

HV 2018-46
ISSN 2298-9137



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Vetrarstyrkur næringarefna og súrefnis í Eyjafirði

Sólveig R. Ólafsdóttir og Alice Benoit-Cattin

REYKJAVÍK OKTÓBER 2018

Vetrarstyrkur næringarefna og súrefnis í Eyjafirði

Sólveig R. Ólafsdóttir og Alice Benoit-Cattin

Upplýsingablað

Titill: Vetrarstyrkur næringarefna og súrefnis í Eyjafirði.		
Höfundar: Sólveig R. Ólafsdóttir og Alice Benoit-Cattin.		
Skýrsla nr: HV 2018-46	Verkefnisstjóri: Sólveig R. Ólafsdóttir	Verknúmer: 9233
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 10	Útgáfudagur: 15. október 2018
Unnið fyrir: Hafrannsóknastofnun	Dreifing: Ópið	Yfirfarið af: Steingrímur Jónsson
Ágrip Sólveig R. Ólafsdóttir, Alice Benoit-Cattin. Vetrarstyrkur næringarefna og súrefnis í Eyjafirði. HV 2018-46. Gerð er grein fyrir niðurstöðum mælinga á næringarefnum og súrefni í Eyjafirði að vetrarlagi þegar árlegt hámark er. Mælingar voru gerðar árin 1993, 2017 og 2018. Litlar breytingar verða á tímabilinu. Greina má smávægilega aukningu í styrk fosfats sé miðað við hvert dýpi eftir því sem innar kemur í fjörðinn og nemur sú aukning 0,05 til 0,1 $\mu\text{mol L}^{-1}$, og sést í öllum þremur leiðöngrum. Meðalnítratstyrkur var á bilinu 12,4 – 13,3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ og meðalfosfatstyrkur á bilinu 0,89-0,90 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Súrefnismettun var á bilinu 96 – 101 %. Abstract Sólveig R. Ólafsdóttir, Alice Benoit-Cattin. Winter concentration of nutrients and oxygen in Eyjafjörður. HV 2018-46. Winter concentrations of dissolved inorganic nutrients and oxygen in Eyjafjörður are reported. The data is from February 1993, 2017 and 2018. Little changes are observed over the period.		
Lykilorð: Súrefni, næringarefni, vetur		
Undirskrift verkefnisstjóra: 	Undirskrift forstöðumanns sviðs: 	

Efnisyfirlit

Inngangur.....	1
Aðferðir.....	2
Niðurstöður.....	4
Umræður	9
Þakkir	9
Heimildir	10

Myndaskrá

- 1. mynd.** Staðsetningar stöðva í Eyjafirði.
- 2. mynd.** Samanburður á mældum súrefnisstyrk ($\mu\text{mol L}^{-1}$) með síritandi nema á sondu (O2ctd) annars vegar og hins vegar sýnum sem mæld voru með aðferð Winklers.
- 3. mynd.** Hitastig ($^{\circ}\text{C}$), selta, eðlisþyngd ($\text{kg m}^{-3} - 1000$) og súrefnisstyrkur ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á mælistöðvum í Eyjafirði í febrúar 1993 (rautt), 2017 (grænt) og 2018 (blátt). Samfelldir ferlar með dýpi, mælt með Seabird sondu (CTD) með Seabird súrefnisnema. Samfelld súrefnisgögn eru ekki til frá 1993, hér eru sýnd gögn frá einstökum dýpum.
- 4. mynd.** Styrkur næringarefna ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á sniði eftir Eyjafirði austanverðum þann 14. febrúar 2018, efri mynd vinstra megin NO_3 , efri mynd hægra megin, PO_4 og neðri mynd hægra megin Si(OH)_4 .
- 5. mynd.** Styrkur næringarefna, sem fall af dýpi níturat, kísill og fosfat ($\mu\text{mol L}^{-1}$), í Eyjafirði í febrúar 1993 (rautt), 2017 (grænt) og 2018 (blátt).
- 6. mynd.** Samband kísilis og seltu í Eyjafirði að vetrarlagi.

Töfluskrá

Tafla 1. Meðalgildi næringarefnastyrks ($\mu\text{mol L}^{-1}$) í Eyjafirði að vetrarlagi. Gögn frá febrúar 1993, 2017 og 2008.

Tafla 2. Styrkur fosfats, nítrats og ammóníum í Eyjafjarðará og Hörgá í febrúar 2018.

Inngangur

Eyjafjörður er með lengstu fjörðum landsins og eru um 60 km frá botni fjarðarins og út að mynni hans. Innri hluti fjarðarins er töluvert mjórri en sá ytri. Flatarmál fjarðarins frá botni að 66°10'N er 350 km². Fjörðurinn dýpkar frá því að vera um 40 m djúpur í innri hlutanum og í að vera um 200 m við mynnið. Sá sjór sem streymir inn í Eyjafjörð á að öllu jöfnu uppruna sinn í Atlantssjónum sunnan Íslands en Irmingerstraumurinn flytur Atlantssjó, sem er tiltölulega saltur og hlýr, meðfram Vesturlandi. Út af Breiðafirði skiptist hann í tvær greinar og heldur sú stærri yfir Grænlandshaf í átt til Grænlands en minni grein heldur áfram til norðurs meðfram Vestfjörðum inn á norðurmið og streymir þar yfir landgrunninu til austurs. Á leið sinni meðfram landinu blandast sjórinn ferskvatni frá landi og seltan minnkar, einkum næst landi. Sjórinn kólnar einnig smám saman á leið sinni. Út af Eyjafirði hefur Atlantssjórinn að miklu leyti tapað sínum upprunalegu eiginleikum með blöndun við ferskari sjó og kælingu (Hreiðar Þór Valtýsson og Steingrímur Jónsson 2000).

