

Rannsóknir á sjó og botnseti við fiskeldissvæðið  
Bjarg í Reyðarfirði  
Niðurstöður sniðvöktunar (MOM C)

Erlín Emma Jóhannsdóttir  
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.



## NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

<b>Skýrsla nr:</b> NA-210209	<b>Dags (mánuður, ár):</b> Apríl 2021	<b>Dreifing:</b> Opin
<b>Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):</b> Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Bjarg í Reyðarfirði. Niðurstöður sniðvöktunar (MOM C)	<b>Upplag:</b> 3	
	<b>Síðufjöldi:</b> 26	
	<b>Fjöldi korta:</b> <b>Fjöldi viðauka:</b> 2	
<b>Höfundur:</b> Erlín Emma Jóhannsdóttir		
<b>Unnið fyrir:</b> Laxar fiskeldi ehf.		
<b>Útdráttur:</b> <p>Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti innan nærsvæðis fiskeldissvæðisins við Bjarg í Reyðarfirði við hámarks lífmassa. Niðurstöður þeirra rannsókna gáfu tilefni til að virkja vöktun á sniði út fyrir nærsvæði fiskeldisins til að kanna mögulega mengun utan nærsvæðis. Bakgrunns athuganir höfðu áður verið gerðar á svæðinu.</p> <p>Sýnum var safnað af botnseti á fimm stöðum á sniði í 25 til 500 m fjarlægð frá kví og einni viðmiðunarstöð. Fjögur sýni voru tekin á hverjum stað. Alls staðar var redox gildi og pH-gildi mælt í efstu lögum botnsetsins og sýnum lýst með tilliti til litar, lyktar, áferðar og hvort gasbólur eða hvít skán sæist. Sýnin voru síðan sigtuð og dýr talin og greind til tegunda. Allar niðurstöður voru skráðar í gátlista og fékk hver þáttur sem kannaður var ákveðið gildi. Þau gildi voru síðan lögð saman og út frá þeirri samlagningu fékk svæðið ákveðna einkunn með tilliti til ástands. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = <i>mjög gott</i>, 2 = <i>gott</i>, 3 = <i>slæmt</i> og 4 = <i>mjög slæmt</i>. Að auki var eitt sýni tekið á hverri staðsetningu í sniðvöktun til efnagreininga á lífrænu kolefni, heildarmagni köfnunarefnis, og heildarmagni lífrænna leifa í seti.</p> <p>Niðurstöður mælinga og skynmats sniðvöktunarinnar sýndu að ástand botnsets var <i>gott</i> á stöðvum næst kvíum (25 m) en <i>mjög gott</i> á öðrum stöðvum fjær kvíum (55–1000 m) og á viðmiðunarstöð. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á sömu stöðvum og mælingar og skynmat var gert sýndu að ástandið var verst næst kvíum en það var <i>gott</i> eða <i>mjög gott</i> á stöðvum fjær kvíum. Þéttleiki botnhryggleysingja var mestur næst kvíum en minnstur á dýpstu stöðinni. Tegundasamsetning hryggleysingjafáunnar næst kvíum bar merki uppsöfnunar lífrænna leifa. Tegundafjölbreytni reyndist einnig lægst næst kvíunum en jókst um eftir því sem fjær dró kvíar. Niðurstöðurnar sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa virtist vera staðbundin og var hryggleysingjafánan í sýnum sem tekin voru lengra frá kvíum lík því sem fram komu í bakgrunnsrannsóknum. Mælingar á næringarefnum í sjósýnum sýndu að öll gildi voru undir viðmiðunum sem sett eru fyrir vetrarstyrk næringarefna í strandsjó. Súrefnismælingar sem Hafrannsóknastofnun gerði við Bjarg sýndi að gildin þar voru svipuð og á öðrum stöðum fjær eldi.</p>		
<b>Lykilorð:</b> Bjarg, hámark lífmassa, vöktun, snið, botnset, sýni	<b>ISSN nr:</b> 2547-7447 (rafræn útgáfa)	
<b>Yfirlit:</b> Kristín Ágústsdóttir, Bárður Arnaldsson og Ísak Örn Guðmundsson	<b>ISBN nr:</b> 978-9935-9591-0-2 (rafræn útgáfa)	

## Efnisyfirlit

Myndaskrá.....	4
Töfluskrá.....	4
1. Inngangur .....	6
2. Aðferðir .....	6
2.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni .....	6
2.1.1 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati .....	8
2.1.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni .....	10
2.2 Vöktun strandsjávar.....	11
2.2.1 Næringarefni .....	11
2.2.2 Súrefni .....	11
2.2.2 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna og súrefni í strandsjó .....	11
2.3 Töluleg úrvinnsla .....	12
3. Niðurstöður .....	13
3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni.....	13
3.1.1 Lýsing á botnsýnum og mælingar í seti .....	13
3.1.2 Botnhryggleysingjar.....	14
3.2 Vöktun strandsjávar .....	19
3.2.1 Næringarefni .....	19
3.2.1 Súrefni .....	19
4. Umræður .....	20
5. Heimildir .....	22

## Myndaskrá

1. mynd. Sýnatökustöðvar í sniðvöktun á fimm stöðum (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í Reyðarfirði í október 2020 (botnsýni) og febrúar 2021 (sjósýni) og sýnatökustöð á botni á ágúst árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003). Einnig eru sýndar staðsetningar súrefnismælinga sem Hafrannsóknastofnun gerði á tveimur stöðum í nóvember (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni). ..... 7
2. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox ( $E_h$ )/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013). ..... 9
2. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingjahópa á  $m^2$  á hverri stöð (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í október 2020. .... 15
3. mynd. Klasagreining á botnsýnum við Bjarg í október 2020 (1–6) og bakgrunnsgildum (An-1) árið 2003. .... 19

## Töfluskrá

- Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016). ..... 8
- Tafla 2. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum (redox/pH) og skynmati (litur, lykt af brennistein, áferð, þykkt grots, gasbólur o.fl.) (Standard Norge, 2016)..... 9
- Tafla 1. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016). ..... 10
- Tafla 2. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni (Shannon Wiener,  $H' \log_2$ ) (tafla endurgerð úr Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018). ..... 10
- Tafla 3. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífæns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (tafla endurgerð úr Iversen & Sandøy, 2018). ..... 10
- Tafla 4. Viðmiðunargildi fyrir vetrarstyrk næringarefna ( $\mu\text{mól L}^{-1}$ ) í strandsjó á vistsvæði 1. Tafla unnin upp úr Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019). ..... 11
- Tafla 5. Hnit, dýpi og lýsing á fimm botnsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5) og einni viðmiðunarstöð (6) við Bjarg 7. október 2020. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.13
- Tafla 6. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum, heildarmagni lífræns kolefnis (TOC mg/g), hlutfall kornastærðar  $<63 \mu\text{m}$  í sýni, heildarmagni lífrænna leifa (LOI % af þurrvigt) og heildar köfnunarefni (TN mg/g) í sex setsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5 og viðmiðunarstöð (6)) við Bjarg þann 7. október 2020. Græni liturinn vísar til að ástand botnsets sé gott út frá norskum stöðlum (Iversen & Sandøy, 2018). Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum. .... 14
- Tafla 7. Yfirlit yfir meðalþéttleika burstaorma tegunda á sex stöðvum (1–6) við Bjarg í október 2020. .... 15
- Tafla 8. framh. .... 16
- Tafla 9. Meðalþéttleiki lindýra, krabbadýra, skrápdýra og annarra hryggleysingjategunda sem fundust á á sex stöðvum við Bjarg í október 2020. .... 17
- Tafla 10. Yfirlit algengustu tegunda hryggleysingja og hlutfall (%) þeirra af heildarþéttleika hryggleysingja, fjölda tegunda, Shannon's fjölbreytnistuðull ( $H' \log_2$ ) og einsleitnistuðul Pielous  $J'$  á sex stöðvum í sniðvöktun við Bjarg í október 2020. Litir vísa til ástands hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá norskum stöðlum (Standard Norge, 2016; Molvær

o.fl., 1997): Mjög gott= blátt, grænt=gott, gult=slæmt. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum. ....	18
Tafla 13. Bray-Curtis skyldleikareikningar eftir að fiskeldi hefst (stöðvar 1–6) og áður en fiskeldi hefst (An-1) við Bjarg.....	18
Tafla 12. Styrkur næringarefna (NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , PO <sub>4</sub> og NH <sub>4</sub> ) og kísils (μmol L <sup>-1</sup> ) við Bjarg þann 11. febrúar 2021. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum .....	19

