

# Vöktun á botndýralífi við fiskeldiskvíar

## Hlaðseyri 2016

### Lokaskýrsla

Unnið fyrir Arnarlax

Cristian Gallo

Margrét Thorsteinsson

Júlí 2017  
NV nr. 23-17

|   |                          |   |
|---|--------------------------|---|
|  <b>NÁTTÚRUSTOFA<br/>VESTFJARÐA</b>                                    |                          | <b>Dagsetning mán/ár: júlí 2017</b>   |
|   |                          | <b>Dreifing:</b><br><input type="checkbox"/> Opin<br><input type="checkbox"/> Lokuð til:<br><input checked="" type="checkbox"/> Háð leyfi verkkaupa |
| <b>Skýrsla nr:</b><br>NV nr. 23-17  | <b>Verknúmer:</b><br>459 |   |
| <b>Heiti skýrslu:</b><br>Vöktun á botndýralífi við fiskeldiskvíar, Hlaðseyri 2016. Lokaskýrsla.   |                          | <b>Blaðsíður: 22</b>  |
|   |                          | <b>Fjöldi viðauka: 3</b>  |
| <b>Höfundur:</b> Cristian Gallo   |                          | <b>Upplag: 5</b>  |
|   |                          | <b>Fjöldi korta: 1</b>  |
| <b>Unnið fyrir:</b> Arnarlax hf   |                          | <b>Gerð skýrslu/Verkstig:</b> Lokaeintak  |
| <b>Verkefnisstjóri:</b> Cristian Gallo  |                          | <b>Samstarfsaðilar:</b>   |
| <b>Lykilorð íslensk:</b><br>Vöktun, botnsýni, botndýrasamfélög, redox   |                          | <b>Lykilorð ensk:</b><br>Monitoring, bottom sample, benthic community, redox  |
| <b>Undirskrift verkefnastjóra:</b><br><br>NÁTTÚRUSTOFA<br>VESTFJARÐA |                          | <b>Yfirfarið af:</b> Nancy Bechtloff  |

**EFNISYFIRLIT**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| ÚTDRÁTTUR .....                       | 4  |
| ABSTRACT .....                        | 4  |
| INNGANGUR .....                       | 6  |
| AÐFERÐIR .....                        | 7  |
| Sýnataka .....                        | 8  |
| Redox umreikningar .....              | 9  |
| Úrvinnsla .....                       | 9  |
| Mat á fjölbreytni og skyldleika ..... | 10 |
| NIÐURSTÖÐUR .....                     | 11 |
| Lýsing botnsýna .....                 | 11 |
| Redox mælingar .....                  | 11 |
| Greiningar á botndýralífi .....       | 12 |
| Fjölbreytileiki .....                 | 13 |
| Skyldleiki stöðva .....               | 14 |
| Efnagreiningar .....                  | 14 |
| UMRÆÐUR .....                         | 15 |
| Lokaorð .....                         | 16 |
| ÞAKKIR .....                          | 16 |
| HEMILDASKRÁ .....                     | 17 |
| VIÐAUKI I .....                       | 19 |
| VIÐAUKI II .....                      | 20 |
| VIÐAUKI III .....                     | 21 |

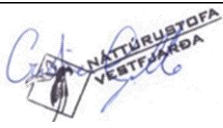
## ÚTDRÁTTUR

Sýnataka, sem var sú síðasta á núlíðandi fiskeldistímabili, fór fram við Hlaðseyri þann 21. nóvember 2016 og var gerð samkvæmt *ISO 12878:2012* og ASC stöðlum. Botninn var mjúkur og lykt sets sýndi merki um lífræna uppsöfnun við kví og 25 m frá kví. Niðurstöður redox mælinga og greininga botndýrasýna sýndu að lífrænn úrgangur var mestur innan við kvíarnar. Redox var þó jákvætt á öllum stöðvum. Vísitategundin *Capitella capitata* var algengasta tegundin á öllum stöðvum nema viðmiðunarstöðinni og Shannon-Wiener fjölbreytileikastuðullinn var lágur á flestum stöðvum. Lítil skyldleiki var milli viðmiðunarstöðvar og annarra stöðva á fiskeldisvæðinu. Margar botndýrategundir sem áður voru algengar á svæðinu finnast ekki lengur á fiskeldisvæðinu en finnast þó enn á viðmiðunarstöðinni. TN, TP, TOC voru líka mæld á fjórum stöðvum. Byggt á niðurstöðum þessarar athugunar stenst fiskeldi við Hlaðseyri forsendur 2.1.1 og 2.1.3 en ekki forsendur 2.1.2 samkvæmt ASC-stöðlum.

## ABSTRACT

Monitoring of bottom fauna was carried out the 21<sup>th</sup> of November 2016 at mariculture site located in Hlaðseyri in Patreksfjörður. Sampling was done according to *ISO 12878:2012* and ASC standards at the end of production cycle. Bottom was soft and sulfur smell was detected at the stations taken at cages and at 25 m from cages. Redox potential and benthic sample analyses show sign of accumulation on the inner side of cages. Redox potential was though positive on all stations. *Capitella capitata* was the most common species in all stations except for the reference station and Shannon-Wiener index scored low in most stations. Low similarity was found between stations in the mariculture area and the reference station. Many species that were abundant in the base line monitoring were no longer found in the area but were found at the reference station. Sediment was analysed for TN, TP and TOC in four stations. According to the results of this check the mariculture site of Hlaðseyri accomplished the criterions 2.1.1 and 2.1.3 but do not for the criterion 2.1.2 of the ASC standard.

