánaþúta (*Oligochaeta sp.*) og burstaorma (*Polydora sp.*) á hverri stöð og samtals á stöðvunum, í júní 2019 annars vegar og september 2019 hins vegar. Ath. mismunandi mælikvarði er á súluritunum.

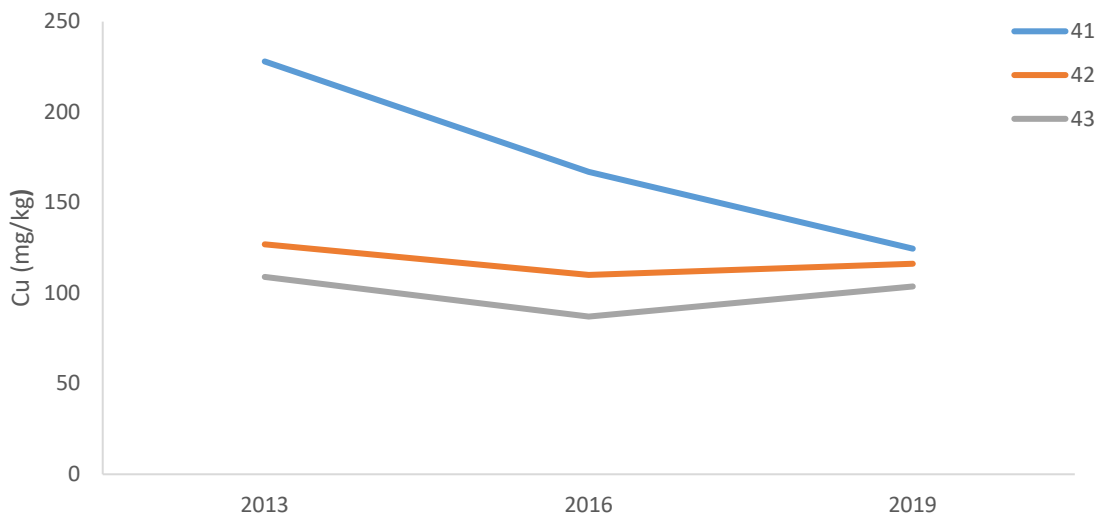
Efnasýni

Vöktun

Styrkur kopars mældist hæstur 124,604 mg/kg á stöð 41 næst búrunum við norðurenda kvíanna og lækkaði eftir því sem fjær dró (9. tafla og 16. mynd). Mikill munur var á styrk kopars á milli stöðva árið 2013. Árið 2019 hafði þessi munur minnkað verulega. Styrkurinn á stöð 41 hefur verið á stöðugri niðurleið frá árinu 2013, hins vegar hækkuðu gildin lítillega á stöðvum 42 og 43 á milli árána 2016 og 2019. Styrkur kopars mældist á öllum stöðvum innan umhverfismarka III samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns (viðauki 2). Gildi sem falla innan þeirra teljast til efri marka náttúrulegs gildis kopars.

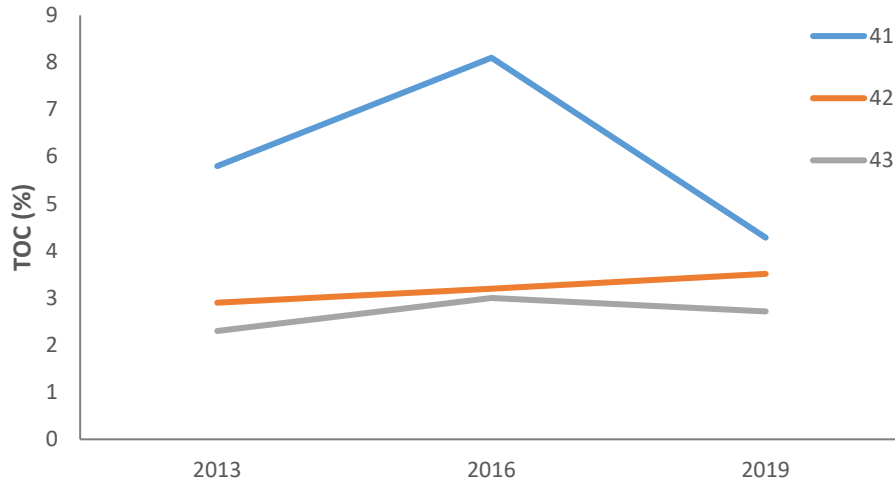
Stöð	Cu (mg/kg)			TOC (%)		
	2013	2016	2019	2013	2016	2019
41	228	167	124,604	5,8	8,1	4,281
42	127	110,1	116,273	2,9	3,2	3,512
43	109	87,1	103,634	2,3	3	2,712

9. tafla. Styrkur kopars (Cu) í mg/kg og hlutfall lífræns kolefnis (TOC) í % 16. ágúst 2013, 24. ágúst 2016 og 5. september 2019 í botnseti Innra-Lóns á stöðvum 41 (staðsett er við norðurenda kvía), 42 (100 m frá kvíum) og 43 (200 m frá kvíum).



16. mynd. Styrkur kopars (Cu) í mg/kg í botnseti á stöðvum 41 – 43 í Innra-Lóni 16. ágúst 2013, 24. ágúst 2016 og 5. september 2019.

Hlutfall lífræns kolefnis (TOC) lækkaði töluvert á stöð 41 en hlutfallið hafði hækkað á milli árána 2013 og 2016 (9. tafla og 17. mynd). Hlutfallið á stöð 42 hækkaði örlítið en lækkaði lítillega á stöð 43.