## 1. Inngangur

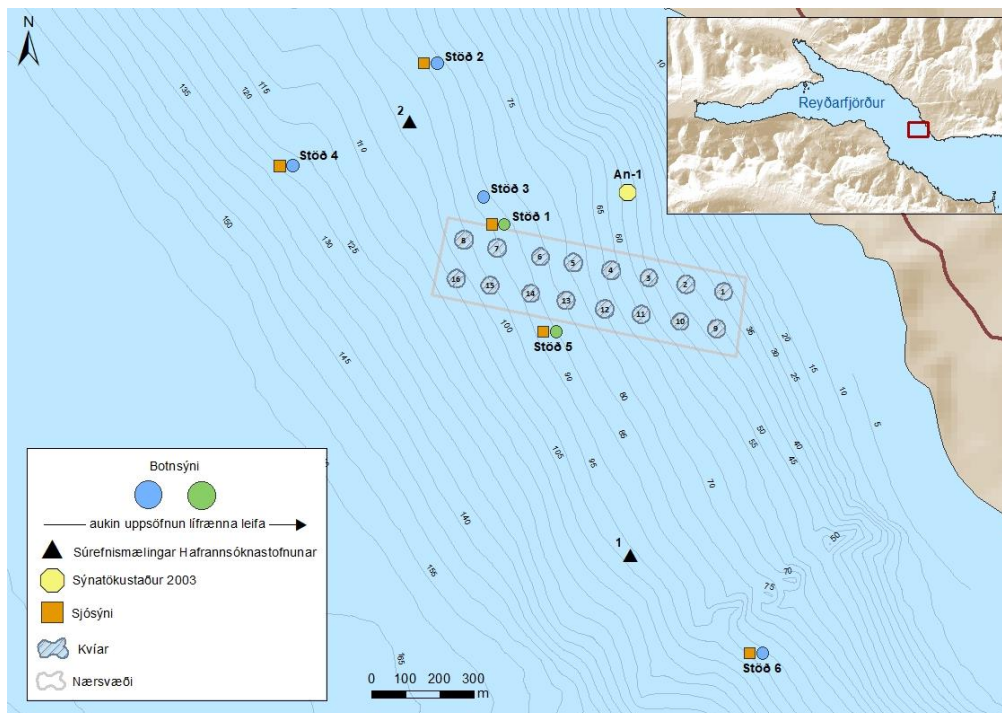
Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði (MOM B) fiskeldissvæðisins við Bjarg í Reyðarfirði við hámark lífmassa í september 2020. Fiskur var settur út í byrjun júní 2019 og hafði fiskur verið í kvíum á svæðinu í 16 mánuði. Lífmassi var um 6.600 tonn í 16 kvíum þegar sýnataka fór fram (1. mynd). Slátrun úr kvíum af svæðinu hófst í janúar 2021 og lýkur um mánaðarmót ágúst/september og fer svæðið þá í hvíld (Ísak Örn Guðmundsson, Stöðvarstjóri tölvu-póstur, 16. apríl 2021). Niðurstöður nærsvæðis rannsóknanna (Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2020) leiddu í ljós að heildareinkunn fyrir svæðið var lakara en *mjög gott* og því þurfti að virkja vöktun á sniði út fyrir fiskeldissvæðið (MOM C) til að kanna nánar mögulega mengun utan nærsvæða (Standard Norge, 2016). Sú úttekt fór fram þann 7. október 2020. Farið var í sýnatökur á bátnum Sögu í eigu Laxar fiskeldis og var veður gott, nánast logn og úrkomulaust.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir niðurstöðum sniðvöktunar (MOM C), tegundagreiningu hryggleysingja ásamt mælingum og skynmati á botnseti. Auk þess er gerð grein fyrir niðurstöðum mælinga á næringarefnum í sjó í febrúar og mælingum á súrefni í sjó í nóvember.

## 2. Aðferðir

### 2.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

Botnsýni í sniðvöktun (MOM C) voru tekin á fimm stöðvum út frá nærsvæði eldissvæðisins við Bjarg og einni viðmiðunarstöð. Staðsetningar stöðva voru í 25 m, 55 m, 100 m og 500 m fjarlægð frá kvíum (1. mynd) og viðmiðunarstöð var staðsett 1000 m í austur frá kvíastæðunni. Sýnatakan var unnin eftir *ISO staðli 12878:2012* um umhverfisvöktun á áhrifum fiskeldis á mjúkbotn (Staðlaráð Íslands, 2016). *ISO staðli 16665:2014* um leiðbeiningar á magnbundinni sýnatöku og meðferð sýna á lífríki á mjúkbotni (International Standard, 2014) og norskum staðli *NS 9410:2016* um umhverfisvöktun á áhrifum fiskeldis í sjó á sjávarbotn (Standard Norge, 2016).



1. mynd. Sýnatökustöðvar í sniðvöktun á fimm stöðum (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í Reyðarfirði í október 2020 (botnsýni) og febrúar 2021 (sjósýni) og sýnatökustöð á botni í ágúst árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003). Einnig eru sýndar staðsetningar súrefnismælinga sem Hafrannsóknastofnun gerði á tveimur stöðum í nóvember (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).

Sýni voru tekin með Van Veen botngreip ( $250 \text{ cm}^2$ ), fjögur sýni voru tekin á hverri stöð, þrjú til tegundagreiningar á hryggleysingjum og eitt til efnagreininga. Dýpi var skráð af bát og sýnatökustaðir hnitsettir. Öll sýni til tegundagreininga á hryggleysingjum voru sigtuð á staðnum með  $0,5 \text{ mm}$  sigti og þeim komið fyrir í hæfilega stórum sýnadósum. Því næst var 10% formalíni hellt á þau ásamt boraxi til að koma í veg fyrir að kalkhlutar lífvera leystust upp. Eftir nokkra daga var formalíninu hellt af sýnunum og 70% etanóli bætt á þau og þau send til Náttúrustofu Vestfjarða þar sem dýrin voru talin og þau greind í tegundir/hópa.

Í einu sýni á hverri stöð var afoxunarmáttur (**reduction–oxidation reaction**) setsins mældur (kallað redox-gildi hér eftir) með Euthech pH 450 mæli og redox/ORP rafskauti frá Thermo Fisher (Thermo Fisher Scientific inc., 2007), ásamt hitastigi ( $^{\circ}\text{C}$ ) og pH-gildi sem var mælt með Orion STAR A324 hitamæli og Ross pH rafskauti. Rafskautum mælanna var stungið u.þ.b. 1 cm ofan í setið um leið og sýnið kom upp og lesið af þegar mælar sýndu stöðug gildi. Að því loknu var sýnið losað úr greipinni í plastbakka og skynmat gert, þ.e. hvort lykt af brennisteinsvetni ( $\text{H}_2\text{S}$ ) fyndist af setinu, hvernig litur þess var, setgerð, þéttleiki sets og þykkt mögulegs uppsafnaðs grots. Kannað var hvort fóðurleifar eða skítur sæist í sýni, hvort gasbólur sæjust og hvort hvít skán væri á yfirborði setsins (Beggiatoa). Einnig var rúmmál greipar skráð.

### 2.1.1 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati

Allar niðurstöður sem fengust með athugun á tilvist dýra, mælingum og skynmati voru skráðar í staðlaðan gátlista (Standard Norge, 2016) þar sem hver þáttur sem kannaður var fékk ákveðið gildi (sjá kafla 2.1) sem gaf vísbendingu um hversu mikil uppsöfnun var af lífrænum leifum á botninum. Gátlistanum er skipt í þrjú flokka.

**Flokkur I, tilvist dýra:** þar er skráð hvort dýr eru til staðar= 0 eða ekki=1. Ef dýr sjást í meira en helmingi sýna er ástandið ásættanlegt (<0,5) en ef engin dýr eru í meira en helmingi sýna er ástandið óásættanlegt (>0,5) (Tafla 1).