## Lokaskýrsla: Hlaðseyri 2016

|  |                     |                 |   |                 |                 |                 |   |                 |                  |                 |
|--|---------------------|-----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|------------------|-----------------|
| Fiskeldisfyrirtæki: <b>Arnarlax /Fjarðalax</b>                   |                     |                 | Staður: <b>Hlaðseyri</b> (Patreksfirði) |                 |                 |                 | Rekstrarleyfisnúmer:<br><b>FE-1088</b>  |                 |                  |                 |
| Dagsetning sýnatöku: 21.11.2016                                  |                     |                 | Dags. skýrslu skila: 12.07.2017         |                 |                 |                 | Hámark lífmassa:<br>4.532 tonn  |                 |                  |                 |
| Stöðvar<br>Fjarlægð frá kvíum                                    | <b>A</b><br>0m      | <b>B</b><br>25m | <b>C</b><br>55m                         | <b>D</b><br>25m | <b>E</b><br>55m | <b>F</b><br>0m  | <b>G</b><br>25m   | <b>H</b><br>55m | <b>I</b><br>Ref. |                 |
| Fjöldi tegunda   | 6                   | 9               | 23                                      | 13              | 12              | 3               | 1   | 3               | 10               |                 |
| Fjöldi einkstaklinga (einst./m <sup>2</sup> )                    | 6700                | 13980           | 3918                                    | 5060            | 3980            | 3160            | 1260  | 280             | 1380             |                 |
| Shannon-Wiener (H' log <sub>2</sub> )                            | 0,4                 | 0,8             | 2,1                                     | 2,1             | 2,3             | 0,2             |   | 1,3             | 1,9              |                 |
| Redox potential  | 144                 | 154             | 208                                     | 74              | 93              | 65              | 39  | 22              | 170              |                 |
| TOC (mg/gr)  |                     |                 | 31,8                                    |                 | 40,9            | 53,6            |   | 39,4            |                  |                 |
| Flokkur:<br>samkvæmt<br>MOM C (NS<br>9410:2007, TA<br>1467/1997) | Fjöldi<br>tegunda*  |                 | II<br>gott                              | I<br>m.gott     | II<br>gott      | II<br>gott      |   | IV<br>slæmt     | IV<br>slæmt      | II<br>gott      |
|  | H' log <sub>2</sub> |                 | V<br>m.slæmt                            | III<br>miðlungs | III<br>miðlungs | III<br>miðlungs |   | V<br>m.slæmt    | V<br>m.slæmt     | III<br>miðlungs |
|  | TOC                 |                 |   | III<br>miðlungs |                 | IV<br>slæmt     | V<br>m.slæmt  |                 | IV<br>slæmt      |                 |
| ASC forsendur  |                     | 2.1             |   | 2.2             |                 | 2.3             |   |                 |                  |                 |
|  |                     | stenst          |   | stenst ekki     |                 | stenst          |   |                 |                  |                 |
| Vöktunarfyrirtæki: Náttúrustofa Vestfjarða                       |                     |                 | Verkefnastjóri: Cristian Gallo          |                 |                 |                 |  |                 |                  |                 |

\*Í viðmiðum norska staðalsins NS 9410:2007 er miðað við 2000cm<sup>2</sup> greip en í þessari rannsókn var notast við 250 cm<sup>2</sup> greip.

## INNGANGUR

Fjarðalax ehf, dótturfyrirtæki Arnarlax eftir sameiningu árið 2016, óskaði eftir því við Náttúrustofu Vestfjarða (Nave) að tekin yrðu botnsýni á fiskeldissvæði fyrirtækisins við Hlaðseyri í Patreksfirði. Markmið sýnatökunnar var að kanna ástand botns við lok eldistímabil þegar lífmassi eldis var í hámarki. Athuginin er liður í vöktun á áhrifum fiskeldisins á botndýralíf og ástand sets samkvæmt starfsleyfi (Umhverfisstofnun 2011) og vöktunaráætlun fyrirtækisins (Nave 2015). Sýnataka var gerð eftir *ISO 12878:2012* og ASC (Aquaculture Stewardship Council) stöðlum en ASC eru sjálfstæð alþjóðleg samtök sem veita vottun fyrir ábyrgt og sjálfbært fiskeldi (Salmon Aquaculture Dialogue 2012).

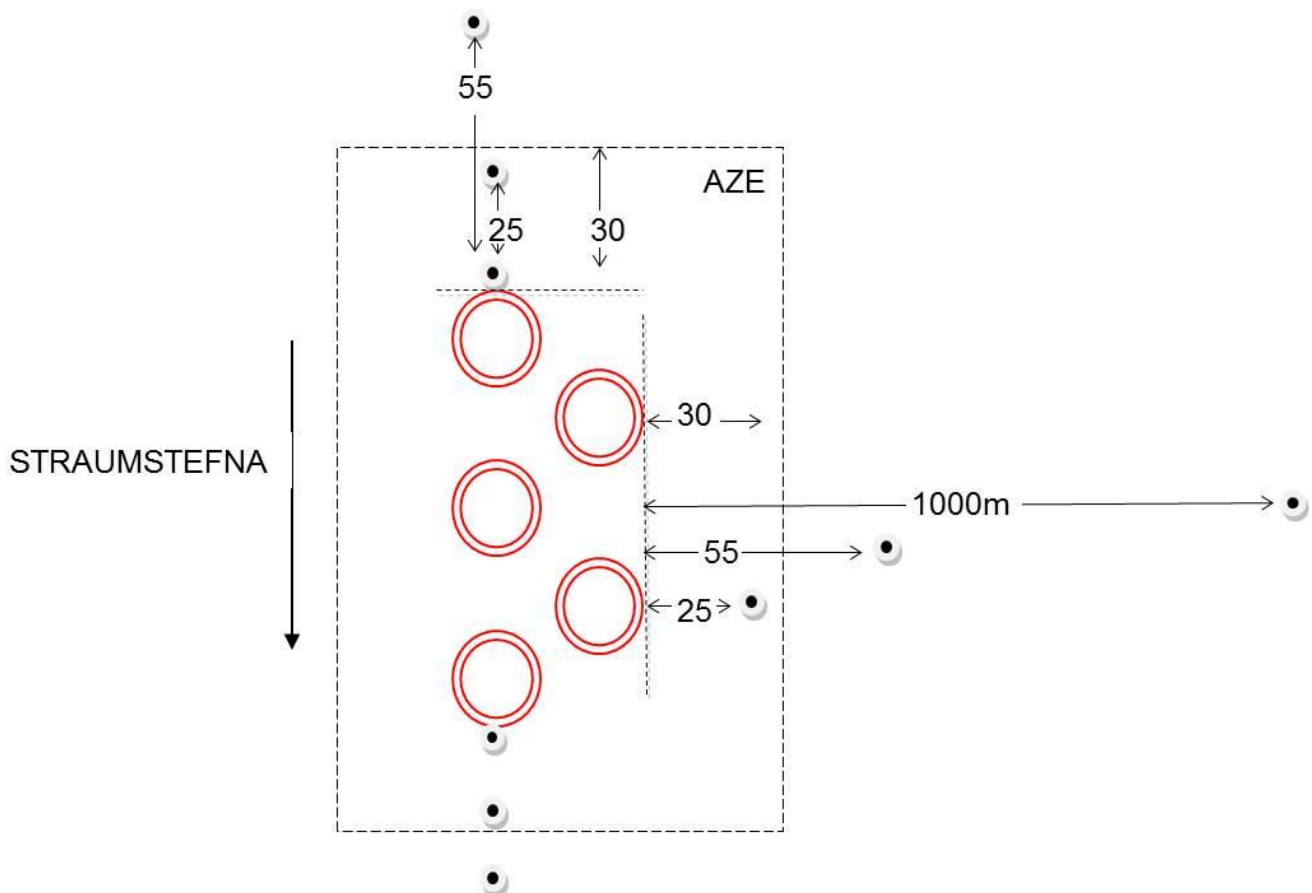
Fiskeldissvæðið við Hlaðseyri samanstendur af 10 kvíum, hver um sig 51 metrar að þvermáli. Lax var settur í kvíar vorið 2015 (júní til júlí) og hámark lífmassa var 4.532 tonn í lok eldistímabilsins. Athuganir hafa áður verið gerðar á fiskeldissvæðinu. Árið 2003 var gerð grunnathugun af Akvaplan niva en í þeirri rannsókn voru ekki birtar tölur um þéttleika dýrahópa/tegunda (Asle Guneriusen og Roger Velvin 2003). Hafrarannsóknastofnun tók botndýrasýni í firðinum árið 2009 og voru niðurstöður rannsóknarinnar birtar árið 2015 (Steinunn Hilma Ólafsdóttir 2015). Árið 2012 voru teknar 3 stöðvar við Hlaðseyri, áður en að eldi byrjaði en einungis ein stöð var unnin (Böðvar Þórisson o.fl. 2012). Á eldistímanum og eftir lok hans fóru fram þrjár sýnatökur. Á eldistíma í nóvember 2013, við lok eldistíma í september 2014 og eftir u.þ.b. 9 mánaða hvíld svæðisins í maí 2015. Niðurstöður þessara þriggja sýnataka voru birtar saman árið 2015 (Cristian Gallo 2015).