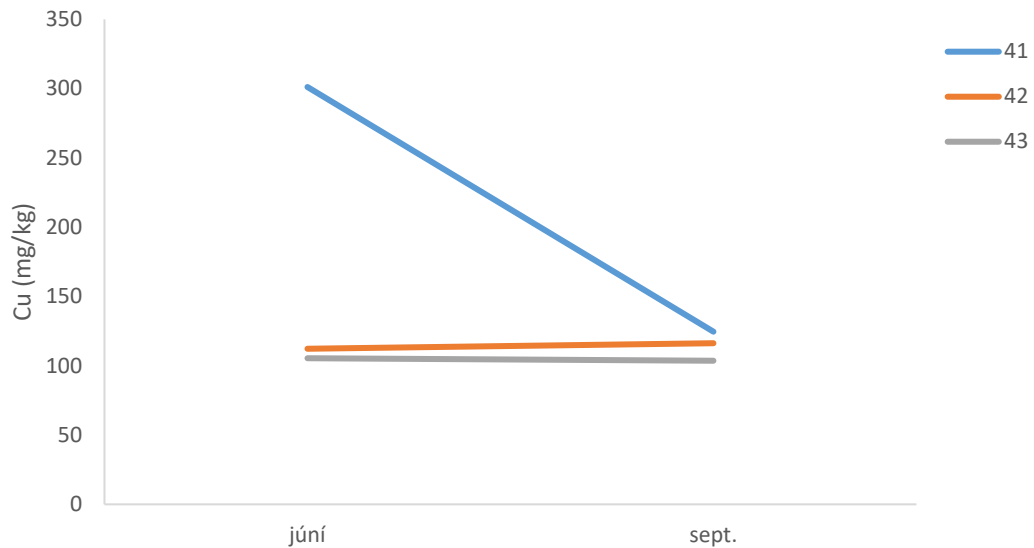
17. mynd. Styrkur lífræns kolefnis (TOC) í % í botnseti á stöðvum 41 – 43 í Innra-Lóni 16. ágúst 2013, 24. ágúst 2016 og 5. september 2019.

Aukasýnataka

Styrkur kopars mældist óvenju hár á stöð 41 í júní eða 301,18 mg/kg (10. tafla og 18. mynd) og féll innan umhverfismarkna IV fyrir málma í sjávarseti við Ísland (reglugerð nr. 796/1999) (viðauki 2) sem telst vera hátt gildi. Styrkurinn var mun hærri nú en mældist á stöð 41 í ágúst 2013 þegar notkun á koparmálningu var hætt. Styrkurinn mældist hins vegar rúmlega helmingi lægri í september.

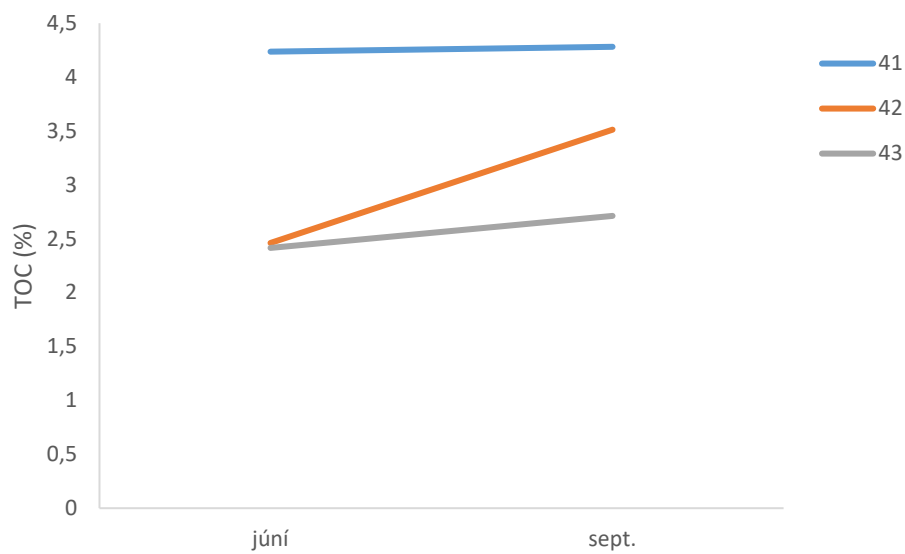
	Cu (mg/kg)		TOC (%)	
	júní	sept.	júní	sept.
Lon41	301,18	124,604	4,236	4,281
Lon42	112,285	116,273	2,461	3,512
Lon43	105,44	103,634	2,415	2,712

10. tafla. Styrkur kopars (Cu) í mg/kg og hlutfall lífræns kolefnis (TOC) í % 7. júní og 5. september 2019 í botnseti Innra-Lóns á stöðvum 41 (staðsett er við norðurenda kvía), 42 (100 m frá kvíum) og 43 (200 m frá kvíum).



18. mynd. Styrkur kopars (Cu) í mg/kg í botnseti á stöðvum 41 - 43 í Innra-Lóni 7. júní og 5. september 2019.

Hlutfall lífræns kolefnis (TOC) var tiltölulega stöðugt á milli mánaða, helst mátti greina hækkun á stöð 42 (19. mynd).



19. mynd. Styrkur lífræns kolefnis (TOC) í % í botnseti á stöðvum 41 - 43 í Innra-Lóni 7. júní og 5. september 2019.