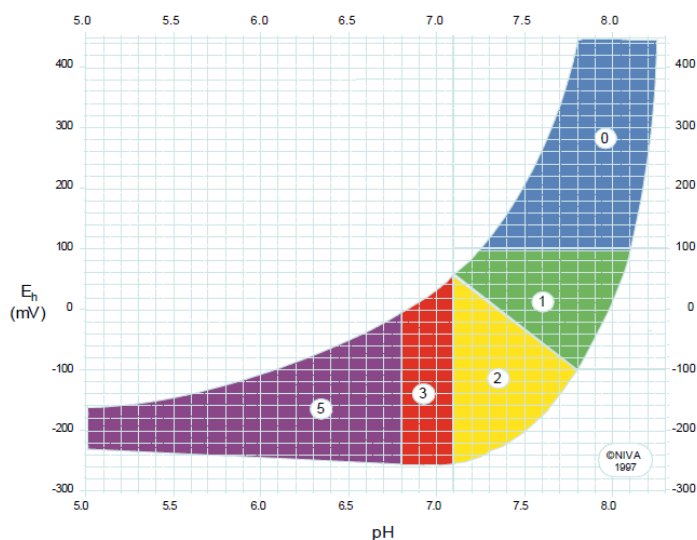
Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016).

	Ásættanlegt	Óásættanlegt
Tilvist dýra	<0,5	>0,5

**Flokkur II, mæld gildi (redox/pH):** Redox og pH mælingar í botnseti gefa upplýsingar um ástand sets. Redox gefur upplýsingar um oxunargetu setsins (oxunarafoxunarspennu). Þegar redox gildi mælist jákvætt eru  $O_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $Mn^{4+}$ ,  $Fe^{3+}$  ráðandi oxarar en þar sem neikvæð gildi mælast eru  $SO_4^{2-}$  og  $CO_2$  oxarar á lífrænt efni (Aller, 2004). Til að staðla redox gildin þarf að umreikna mæld gildi ( $E_{SHE}$ ) með því að bæta við gildi samkvæmt leiðbeiningum sem fylgja með rafskautinu, en þau gildi eru háð hitastigi (Thermo Fisher Scientific inc., 2007). Rétt gildi fæst með jöfnunni  $E_{SHE} = E_{mælt} + E_{ref.pot}$ . Umreikningar eru gerðir til að redox gildin séu samanburðarhæf við aðrar rannsóknir og þekkt gildi í botnseti (t.d. Hargarve o.fl. 2008; Zettler o.fl., 2007; Wildish o.fl. 2001; Brooks o.fl. 2003).

Umreiknuð redox og pH gildin eru síðan mátuð við ástandskvarða (2. mynd) sem ákvarða ástand setsins út frá redox og pH mælingunum. Ástand setsins er lakara eftir því sem redox og pH gildi mælast lægri (Standard Norge, 2016). Hvert sýni fær ákveðna einkunn eftir því hvar það lendir á myndinni og eru ástandsflokkarnir fimm: 0=mjög gott (bakgrunnsgildi), 2 = gott, 3 = slæmt, 4= mjög slæmt og 5= óásættanlegt (2. mynd).





2. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox ( $E_h$ )/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013).

Flokkur III, skynmat. Ástand sets út frá skynmati tekur til sex þátta þ.e. gasbólur, litur, lykt, áferð sets, rúmmál greipar og þykkt grots og fær hver þáttur ákveðna einkunn. Ef gasbólur eru til staðar gefur það 4 stig, engar gasbólur gefa 0 stig; ljóst/grátt set gefur 0 stig, brúnt / svart set gefur 2 stig; engin lykt gefur 0 stig, vottur af lykt 2 stig og sterk lykt 4 stig; þétt set gefur 0 stig, mjúkt 2 stig og laust 4 stig; rúmmál greipar minna en  $\frac{1}{4}$  gefur 0 stig, rúmmál milli  $\frac{1}{4}$  og  $\frac{3}{4}$  gefur 1 stig og rúmmál yfir  $\frac{3}{4}$  gefur 2 stig; uppsöfnun lífræns efnis sem er minna en 2 cm gefur 0 stig, á milli 2 og 8 cm gefur 1 stig og yfir 8 cm gefur 2 stig. Summa allra þessara þátta er síðan margfölduð með fasta sem er 0,22 og fæst þá ástand sýnis út frá skynmati.

Loks er meðaltal gilda úr flokki II og III fengin og hvert sýni og svæðið í heild fær einkunn samkvæmt mældum gildum og skynmati. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = slæmt og 4 = mjög slæmt (Tafla 2) (Standard Norge, 2016).

Tafla 2. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum (redox/pH) og skynmati (litur, lykt af brennistein, áferð, þykkt grots, gasbólur o.fl.) (Standard Norge, 2016)

	1 Mjög gott	2 Gott	3 Slæmt	4 Mjög slæmt
Meðaltal mældra gilda og skynmats	<1,1	1,1–<2,1	2,1–<3,1	≥3,1

### 2.1.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni

Við mat á ástandi út frá hryggleysingjum er horft til þéttleika hryggleysingja (fjölda/m<sup>2</sup>), fjölda tegunda og hlutfallslegan þéttleika einstakra tegunda og eru ástandsflokkarnir fjórir: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = slæmt og 4= mjög slæmt (Tafla 3) (Standard Norge, 2016).

Tafla 3. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016).

	1	2	3	4
	Mjög gott	Gott	Slæmt	Mjög slæmt
Fjöldi tegunda	>20	5–19	1–4	0
Hlutfall (%) algengustu tegundarinnar	<65%	<90%	>90%	

Til að meta ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni var stuðst við norsk viðmið (Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018) (Tafla 4) þar sem ekki er búið að móta slík viðmið hér á landi. Einnig var horft til viðmiðunaraðstæðna fyrir fjölbreytni botnlægra hryggleysingja við Ísland (Agnes Eydal o.fl., 2014). Ef Shannon Wiener ( $H', \log 2$ ) er 4 eða hærri þá er talið að ástand botns endurspegli gildi sem má finna á óröskuðum svæðum.

Tafla 4. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni (Shannon Wiener,  $H', \log 2$ ) (tafla endurgerð úr Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018).

	1	2	3	4
	Mjög gott	Gott	Slæmt	Mjög slæmt
Shannon Wiener ( $H', \log 2$ )	>4	4–3	2–1	<1

Sýnum til efnagreininga var safnað þannig að efsta lag setsins, um 2 cm, var skafið af með plastskeið og komið fyrir í plastdöllum og sett í kæli. Sýnin voru fryst við heimkomu og síðar send til Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands til efnagreininga á lífrænu kolefni (TOC), heildarmagni köfnunarefnis (TN) og heildarmagni lífrænna leifa (LOI). Við mat á ástandi botnsets út frá lífrænu kolefni var stuðst við norsk viðmið (Iversen & Sandøy, 2018) (Tafla 5) ekki eru til slík viðmið á Íslandi. Gildin eru fengin með formúlunni:  $TOC_{63} = TOC_{mg/g} + 18 * (1 - P < 63 \mu m)$ .

Tafla 5. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífræns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (tafla endurgerð úr Iversen & Sandøy, 2018).

		1	2	3	4	5
		Mjög gott	Gott	Meðal	Slæmt	Mjög slæmt
TOC <sub>63</sub>	Heildarmagn lífræns kolefnis miðað kornastærð (% silt og leir, <63 μm)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

## 2.2 Vöktun strandsjávar

### 2.2.1 Næringarefni

Sýnum til mælinga á næringarefnum í strandsjó var safnað á fimm stöðum þann 11. febrúar 2021 (1. mynd). Eitt sýni á hverri stöð var tekið við yfirborðið (0 m) í fötu og sett í sýrupvegnar flöskur (25 ml). Sýnunum var komið fyrir í kælitösku og fryst við heimkomu og síðar send til Hafrannsóknastofnunar þar sem þau voru mæld samkvæmt stöðluðum aðferðum. Mælt var styrkur nitrats ( $\text{NO}_3$ ), nítríts ( $\text{NO}_2$ ), fosfats ( $\text{PO}_4$ ), kísils (Si) og ammoníum ( $\text{NH}_4$ ). Aðferðir við mælingar á fosfat voru samkvæmt aðferðum Murphy og Riley (1962). Fyrir níturat, nítrít og kísil var fylgt aðferðum samkvæmt Grasshof (1970) og fylgt var aðferðum samkvæmt Holmes o.fl., (1999) fyrir ammoníum (Alice Benoit-Cattin, tölvupóstur þann 31. mars 2021). Við mælingu á nitrati mælist einnig nítrít ( $\text{NO}_2$ ) í sýninu og fæst því mæling á heildar oxuðu köfnunarefni. Sjórinn á grunnsævi á þessum árstíma er að öllu jöfnu uppblandaður og því líklegt að styrkur næringarefna sé sá sami frá yfirborði og niður á botn (Sólveig R. Ólafsdóttir, tölvupóstur þann 14. janúar 2021) og því var eitt sýni á hverri staðsetningu látið duga.