Straumar í Eyjafirði voru kannaðir sumarið 1992 en þessar mælingar sýndu að innstreymi í fjörðinn á sér stað vestanmegin en útstreymið austanmegin. Hýji sjórinn sem streymir austur með Norðurlandi, leitar því vestanmegin inn á Eyjafjörð og virðist sem selturíkur sjór sem þarna kemur inn haldi sig vestanmegin inn allan fjörðinn en á leið sinni blandast hann ferskvatni frá ánum og seltan minnkar þar til sjórinn að lokum streymir út að austanverðu (Hreiðar Þór Valtýsson og Steingrímur Jónsson 2000). Vatnasvið Eyjafjarðar er 4.730 km² og nær frá Siglunesi í vestri að Gjögurtá í austri og eru Eyjafjarðará og Fnjóská vatnsmestu árnar sem falla þar til sjávar. Árnar sem falla í Eyjafjörð eru að langmestu leyti dragár og eru ferskvatnsáhrif mikil í Eyjafirði miðað við aðra firði á Íslandi.

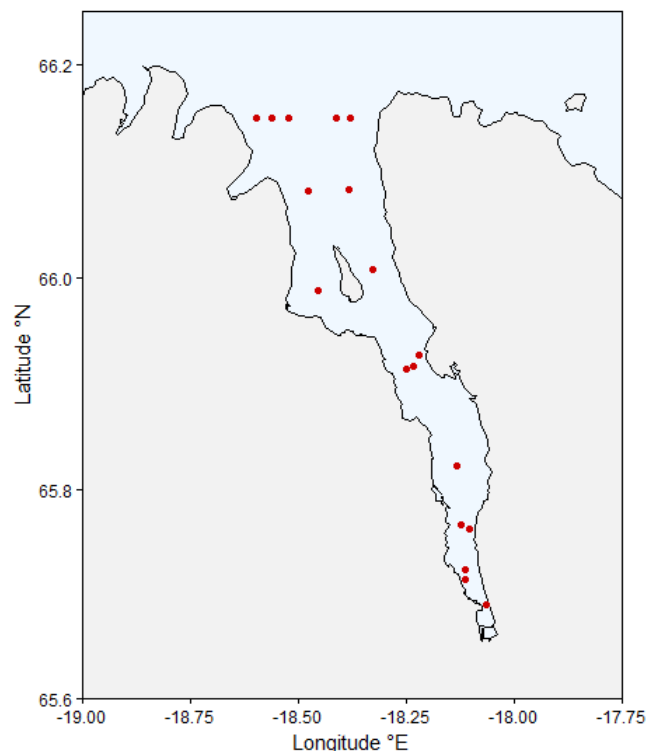
Eins og alls staðar á háum breiddargráðum breytist styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar í Íslandshafi reglulega með árstíma og er það afleiðing af bæði lífrænum og eðlisfræðilegum ferlum. Styrkurinn er hæstur við hámark vetrarkælingar og lóðréttrar blöndunar þegar vetrarmyrkur hamlar ljóstillífum. Dýpt blandaða lagsins við yfirborð er því mest um hávetur þegar þörungagróður er nánast enginn en minnkar síðan að vorlagi með hækandi sól og þegar hitaskiptalag myndast, eða þar sem sjór með lága seltu og eðlisþyngd er við yfirborð.

Vegna ráðgjafar um burðarþol fjarða m.t.t. sjókvíaelis og annars álags sem er á fjörðinn hefur Hafrannsóknastofnun á undanförunum árum aukið við gagnasöfnun í Eyjafirði. Einn liður í þessari gagnaöflun er augin vöktun á ástandi sjávar, súrefni og næringarefnum. Til að meta áhrif af mannavöldum á næringarefnabúskap strandsvæða hefur verið talið best að nota vetrargildi þegar áhrif lífríkisins á næringarefnastyrkinn eru í lágmarki (Hydes o.fl. 2004, Tett o.fl. 2003) en sú aðferð lýsir ekki áhrifum á vistkerfið. Næringarefnauðgun og þau áhrif sem hún veldur hefur verið lýst á mörgum stöðum (sjá t.d. Nixon 1995). Vistkerfi sjávar sýnir flókin