Umræða

Blaðgræna-a

Magn blaðgrænu-a í Lónum sveiflast talsvert á milli mánaða og er nokkuð breytilegt milli ára hversu stórir toppar blaðgræunnar eru og hvenær þeir koma fram (viðauki 1). Yfir háveturinn hefur magn blaðgrænu-a verið í lágmarki enda er fjöldi svifþörungum (frumframleiðenda) þá í lágmarki vegna skorts á birtu. Með aukinni birtu og nægu framboði næringarefna að vori fjölga svifþörungum og þar með eykst magn blaðgrænu. Hversu mikið svifþörungum fjölga og þá hversu mikið magn blaðgrænu eykst er að miklu leyti háð styrk næringarefna. Toppurinn að vori stendur jafnan stutt þar sem hratt gengur á næringarefnin. Við blöndun í vatnsbolnum berast næringarefni frá botninum og svifþörungarnir ná þá hámarki á ný (Brönmark og Hansson 2005). Sveiflur í magni blaðgrænu í Lónum yfir árið eru að miklu leyti háðar framboði næringarefna og dreifingu þeirra bæði lóðrétt og lárétt um vatnsbolinn þó fleira spili þar inn í eins og hitastig og birtuskilyrði. Ein uppspretta næringarefna í Lónunum er frá rotnandi fódurleifum og skít frá fiskeldinu. Jákvætt samband á milli ársmeðaltals blaðgrænu-a og magns þess fódurs sem notað er af fiskeldinu sama ár bendir til þess að uppsprettu næringarefna í Lónunum megi að stærstum hluta rekja til fiskeldisins.

Ef styrkur utanaðkomandi næringarefna eykst um of getur það leitt til ofauðgunar. Það kemur af stað keðjuverkun þar sem frumframleiðendum fjölga óhóflega í byrjun. Í kjölfarið fjölga þeim lífverum sem lifa beint eða óbeint á frumframleiðendum. Þegar lífverum fjölga eykst magn lífrænna leifa óhjákvæmilega og safnast fyrir á botni. Það verður aftur til þess að bakteríum, sem brjóta niður lífrænar leifar, fjölga. Þær nota súrefni við iðju sína og mynda brennisteinsvetni sem er eitrið fyrir þær lífverur sem í vatninu lifa. Eitrið brennisteinsvetnið og súrefnisþurrð sem myndast í vatninu verður til þess að lífverur drepast. Ofauðgun breytir því vistkerfi vatnsins og dregur úr fjölbreytni lífríkisins (Brönmark og Hansson, 2005). Sem fyrr eru þó engin sýni innan umhverfismarka V (ofauðugt) og því ekkert sem bendir til ofauðgunar í Lónunum að svo stöddu. Þróunin bendir engu að síður til þess að aukning hafi orðið í næringarefnum á síðustu árum vegna fiskeldisins og því mikilvægt að stíga varlega til jarðar varðandi aukið fiskeldi og fylgjast vel með framhaldinu.

Botndýralíf

Tegundum/tegundahópum hefur fækkað um 33% frá árinu 2013 og þéttleikinn minnkað um 59%. Hvað veldur er óljóst. Með aukinni framleiðslu fiskeldisins eykst framboð næringarefna eins og blaðgrænu-mælingar gefa til kynna. Aukið framboð næringarefna ætti að hafa þau áhrif að lífverum fjölgi en fleiri þættir hafa þó áhrif eins og styrkur súrefnis og brennisteins.

Fervikagreining gaf til kynna að þróun í fjölda botndýra eftir árum væri ekki sú sama á milli stöðva, þar sem þéttleikinn minnkar á milli ára á stöðvum 6 og 13, þó einungis marktækt á stöð 6 en aðrar stöðvar sýna enga sérstaka leitni eftir árum. Það er því mögulegt að mismunandi þættir hafi áhrif á stöðvunum. Á árunum 2001 til 2008 var hitastig, selta, auk styrks súrefnis og brennisteinsvetnis mælt reglulega yfir árið á átta mismunandi dýptarbilum (sjá viðauka 5). Það væri heldur til bóta ef slíkar mælingar færu fram samhliða vöktun lífríkisins. Það gæti mögulega varpað frekara ljósi á þær breytingar sem verða á lífríkinu og hjálpað við túlkun gagna.

Öll árin sem sýnatökur hafa farið fram hefur seyru verið dælt undan búrunum 1-2 mánuðum fyrir sýnatökur í lok sumars. Árið 2013 fór dælingin fram í júlí, 2016 í júní og í júlí árið 2019. Það er hugsanlegt að niðurstöður yrðu aðrar ef sýnatökur færu fram á þeim árum sem ekki er dælt undan búrunum. Um það er þó ekki hægt að fullyrða að óreyndu. Eins og áður segir fóru sýnatökur einnig fram í júní, að beiðni Umhverfisstofnunar, til þess að kanna botndýralíf fyrir dælingu. Í ljós kom að líf var þá á öllum stöðvum, einnig dýpstu stöðvunum en lítið sem ekkert líf hafði fundist á þeim stöðvum 2013 og 2016

og svo aftur í september 2019. Það bendir óneitanlega til þess að dælingar Rifóss af botninum hafi þarna áhrif enda líklegt að efsta lagið af botninum, lífræna lagið, skolist út með dælingunni. Þess ber þó að geta að súrefni við botninn minnkar eftir því sem líður á sumarið samkvæmt mælingum á árunum 2001-2008 (viðauki 5). Þegar súrefnismagnið fer undir 5% verða eingöngu þær tegundir eftir sem þola vel súrefnisskort líkt og burstaormar af ættkvíslinni *Polydora* sp. (Gray 1992). Hvarf burstaorma bendir þó til að fleiri þættir en súrefnisskortur hafi haft áhrif á lífríkið. Til að kanna áhrif dælingar er mikilvægt að skoða botndýralíf að hausti þau ár sem ekki er dælt undan búrunum.