### 2.2.2 Súrefni

Hafrannsóknastofnun mældi súrefni (mL/L) á tveimur stöðum við Bjarg þann 9. nóvember 2020 (1. mynd) á Bjarna Sæmundssyni. Mælt var gegnum vatnssúluna með Seabird sondu (CTD) með Seabird súrefnisnema. Að auki var tekið súrefnissýni á neðsta dýpi sondunnar, u.þ.b. 10 m frá botni á báðum stöðum (Magnús Danielsen, tölvupóstur þann 9. desember 2020).

### 2.2.2 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna og súrefni í strandsjó

Til að meta ástand strandsjávar var styrkur næringarefna í sýnunum borin saman við viðmiðunargildi fyrir styrk næringarefna að vetrarlagi í strandsjó á sama vistsvæði (Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl., 2019; OSPAR, 2013a). Eldissvæðið Bjarg er í ysta hluta Reyðarfjarðar (vatnhlotanúmer 102-1381-C) og fellur undir opið svæði á vistsvæði 1 þar sem vetrarhiti sjávar er að öllu jöfnu 1-4°. Samkvæmt viðmiðunum er svæði talið lítt mengað ef styrkur uppleysts köfnunarefnis og fosfórs fer ekki yfir 50% af vetrarstyrk miðað við fullsaltan sjó á sama svæði (OSPAR, 2001) (Tafla 6).

Tafla 6. Viðmiðunargildi fyrir vetrarstyrk næringarefna ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) í strandsjó á vistsvæði 1. Tafla unnin upp úr Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019).

Efni	Vetrarstyrkur á 50% af vetrarstyrk á	
	vistsv. 1	vistsv. 1
Níturat ( $\text{NO}_3$ )	12,2-13,1	18,3-19,6
Fosfat ( $\text{PO}_4$ )	0,88-0,89	1,32-1,34
Kísill (Si)	7,2-9,9	10,8-14,85

Ekki hafa verið skilgreind viðmiðunarmörk fyrir ammoníum eða súrefni (Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl., 2019).

### 2.3 Töluleg úrvinnsla

Fyrir hvert botnsýni (greip 250 cm<sup>2</sup>) var þéttleiki hryggleysingja reiknaður út sem fjöldi dýra á fermetra (dýr/m<sup>2</sup>). Meðalþéttleiki hvernar tegundar hryggleysingja var reiknaður út frá öllum greipum sem teknar voru á viðkomandi stöð og heildarþéttleiki hryggleysingja var því samanlagður meðalþéttleika allra tegunda innan hvernar stöðvar. Hlutfall (%) hvernar tegundar innan stöðvar var reiknað út frá heildarþéttleika viðkomandi tegundar á móti samanlögðum heildarþéttleika allra tegunda á viðkomandi stöð. Fjöldi hryggleysingjategunda fyrir hverja stöð var talinn og fjölbreytni og jafnræði reiknuð út fyrir hverja stöð með Shannon-Wiener  $H'$  fjölbreytileika stuðli (Magurran, 2004) og einsleitnistuðli Pielou's  $J'$ . Þráðormum (Nematoda) var sleppt við útreikninga.

Shannon-Wiener fjölbreytni stuðull  $H'$ :

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

þar sem  $s$  = fjöldi tegunda,  $p_i$  = hlutdeild af heildarsýni sem tilheyrir tegund  $i$ . Eftir því sem fjölbreytni eykst hækkar gildið. Þessi stuðull er mikið notaður við vistfræðirannsóknir.

Einsleitnistuðull Pielou's  $J'$ , er nátengdur Shannon-Wiener stuðlinum, en sýnir hvort jafnræði er milli tegunda innan sýnisins, eða hvort ein eða fáar tegundir séu sérstaklega áberandi. Stuðullinn lækkar eftir því sem tegundum fækkar. Þegar einungis ein tegund er í sýnum þá verða báðir þessir stuðlar núll.

Einsleitnistuðull Pielou's  $J'$ :

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Fjarlægðagreining (Bray-curtis) var notuð til að kanna hversu líkar stöðvar voru hvað varðar tegundasamsetningu hryggleysingja. Greiningin reiknar út hversu margar tegundir/hópar eru sameiginlegar milli stöðva og gefur gildi frá 0 til 1, þar sem 0 táknar að þær tvær stöðvar sem er verið að bera saman hafi enga tegund sameiginlega (100% ólíkar) en 1 táknar að allar tegundir hafi verið sameiginlegar (100% líkar). Niðurstöðurnar eru settar fram sem prósentu (%) af sameiginlegum tegundum milli stöðva.

Tölfræðigreiningar voru gerðar í forritinu R útgáfa 3.6.1 (R Core Team, 2019) í viðmóti *RStudio* (RStudio Team, 2016).

### 3. Niðurstöður

#### 3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

##### 3.1.1 Lýsing á botnsýnum og mælingar í seti

Allar greipar voru vel lokaðar og fullar af seti. Niðurstöður mældra gilda og skynmats í sniðvöktun (MOM C) sýndi að sýni á stöð 1 og 5 sem eru næst kvíum, fékk tvo í einkunn sem telst *gott* en önnur sýni sem voru í meiri fjarlægð (55–1000 m) fengu 1 sem telst *mjög gott* ástand og var heildareinkunn sniðvöktunarinnar *mjög gott* (1. mynd og Viðauki I). Dýpi sýnatökustöðva í sniðvöktun (MOM C) var 88–128 m, grynnt á sýnatökustöðum 1 og 6 en dýpst á sýnatökustað 4. Setgerð á botni reyndist leir á öllum stöðvum. Það vottaði fyrir lykt af brennisteinsvetni (H<sub>2</sub>S) af sýni á stöð 5 en engin lykt fannst af öðrum sýnum (Tafla 7).

Tafla 7. Hnit, dýpi og lýsing á fimm botnsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5) og einni viðmiðunarstöð (6) við Bjarg 7. október 2020. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.

Stöðvar	Hnit		Dýpi (m)	Lykt af H <sub>2</sub> S	Setgerð	Litur og áferð
	Lat	Long				
1	64,99934	-13,8214	88	Engin	Leir	Brún/svört, mjúk
5	64,98739	-13,8079	91	vottur	Leir	Brún/svört, mjúk
3	64,99986	-13,8220	90	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
4	65,00104	-13,8344	128	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
2	65,00334	-13,8246	93	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
6	64,98739	-13,8079	88	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt

Gildi pH mældist á bilinu 7,81 til 7,89 og redox-gildi á bilinu 38 til 130 mV. Fimm sýni mældust með gildi hærra en 100 mV og teljast því til bakgrunnsgilda. Tvö sýni, 1 og 5 mældust með gildi sem gefa vísbendingu um að hnignun sé í setinu. Þessi sýni voru næst kvíum. Lægsta redox gildið mældist á sýnatökustað 5, sem er austan við kvíaröðina (í 25 m fjarlægð frá kví) en hæsta gildið á sýnatökustað 2 sem er fjærst kvíunum í norður (tafla 5 og 1. mynd).

Lífrænt kolefni (TOC) mældist frá 15,4–20,7 mg/g lægst á stöð 2 og hæst á viðmiðunarstöð. Heildar lífrænt kolefni leiðrétt fyrir kornastærð (nTOC) var svipað á öllum stöðvum eða frá 21–25 mg/g og var ástand gott á öllum stöðvum miðað við norska staðla (Iversen & Sandøy, 2018). Heildarmagn köfnunarefnis (TN mg/g) í seti mældist 1,83–2,36 og heildarmagn lífrænna leifa (LOI, %) var frá 6,48–8,57% af þurrefni (Tafla 8).