viðbrögð við aukinni ákomu næringarefna m.a. því hvernig aðstæður kunna að draga úr áhrifum mengunarinnar. Í sjó geta slíkir þættir t.d. verið breytileg birtuskilyrði á hverjum árstíma og þynning og haft veruleg áhrif á hve viðkvæm einstök vatnshlot eru gagnvart næringarefnaauðgun (Painting o.fl., 2005). Þessi skilningur er að hluta til endurspeglaður í aðferðum sem þróaðar voru á vettvangi Osló-Parísar samkomulagsins (OSPAR 2003). OSPAR “common procedure” til ákvörðunar á næringarefnaástandi og notar sem mælikvarða hve mikið fram yfir grunnástand næringarefnastyrkur að vetrarlagi vex sem fyrsta skrefið í að finna hvar um næringarefnaauðgun sé að ræða. OSPAR (2001) lagði til að næringarefnaálag væri metið út frá vetrargildum þar sem svæði er talið lítt mengað ef auking í vetrarstyrk uppleysts köfnunarefnis og fosfórs fer ekki yfir 50% af vetrarstyrk miðað fullsaltan sjó á sama svæði. Erfitt að setja mörk fyrir næringarefnastyrk sem veldur marktækum áhrifum á lífríkið án þess að hafa skýra tilvísun í hugsanleg líffræðileg áhrif hækkunar styrksins. Í þessari skýrslu verður gerð grein fyrir niðurstöðum mælinga á næringarefnum og súrefni í Eyjafirði að vetrarlagi.

Aðferðir

Sýnum var safnað í leiðöngrum í Eyjafjörð á rannsóknaskipinu Bjarna Sæmundssyni 8. -9. febrúar 2017 og 14. – 15. febrúar 2018. Einnig var safnað sýnum í viðamikilli rannsókn í Eyjafirði á árunum 1992-1993 (Steingrímur Jónsson, 1996, Kristinn Guðmundsson o.fl., 2002). Staðsetningar stöðva eru sýndar á 1. mynd, en mælt var á flestum þeirra í öllum leiðöngrunum.



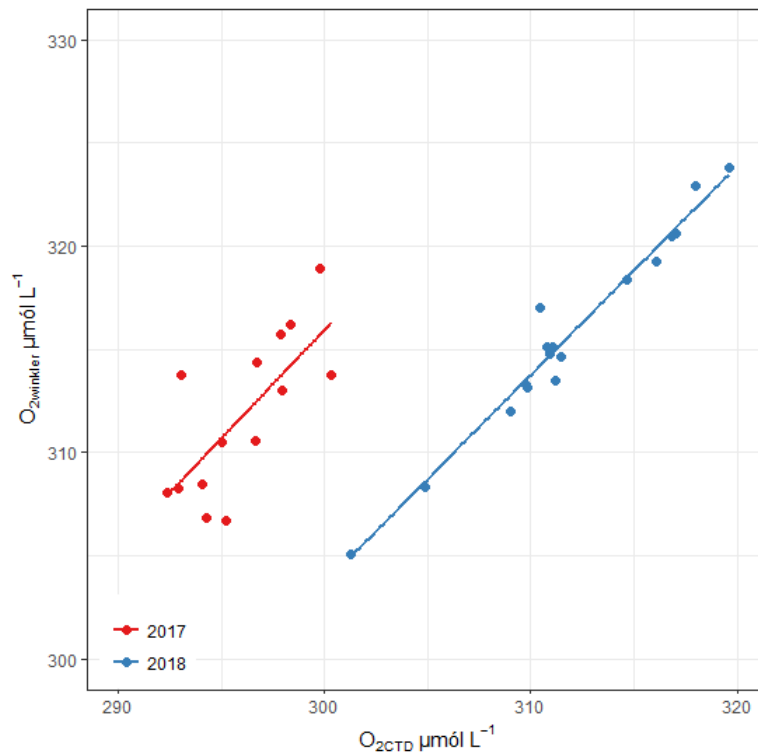
1. mynd. Staðsetningar stöðva í Eyjafirði.

Figure 1. Positions of stations in Eyjaförður.

Á öllum stöðvum árin 2017 og 2018 voru hiti, selta og súrefni mæld í gegnum vatnssúluna með siritandi tæki (SeaBird Electronics SBE 911plus og SBE 13 fyrir súrefni). Sýnum til mælinga á næringarefnunum nítrati og nítríti ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$), fosfati (PO_4) og kísli ($\text{Si}(\text{OH})_4$), var safnað á öllum öllum stöðvunum, 3-6 sýnum á hverri stöð eftir botndýpi. Frá dýpsta söfnunardýpi á hverri stöð voru að auki tekin sýni til mælinga á súrefni (O_2), og seltu.