Efnaþælingar

Rifós hf. hætti notkun koparmálningar árið 2013 og sýna mælingar að styrkur kopars fer enn lækkandi og þá sérstaklega næst búrunum þar sem styrkurinn var hvað mestur. Niðurstöður sýna að styrkur kopars er nú nokkuð svipaður á stöðvunum þremur sem bendir til þess að áhrif vegna notkunar koparmálningar á árum áður séu á undanhaldi. Í júní mældist styrkur kopars hins vegar talsvert hár næst kvíunum og í raun hærri en hann mældist þar árið 2013. Þar sem styrkurinn mældist svo aftur mun lægri í september má telja líklegt að tilviljun hafi ráðið því að styrkur mældist svo hár í júní. Sýnataka hefur mögulega hitt á blett þar sem styrkur kopars var óvenju hár.

Hlutfall lífræns kolefnis var áfram hæst næst kvíunum sem verður að teljast eðlilegt þar sem uppspretta lífræna efna kemur að stórum hluta frá fóðurleifum og skít frá kvíunum. Hlutfallið þar minnkaði þó á milli áruna 2016 og 2019 og mældist lægra en árið 2013. Á stöðvum 42 og 43 var lítil breyting.

Þakkir

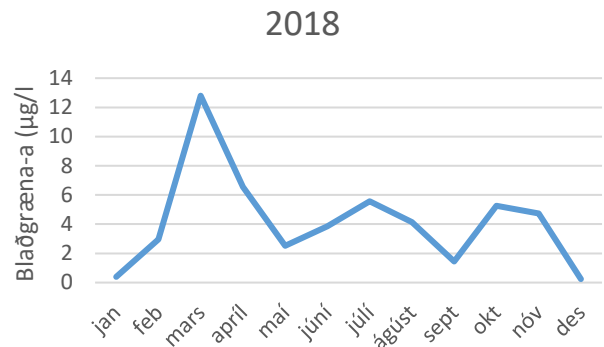
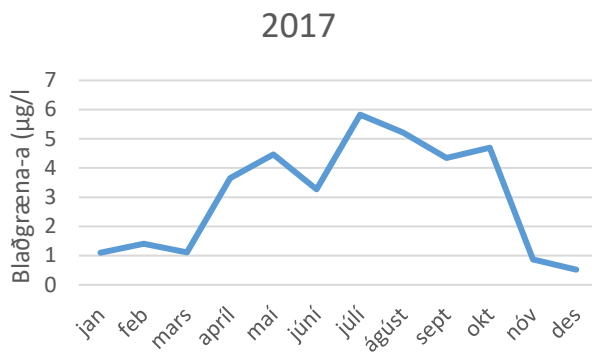
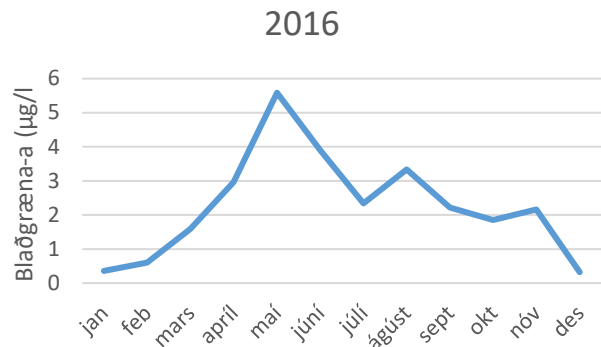
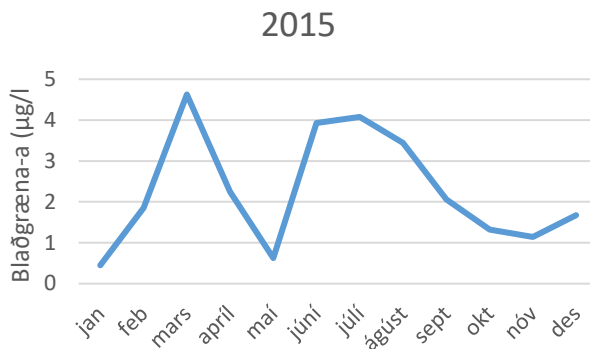
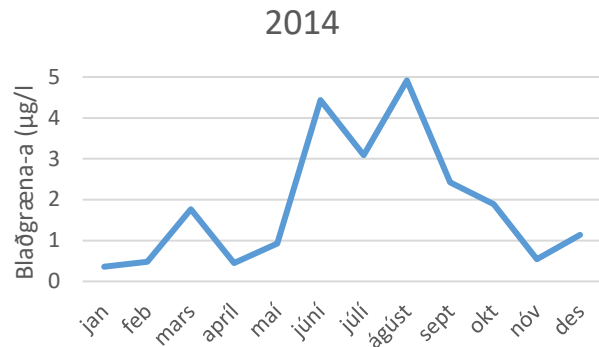
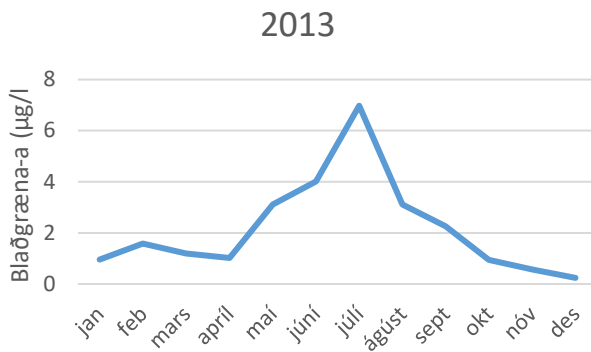
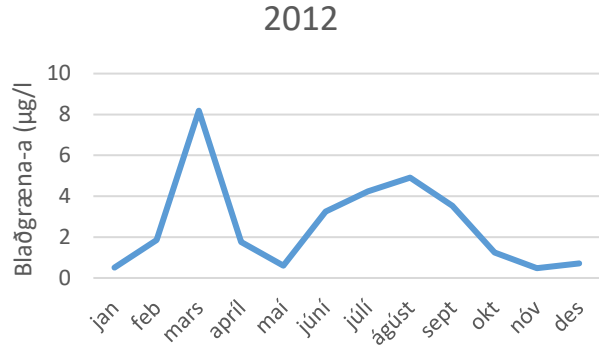
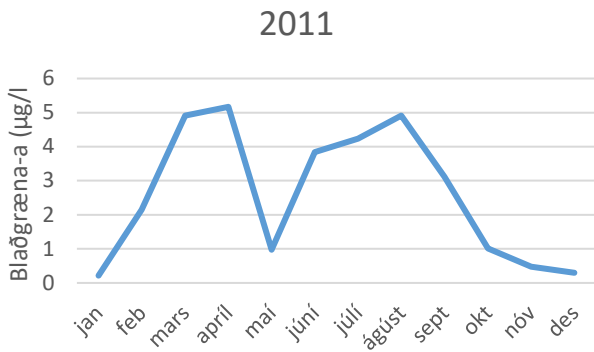
Starfsmönnum Rifóss hf. eru færðar þakkir fyrir vikulegar vatnssýnatökur. Guðmundur Héðinsson, starfsmaður Rifóss, fær bestu þakkir fyrir siglingu um Lónin og Rifós hf. fyrir afnot af pramma. Náttúruvannsóknastöðin við Mývatn fær þakkir fyrir lán á botngreip og Þorkell Lindberg Þórarinnsson fyrir yfirlestur.