Tafla 8. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum, heildarmagni lífræns kolefnis (TOC mg/g), hlutfall kornastærðar <63 µm í sýni, heildarmagni lífrænna leifa (LOI % af þurrvigti) og heildar köfnunarefni (TN mg/g) í sex setsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5 og viðmiðunarstöð (6)) við Bjarg þann 7. október 2020. Græni liturinn vísar til að ástand botnsets sé gott út frá norskum stöðlum (Iversen & Sandøy, 2018). Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.

Stöð	Fjarl. frá kví	pH	Redox	TOC mg/g	Kornastærð (% <63 µm)	nTOC* mg/g	LOI (%)	TN mg/g
1	25	7,85	52	17,1	65,8	23	6,52	1,95
5	25	7,85	38	17,5	70,5	23	6,67	2,11
3	55	7,83	120	15,9	62,4	23	6,48	1,84
4	200	7,81	113	17,0	61,1	24	7,28	2,07
2	500	7,93	130	15,4	68,6	21	6,72	1,83
6	1000	7,89	118	20,7	76,3	25	8,57	2,36

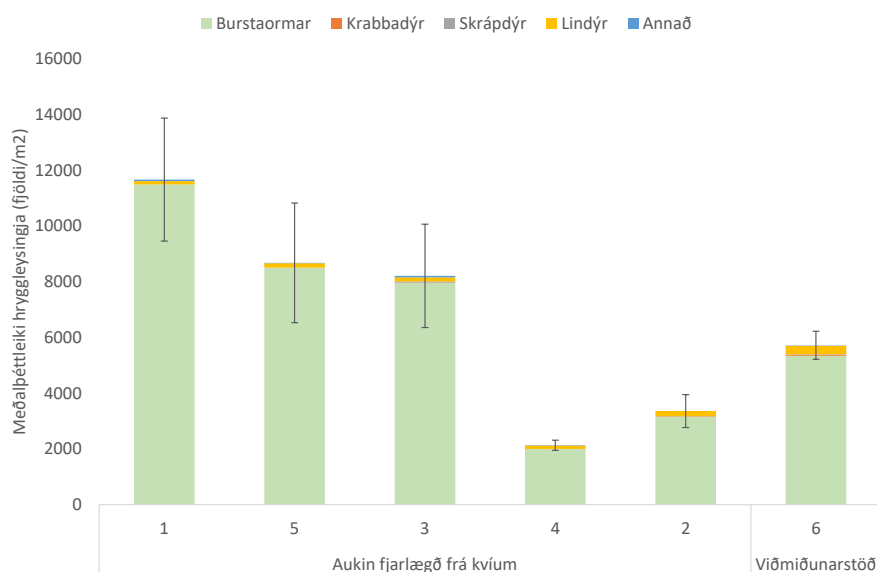
\*Heildarmagn lífræns kolefnis miðað við kornastærð (% silt og leir, <63 µm)

Nánar má sjá niðurstöður fyrir alla þætti hverrar sýnatökustöðvar úr sniðvöktun (MOM C) í viðauka I og III.

### 3.1.2 Botnhryggleysingjar

Meðalþéttleiki hryggleysingja var frá 2.133 til 11.667 dýr á fermetra (án þráðorma). Flest voru dýrin á stöð 1 (næst kvíum) og fæst á dýpstu stöðinni (stöð 4) (3. mynd). Burstaormar (Polychaeta) var sá hryggleysingjahópur sem var ríkjandi á botni á öllum stöðvum og var meðalþéttleiki þeirra frá 2.000 til 11.493 ormar á m<sup>2</sup> og nam hlutdeild þeirra frá 92%–97% af heildarþéttleika hryggleysingja (3. mynd og

Tafla 9). Þeir voru jafnframt tegundaríkasti hryggleysingjahópurinn á öllum stöðvum, en alls voru greindar 44 tegundir/hópar burstaorma af 23 ættum. Fæstar tegundir burstaorma fundust á dýpstu stöðinni (15 tegundir) en flestar voru þær á stöð 2 og 6 (27 tegundir/hópar) fjærst kvíum (Tafla 11).



3. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingjahópa á m<sup>2</sup> á hverri stöð (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í október 2020.

Tafla 9. Yfirlit yfir meðalþéttleika burstaorma tegunda á sex stöðvum (1–6) við Bjarg í október 2020.

Burstaormar (Polychaeta)	Aukin fjarlægð frá kvíum →					Viðm. 6
	1	5	3	4	2	
Ampharetidae					133	
<i>Ampharete borealis</i>			93	253	107	227
Capitellidae	13				13	
<i>Capitella capitata</i>	8.253	6.653	4.960			27
<i>Mediomastus fragilis</i>		27	40	13	13	
Cirrulidae						
<i>Chaetozone setosa</i>	1.347	613	1.120	320	720	987
Cossuridae						
<i>Cossura longocirrata</i>	787	360	520	40	333	253
Dorvilleidae						
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	187		27			
<i>Parougia nigridentata</i>	320	173	200	40	53	133
Lumbrineridae						
<i>Scoletoma fragilis</i>			27	67	93	93
Maldanidae						
<i>Maldane sarsi</i>	13	13	53	27	93	387
<i>Praxillella</i> sp.		13			13	
<i>Rhodine</i> sp.	13					
Microphthalmidae						
<i>Microphthalmus aberrans</i>	13					
Nephtyidae						
<i>Nephtys caeca</i>	13					27
<i>Nephtys</i> sp.		40	67	53	53	
Opheliidae						
<i>Ophelina acuminata</i>					27	
Orbiniidae						
<i>Scoloplos armiger</i>			40		40	80
Oweniidae						
<i>Galathowenia oculata</i>	27	40	80	13	227	840
<i>Owenia fusiformis</i>			13			93
Paraonidae						
<i>Levinsenia gracilis</i>						13
Phyllodocidae					27	
<i>Eteone longa</i>		53		13		13
<i>Eteone</i> sp.	93	53	27		13	13
<i>Phyllodoce maculata</i>					13	
<i>Phyllodoce</i> sp.	13	13	93			27

Tafla 10. framh.

Burstaormar (Polychaeta)	Aukin fjarlægð frá kvíum →					Viðm. 6
	1	5	3	4	2	
Polynoidae						
<i>Harmothoe imbricata</i>			27			13
<i>Harmothoe</i> spp.					13	
Sabellidae						
<i>Euchone analis</i>				40		
<i>Euchone papillosa</i>			13		40	160
<i>Euchone</i> sp.	13		0	13	40	360
<i>Laonome kroyeri</i>				27		
Scalibregmatidae						
<i>Scalibregma inflatum</i>	13	13	13			
Sphaerodiroridae						
<i>Sphaerodoropsis minuta</i>						27
Spionidae						
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	347	280				
<i>Polydora</i> spp.						13
<i>Prionospio fallax</i>	13	147	453	1.053	840	1.347
<i>Spio</i> sp.			27		120	27
Sternaspidae						
<i>Sternaspis scutata</i>						13
<i>Sternaspis</i> sp.			13		27	
Syllidae						
<i>Exogone</i> sp.	13				13	
Terebellidae						
<i>Artacama proboscidea</i>	13		53	27	27	40
<i>Laphania boeckii</i>					13	
<i>Laphania boeckii</i>					40	93
<i>Pherusa falcata</i>						27
Trichobranchidae						
<i>Terebellides stroemii</i>						13
Meðalþéttleiki burstaorma	11.493	8.507	7.960	2.000	3.147	5.347
Fjöldi tegunda	18	16	23	15	27	27

Lindýr (Mollusca) fundust á öllum stöðvum (meðalþéttleiki 120–307 dýr/m<sup>2</sup>) og voru þau í næst mestum þéttleika (2. mynd). Í heildina voru greindar 7 tegundir lindýra, 6 tegundir samloka (Bivalvia) og 1 tegund snigla (Gastropoda). Flestar tegundir lindýra fundust á stöðvum 3 og 6 (5 tegundir). Af einstaka tegundum var gljáhnytla (*Ennucula tenuis*) algengust og í mestum þéttleika á einstaka stöðvum (Tafla 11).

Tvær tegundir krabbadýra fundust og voru þær á stöðvum 5, 3 og 6. Mesti þéttleikinn var af *Eudorella emarginata* pungrækju (Cumacea) á stöð 6.