Næringarefnasýnunum var safnað í sýrupvegnar polyetylen flöskur (low density polyethylene) sem þvegnar voru með þynntri saltsýru og þau fryst. Mælingar voru síðar unnar á Hafrannsóknastofnun eftir stöðluðum aðferðum. Mælt var styrkur nítrats (NO_3), fosfats (PO_4) og kísils (silikats) ($\text{Si}(\text{OH})_4$). Við mælingu á nítrati mælist einnig það nítrít (NO_2) sem í sýninu er þannig að í raun er um mælingu á heildar oxuðu köfnunarefni að ræða. Alla jafna er nítrít mjög lítið hlutfall af heildaroxuðu köfnunarefni og því er í umfjöllun einungis rætt um nítrat. Til efnagreininga var notaður Seal autoanalyzer með 3 rásum og samtímis mælt nítrat, fosfat og kísill. Aðferðirnar voru samkvæmt Grasshoff (1970), nema fyrir fosfat þar sem notuð var aðferð Murphy & Riley (1962), sem aðlöguð var sjálfvirkum efnagreiningaútbúnaði. Magn súrefnis í sýnunum var mælt samkvæmt aðferð Winklers (Carpenter, 1965). Nánari lýsingu á aðferðum og gæðaeftirliti við mælingarnar má finna í Sólveig Ólafsdóttir, 2006.

Súrefnisnemanum á sondunni og súrefnissýnunum bar mjög vel saman en súrefnisneminn gefur þó ætíð til kynna lægri styrk. Samband súrefnis sem mælt var með aðferð Winklers annars vegar og með súrefnisnema hins vegar er línulegt (2. mynd) og er Winkler mælingin notuð til að leiðrétta súrefnisgildin sem mæld voru með súrefnisnemanum.



2. mynd. Samanburður á mældum súrefnisstyrk ($\mu\text{mol L}^{-1}$) með síritandi nema á sondu ($\text{O}_{2\text{CTD}}$) annars vegar og hins vegar sýnum sem mæld voru með aðferð Winklers.

Figure 2. Comparison of oxygen concentration measured with a sensor on the CTD and discrete samples.

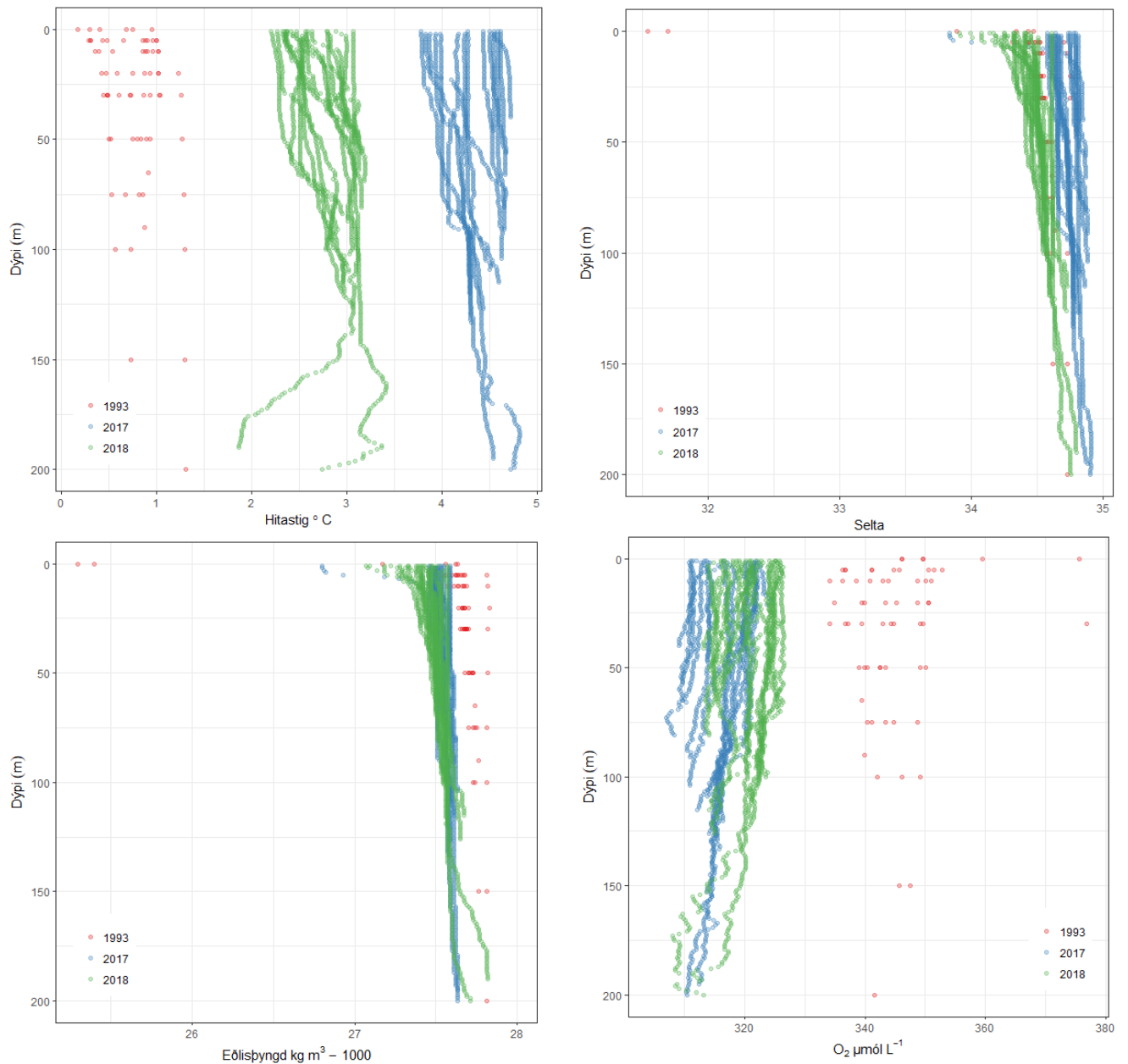
Sýnum var safnað á 2 stöðvum í Eyjafjarðará og 2 stöðvum í Hörgá þann 13. febrúar 2018. Í þeim voru mælt níturat (NO_3), fosfat (PO_4) og ammóníum (NH_4).