Heimildir

- Aðalsteinn Örn Snæþórsson 2013. *Fiskeldi í Lónum, Kelduhverfi. Vöktunaráætlun*. Náttúrustofa Norðausturlands, NNA-1301.
- Aðalsteinn Örn Snæþórsson og Sesselja Guðrún Sigurðardóttir 2014. Vöktun lífríkis í Lónum. Ársskýrsla 2013. Skýrsla unnin fyrir Rifós hf. Náttúrustofan Norðausturlands, NNA-1401
- Brönmark, C og Hansson 2005. *The Biology of Lakes and Ponds. Second edition*. Oxford University Press Inc., New York.
- R Core Team 2019. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999*. Umhverfisstjórnuneytið. <http://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/796-1999>
- Sesselja Guðrún Sigurðardóttir og Aðalsteinn Örn Snæþórsson 2016. *Frumframleiðni í Lónum. Ársskýrsla 2015*. Náttúrustofa Norðausturlands, NNA-1601.
- Sesselja Guðrún Sigurðardóttir og Aðalsteinn Örn Snæþórsson 2017a. *Vöktun lífríkis í Lónum. Ársskýrsla 2016*. Náttúrustofa Norðausturlands, NNA-1701.
- Sesselja Guðrún Sigurðardóttir og Aðalsteinn Örn Snæþórsson 2017 b. *Vöktun blaðgrænu í Lónum. Ársskýrsla 2017*. Náttúrustofa Norðausturlands, NNA-1709
- Sesselja Guðrún Sigurðardóttir og Aðalsteinn Örn Snæþórsson 2018. *Vöktun blaðgrænu í Lónum. Ársskýrsla 2018*. Náttúrustofa Norðausturlands, NNA-1807

Viðauki 1

Meðaltal magns blaðgræna-a ($\mu\text{g/l}$) fyrir hvern mánuð áráanna 2011-2018. Árinu 2010 er sleppt þar sem mælingar hófust ekki fyrr en í apríl það ár.



Viðauki 2

Umhverfismörk fyrir næringarefni og lífræn efni í vatni til verndar lífríki (Reglugerð nr. 796/1999).

Næringarefni/lífræn efni í stöðuvötnum:

Umhverfismörk I	Næringarfátækt (oligotrophy).
Umhverfismörk II	Lágt næringarefnagildi (oligo-/mesotrophy).
Umhverfismörk III	Næringarefnaríkt (meso-/eutrophy).
Umhverfismörk IV	Næringarefnaauðugt.
Umhverfismörk V	Ofauðugt (hypertrophy).

Umhverfismörk	I	II	III	IV	V
Heildarfosfór (mg P/l):					
Grunn vötn	<0,02	0,02-0,04	0,04-0,09	0,09-0,15	>0,15
Djúp vötn	<0,01	0,01-0,03	0,03-0,05	0,05-0,1	>0,1
Heildarköfnunarefni (mg N/l)					
Blaðgræna a (µg/l):					
Grunn vötn	<8	8-15	15-30	30-45	>45
Djúp vötn	<2	2-5	5-10	10-25	>25

Umhverfismörk fyrir málma í sjávarseti við Ísland (reglugerð nr. 796/1999).