Af skrápdyrum (Echinodermata) fundust tvær tegundir en hvorug þeirra var algeng. Kambstjarna (*Astropecten irregularis*) af ætt krossfiska (Asteroidea) fannst á stöðvum 3 og 5 og *Ophiura sarsi* af ætt slöngustjarna (Ophiuriodea) fannst á stöð 6 (Tafla 11).



Tafla 11. Meðalþéttleiki lindýra, krabbadýra, skrápdýra og annarra hryggleysingjategunda sem fundust á á sex stöðvum við Bjarg í október 2020.

	Aukin fjarlægð frá kvíum					Viðm. 6
	1	5	3	4	2	
<b>Krabbadýr (Crustacea)</b>						
Pungrækjur (Cumacea)						
<i>Eudorella emarginata</i>		13				40
Marflær (Amphipoda)						
<i>Lysianassidae</i>			13			
<b>Skrápdýr (Echinodermata)</b>						
Krossfiskur (Asteroidea)						
<i>Astropecten irregularis</i>		13	40			
Slöngustjarna (Ophiuridae)						
<i>Ophiura sarsii</i>						13
<b>Lindýr (Mollusca)</b>						
Samlokur (Bivalvia)						
<i>Abra nitida</i>		53	27			13
<i>Ennucula tenuis</i>	107	93	67	107	147	227
<i>Hiatella arctica</i>			13			
<i>Macoma calcarea</i>	13			13		27
<i>Nuculana sp.</i>		27	27			13
<i>Thyasira sp.</i>		13			13	27
Sniglar (Gastropoda)						
<i>Oenopota sp.</i>			13			
Meðalþéttleiki lindýra	120	187	147	120	160	307
Fjöldi tegunda	2	4	5	2	2	5

Misjafnt var hvaða tegundir burstaorma voru í hlutfallslega mestum þéttleika á stöðvunum. Á stöðvum næst kvíum (1 og 5) var *Capitella capitata* ríkjandi tegund (70% og 77%) en á stöð 2, 4 og 6 í 500 – 1.000 m fjarlægð frá kvíum var *Prionospio fallax* ríkjandi með 24%, 25% og 49% hlutdeild af heildarþéttleika hryggleysingja. Fjöldi tegunda/hópa var frá 18 til 34 fæstar voru þær á stöð 5 næst kvíum og á stöð 4 sem var dýpsten flestar tegundir voru á viðmiðunarstöð. Fjölbreytni Shannons (H') var lægst á stöðvum næst kvíum (1 og 5) en mest á stöðvum fjærst kvíum (stöðvum 2 og 6). Mest jafnræði milli tegunda var einnig fjærst kvíum og jafnræðið minnst á stöðvum 1 og 5 þar sem minnsta fjölbreytnin var (Tafla 12). Ástand hryggleysingjafánunnar á mjúkbotni var *gott* eða *mjög gott* á öllum stöðvunum nema einni samkvæmt útreikningum og mati á fjölda tegunda, hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar og fjölbreytni (Shannon H'log2). Á stöð 5 var *slæmt* ástand út frá fjölbreytni (Shannon H'log2) (Tafla 12).

Tafla 12. Yfirlit algengustu tegunda hryggleysingja og hlutfall (%) þeirra af heildarþéttleika hryggleysingja, fjölda tegunda, Shannon's fjölbreytnistuðull ( $H' \log_2$ ) og einsleitnistuðul Pielous  $J'$  á sex stöðvum í sniðvöktun við Bjarg í október 2020. Litir vísa til ástands hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá norskum stöðlum (Standard Norge, 2016; Molvær o.fl., 1997): Mjög gott= blátt, grænt=gott, gult=slæmt. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.

Stöð	Algengasta tegund	Hlutfall (%)	Fjöldi tegunda*	Shannon ( $H' \log_2$ )	Pielous ( $J'$ )
1	<i>Capitella capitata</i>	71	20	3	0,8
5	<i>Capitella capitata</i>	77	18	2	0,8
3	<i>Capitella capitata</i>	60	31	3	1,0
4	<i>Prionospio fallax</i>	49	18	4	1,3
2	<i>Prionospio fallax</i>	25	30	5	1,6
6	<i>Prionospio fallax</i>	24	34	5	1,5

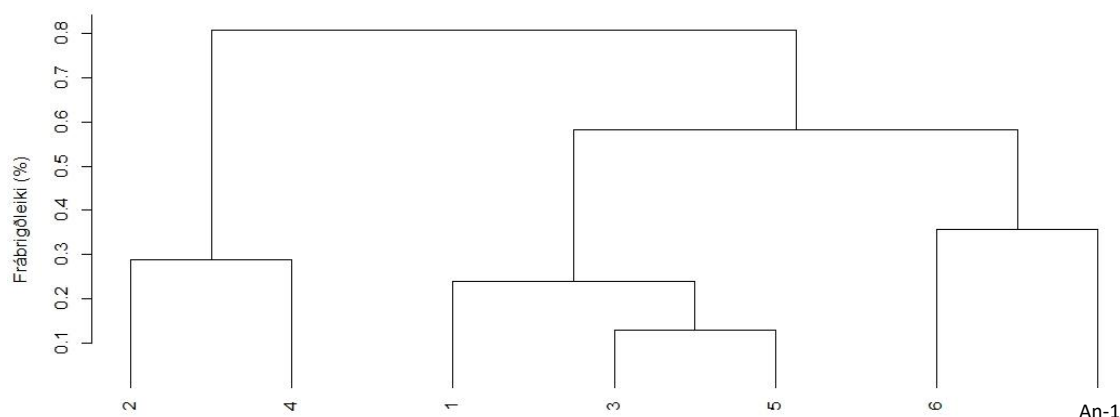
\*Að undanskildum þráðormum

### 3.1.2 Klasagreining við Bjarg fyrir og eftir fiskeldi

Klasagreining með Bray-Curtis skyldleikastuðli á stöðvum við Bjarg sýnir að stöðvar sem voru næst kvíum (1, 5 og 3) voru líkastar með (Bray-Curtis: 76%, 82% og 87% líkar tegundir) og flokkuðust saman á skyldleikatré (4. mynd). Stöðvar 1 og 5 annars vegar og 4 og 5 höfðu ólíkasta tegundasamsetningu (Bray curtis: 20% og 27% líkar tegundir). Viðmiðunarstöð (6) hafði flestar sameiginlegar tegundir með stöðinni sem tekin var áður en fiskeldi hófst (An-1) (64% líkar tegundir) og flokkuðus þær saman á skyldleikatré (4. mynd). Stöðvar fjærst kvíum (2, 4 og 6) deildu 70% og 71% sameiginlegum tegundum (Tafla 13).

Tafla 13. Bray-Curtis skyldleikareikningar eftir að fiskeldi hefst (stöðvar 1–6) og áður en fiskeldi hefst (An-1) við Bjarg.

	Skyldleiki (%)						
	1	2	3	4	5	6	An-1
1	100						
2	31	100					
3	76	49	100				
4	20	71	32	100			
5	83	40	87	27	100		
6	42	70	59	53	50	100	
An-1	44	53	57	37	50	64	100



4. mynd. Klasagreining á botnsýnum við Bjarg í október 2020 (1–6) og bakgrunnsgildum (An-1) árið 2003.

### 3.2 Vöktun strandsjávar

#### 3.2.1 Næringarefni

Niðurstöður á styrk næringarefna í sjósýnunum við Bjarg var svipaður og viðmiðunargildi frá ómenguðum svæðum á vistsvæði 1 (sjá umfjöllun í kafla 2.2.2). Lítil breytileiki var á styrk nítrats milli stöðva og mældist hann á bilinu 12,95 til 13,14  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . Ekki var heldur greinanlegur munur á styrk fosfats milli stöðva m.v. fjarlægð frá kvíum og var hann frá 0,920 til 0,956  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . Styrkur ammoníaks var frá 0,49 til 1,44 lægst á viðmiðunarstöð (5) fjærst kvíum í Austur en hæst á stöðvum 1 og 5 næst kvíum og var munurinn nær þrefaldur (1. mynd og Tafla 14).