Sumar myndanna í skýrslunni eru unnar með ODV (Schlitzer, 2011).

Niðurstöður

Talsverður munur var á hitastigi í febrúar milli þessara mælinga. Árið 1993 var hiti á bilinu 0,29 til 1,31 °C, frá 3,80 til 4,72°C í febrúar 2017 og 1,88 til 3,19°C í febrúar 2018, fyrir dýptarbilið frá 5 m til 200 m. Selta sjávarins og eðlismassi voru breytileg þar sem seltulækkunar gætti við yfirborð á innstu stöðvunum í firðinum. Súrefnisstyrkur var á bilinu 305 til 328 $\mu\text{mol L}^{-1}$ í allri vatnssúlunni árin 2017 og 2018 en á bilinu 334 til 360 $\mu\text{mol L}^{-1}$ árið 1993. Fyrir allar athuganirnar samsvarar þetta 96-101 % metnun. Lóðréttir, samfelldir ferlar hita, seltu, eðlismassa og súrefnisstyrks á öllum stöðvum eru sýndir á 3. mynd.

Niðurstöður eðlis-og efnafræðilegra þátta niðri við botn er að finna í töflu 1.

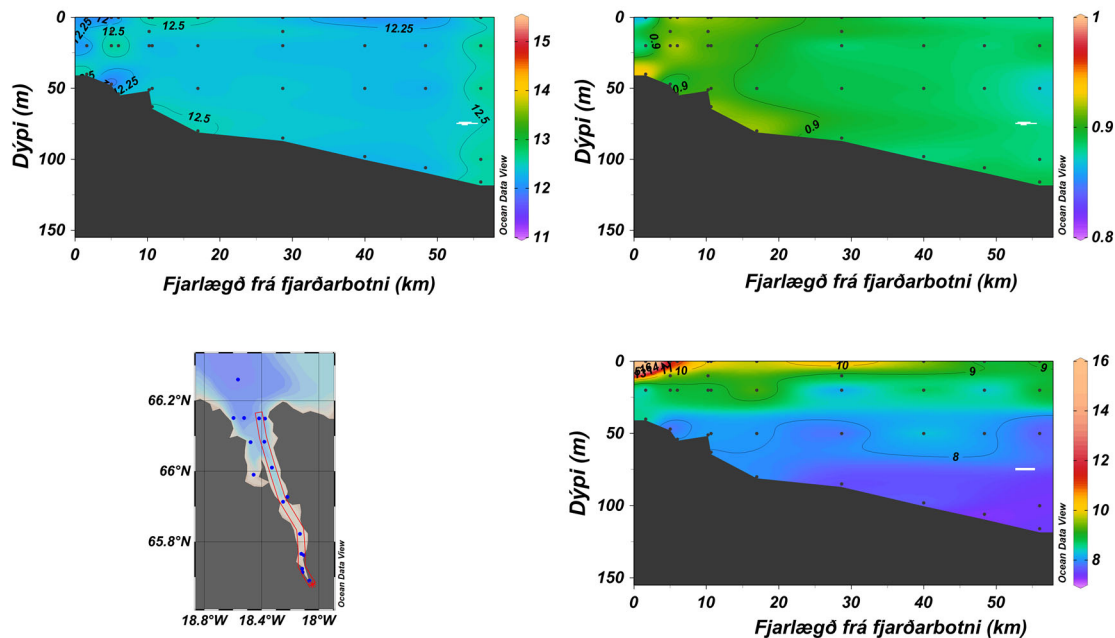


3. mynd. Hitastig ($^{\circ}\text{C}$), selta, eðlisþyngd ($\text{kg m}^{-3} - 1000$) og súrefnisstyrkur ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á mælistöðvum í Eyjafirði í febrúar 1993 (rautt), 2017 (grænt) og 2018 (blátt). Samfelldir ferlar með dýpi, mælt með Seabird sondu (CTD) með Seabird súrefnisnema. Samfelld súrefnisgögn eru ekki til frá 1993, hér eru sýnd gögn frá einstökum dýpum.

Figure 3. Temperature ($^{\circ}\text{C}$), salinity, density ($\text{kg m}^{-3} - 1000$) and oxygen concentration ($\mu\text{mol L}^{-1}$) in Eyjafjörður in February 1993 (red), 2017 (green) and 2018 (blue). Continuous profiles from Seabird CTD and Seabird oxygen sensor are shown, except from 1993 where only discrete samples are available.