Til að meta ástand sjávarbotns undir fiskeldissvæðinu var gerð athugun á botnseti svæðanna. Skoðuð voru útlitsleg einkenni og lykt setsins, afoxunarmætti (redox potential) var mælt og efnagreiningar gerðar í seti. Þá var samsetning botndýrasamfélaga skoðuð sérstaklega með tilliti til vísitægunda sem og fjölbreytileika botndýrasamfélaganna.

Samkvæmt ASC-stöðlum eru þrjár forsendur skilyrtar samkvæmt grunnreglu 2 (e:principle 2: Conserve natural habitat, local biodiversity and ecosystem function). Fyrsta forsendan (2.1.1) er að í seti á stöðvum utan AZE-svæðis verður redox potential ( $E_{\text{H SHE}}$ ) vera  $> 0$  millivolt og magn súlfíðs  $\leq 1.500 \mu\text{mól/L}$ . Önnur forsendan (2.1.2) er að fjölbreytileikastuðullinn sé hærri en 3 utan AZE-svæðisins eða að á því svæði séu flestar þeirra viðkvæmu flokkunareininga (taxa) sem einkenndu upprunalega botndýrasamfélagið. Þriðja forsendan (2.1.3) er að á stöðvum innan AZE-svæðisins þurfa tvær eða fleiri tegundir sem ekki eru vísitægundir (uppsöfnunnar lífrænna efna) að vera með yfir 100 einstaklinga á fermetra eða með álíka fjölda og á viðmiðunarstöðinni (ASC 2012).

**AÐFERÐIR**

Arnarlax hf hefur í hyggju að sækja um ASC-vottun á framleiðslu sinni og er sýnatökunni því hagað eftir stöðlum samkvæmt þeirri vottun. Í skýrslu ASC (Salmon Aquaculture Dialouge 2012) er leyfilegt áhrifasvæði (AZE) skilgreint sem 30 m út frá kvíum. Fimm stöðvar eru teknar innan AZE-svæðisins (mynd 1). Tvær þessara stöðva eru við kvíar (á sitt hvorum enda lengri áss kvíaraðar) og þrjár stöðvar um 25 m frá kvíum (ein þeirra hornrétt á straumstefnu, ein á móti straumi og sú þriðja með straumnum). Aðrar þrjár stöðvar eru teknar á sama máta og þær þrjár sem lýst er hér að framan en eru staðsettar rétt fyrir utan AZE-svæðið eða um 55 m frá kvíum. Ein viðmiðunarstöð er svo tekin vel utan AZE-svæðisins, 500-1000 m frá kvíum, en á álíka dýpi og botngerð og hinar stöðvarnar. Samkvæmt þessum stöðlum eru tekin tvö botndýrasýni á hverri stöð.



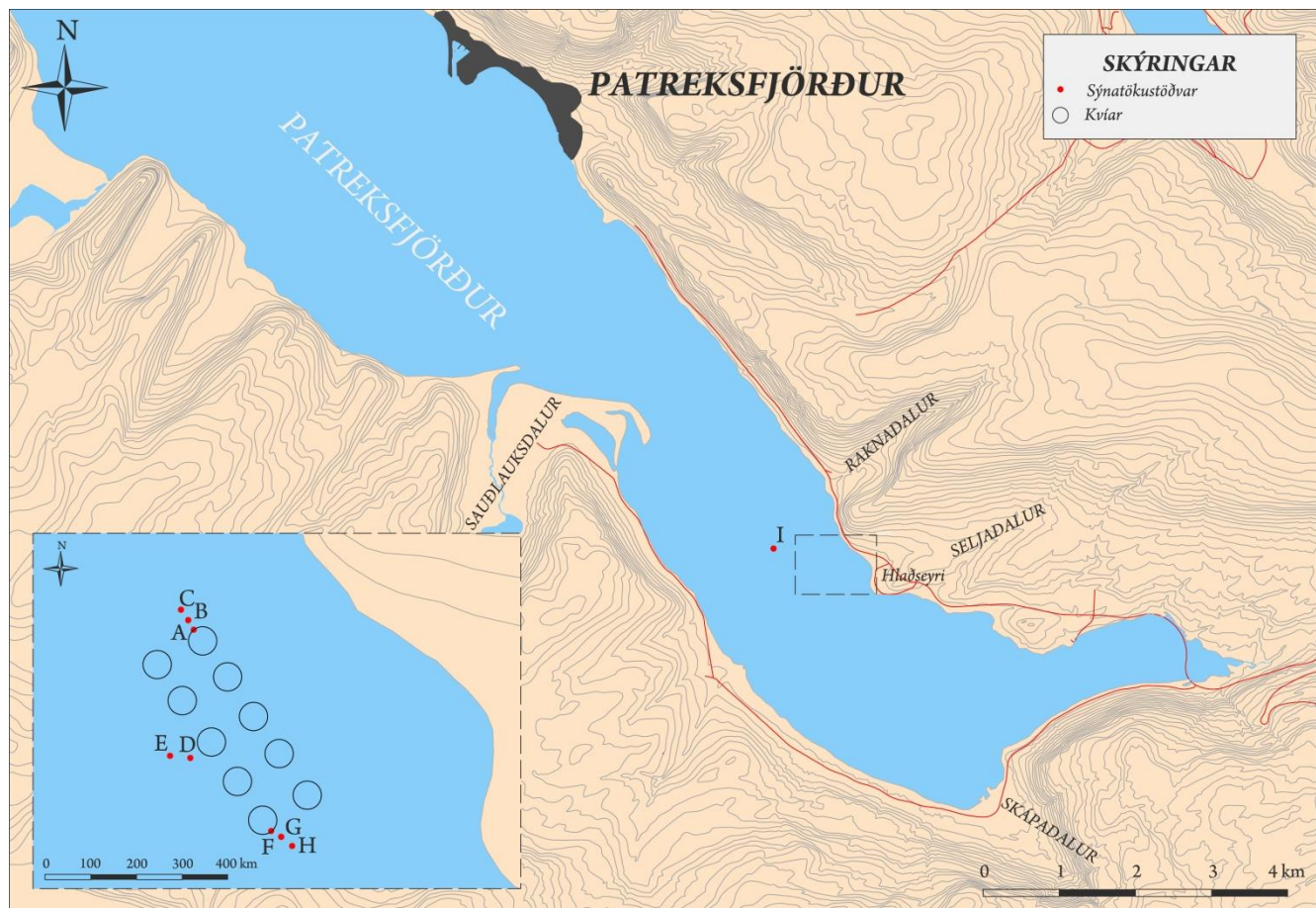
Mynd 1. Skematísk mynd af sýnatökustöðvum samkvæmt ASC-staðli. Brotalína sýnir útlínur AZE-svæðis.