Byggt á niðurstöðum um 55 til 70 mælinga á seti.

Umhverfismörk I: Mjög lág gildi (25% mældra gilda innan þessara marka).

Umhverfismörk II: Lág gildi (75% mældra gilda innan þessara marka og lægri).

Umhverfismörk III: Efri mörk náttúrulegra gilda (meira en 95% umhverfsgilda innan þessara marka og lægri). Mörkin svara til 5 sinnum miðgildis umhverfsgilda.

Umhverfismörk IV: Há gildi (25 sinnum miðgildi umhverfsgilda).

Umhverfismörk V: Mjög há gildi (50 sinnum miðgildi umhverfsgilda).

Umhverfismörk Málmur/styrkur í mg/kg þurrefnis	I	II	III	IV	V
Cu	40	40-70	70-250	260-1300	>1300
Zn	60	60-110	110-340	340-1700	>1700
Cd	0,11	0,11-0,3	0,3-1	1-4,5	>4,5
Pb	6	6-15	15-50	50-230	>230
Hg	0,02	0,02-0,1	0,1-2	2-8	>8
Cr	100	100-150	150-500	500-2500	>2500
Ni	22	22-40	40-125	125-650	>650
As	8	8-18	18-55	55-270	>270

Viðauki 3

Hlutfall (%) blaðgræusýna úr Lónum sem falla innan þeirra 5 umhverfismarka (viðauki 2) sem skilgreind eru í reglugerð nr. 796/1999 ásamt meðaltali allra ára. Árinu 2010 er sleppt þar sem mælingar hófust ekki fyrr en í apríl það ár.

	Umhverfismörk I	Umhverfismörk II	Umhverfismörk III	Umhverfismörk IV	Umhverfismörk V
2011	54,0	30,0	12,0	4,4	0,0
2012	54,0	30,0	10,0	6,0	0,0
2013	56,0	34,0	6,0	4,0	0,0
2014	64,0	22,0	14,0	0,0	0,0
2015	52,0	40,0	6,0	2,0	0,0
2016	52,0	32,0	16,0	0,0	0,0
2017	36,0	42,0	20,0	2,0	0,0
2018	34,0	32,0	22,0	12,0	0,0
2019	22,9	50,0	20,8	6,3	0,0
Meðaltal	47,2	34,7	14,1	4,1	0,0

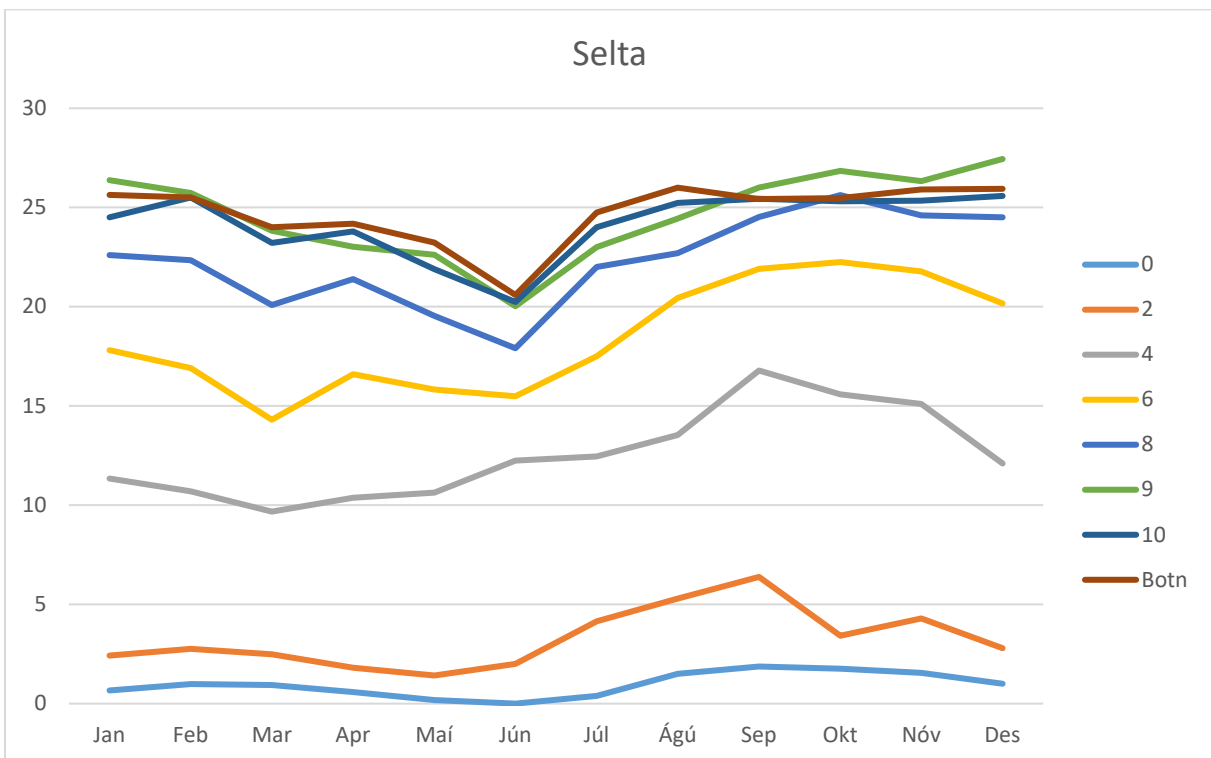
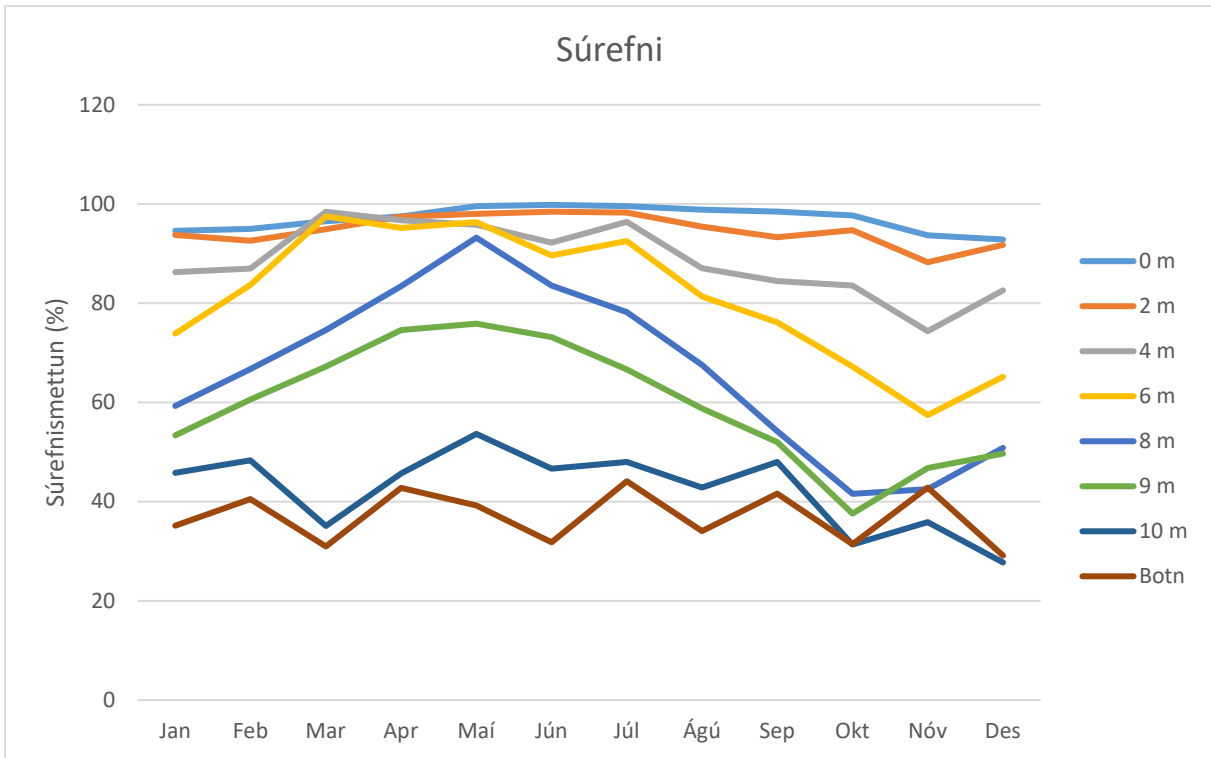
Viðauki 4

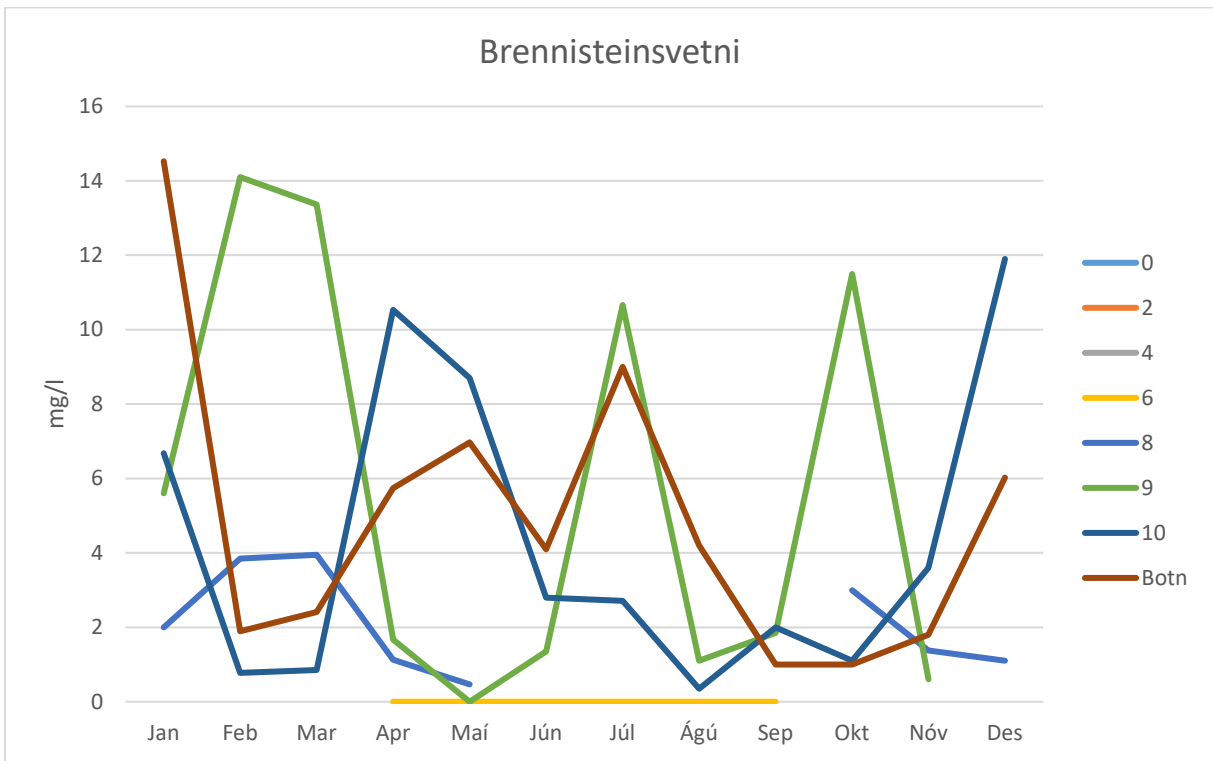
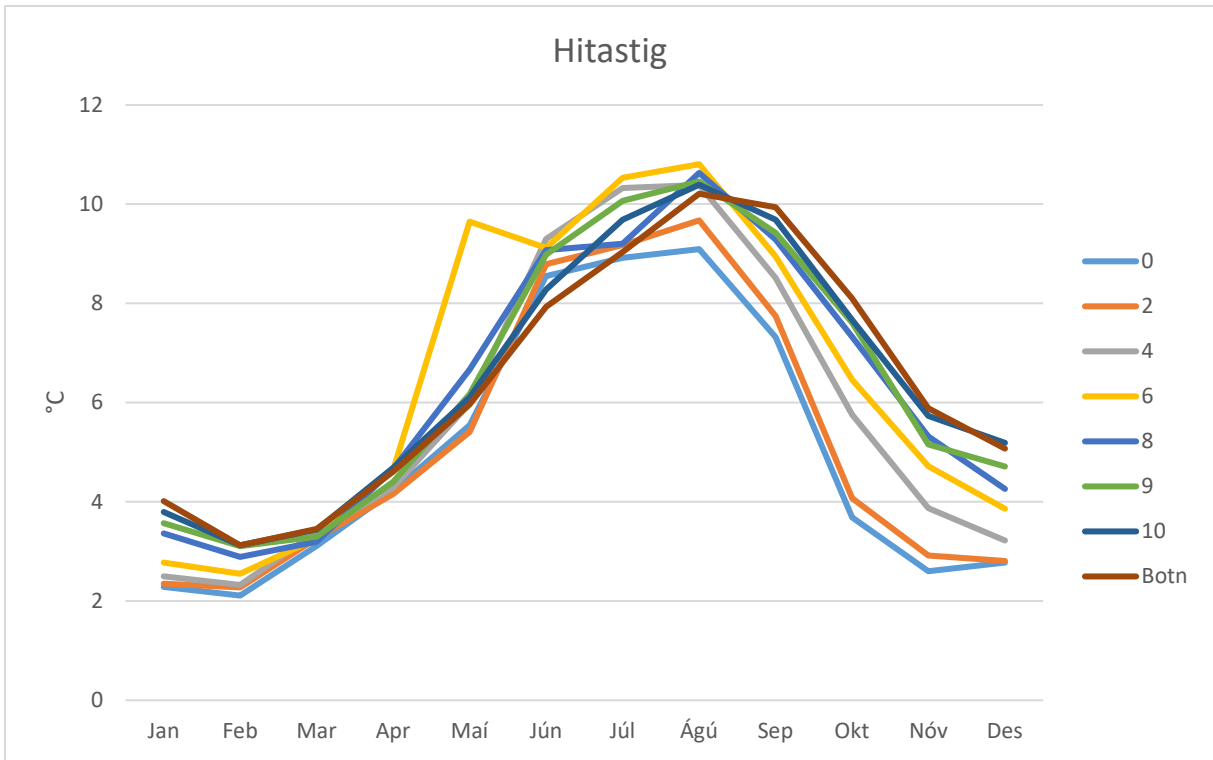
Sýnatökustöðvar fyrir botnathuganir og fjöldi sýna á hverri stöð.

Stöð	Hnit	Sýnataka
6	N66.10339 W16.94564	Botndýralíf - 3 sýni
9	N66.10522 W16.94072	Botndýralíf - 3 sýni
10	N66.10578 W16.93726	Botndýralíf - 3 sýni
12	N66.10495 W16.93609	Botndýralíf - 3 sýni
13	N66.10338 W16.93605	Botndýralíf - 3 sýni
14	N66.10896 W16.94297	Botndýralíf - 3 sýni
15	N66.10810 W16.94102	Botndýralíf - 3 sýni
17	N66.10784 W16.93737	Botndýralíf - 3 sýni
19	N66.10770 W16.93327	Botndýralíf - 3 sýni
20	N66.10534 W16.92848	Botndýralíf - 3 sýni
41	N66.10788 W16.94130	Efnamælingar - 1 sýni
42	N66.10848 W16.93937	Efnamælingar - 1 sýni
43	N66.10921 W16.93776	Efnamælingar - 1 sýni
Vatnssýni	N66.10367 W16,94413	Vikulegar blaðgrænumælingar

Viðauki 5

Niðurstöður mánaðarlegra mælinga á fjórum efna og eðlisþáttum í Lónum árin 2001 til 2008 á átta dýptarbilum.





NÁTTÚRUSTOFA NORÐAUSTURLANDS

Hafnarstétt 3 – 640 Húsavík – Sími: 464 5100 – Netfang: nna@mna.is – www.nna.is