Á 4. mynd er sýndur styrkur nitrats, fosfats og kísils á sniði eftir austanveðum Eyjafirði 14. febrúar 2018. Almennt eru ekki miklar breytingar á styrk nitrats og fosfats hvorki með dýpi né með staðsetningu eins og búast má við að vetrarlagi en áberandi er hækkun á kíslistyrk vegna blöndunar við ferskt vatn. Niðurstöður frá 1993 og 2017 eru áþekkar þó að

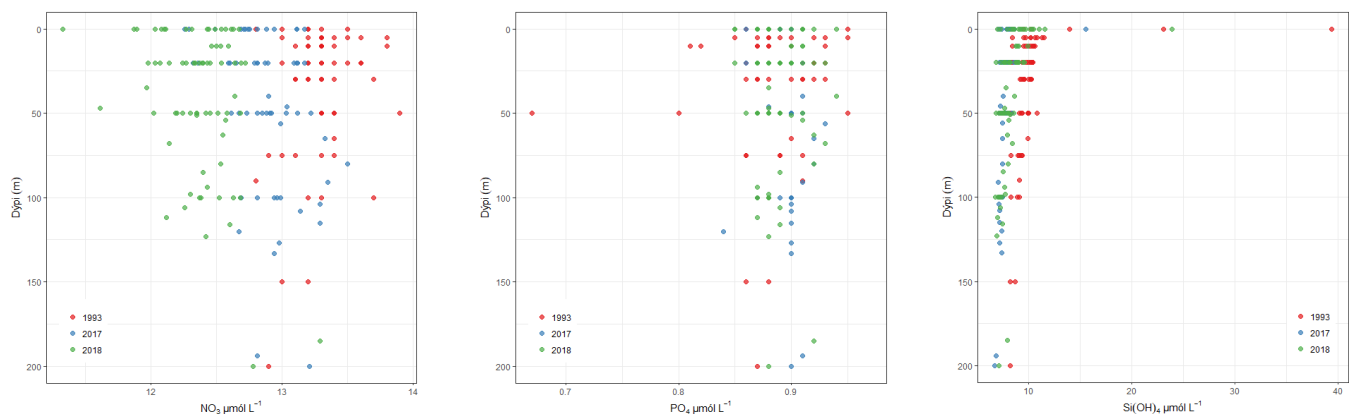
ferskvatnsáhrif á kíslistyrk hafi ekki verið eins áberandi þá. Greina má smávægilega aukningu í styrk fosfats sé miðað við hvert dýpi eftir því sem innar kemur í fjörðinn (4. mynd) og nemur sú aukning 0,05 til 0,1 $\mu\text{mol L}^{-1}$, og sést í öllum þremur leiðöngrum.



4. mynd. Styrkur næringarefna ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á sniði eftir Eyjafirði austanverðum þann 14. febrúar 2018, efri mynd vinstra megin NO_3 , efri mynd hægra megin, PO_4 og neðri mynd hægra megin Si(OH)_4 .

Figure 4. Nutrient concentrations ($\mu\text{mol L}^{-1}$) at a section in Eyjafjörður on February 14th 2018, upper left NO_3 , upper right PO_4 and lower right, Si(OH)_4 .

Lóðrétt dreifing næringarefna frá öllum stöðvum er sýnd á 5. mynd. Breytingar milli ára eru litlar en í febrúar 1993 var styrkur nitrats á bilinu 12,8 til 14,1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ og fosfatsyrkur var 0,85-0,95 $\mu\text{mol L}^{-1}$, árið 2017 var styrkur nitrats á bilinu 12,3 til 13,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ og fosfatsyrkur var 0,84-0,93 $\mu\text{mol L}^{-1}$, árið 2018 var styrkur nitrats á bilinu 11,3 til 13,3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ og fosfatsyrkur var 0,85-0,94 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Kísilstyrkur á 20-50 m dýpi var á bilinu 9,1 til 10,4 $\mu\text{mol L}^{-1}$ árið 1993, 7,3 til 8,8 $\mu\text{mol L}^{-1}$ árið 2017 og 7,1 til 9,6 $\mu\text{mol L}^{-1}$ árið 2018 en breytilegri nær yfirborði.



5. mynd. Styrkur næringarefna, sem fall af dýpi nítrat, kísill og fosfat ($\mu\text{mol L}^{-1}$), í Eyjafirði í febrúar 1993 (rautt), 2017 (grænt) og 2018 (blátt).