Tafla 14. Styrkur næringarefna ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PO}_4$  og  $\text{NH}_4$ ) og kísils ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) við Bjarg þann 11. febrúar 2021. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum

Stöð	Dags	Hnit		$\text{NO}_3$	$\text{PO}_4$	Si	$\text{NO}_2$	$\text{NH}_4$	Hiti°C
		Lat	Long						
1	31.2.2021	64,99941	-13,82158	13,14	0,956	8,22	0,16	1,32	2,20
5		64,99621	-13,81891	12,97	0,947	8,16	0,15	1,44	2,40
4		65,00114	-13,83443	12,97	0,928	8,14	0,18	0,80	2,20
2		65,00350	-13,82500	13,13	0,938	8,14	0,18	1,06	2,20
6		64,98733	-13,80784	12,95	0,920	8,30	0,15	0,49	2,30

#### 3.2.1 Súrefni

Niðurstöður súrefnismælinga á tveimur stöðum við Bjarg sem Hafrannsóknastofnun gerði sýndu að súrefni (mL/L) breyttist lítið niður vatnssúluna á báðum mælistöðvunum. Súrefni á stöð 2, sem var í straumstefnu frá kvíum, mældist frá 6,272 til 6,410 mL/L niður vatnssúluna og 6,547 mL/L við botn (92 m dýpi). Á stöð 1 mældist súrefni 6,462 til 6,504 mL/L og 6,620 mL/L við botn (90 m dýpi). Súrefnismettun mældist frá 90,2% til 92,3% á stöð 2 og

93,0% til 93,5% á stöð 1. (Magnús Danielsen, náttúrufræðingur hjá Hafrannsóknastofnun, tövlupóstur þann 9. desember 2020).

#### 4. Umræður

Mælingar og skynmat í botnseti sýna að uppsöfnun lífrænna leifa er mest næst kvíunum við Bjarg. Hlutfall tegundarinnar *Capitella capitata* var hæst á stöðvum næst kvíum og bendir það til að aðstæður þar séu erfiðar, nema fyrir tegundir sem eru þolnar gagnvart uppsöfnun lífrænna leifa. Tegundin er notuð sem vísitægund fyrir svæði sem eru undir álagi af uppsöfnun lífrænna leifa t.d. frá fiskeldi (Pearson og Rosenberg, 1978; Borja, o.fl., 2000; Rygg, 2013; Dean, 2008). Samkvæmt vistfræðilegum gæðastuðli (AMBI) er *C. Capitata* ein þeirra tegunda sem fær hæstu einkunn þegar tegundir eru flokkaðar í vistfræðilega hópa (e. *ecological group*) út frá mengun ásamt tegundinni *Malacoceros fuliginosus* en hún fannst á stöðvum 1 og 5 næst kvíum (Muxika o.fl., 2005; Rygg o.fl., 2013; Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019). Flokkun botndýra í vistfræðilega hópa hefur ekki farið fram við strendur Íslands (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019).

Fiskeldið virðist hafa staðbundin áhrif á samfélög hryggleysingja því hlutfall algengustu tegundarinnar minnkaði, fjölbreytni Shannon's ( $H' \log_2$ ) og fjöldi tegunda jókst eftir því sem fjær dró kvíum. Á stöðvum lengra frá var tegundasamsetning hryggleysingja orðin líkari því sem áður hefur verið lýst við Bjarg (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003) og ástand á þeim stöðvum *mjög gott* samkvæmt ástandsmati samanborið við *gott* á stöðvum næst kvíum (Molvær, o.fl., 1997; Standard Norge, 2016). Mun færri tegundir fundust árið 2003 samanborið við árið 2020 við Bjarg. Sýnatökustöðvar voru ekki á sama dýpi og sýni ekki tekin á sama tíma og stöðvar því kannski ekki fullkomlega samanburðarhæfar. Áður hefur verið sýnt fram á að fjölbreytni Shannon's ( $H' \log_2$ ) og tegundafjöldi hryggleysingja eykst eftir því sem fjær dregur kvíum við fiskeldissvæði í Reyðarfirði og Berufirði á Austfjörðum. Auk þess sem hlutfall tegundarinnar *C. capitata* er oftast mest í næsta nágrenni (5-25 m) við kvíar (t.d. Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson, 2020; Þorleifur Eiríksson o.fl., 2017). Hafrannsóknastofnun gerði mælingar á efnaferlum í seti á Vestfjörðum tengdum fiskeldi þar sem m.a. var sýnt fram á að afoxunarmáttur í botnseti er meiri með aukinni fjarlægð frá sjókvíum (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2020) sem er í takt við þessa athugun við Bjarg árið 2021 þar sem rannsóknir á botnseti voru einnig gerðar í mismunandi fjarlægð frá kvíum.

Niðurstöður mælinga á heildar köfnunarefni ( $\text{TOC}_{63}$ ) leiðréttu fyrir kornastærð sýndu að ástandið í botnseti var *gott* samkvæmt norskum mengunarstöðlum (Molvær o.fl., 1997). Samanburður gilda árið 2020 eftir að eldi er hafið og bakgrunnsathugana (Björgvin Harri Bjarnason o.fl., 2002) sýna að nokkur hækkun hefur orðið á þessum gildum en umreiknuð gildi af TOC voru 18,4 til 20,7 mg/g fyrir eldi. Hafa verður í huga að sýnin eru ekki tekin á sama stað og sama tíma.

Styrkur nitrats, fosfórs og kísils var í öllum tilvikum svipuð eða undir viðmiðunum sem sett eru fyrir vetrarstyrk á því vistsvæði sem Bjarg fellur undir (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2019). Athuganir á styrk næringarefna í Reyðarfirði á sama tíma og þessi rannsókn var gerð (febrúar) eru fáar. Flest gildi sem birt hafa verið eru frá öðrum árstímum (maí-nóvember). Styrkur næringarefna í sjó er mjög háður árstíma þar sem upptaka verður á þessum efnum

á vaxtartíma svifþörungum og eru því lægri að vor og sumarlagi en að vetri (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2006). OSPAR (2001) lagði til að næringarefnaálag væri metið út frá vetrargildum þegar þau eru í hámarki. Í leiðangri Hafrannsóknastofnunar árið 1991 mældust vetrargildi í sjónum úti fyrir Austfjörðum (Krossanesnið) 0,9  $\mu\text{mol l}^{-1}$  fyrir fosfat, 13  $\mu\text{mol l}^{-1}$  fyrir níturat og 8  $\mu\text{mol l}^{-1}$  fyrir kísil (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson, 1991) sem er sambærilegt og mældist í þessari rannsókn. Í leiðangri Hafrannsóknastofnunar árið 2002 mældist styrkur þessara næringarefna einnig svipaður og nú (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2002). Eftir því sem mælingar á næringarefnum í sjósýnum í Reyðarfirði verða fleiri verður samanburður og túlkun gagna hvað það varðar betri.

Súrefni nálægt eldiskvíunum við Bjarg mældist svipað og áður hefur verið mælt í Reyðarfirði (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl., 2000; Hafrannsóknastofnun Íslands, 2016) sem og svipað og á öðrum stöðum í sama leiðangri 9. nóvember 2020 Hafrannsóknastofnunar í tengslum við endurmat á burðarþoli fjarðarins (Magnús Danielsen, tölvupóstur þann 9. desember 2020). Þeir eðlislægu þættir sem hafa hvað mest áhrif á styrk súrefnis eru hiti og selta sjávarins að vetrarlagi. Leysni súrefnis minnkar með vaxandi hita og seltu (Sólveig R. Ólafsdóttir og Alice Benoit-Cattin, 2018). Ef horft er til leiðbeininga OSPAR samningsins um súrefnisstyrk í sjó þá má geta þess að súrefnisstyrkur yfir 6 mg/L er ekki talinn valda óæskilegum áhrifum (OSPAR, 2013).

## 5. Heimildir

- Aller R.C. (2004). Conceptual models of early diagenetic processes: The muddy seafloor as an unsteady, batch reactor. *Journal of Marine Research*. 62: 815 – 835.
- Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100 – 1114.
- Björgvin Harri Bjarnason (verkefnisstjóri) (2002). Reyðarlax. Allt að 6000 tonna laxeldisstöð í Reyðarfirði. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Samherja hf. Akureyri: Samherfi hf.
- Brooks, K.M., Stierns, A. R., Mahnkenb, C.V.W. & Blackburnc, D.B. (2003). Chemical and biological remediation of the benthos near Atlantic salmon farms. *Aquaculture* 219, 355 – 377.
- Dean H. (2008). The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de Biología Tropical*, 56, 11 – 38.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir (2020). *Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Bjarg í Reyðarfirði*. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOMB) Unnið fyrir Laxar fiskeld ehf. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson (2020). *Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði*. Niðurstöður sniðvöktunar (MOMC). Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Grasshoff, K. "A simultaneous multiple channel system for nutrient analysis in seawater with analog and digital data record." *Technicon Quarterly* 3 (1970): 7-17.
- Hafrannsóknastofnun Íslands (2016). *Mat á burðarþoli Reyðarfjarðar m.t.t. sjókvíaleldis*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Hafrannsóknastofnun Íslands (2003). *Þættir úr vistfræði sjávar 2001 og 2002*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Hargarve, B. T., Holmer, M. & Newcobe, C.P. (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Marine Pollution Bulletin* 56, 810–824.
- Holmes, Robert M., et al. (1999). "A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56.10: 1801-1808.
- Iversen, A. & Sandøy, S. (2018). Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.
- International Standard (2014). Water quality — Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna. ISO 16665:2014(E).
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J, (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kyst farvann. [Classification of environmental quality in fjords and coastal waters.] Veiledning. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997. 36 bls.
- Murphy, J. A. M. E. S., & John P. Riley. "A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters." *Analytica chimica acta* 27 (1962): 31-36.
- Muxika, I., Borja, A., & Bonne, W. (2005). The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources a long European coasts. *Ecological Indicators* 5, 19-31.
- OSPAR (2001). Annex 5: Draft Common Assessment Criteria and their Application within the Comprehensive Procedure and the Common Procedure. Meeting Of The Eutrophication Task Group (Etg), London (Secretariat): 9-11 October 2001.
- OSPAR (2013). Common Procedure for the Identification of the Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. OSPAR Commission. Agreement 2013-8.

- Pearson T.H. & Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review* 16, 229–311.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RStudio Team (2016). *RStudio: Integrated Development for R (Version 1.1.383)*. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Rygg, B., Norling, K. (2013). Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA, report SNO 6675-2013.
- Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Agnes Eydal, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson (2019). *Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota*. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Sólveig R. Ólafsdóttir & Alice Benoit-Cattin (2018). *Vetrarstyrkur næringarefna og súrefnis í Eyjafirði*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Sólveig Ólafsdóttir (2003). Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði*. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 93: 17-28.
- Sólveig R. Ólafsdóttir (2006). *Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016.
- Staðlaráð Íslands (2016). Environmental monitoring of the impacts from marine finfish farms on soft bottom. IST ISO 12878:2012
- Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes. Skoðað þann 25. september 2017 á slóð <https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf>
- Umhverfisstofnun (2021). *Fyrsta vatnaáætlun Íslands 2022-2027*. Skoðað í apríl 2021 á: <https://ust.is/haf-og-vatn/stjorn-vatnamala/>
- Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson (1991). *Nutrients and fertility of Icelandic waters*. Rit Fiskideildar: XII no.3.
- Wildish, D. J., Hargrave, B. T. & Pohle, G. (2001). Cost-effective monitoring of organic enrichment resulting from salmon mariculture. *Journal of Marine Science* 58, 469–476.
- Zettler, M.L., Schiedek, D. & Bobertz, B. (2007). Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55, 258–270.
- Þorleifur Eiríksson, Leon Moodley, Guðmundur Víðir Helgason, Kristján Lilliendahl, Halldór Pálmar Halldórsson, Shaw Bamber, Gunnar Steinn Jónsson, Jónatan Þórðarson, Þorleifur Ágústsson (2017). *Estimate of organic load from aquaculture – a way to increased sustainability*. Reykjavík: RORUM.
- Þorleifur Eiríksson, Böðvar Þórisson & Björgvin Harri Bjarnason (2003). *Botndýr við fyrirhugaðar fiskeldisstöðvar í Reyðarfirði*. Unnið fyrir Reyðarlax (Samherja). Bolungarvík: Náttúrustofa Vestfjarða.

# Viðauki I. Gátlisti – MOM C, B1

Fyrirtæki: Laxar fiskeldi eh Dags: 07. 10.2020

Gátlisti B.1

Staðsetning: Bjarg Sýnatoka við hámark lífmassa 6.600 tonn

Flokkur	Breyta	Stig	Númer sýnis						Stuðull
			1	2	3	4	5	6	
Botngerð: Mjúk (M), Hörð (H)			M	M	M	M	M	M	
I	Dýr	Já=0, Nei=1	0	0	0	0	0	0	1
			Á						
II	pH	Mælt gildi	7,85	7,93	7,83	7,81	7,85	7,89	
	Eh (mV)	Mælt gildi	-166	-88	-98	-105	-180	-100	
		viðm.gildi*	218	218	218	218	218	218	
pH/Eh	skv. mynd D.1**	1	0	0	0	1	0	0,3	
Ástand sýnis:			2	1	1	1	2	1	
Ástand flokks II:			1						
			Hiti buffera (°C): 6,0			Hiti í sjó (°C): 6,5			
			pH í sjó: 8,38			Eh í sjó: 88,6			
Gasbólur	Já = 4								
	Nei = 0	0	0	0	0	0	0	0	
Litur	Ljós/grá = 0		0	0	0		0		
	Brúnt/svart = 2	2					2		
Lykt	Engin = 0	0	0	0	0		0		
	Vottur = 2						2		
	Sterk = 4								
Áferð	Þétt=0		0	0	0		0		
	Mjúk=2	2					2		
	Laus = 4								
Rúmmál greipar	< 1/4 = 0						0		
	1/4 - 3/4 = 1		1	1			1	1	
	> 3/4 = 2	2				2			
Þykkt grots	0 cm - 2 cm = 0	0	0	0	0	0	0	0	
	2 cm - 8 cm = 1								
	> 8 cm = 2								
Samtals =			6	1	1	2	7	1	
Gildi margfaldað með 0,22			1,3	0,2	0,2	0,4	1,5	0,2	0,7
Ástand sýnis			2	1	1	1	2	1	
Ástand flokks III			1						
Meðaltal flokka II og III			1,1	0,1	0,1	0,2	1,3	0,1	0,5
Ástand sýna			2	1	1	1	2	1	
pH/Eh	Leiðréttingar summa Index	Meðaltal	Einkunn		Flokkur I: tilvist dýra				
		< 1, 1	1	Hlutfall sýna		Einkunn			
		1,1-<2,1	2	<0,5 % sýna með dýr	Ásættanlegt; Á				
		2,1-<3,1	3	>0,5 % sýna án dýra	Óásættanlegt; Ó				
		≥3	4						
			<b>HEILDAR EINKUNN SVÆÐIS</b>						<b>1</b>

\*Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes.

Skoðað þann 10.mái 2018 á slóð <https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf>

\*\*Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg

(Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016).



**Viðauki II. Yfirlit yfir þéttleika og tegundir/hópa í grunnrannsóknnum á einni stöð við Bjarg í ágúst árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003).**

	An-1
<b>Burstaormar (Polychaeta)</b>	Fjöldi/m <sup>2</sup>
<i>Chaetozone setosa</i>	692
<i>Cossura longocirrata</i>	1228
<i>Lumbrineris fragilis</i>	268
<i>Maldane sarsi</i>	2988
<i>Myriochele obculata</i>	108
<i>Nephtys sp.</i>	28
<i>Prionospio steenstrupi</i>	640
<i>Scoloplos armiger</i>	108
<i>Syllidae</i>	160
<b>Krabbadýr (Crustacea)</b>	
<i>Eudorella emarginata</i>	108
<i>Hyas araneus</i>	108
<i>Ostracoda</i>	52
<i>Amphipoda</i>	52
<b>Skrápdýr (Echinodermata)</b>	
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	12
<b>Lindýr (Mollusca)</b>	
Samlokur (Bivalvia) ungvíði	428
<i>Yoldia hyperborea</i>	52
Mytillidae	108

# NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Bakkavegi 5 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Netfang: [na@na.is](mailto:na@na.is)

Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • Sími: 471-2813 og 471-2774 • Veffang: [www.na.is](http://www.na.is)