## Sýnataka

Sýnataka fór fram 21. nóvember 2016, samkvæmt ISO 12878:2012 og ASC stöðlum, við Hlaðseyri í Patreksfirði (kort 1). Hver stöð var hnitsett (brot úr mínútum, *e. decimal minutes*) og dýpi skráð.

Tafla 1. Staðsetning sýnatökustöðva, dýpi og fjarlægð frá kvíum út af Hlaðseyri í Patreksfirði.

| Stöð | Hnit                      | Dýpi (m) | Fjarlægð frá kvíum (m) |
|------|---------------------------|----------|------------------------|
| A    | N65° 32.595' W23° 53.480' | 46       | 0                      |
| B    | N65° 32.606' W23° 53.499' | 46       | 25                     |
| C    | N65° 32.617' W23° 53.521' | 43       | 55                     |
| D    | N65° 32.444' W23° 53.462' | 45       | 25                     |
| E    | N65° 32.445' W23° 53.520' | 45       | 55                     |
| F    | N65° 32.366' W23° 53.218' | 41       | 0                      |
| G    | N65° 32.360' W23° 53.188' | 41       | 25                     |
| H    | N65° 32.350' W23° 53.154' | 40       | 55                     |
| I    | N65° 32.590' W23° 54.309' | 49       | 600                    |



Kort 1. Sýnatökustöðvar við Hlaðseyri í Patreksfirði. Kortagerð: HBA/Nave©2017.



Við botnsýnatökuna var notuð 250 cm<sup>2</sup> Van Veen greip. Við sýnatökuna var greip látin síga niður á botn og hífð upp með spili (koppi). Sýni taldist nothæft ef greipin var lokuð þegar hún kom upp og set var í greipinni.

Á öllum stöðvum nema C voru tekin fjögur setsýni á hverri stöð, tvö botndýrasýni fyrir dýragreiningu og tvö fyrir efnagreiningu. Samkvæmt ISO staðlinum þarf að taka auka botndýrasýnin séu sýnin tvö ólík. Vegna þessa voru þrjú botndýrasýni tekin á stöð C auk efnasýnanna tveggja.

Botndýrasýnum var lýst með tilliti til setgerðar (t.d. leir eða sandur), litar, lyktar og hvort lífverur eða skeljabrot sáust greinilega. Redox var mælt í efstu 2 cm sýnanna ásamt því að hiti var mældur. Botndýrasýnin voru síðan varðveitt í formalíni (8-10%) og boraxi bætt út í til að sporna við niðurbroti skelja skeldýra. Formalíni var hellt af sýnunum eftir nokkra daga og alkóhól (70%) sett í staðinn.

Efnasýni voru tekin úr 2 cm yfirborðslagi setsins. Öll sýni sem ætluð voru til efnagreininga voru fyrst sett í frysti og svo voru sýni af stöðvum C, E, F og H unnin hjá Efnagreiningum Keldnaholti þar sem mælt var heildar nitur (TN), heildar fosfór (TP), heildar kolefni (TOC) og súlfíð. Sýni þessara stöðva voru valin til að uppfylla ISO og ASC staðla. Greiningarmörk notuð við efnagreiningu voru fyrir TN 0,02 mg/kg, fyrir TP 0,1 mg/kg og fyrir TOC 0,05 mg/kg (Guðjón Atli Auðunsson munnleg heimild).

### Redox umreikningar

Mælt var hitastig og redox potential í setsýnum. Mælda Redox gildið þarf að umreikna yfir í Eh SHE (einnig þekkt sem Eh NHE) því ISO 12878:2012 staðlar notast enn við Eh SHE gildi (Hargrave o.fl. 2008). Við umreiknunina er notuð tala (Reference potential) sem tengist hitastigi sýnisins og fylgir með tækinu (Thermo Fisher Scientific inc. 2007) og er gerð á eftir farandi hátt:

$$E_{SHE} = E_{mælt} + E_{ref.pot}$$

### Úrvinnsla

Öll botndýrasýni voru rúmmálmæld og síðan sigtuð varlega í rennandi vatni í 500 µm sigti. Það sem eftir sat í sigtinu var síðan sigtað með 1 mm sigti og innihald beggja sigtanna sett í alkóhól. Dýr úr 1 mm sigtinu voru notuð til greininga en hin sýnin voru varðveitt m.a. þar sem þau gætu nýst sem hluti af kornasýni. Unnin voru heildarsýni og dýrin flokkuð undir víðsjá, Leica MZ 6 og/eða MZ 12, greind í tegundir eða hópa eins og kostur gafst með hjálp greiningarlykla og þau talin.

## Mat á fjölbreytni og skyldleika

Fjölbreytni botndýrasamfélaga var metin með Shannon-Wiener  $H'$  fjölbreytileika stuðli (Grey o.fl. 1992, Brage og Thélin 1993). PRIMER 6 forritið var notað við útreikninga (Clarke og Warwick 2001). Í viðauka II má sjá greiningar dýra og meðalfjölda þeirra á stöð. Þessar tölur liggja til grundvallar útreikninga á fjölbreytni og einsleitni. Þráðormar (Nematoda) voru ekki notaðir við útreikninga og sumar tegundir voru sameinaðar í ættkvísl eða ætt.

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  $i$ . Þessi stuðull er mikið notaður við vistfræðirannsóknir og hækkar eftir því sem fjölbreytileiki eykst.

Einsleitnistuðullinn, er nátengdur Shannon-Wiener stuðlinum, en sýnir hvort jafnræði er milli tegunda, eða hvort ein eða fáar tegundir séu sérstaklega áberandi. Stuðullinn lækkar þegar það gerist.

Einsleitnistuðullinn  $J'$ :

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

Bray-Curtis skyldleikaprófið er notað til að bera saman stöðvar sem teknar voru á fiskeldisvæðinu við viðmiðunarstöð. PRIMER 6 forritið var notað við útreikninga (Clarke og Warwick 2001).

**NIÐURSTÖÐUR****Lýsing botnsýna**

Litur sets var að mestu grásvartur en svartur við kvíar. Smá brennisteins lykt fannst af sýnum frá stöðvum A, B, D og F sem næstar voru kvíum (tafla 2).

Tafla 2. Lýsing botnsýna sem tekin voru út af Hlaðseyri í Patreksfirði.

| Stöð | Lýsing                           | Lykt  |
|------|----------------------------------|-------|
| A    | Svört leðja                      | Smá   |
| B    | Grásvört leðja                   | Smá   |
| C    | Grásvört leðja með skeljarbrotum | Engin |
| D    | Grásvört leðja                   | Smá   |
| E    | Grásvört leðja                   | Engin |
| F    | Svört leðja með skeljarbrotum    | Smá   |
| G    | Grásvört leðja                   | Engin |
| H    | Grásvört leðja með skeljarbrotum | Engin |
| I    | Grábrún leðja                    | Engin |

Flest sýni voru frá 1590 til 2156 cm<sup>3</sup> og 95-98% heildarsýnanna var með kornastærð minni en 500 µm. Tvö sýnanna af stöð C (þar voru tekin þrjú sýni) voru hinsvegar um 680 cm<sup>3</sup> og í þeim var annar helmingurinn minni en 500 µm en hinn stærri en 500 µm. Meirihluti þess sem var stærri en 1 mm var ásamt dýrum, skeljabrot og þörungaleifar. Af þessu má álykta að botninn sé mjúkur.

**Redox mælingar**

Niðurstöður redox mælinga má sjá í töflu 3.  $E_{SHE}$  gildin voru jákvæð (yfir 0) á öllum stöðvum. Þar sem redox mælingar hafa ekki áður verið gerðar á þessu svæði voru engin gildi til samanburðar.

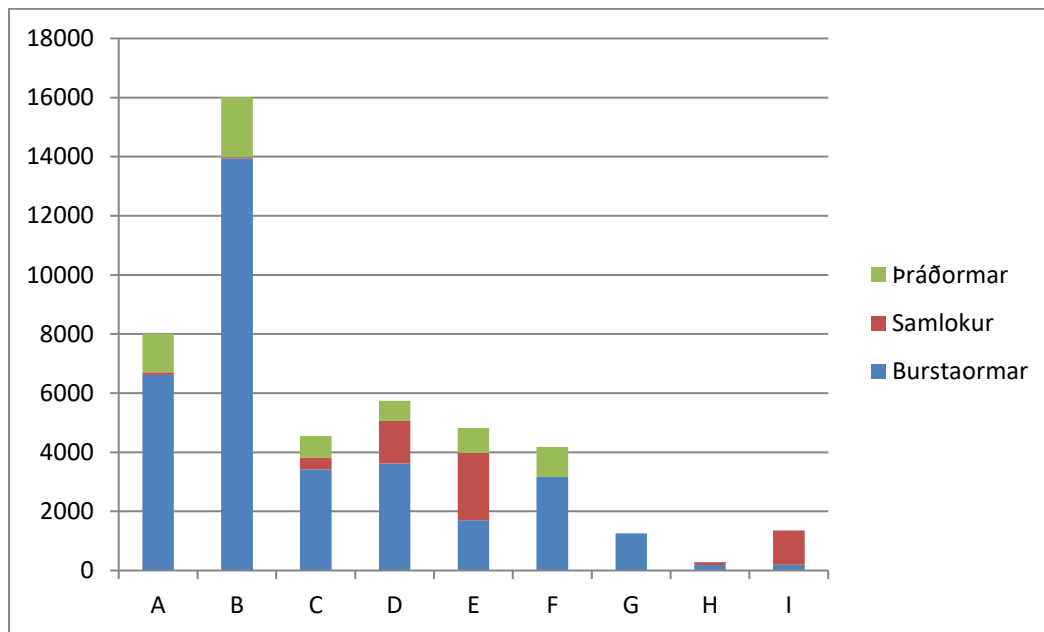
Tafla 3. Meðaltal tveggja mælinga á redox og hita ásamt umreiknuðum gildum fyrir  $E_{SHE}$ .

| Stöð | Hiti (°C) | Redox (mV)  |          |           |
|------|-----------|-------------|----------|-----------|
|      |           | Mælt. gildi | Ref.pot. | $E_{SHE}$ |
| A    | 5,7       | -74         | 218      | 144       |
| B    | 5,4       | -64         | 218      | 154       |
| C    | 6,5       | -10         | 218      | 208       |
| D    | 5,9       | -144        | 218      | 74        |
| E    | 6,1       | -125        | 218      | 93        |
| F    | 5,9       | -153        | 218      | 65        |
| G    | 6,0       | -179        | 218      | 39        |
| H    | 6,4       | -196        | 218      | 22        |
| I    | 6,1       | -48         | 218      | 170       |

## Greiningar á botndýralífi

Greiningar á botndýralífi eftir stöðvum má sjá í viðauka I. Burstaormar (Polychaeta) voru algengasti hópurinn með a.m.k 23 flokkunareiningar (taxa). Næst algengasti hópurinn var þráðormar (Nematoda) en þeir voru ekki greindir til tegunda. Þriðji algengasti hópurinn var lindýr og var nær allur sá hópur samlokur (Bivalvia) með a.m.k. 5 taxa.

Burstaormar voru áberandi algengastir á öllum stöðvum nema E og viðmiðunarstöðinni (I) þar sem mest var af samlokum (mynd 2). Dálítið af krabbadýrum, nökkvum og ánum fannst einnig á stöðvum C og I.



Mynd 2. Hlutfall á milli algengustu hópa á hverri stöð. Á lóðréttu ásnum er fjöldi einstaklinga á fermetra en á lárétta ásnum eru sýnatökustöðvar.

Algengasta tegundin var burstormurinn *Capitella capitata*. Ef frátaldir eru þráðormar voru næstar í fjölda samlokurnar gljáhnýtla (*Ennucula tenuis*) og hrukkubúlða (*Thaysira flexuosa*) ásamt burstaorminum *Microphthalmus aberrans*. Þegar litið er til alls fiskeldissvæðisins voru auk þeirra tegundirnar *Eteone longa*, *Pectinaria koreni*, *Pholoe sp* og *Mammiphitime cosmetandra (cf)* með meira en hundrað einstaklinga.

Vísitægundin *Capitella capitata* var mest áberandi á öllum stöðvum nema viðmiðunarstöðinni og eina tegundin á stöð G. Önnur vísitægund, *Malacoceros fuliginosus*, sem einnig er þekkt að þoli lífræna uppsöfnun, fannst á stöðvum A, B, C og F. Þá fannst burstaormurinn *Microphthalmus aberrans* á stöð

F með fyrrnefndum tveimur tegundum og á stöð H með *Capitella capitata* og samlokunni hrukkubúldu.

*Nuculana minuta*, *Galathowenia oculata*, *Prionospio sp* og *Sternaspis scutata* fundust einungis á viðmiðunarstöðinni.

Gljáhnytla, hrukkubúlda og burstaormurinn *Pectinaria koreni* voru til staðar innan AZE svæðisins í meira en 100 einst./m<sup>2</sup>.

### Fjölbreytileiki

Þar sem samkvæmt *ISO 12878* skal ekki nota þráðorma til útreikninga á fjölbreytileika og einsleitni voru þeir því teknir frá. Greiningu og flokkun fyrir útreikninga á fjölbreytileika og einsleitni má finna í viðauka II.

Fjöldi hópa/tegunda (S) var frá 1 til 23 á stöðvunum. Flestar tegundir voru á stöð C en einungis ein á stöð G og þrjár á stöðvum F og H. Viðmiðunarstöðin (I) var með 10 tegundir, álíka því sem var á stöðvum B, E og D (tafla 4).

Fjöldi botndýra (N) var breytilegur milli stöðva. Lang flest dýr voru á stöð B eða rúmlega 14 þúsund dýr á m<sup>2</sup> en fæst á stöð H með samtals 280 einstaklinga. Á stöðvum F og G voru annarsvegar um 3 þúsund dýr/m<sup>2</sup> og hinsvegar um 1,3 þúsund dýr/m<sup>2</sup> en nær öll voru af tegundinni *Capitella capitata* (tafla 4).

Fjölbreytileika stuðullinn  $H'(\log_2)$  var hæstur á stöð E eða 2,3 og því næst 2,1 á stöðvum C og D og eftir þeim kom viðmiðunarstöðin með stuðulinn um 1,9. Fjölbreytileikinn var lágur á öðrum stöðvum og ekki var hægt að reikna hann á stöð G þar sem þar var einungis ein tegund (tafla 4).

Einsleitni stuðullinn (J') var hæstur á stöð H eða 0,8 en vert er að benda á að jafnvel þótt hlutfallið milli tegundanna sé nokkuð jafnt voru einungis 3 tegundir á stöðinni. Á stöðvum D, E og I var einsleitnistuðullinn 0,6. Stöð C var með stuðul 0,5. Aðrar stöðvar voru með talsvert lægri stuðul sem bendir til að þar séu fáar tegundir í mun meiri fjölda en aðrar sem veldur ójafnara hlutfalli milli tegundanna og því meiri einsleitni (tafla 4).

Tafla 4. Fjöldi hópa/tegunda (S), fjöldi dýra (N), einsleitnistuðul (J') og fjölbreytileikastuðul (H').

| Stöð | S  | N     | J'  | H'(loge) | H'(log2) |
|------|----|-------|-----|----------|----------|
| A    | 6  | 6700  | 0,1 | 0,2      | 0,4      |
| B    | 9  | 13980 | 0,2 | 0,5      | 0,8      |
| C    | 23 | 3918  | 0,5 | 1,4      | 2,1      |
| D    | 13 | 5060  | 0,6 | 1,4      | 2,1      |
| E    | 12 | 3980  | 0,6 | 1,6      | 2,3      |
| F    | 3  | 3160  | 0,1 | 0,1      | 0,2      |
| G    | 1  | 1260  | *   | *        | *        |
| H    | 3  | 280   | 0,8 | 0,9      | 1,3      |
| I    | 10 | 1380  | 0,6 | 1,4      | 1,9      |

\*þar sem einungis ein tegund var á stöðinni reyndist ekki mögulegt að reikna stuðulinn.

### Skyldleiki stöðva

Niðurstöður Bray- Curtis skyldleikaprófsins sýndu um 31 til 36% skyldleika milli viðmiðunarstöðvar og stöðva D og E. Viðmiðunarstöðin var með lítinn eða nær engann skyldleika við aðrar stöðvar (tafla 5).

Tafla 5. Niðurstöður Bray- Curtis skyldleikaprófsins milli stöðva.

| Stöð | A        | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H        |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A    |          |          |          |          |          |          |          |          |
| B    | 64,21663 |          |          |          |          |          |          |          |
| C    | 51,23375 | 32,32763 |          |          |          |          |          |          |
| D    | 52,04082 | 35,71429 | 73,33482 |          |          |          |          |          |
| E    | 25,46816 | 16,48107 | 47,10053 | 66,37168 |          |          |          |          |
| F    | 64,09736 | 36,87281 | 74,03221 | 70,07299 | 34,73389 |          |          |          |
| G    | 31,65829 | 16,53543 | 48,66744 | 39,87342 | 45,80153 | 57,01357 |          |          |
| H    | 6,876791 | 3,085554 | 12,38685 | 10,48689 | 13,14554 | 10,46512 | 20,77922 |          |
| I    | 2,475248 | 0,78125  | 6,002265 | 31,0559  | 36,56716 | 0,881057 | 1,515152 | 14,45783 |

### Efnagreiningar

Efnasýni voru tekin á hverri stöð. Sýni af stöðvum A, C, E og H voru unnin fyrir TN, TP og TOC til að uppfylla bæði vöktunaráætlun og ASC staðla. Niðurstöður efnagreininga eru í viðauka 3. Heildar nitur (TN) mældist milli 0,31 og 0,52 mmól/g þurrvigt (e. dry weight, dw) eða 0,44-0,73 % dw. Heildar kolefni (e. total organic carbon eða TOC) mældist milli 2,61 og 4,79 mmól/g dw eða 3,13-5,75 % dw. Heildar fosfór (TP) mældist milli 0,044 og 0,152 mmól/g dw eða milli 0,14-0,47 % dw.

Meðaltöl niðurstaða tveggja efnasýna fyrir hverja stöð eru í töflu 6. Hæstu TN, TOC og TP gildi mældust á stöð F við kví.

Tafla 6. Niðurstöður efnagreininga. Meðalfjöldi tveggja sýna á hverri stöð fyrir TN og TOC.

| Stöð | TN (mmol/gr) | TOC (mmol/gr) | TP (mmol/gr) |
|------|--------------|---------------|--------------|
| C    | 0,32         | 2,66          | 0,04         |
| E    | 0,43         | 3,41          | 0,06         |
| F    | 0,50         | 4,47          | 0,15         |
| H    | 0,41         | 3,29          | 0,06         |

Ekki eru til gögn til samanburðar þar sem slíkar mælingar voru ekki gerðar áður en fiskeldi byrjaði en TOC gildin voru borin saman við norsk viðmið um vatnsgæði í vatni fjarða og standsvæða (veileder TA 1467/1997). Samkvæmt því var ástand botnsets mjög slæmt við kvíar, slæmt á tveimur stöðvum 55 m frá kvíum og miðlungs á einni stöð í 55 m fjarlægð (utan AZE svæðis).

## UMRÆÐUR

Þessi athugun lýsir einkennum botnsets og samsetningu botndýrasamfélaga í nágrenni fiskeldisvæðis við Hlaðseyri í Patreksfirði. Fiskeldistímabilið á svæðinu byrjaði vorið 2015 og lauk veturinn 2016-2017. Sýnataka var framkvæmd þegar lífmassi eldisfisks var í hámarki.

Svæðið er tiltölulega flatt en dreifing lífræns úrgangs virðist ekki jöfn umhverfis kvíarnar. Útlitsleg einkenni og brennisteins lykt sets sýndu merki um lífræna uppsöfnun við kví og 25 m frá kví. Hinsvegar sýndu redox mælingar í seti merki um lífræna uppsöfnun á stöðvum F, G og H sem voru innar í firðinum og virðist það falla vel að niðurstöðum um fjölbreytileika botndýra sem var lægstur á þessum stöðvum. Straumur virðist því flytja lífrænan úrgang meira í áttina inn fjörðinn. Fjölbreytileikastuðullinn og fjöldi tegunda voru hærri á stöðvum C, D og E en á viðmiðunarstöðinni en vísitegundin *Capitella capitata* var algengasta tegundin á öllum stöðvum sem bendir til að uppsöfnun lífrænna efna hafi áhrif á tegundasamsetningu fiskeldisvæðisins.

Lítill skyldleiki var milli viðmiðunarstöðvar og annarra stöðva á fiskeldisvæðinu enda var tegundasamsetning þeirra ólík. Þegar botndýrasamfélög í þessari athugun eru borin saman við þau sem fundust við athuganir sem gerðar voru áður en fiskeldi byrjaði, sést að margar tegundir eins og *Nuculana minuta*, *Galathowenia oculata*, *Sternaspis scutata* og *Prionospio sp* sem áður voru algengar (Böðvar Þórisson et al. 2012, Ólafsdóttir S.H. 2015) finnast ekki lengur á fiskeldisvæðinu en finnast þó

enn á viðmiðunarstöðinni. Þetta staðfestir niðurstöður hvíldasýnatöku sem bentu til að svæðið hefði ekki fengið nógan tíma til að jafna sig eftir síðasta eldistímabil (Cristian Gallo 2015).

Samkvæmt viðmiðum norska staðalsins *NS 9410:2007* um botndýrasamfélög á nærsvæðum fiskeldiskvía voru stöðvar í 25 og 55 m fjarlægð frá kví í góðu ástandi utan við kvíasvæðið og nær miðju fjarðarins en í slæmu ástandi á stöðvum við kví og innar í firðinum.

### **LOKAORÐ**

Samkvæmt niðurstöðum okkar voru redox potential gildi jákvæð í seti á stöðvum utan AZE-svæðis. Þá voru tvær eða fleiri tegundir, sem ekki eru vísitægundir, með yfir 100 einstaklinga á fermetra á stöðvum innan AZE-svæðis. Hinsvegar var fjölbreytileikastuðullinn minni en 3 á stöðvum utan AZE-svæðisins auk þess sem flestar þeirra viðkvæmu taxa sem einkenndu upprunalega botndýrasamfélagið voru ekki til staðar á því svæði. Samkvæmt niðurstöðum þessarar athugunar fullnægir fiskeldisvæðið við Hlaðseyri einungis tveimur (2.1.1 og 2.1.3) af þremur forsendum sem skilyrtar eru í ASC stöðlunum.

### **ÞAKKIR**

Starfsmenn Náttúrustofu Vestfjarða er þakkað fyrir eftirfarandi: Guðrúnu Steingrímsdóttu fyrir vinnu við úrvinnslu sýna og Huldu B. Albertsdóttur fyrir vinnu við kortagerð. Þór Magnússon skipstjóra Ásu fyrir skipstjórn og aðstoð við sýnatöku.



**HEMILDASKRÁ**

Brage, R og I. Thélin 1993. Klassifisering av miljökvalitet I fjorder og kystfarvann. Virkningar av organiske stoffer. Statens forurensingstilsyn (SFT).

Böðvar Þórisson, Cristian Gallo, Eva Dögg Jóhannesdóttir og Þorleifur Eiríksson (2012). Botndýraathuganir í Arnar- og Patreksfirði vegna fyrirhugaðs fiskeldis Fjarðalax. Unnið fyrir Fjarðalax. Náttúrustofa Vestfjarða, NV nr. 07-12.

Clarke K.R. and R.M. Warwick 2001. Change in marine communities: An approach to statical analysis and interpretation. Primer-E Ltd.

Cristian Gallo 2015. Monitoring of benthic community in Hlaðseyri 2013-2015. Unnið fyrir Fjarðalax. NV nr. 24-15. Náttúrustofa Vestfjarða, Bolungarvík.

Dean H. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. Revista de Biología Tropical, Vol 56: 11-38.

Grey, J.S, A.D. McIntyre og J. Stirn 1992. Manual of methods in aquatic environment research. Biological assessment of marine pollution – with particular reference to benthos. Part 11. FAO. Fisheries technical paper 324. 49 bls.

Hargrave, B. T.,M. Holmer, C.P. Newcombe 2008. Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. Elsevier. Marine Pollution Bulletin 56: 810-824.

Náttúrustofa Vestfjarða 2015. *Vöktunaráætlun fyrir Fjarðalax ehf. Vegna laxeldis í Fossfirði, Tálknafirði og Patreksfirði. Endurskoðuð áætlun 2015. 1.04.2017 af slóð: <https://www.ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Mengandi-Starfssemi/Fiskeldi/Fjar%C3%B0alax%20-%20NAVE%20v%C3%B6ktunar%C3%A1%C3%A6tlun%202015.pdf>*

Rygg B. 2002. Indicator Species Index for Assessing Benthic Ecological Quality in Marine Waters of Norway. NIVA Report SNO 45-48-2002. Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway.

Pearson TH., R. Rosenberg 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr Mar Biol Annu Rev 16: 229-311.

Salmon Aquaulture Dialouge. 2012. ASC Salmon Standard - version 1.0 june 2012. Salmon Aquaulture Dialouge.

Thermo Fisher Scientific 2007. User Guide. Redox/ORP Electrodes.

Umhverfisstofnun. 2011. Starfsleyfi fyrir Fjarðalax ehf. Patreks- og Tálknafjörður. Reykjavík 24. Maí 2011.

Umhverfisráðuneyti. 1999. Reglugerð 796/1999 um varnir gegn mengun vatns.

Veileder TA 1467/1997. Klassifisering av miljøkvalitet í fjorder og kystfarvann. Veiledning.Norsk institutt for vannforskning.

## VIÐAUKI I

Tafla 7. Niðurstöður greininga á botndýralífi á stöðvum tekna við Hlaðseyri í Paterksfirði 2016. Meðalfjöldi tveggja sýna á m<sup>2</sup> á hverri stöð.

| Hópur/ætt/tegund                   | Íslenskt      | Stöð |       |      |      |      |      |      |     |     |
|------------------------------------|---------------|------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|                                    |               | A    | B     | C    | D    | E    | F    | G    | H   | I   |
| <b>Annelida Polychaeta</b>         | Burstaormar   |      |       |      |      |      |      |      |     |     |
| <i>Aricidea suecica</i>            |               | 0    | 0     | 0    | 40   | 20   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Capitella capitata</i>          |               | 6400 | 11920 | 2600 | 2840 | 1200 | 3100 | 1260 | 160 | 20  |
| <i>Chaetozone setosa</i>           |               | 0    | 0     | 13   | 40   | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Cirratulus cirratus</i>         | Flækjubendill | 0    | 0     | 27   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Cossura longocirrata</i>        |               | 0    | 0     | 0    | 0    | 20   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| Dorvilleidae                       |               | 0    | 0     | 40   | 40   | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Eteone longa</i>                | Leirulaufi    | 0    | 40    | 307  | 80   | 80   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Galathowenia oculata</i>        |               | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 100 |
| <i>Harmothoe sp</i>                | Loshreistri   | 0    | 0     | 27   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Malacoceros fuliginosus</i>     |               | 80   | 60    | 27   | 0    | 0    | 20   | 0    | 0   | 0   |
| <i>Maldane sarsi</i>               |               | 0    | 0     | 53   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Mammiphitima cosmetandra cf</i> |               | 0    | 60    | 13   | 0    | 40   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Mediomastus fragilis cf</i>     |               | 0    | 0     | 0    | 0    | 20   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Microphthalmus aberrans</i>     |               | 120  | 1720  | 0    | 320  | 60   | 40   | 0    | 20  | 0   |
| <i>Nephtys sp</i>                  |               | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 20  |
| <i>Nothria conchylega</i>          |               | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Pectinaria koreni</i>           |               | 0    | 0     | 133  | 140  | 200  | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Pectinaria spp</i>              |               | 20   | 80    | 0    | 60   | 40   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Pholoe sp</i>                   |               | 0    | 40    | 80   | 20   | 20   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Phyllodoce maculata</i>         |               | 0    | 0     | 27   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Prionospio sp</i>               |               | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 40  |
| <i>Scalibregma inflatum</i>        |               | 0    | 0     | 40   | 20   | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Sternaspis scutata</i>          |               | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 20  |
| Syllidae                           |               | 0    | 20    | 13   | 20   | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <b>Annelida Olygochaeta</b>        | Ánar          | 0    | 0     | 53   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <b>Mollusca Bivalvia</b>           | Samlokur      |      |       |      |      |      |      |      |     |     |
| <i>Ennucula tenuis</i>             | Gljáhnytla    | 20   | 0     | 13   | 980  | 1120 | 0    | 0    | 0   | 860 |
| <i>Macoma calcarea</i>             | Halloka       | 0    | 0     | 27   | 0    | 40   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Nuculana minuta</i>             | Trönusystir   | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 180 |
| <i>Thyasira flexuosa</i>           | Hrukkubúlda   | 0    | 20    | 347  | 400  | 1120 | 0    | 0    | 100 | 100 |
| <i>Thyasira sp</i>                 |               | 60   | 20    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Yoldia hyperborea</i>           | Kolkuskel     | 0    | 0     | 13   | 60   | 0    | 0    | 0    | 0   | 20  |
| <b>Mollusca Gastropoda</b>         | Kuðungar      |      |       |      |      |      |      |      |     |     |
| <i>Ischnochiton albus</i>          | Ljósökkvi     | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Lepeta caeca</i>                | Haðarhetta    | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <b>Arthropoda Amphipoda</b>        | Marflær       | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <b>Arthropoda Cumacea</b>          | Pungrækjur    |      |       |      |      |      |      |      |     |     |
| <i>Leucon nasicooides</i>          |               | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 20  |
| <b>Nematoda</b>                    | Þráðormar     | 1320 | 2040  | 720  | 680  | 840  | 1020 | 0    | 0   | 0   |

## VIÐAUKI II

Tafla 8. Meðalfjöldi hópa/tegunda í stafrófsröð á stöðvum (2 sýni), við Haukadalsbót í Dýrafirði árið 2016, sem liggja til grundvallar fyrir útreikninga á fjölbreytileika.

| Hópur/ætt/tegund               | Stöð |       |      |      |      |      |      |     |     |
|--------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|                                | A    | B     | C    | D    | E    | F    | G    | H   | I   |
| Amphipoda                      | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Aricidea suecica</i>        | 0    | 0     | 0    | 40   | 20   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Capitella capitata</i>      | 6400 | 11920 | 2600 | 2840 | 1200 | 3100 | 1260 | 160 | 20  |
| <i>Chaetozone setosa</i>       | 0    | 0     | 13   | 40   | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Cirratulus cirratus</i>     | 0    | 0     | 27   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Cossura longocirrata</i>    | 0    | 0     | 0    | 0    | 20   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| Dorvilleidae                   | 0    | 60    | 53   | 40   | 40   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Ennucula tenuis</i>         | 20   | 0     | 13   | 980  | 1120 | 0    | 0    | 0   | 860 |
| <i>Eteone longa</i>            | 0    | 40    | 307  | 80   | 80   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Galathowenia oculata</i>    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 100 |
| <i>Harmothoe sp</i>            | 0    | 0     | 27   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Ischnochiton albus</i>      | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Lepeta caeca</i>            | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Leucon nasicooides</i>      | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 20  |
| <i>Macoma calcarea</i>         | 0    | 0     | 27   | 0    | 40   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Malacoceros fuliginosus</i> | 80   | 60    | 27   | 0    | 0    | 20   | 0    | 0   | 0   |
| <i>Maldane sarsi</i>           | 0    | 0     | 53   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Mediomastus fragilis cf</i> | 0    | 0     | 0    | 0    | 20   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Microphthalmus aberrans</i> | 120  | 1720  | 0    | 320  | 60   | 40   | 0    | 20  | 0   |
| <i>Nephtys sp</i>              | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 20  |
| <i>Nothria conchylega</i>      | 0    | 0     | 13   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Nuculana minuta</i>         | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 180 |
| Oligochaeta                    | 0    | 0     | 53   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Pectinaria spp</i>          | 20   | 80    | 133  | 200  | 240  | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Pholoe sp</i>               | 0    | 40    | 80   | 20   | 20   | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Phyllodoce maculata</i>     | 0    | 0     | 27   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Prionospio sp</i>           | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 40  |
| <i>Scalibregma inflatum</i>    | 0    | 0     | 40   | 20   | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Sternaspis scutata</i>      | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 20  |
| Syllidae                       | 0    | 20    | 13   | 20   | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   |
| <i>Thyasira flexuosa</i>       | 60   | 40    | 347  | 400  | 1120 | 0    | 0    | 100 | 100 |
| <i>Yoldia hyperborea</i>       | 0    | 0     | 13   | 60   | 0    | 0    | 0    | 0   | 20  |

**Náttúrustofa Vesturlands**  
**c/o Cristian Gallo**  
**Aðalstræti 21**  
**415 Bolungarvík**

Reykjavík, January 18<sup>th</sup> 2017.

On December 12<sup>th</sup> the laboratory received 14 sediment samples for the analysis of TOC and sulphide.

Sampling was undertaken by the customer.

The following results were obtained (with one standard deviation from duplicate analysis for TN and TOC).

| Sample marking | Lab code | TN<br>% dw | TOC<br>mg/g dw | TP<br>% dw |
|----------------|----------|------------|----------------|------------|
| HC1 21.11.16   | 136398   | 0,46±0,11  | 32,4±0,1       | 0,14       |
| HC2 21.11.16   | 136399   | 0,44±0,02  | 31,3±0,5       | -          |
| HE1 21.11.16   | 136400   | 0,60±0,01  | 39,8±0,4       | 0,17       |
| HE2 21.11.16   | 136401   | 0,60±0,01  | 42,0±0,2       | -          |
| HF1 21.11.16   | 136402   | 0,73±0,01  | 57,5±0,3       | 0,47       |
| HF2 21.11.16   | 136403   | 0,66±0,03  | 49,8±0,5       | -          |
| HH1 21.11.16   | 136404   | 0,59±0,01  | 40,4±0,7       | 0,19       |
| HH2 21.11.16   | 136405   | 0,55±0,05  | 38,5±0,5       | -          |

The results of TN, TOC, and sulphide expressed on a molar basis are given in the following table.