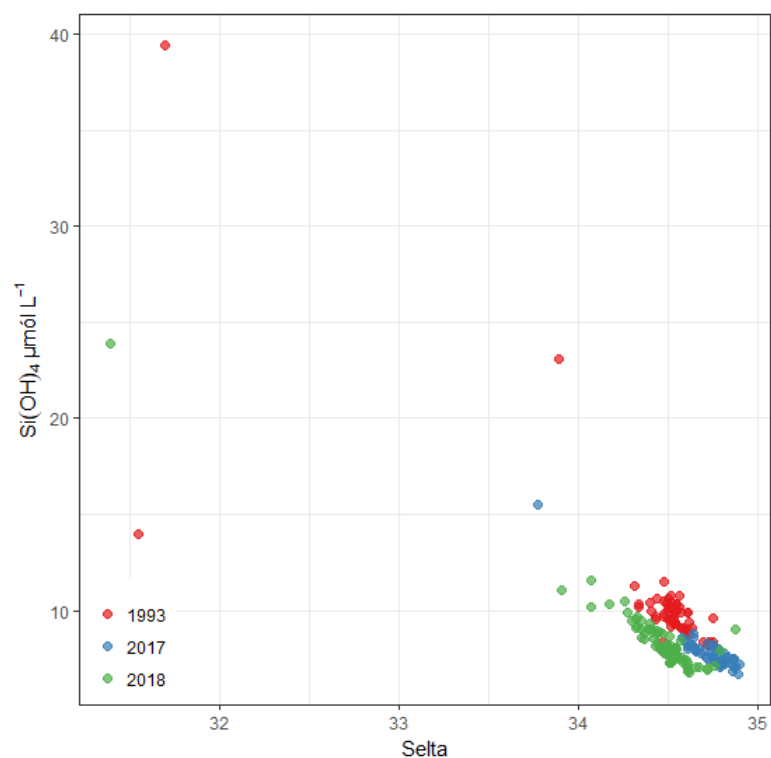
Figure 5. Nutrient concentration as a function of depth, nitrate, silicate and phosphate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) in Eyjaförður in February 1993 (red), 2017 (green) and 2018 (blue).

Kísilstyrkur í Eyjafirði er all breytilegur og tengist seltu en styrkur kísils sem fall af seltu, í efstu 50 m sjávarins, er sýndur á 6. mynd en línuleg vensl eru þar á milli. Meðalvetrargildi nítrats og fosfats út frá mæligögnum frá öllum dýpum og öllum stöðvum fyrir hvert ár eru í töflu 1.

Tafla 1. Meðalgildi næringarefnastyrks ($\mu\text{mol L}^{-1}$) í Eyjafirði að vetrarlagi. Gögn frá febrúar 1993, 2017 og 2008.

Table 1. Average nutrient concentrations ($\mu\text{mol L}^{-1}$) in Eyjaförður in winter. Data from February 1993, 2017 and 2018.

	NO ₃	PO ₄
1993	13,3±0,3 (n=49)	0,90±0,03 (n=49)
2017	12,9±0,3 (n=52)	0,89±0,02 (n=52)
2018	12,4±0,3 (n=67)	0,89±0,02 (n=67)



6. mynd. Samband kísilis og seltu í Eyjafirði að vetrarlagi.

Figure 6. The relationship between silicate and salinity in Eyjafjörður in winter.

Styrkur efna í árvatni sem berst til innri hluta fjarðarins er sýndur í töflu 2. Stöð 1 er efst á vatnasviðinu, talið niður að sjó. Það voru tvær stöðvar í Hörgá en fjórar í Eyjafjarðará og var aðeins safnað á tveimur efstu stöðvunum.

Tafla 2. Styrkur fosfats, nitrats og ammóníum í Eyjafjarðará og Hörgá í febrúar 2018.

Table 2. Nutrients concentrations in Eyjafjarðará and Hörgá in February 2018.

		Breidd (°N)	Lengd (°W)	PO ₄ (μmól L ⁻¹)	NO ₃ (μmól L ⁻¹)	NH ₄ (μmól L ⁻¹)
Eyjafjarðará	stöð 1	65.45952	18.18729	0.391	2.44	0.287
Eyjafjarðará	stöð 2	65.59794	18.12419	0.580	5.62	0.518
Hörgá	stöð 1	65.69478	18.46697	0.458	4.20	0.117
Hörgá	stöð 2	65.84067	18.37672	0.550	5.65	0.244

Umræður

Mikill munur var á hitastigi sjávarins í þessum þremur athugunum en ástand sjávarins tengist ástandi sjávar á landgrunninu utan fjaðarins.

Áramunur í styrk næringarefna og súrefnis var ekki mikill. Mikilvægustu eðlisfræðilegu þættirnir sem hafa áhrif á styrk súrefnis að vetrarlagi eru hiti og selta sjávarins þar sem leysni súrefnis minnkar með vaxandi hita og seltu en útreiknuð súrefnismettun tekur tillit til þessa og lítil breyting var á súrefnismettun milli leiðangranna.

Í Eyjafirði er umtalsvert ferskvatn en styrkur köfunarefnis- og fosfórssambanda í Eyjafjarðará og Hörgá er lágur í samanburði við styrk efnanna í sjónum svo að árnar valda fremur þynningaráhrifum á styrkinn. Öðru máli gegnir um kísilstyrk en hann vex mjög með lækkandi seltu enda er munur meiri kísill í fersku vatni en í sjó. Í firðinum mátti greina aukningu á styrk kísils umfram það sem er í fullsöltum sjó með tilsvarendi seltulækkun vegna blöndunar við ferskvatnsfrárennsli.

Talið er að álag á innanverðan Eyjafjörð sé nægilegt til að hætta sé á að hann nái ekki umhverfismarkmiðum sem sett eru í lögum um stjórn vatnamála (Jóhanna B. Weissappel o.fl., 2013). Litlar breytingar voru á styrk uppleystra næringarefna milli ára en rannsóknin tók ekki til uppsöfnunar lífrænna efna í set.

Styrkur nitrats og fosfats er sambærilegur við gildi í sjó úti fyrir Norðurlandi á svipuðum árstíma en vetrargildi nitrats og fosfats í yfirborðssjó fyrir norðan og austan land eru $12,9 \pm 1,1 \mu\text{mol L}^{-1}$ fyrir níturat og $0,87 \pm 0,06 \mu\text{mol L}^{-1}$ fyrir fosfat (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson, 1991).

Styrkur næringarefna yfir landgrunni er háður fleiri ferlum en styrkur þeirra fyrir utan landgrunn (Jickells, 1998). Stærstan hluta breytinga á styrk næringarefna á landgrunninu við Ísland má að öllum líkindum rekja til ytri skilyrða þ.e. breytinga á skilyrðum í hafinu fyrir utan þó að enn sé órannsakað hér við land hvernig samspil ýmissa innri ferla hefur áhrif á styrk næringarefna í fjörðum.

Ljóst er af þeim gögnum sem hér liggja fyrir að áhrif á köfnunarefni og fosfór í vatnssúlunni í Eyjafirði eru ekki mikil en landræn áhrif á kísilstyrk eru mikil. Aðrir þættir eins og brotnám næringarefna í set voru ekki athuguð hér en vera kann að hluti þeirra næringarefna sem berast til sjávar í Eyjafirði safnist fyrir í seti.

Þakkir

Við þökkum samstarfsmönnum í sjófræðiteymi Hafrannsóknastofnunar fyrir veitta aðstoð og Eydísi Salóme Eiríksdóttur fyrir efnagreiningar á ferskvatnssýnum.

Heimildir

- Carpenter, J. H. (1965). The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler oxygen method, *Limnology and Oceanography*, 10: 141-143.
- Grasshoff, K. (1970). A simultaneous multiple channel system for nutrient analysis in seawater with analog and digital data record. *Technicon Quarterly*, 3: 7-17.
- Hreiðar Þór Valtýsson og Steingrímur Jónsson. (2000) *Sjór og sjávarlíf* (50 síður). Kafli í bókinni Líf í Eyjafirði.
- Hydes, D.J., Gowen, R.J., Holliday, N.P., Shammon, T., Mills, D. (2004). External and internal control of winter concentrations of nutrients (N, P and Si) in north-west European shelf seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59, 151-161.
- Jickells, T.D. (1998). Nutrient Biogeochemistry of the Coastal Zone. *Science* 281, 217-222.
- Jóhanna B. Weisshappel (ritstjóri), Gunnar Steinn Jónsson, Tryggvi Þórðarson, Helgi Jensson, Svanfríður Dóra Karlsdóttir, Heiðrún Guðmundsdóttir og Kristján Geirsson. (2013). *Stöðuskýrsla fyrir Vatnasvæði Íslands*. Umhverfisstofnun. Ust, 2013: 11. 68 s.
- Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveig Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig Ólafsdóttir og Övind Kaasa. (2002). *Ecology of Eyjafjörður Project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992-August 1993*. Hafrannsóknastofnun Fjölrit nr. 89. 132 s.
- Murphy, J. and Riley, J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Nixon, S.W. (1995). Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia* 41, 199-219
- OSPAR.(2001). Annex 5: Draft Common Assessment Criteria and their Application within the Comprehensive Procedure of the Common Procedure. Meeting Of The Eutrophication Task Group (Etg), London (Secretariat): 9-11 October 2001.
- OSPAR, Commission. (2003). The OSPAR integrated report 2003 on the Eutrophication status of the OSPAR Maritime Area based upon the first application of the Comprehensive Procedure. Includes "baseline/assessment levels used by Contracting Parties and monitoring data (MMC 2003/2/4: OSPAR publication 2003: ISBN: 1 – 904426-25-5).
- Painting, S., M. Devlin, S. Rogers, D.K. Mills, E.R. Parker, H.L. Rees. (2005). Assessing the suitability of OSPAR EcoQOs for eutrophication vs ICES criteria for England and Wales. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 1569-1584.
- Schlitzer, R.: Ocean Data View, <http://odv.awi.de>, 2011.
- Sólveig R. Ólafsdóttir. (2006). *Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland*. Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar nr. 122. Reykjavík 2006. 24 s.
- Steingrímur Jónsson. (1996). *Ecology of Eyjafjörður Project: Physical parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992 - August 1993*. Hafrannsóknastofnun Fjölrit 48. 160s.
- Tett, P., Gilpin, L., Svendsen, H., Erlandson, C. P, Larson, U., Kratzer, S., Fouillans, E., Janzen, C., Lee, J.-Y., Grenz, C., Newton, A., Ferreira, J.G., Fernandes T., Scory, S. (2003). Eutrophication and some European waters of restricted exchange. *Continental Shelf Research* 23, 1635-1671.
- Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson. (1991). *Nutrients and fertility of Icelandic waters*. Rit Fiskideildar, 12 (3):1-56.



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna