

Vöktun á fiskeldi við Tjaldaneseyrar

Lokaskýrsla 2017

Unnið fyrir Arnarlax

Cristian Gallo

Margrét Thorsteinsson

Júlí 2017
NV nr. 24-17

 NÁTTÚRUSTOFA VESTFJARÐA		Dagsetning mán/ár: júlí 2017
		Dreifing: <input type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til: <input checked="" type="checkbox"/> Háð leyfi verkkaupa
Skýrsla nr: NV nr. 24-17	Verknúmer: 474	
Heiti skýrslu: Vöktun á fiskeldi við Tjaldaneseyrar. Lokaskýrsla 2017		Blaðsíður: 15
		Fjöldi viðauka: 0
Höfundur: Cristian Gallo og Margrét Thorsteinsson		Upplag: 5
		Fjöldi korta: 1
Unnið fyrir: Arnarlax hf		Gerð skýrslu/Verkstig: Lokaeintak
Verkefnisstjóri: Cristian Gallo		Samstarfsaðilar:
Lykilorð íslensk: Vöktun, botnsýni, botndýrasamfélög, redox, <i>Ophryotrocha lobifera</i>		Lykilorð ensk: Monitoring, bottom sample, benthic community, redox, <i>Ophryotrocha lobifera</i>
Undirskrift verkefnastjóra: 		Yfirfarið af: Nancy Bechloff

EFNISYFIRLIT

ÚTDRÁTTUR	4
ABSTRACT	4
INNGANGUR	5
AÐFERÐIR	7
Sýnataka	7
Redox umreikningar	8
Úrvinnsla	8
Mat á fjölbreytni og skyldleika	8
NIÐURSTÖÐUR	9
Lýsing botnsýna	9
Greiningar á botndýralífi	10
Fjölbreytileiki	11
UMRÆÐUR	12
ÞAKKIR	13
HEIMILDASKRÁ	14

ÚTDRÁTTUR

Síðasta sýnataka á núlíðandi fiskeldistímabili við Tjaldaneseyrar í Arnarfirði fór fram 28. febrúar 2017 og var framkvæmd samkvæmt *ISO 12878:2012* og ASC stöðlum þegar lífmassi eldisfisks var í hámarki. Botninn var harður og mikill straumur var á fiskeldisvæðinu svo ekki reyndist hægt að ná öllum áætluðum botndýra og efnasýnum.

Í þeim sýnum sem náðust við kví sýndi lykt sets merki um lífræna uppsöfnun auk þess sem niðurstöður redox mælinga voru neikvæðar. Engar stöðvar náðust 25 m frá kví en í sýni í 55 m fjarlægð sáust lítil eða engin merki um lífræna uppsöfnun. Í botndýrasamfélögunum við og í nágrenni kvía voru a.m.k 11 tegundir burstaorma en af þeim var *Ophryotrocha lobifera* mest áberandi. Auk burstaorma fundust þar þráðormar, gljáhnytla og pungrækja.

Þar sem botnin er harður á fiskeldisvæðinu og því ekki lífræn uppsöfnun í nágrenni kvía fullnægir fiskeldisvæðið við Tjaldaneseyrar forsendum 2.1.1, 2.1.2 og 2.1.3 ASC staðla.


ABSTRACT

Monitoring of sediment and bottom fauna was carried out the 28th of February 2017 at mariculture site located in Tjaldaneseyrar in Arnarfjörður. Sampling was done according to *ISO 12878:2012* and ASC standards at peak cage biomass for the production cycle. Bottom was hard and the site is characterized by a strong current therefore it was not possible to get samples at all stations.

From the attained samples, sign of organic accumulation was found at 2 stations at cages with strong smell and negative redox potential. No samples were obtained at 25 m distance from cages. Samples collected 55 m distance from cages show little or none sign of organic accumulation. The bottom benthic community in proximity of cages was made of at least 11 species of polychaeta with *Ophryotrocha lobifera* as the most abundant species, nematoda, bivalvia *Ennucula tenuis* and crustacea *Leucon sp.*

Due to hard bottom there is not clear accumulation of organic matter in proximity to the cages therefore the mariculture site of Tjaldaneseyrar fullfills the criterion 2.1.1, 2.1.2 and 2.1.3 of the ASC standard.

Lokaskýrsla: Tjaldaneseyrar 2017

Fiskeldisfyrirtæki: Arnarlax	Staður: Tjaldaneseyra (Arnarfirði)		Rekstrarleyfisnúmer: FE-1105	
Dagsetning sýnatöku: 28.02.2017	Dags. skýrslu skila: 26.07.2017		Hámark lífmassa tonn: 3.300	
Stöðvar Fjarlægð frá kvíum	A 0m	B 0m	C 55m	D 55m
Fjöldi tegunda	1	7	6	6
Fjöldi einkstaklinga (einst./m ²)	220	720	800	373
Shannon-Wiener (H' log ₂)		2,27	2,29	1,37
Redox potential	-122	-142		+183
Botngerð	Harður *			
ASC forsendur	2.1	2.2	2.3	
	stenst	stenst	stenst	
Vöktunarfyrirtæki: Náttúrustofa Vestfjarða	Verkefnastjóri: Cristian Gallo			

* Ekki er hægt að nota viðmiðin norska staðalsins NS 9410:2007 þegar botn er greindur sem harður.

INNGANGUR

Arnalax ehf óskaði eftir því við Náttúrustofu Vestfjarða (Nave) að tekin yrðu botnsýni á fiskeldissvæði fyrirtækisins við Tjaldaneseyrar í Arnarfirði. Markmið sýnatökunnar var að kanna ástand botns við lok eldistímabils þegar lífmassi eldisfisks var í hámarki. Athuginin er liður í vöktun á áhrifum fiskeldisins á botndýralíf og ástand sets samkvæmt starfsleyfi (Umhverfisstofnun 2016) og vöktunaráætlun fyrirtækisins (Cristian Gallo og Hulda Birna Albertsdóttir 2015). Sýnataka var 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 Tjaldaneseyrar samanstendur af 8 kvíum, hver um sig 51 metri að þvermáli. Lax var settur í kvíarnar sumarið 2015 (júní til september) og hámarks lífmassi var 3.300 tonn við lok eldistímabilsins. Árið 2013 var gerð grunnathugun á botndýrasamfélögum á fiskeldissvæðinu (MOM B) en hvorki var birtur tegundalisti né þéttleiki dýrahópa/tegunda frá þeirri athugun (Are A. Moe 2013, 2014). Í sama firði hafa önnur svæði eins og Baulhús og fiskeldissvæðin við Haganes og Fossfjörð einnig verið rannsökuð í tengslum við fiskeldi (Böðvar Þórisson o. fl. 2010, Böðvar Þórisson o. fl. 2012, Böðvar Þórisson o. fl. 2015, Cristian Gallo 2016, Cristian Gallo og Margrét Thorsteinsson 2017).

Til að meta ástand sjávarbotns undir fiskeldissvæðinu var gerð athugun á botnseti svæðanna. Skoðuð voru útlitsleg einkenni og lykt setsins auk þess sem afoxunarmætti (redox potential) var mælt. 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 (Eh_{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 (uppsöfnunar lífrænna efna) að vera með yfir 100 einstaklinga á fermetra eða með álíka fjölda og á viðmiðunarstöðinni (ASC 2012).

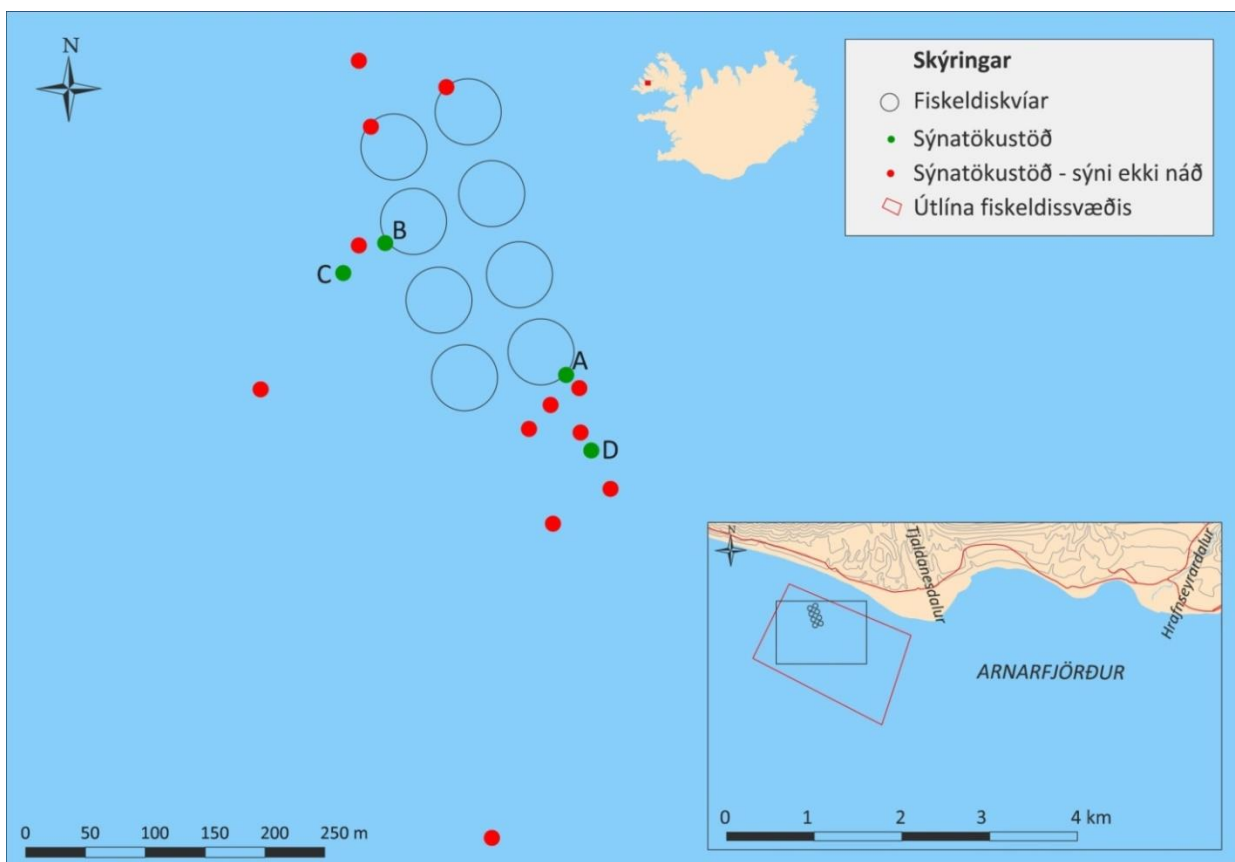
AÐFERÐIR

Sýnataka

Arnarlax hf hefur í hyggju að sækja um ASC-vottun á framleiðslu sinni og var sýnatökunni því hagað eftir stöðlum samkvæmt þeirri vottun. Sýnataka fór fram 28. febrúar 2017, samkvæmt ISO 12878:2012 og ASC stöðlum, við Tjaldaneseyrar í Arnarfirði. Til að uppfylla staðlana var reynt að taka botnetsýni að minnsta kosti þrisvar á 16 stöðvum (kort 1). Þrátt fyrir margar tilraunir náðust einungis sýni á 4 stöðvum, tvö við kví og tvö í 55 m fjarlægð frá kví. Stöðvarnar voru hnitsettar (brot úr mínútum, *e. decimal minutes*) og dýpi skráð.

Tafla 1. Staðsetning sýnatökustöðva, dýpi og fjarlægð frá kvíum út af Tjaldaneseyrum í Arnarfirði.

Stöð	Hnit	Dýpi (m)	Fjarlægð frá kvíum
A	N65° 45.185' W23° 33.071'	80	0
B	N65° 45.238' W23° 33.278'	68	0
C	N65° 45.223' W23° 33.321'	73	55
D	N65° 45.152' W23° 33.037'	69	55



Kort 1. Sýnatökustöðvar við Tjaldaneseyrar í Arnarfirði. Kortagerð: HBA/Nave©2017.

Við botnsýnatökuna var notuð 250 cm² Van Veen greip sem var látin síga niður á botn og hífd upp með spili (koppi). Sýni taldist nothæft ef greipin var lokuð þegar hún kom upp og set var í greipinni.

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 á stöðvum A, B og D en á stöð C var setið of gróft til að hægt væri að nota það til efnamælinga. Efnasýnin eru geymd í frysti hjá Nave og hægt væri að greina TOC, TP og TN í þeim.

Redox umreikningar

Mælt var hitastig og redox potential í setsýnum nema á stöð C þar sem setið var of gróft. 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). Umreiknunin er gerð á eftir farandi hátt: $E_{SHE} = E_{mælt} + E_{ref.pot}$

Úrvinnsla

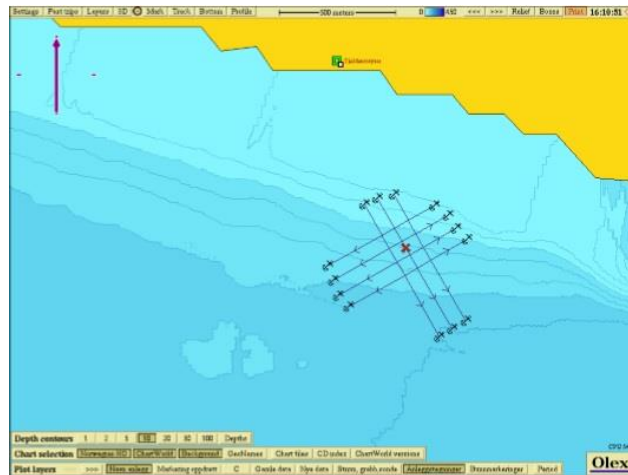
Öll botndýrasýni voru rúmmálmæld og síðan sigtuð varlega í rennandi vatni í 500 µm sigti. Það sem eftir sat í sigtinu var síðan sigtað með 1 mm sigti og innihald beggja sigtanna sett í alkóhól. Dýr úr 1 mm sigtinu voru notuð til greininga en hin sýnin voru varðveitt m.a. þar sem þau gætu nýst sem hluti 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 og einsleitnustuðli (Grey o.fl. 1992, Brage og Thélin 1993). PRIMER 6 forritið var notað við útreikninga (Clarke og Warwick 2001). Tölur sem liggja til grundvallar útreikninganna á fjölbreytni og einsleitni má sjá í töflu 3. Þráðormar (Nematoda) voru ekki notaðir við útreikninga.

NIÐURSTÖÐUR

Kvíarnar við Tjaldaneseyrar eru staðsettar yfir sjávarhlíð (mynd 1 frá Are A. Moe 2014). Niðurstöður þessarar sýnatöku staðfesta að sjávarbotninn í nágrenni kvía er harður svo ekki náðust öll sýni á því svæði. Ekki tókst heldur að ná sýni á stöð sem er í 150 m fjarlægð frá kví í straumstefnu né heldur við enda sjávarhlíðar í 400 m fjarlægð frá kvíunum (kort 1).



Mynd 1. Sjávarbotn fiskeldissvæðisins við Tjaldaneseyrar í Arnarfirði (Are A. Moe 2014).

Fjölmargar tilraunir voru gerðar til sýnatöku en einungis náðust setsýni á fjórum stöðvum. Þar sem flest sýnanna voru með lítið rúmmál geta þau ekki talist sem sýni af mjúkum botni. Eftirfarandi niðurstöður munu því eingöngu gefa lýsingu á seti og botndýrasamfélögum en breytir ekki aðal niðurstöðunum að botninn við Tjaldaneseyrar er harður og ástand hans ætti því að kanna með öðrum aðferðum samkvæmt ISO staðlinum.

Lýsing botnsýna

Einungis náðust 2 sýni á stöð A, 2 á stöð B, 1 á stöð C og 3 á stöð D. Fjarlægð sýna frá kvíum, rúmmál heildarsýna áður en þau voru sigtuð, lýsingar á kornastærð, lykt, hiti sets og umreiknað redox í Eh SHE má finna í töflu 2.

Gróf rúmmáls mæling sets staðfestir að sýnin eru ekki af mjúkum botni nema helst sýni B1 og E2 sem í fannst leðja. Úrgangur var í sýnum við kví (stöð A og B) og af þeim var mikil lykt auk þess sem redox var neikvætt. Engar stöðvar náðust 25 m frá kví en í sýni í 55 m fjarlægð, í straumstefnu, sáust merki um litla lífræna uppsöfnun en ekki reyndist hægt að mæla redox vegna grófleika sýnis. Í öðrum sýnum í 55 m fjarlægð, neðar í sjávarhlíðinni, sáust engin merki um lífræna uppsöfnun og redox var jákvætt.

Vegna lítillar lífrænnar uppsöfnunar og grófleika sýna þótti ekki ástæða til að senda sýni til efnagreininga.

Tafla 2. Lýsing botnsýna sem tekin voru út af Tjaldaneseyrum í Arnarfirði.

Stöð/ greip	Fjarlægð frá kví (m)	Rúmmál (cm ³)	Lýsing	Lykt	Hiti (°C)	Redox EhSHE (mV)
A1	0	454	Sandur/úrgangur	mikil	2,7	-117
A2	0	227	Sandur/úrgangur	mikil	2,7	-127
B1	0	800	Svört leðja, sandur og úrgangur	mikil	3,2	-154
B2	0	45	Sandur og úrgangur	mikil	3,0	-130
C1	55	450	Svört leðja með mikið af steinum	smá	Ekki hægt	
E1	55	114	Sandur með skeljabrotum	engin	3,4	+198
E2	55	800	Svört leðja með skeljabrotum	engin	3,4	+168
E3	55	45	Sandur með skeljabrotum	engin	Ekki hægt	

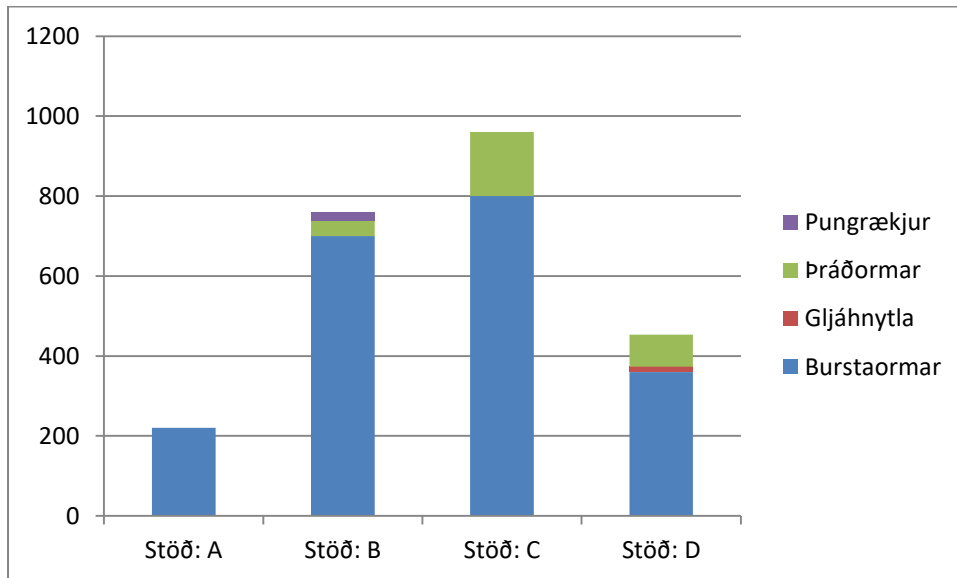
Greiningar á botndýralífi

Greiningar á botndýralífi eftir stöðvum má sjá í töflu 3.

Tafla 3. Niðurstöður greininga á botndýralífi á stöðvum sem teknar voru við Tjaldaneseyrar í Arnarfirði 2017. Meðalfjöldi dýra í sýnum á m² á hverri stöð.

Hópur/ætt/tegund	Íslenskt heiti	Stöð			
		A	B	C	D
Annelida Polychaeta	Burstaormar				
<i>Capitella capitata</i>		0	0	200	280
<i>Chaetozone setosa</i>		0	80	0	0
<i>Eteone longa</i>	Leirulaufi	0	200	0	0
<i>Euchone sp</i>		0	80	0	0
<i>Mediomastus fragilis</i>		0	20	40	13
<i>Microphthalmus aberrans</i>		0	40	240	0
<i>Nephtys sp</i>		0	0	0	27
<i>Ophelina acuminata</i>		0	0	0	27
<i>Ophryotrocha lobifera</i>		220	280	80	0
<i>Parougia nigridentata</i>		0	0	200	13
Terebellidae		0	0	40	0
Mollusca Bivalvia	Samlokur				
<i>Ennucula tenuis</i>	Gljáhnytla	0	0	0	13
Arthropoda Cumacea	Pungrækjur				
<i>Leucon sp</i>		0	20	0	0
Nematoda	Þráðormar	0	40	160	80

Burstaormar (Polychaeta) voru lang algengasti hópurinn með a.m.k 11 flokkunareiningar (taxa). Næstir voru þráðormar (Nematoda) sem fundust á öllum stöðvum nema A en þeir voru ekki greindir til tegunda. Dálítið af pungrækjum (*Leucon sp*) fundust á stöð B og gljáhnytla (*Ennucula tenuis*) á stöð D (mynd 2).



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

Þrjár algengustu tegundirnar voru burstaormar. Algengastur var *Ophryotrocha lobifera* og var hann eina tegundin á stöð A en fannst þó einnig á stöðvum B og C. Næst í fjölda var vísitategundin *Capitella capitata* sem fannst einungis á stöðvum C og D. Þá fannst *Microphthalmus aberrans* á stöðvum B og C.

Fjölbreytileiki

Þar sem samkvæmt *ISO 12878* skal ekki nota þráðorma til útreikninga á fjölbreytileika og einsleitni voru þeir því teknir frá.

Fjöldi hópa/tegunda (S) var frá 1 til 7 á stöðvunum. Álíka fjöldi tegunda var á stöðvum B, C og D (6-7) en einungis ein tegund var á stöð A (tafla 4). Flest dýr (N) voru á stöð C eða 800 dýr á m² en fæst á stöð A eða 220 dýr á m² (tafla 4).

Fjölbreytileika stuðullinn $H'(\log_2)$ var hæstur á stöð C eða 2,29, á stöð B var hann 2,27 og 1,37 á stöð D. Fjölbreytileikinn var núll á stöð A þar sem þar var einungis ein tegund (tafla 4).

Einsleitni stuðullinn (J') var hæstur á stöðvum C og B eða 0,88 annarsvegar og 0,81 hinsvegar en vert er að benda á að jafnvel þótt hlutfallið milli tegundanna sé nokkuð jafnt voru einungis 6-7 tegundir á stöðvunum (tafla 4).

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

Stöð	S	N	J'	$H'(\log e)$	$H'(\log 2)$
A	1	220	*	0	0
B	7	720	0,81	1,57	2,27
C	6	800	0,88	1,58	2,29
D	6	373	0,53	0,95	1,37

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

UMRÆÐUR

Þessi athugun lýsir einkennum botnsets og samsetningu botndýrasamfélaga í nágrenni fiskeldisvæðis við Tjaldaneseeyrar í Arnarfirði. Fiskeldistímabilið á svæðinu byrjaði sumarið 2015 og lauk veturnn/vorið 2017.

Helstu niðurstöður þessarar sýnatöku staðfesta að sjávarbotninn í nágrenni kvía er harður. Ætla mætti að lífræn uppsöfnum verði neðan við sjávarhlíðina en ekki reyndist mögulegt að ná sýni á þeim stað. Það bendir til að sterkur straumur sé á svæðinu sem beri efnið burt en það er í samræmi við það sem sást við sýnatöku og straumælingar sem framkvæmdar voru árið 2013 (Are A. Moe 2014). Eftir margar misheppnaðar tilraunir náðust að lokum átta sýni. Sýnin náðust á fjórum stöðvum, tveimur við kví og tveimur í 55 m fjarlægð frá kvíum. Rúmmál sýna var lítið en niðurstöður redox mælinga, lykt sýna og botndýralíf benda til uppsöfnunar úrgangs allra næst kvíum.

Mest var af tegundinni *Ophryotrocha lobifera* (Oug, 1978) sérstaklega við kví. Þetta er í fyrsta skipti sem þessi burstaormur finnst við Ísland en honum var fyrst lýst í Noregi þar sem hann er sagður þrífast vel á stöðum þar sem lífræn mengun er til staðar (Paxton og Davey 2010).

Samanburður á tegundasamsetningu botndýrasamfélaga fyrir og eftir eldi er ekki mögulegur þar sem hvorki var birtur tegundalisti né þéttleiki dýrahópa/tegunda eftir MOM B grunnathugun.

Þar sem botn var harður og einungis lítil sýni náðust ætti að kanna ástand botns með öðrum aðferðum samkvæmt ISO staðlinum t.d. með myndum af botni til að kanna hvort *Beggiatoa* bakteríur séu til staðar.

Þar sem botnin er harður á fiskeldisvæðinu og því ekki lífræn uppsöfnun í nágrenni kvía fullnægir fiskeldisvæðið við Tjaldaneseeyrar forsendum 2.1.1, 2.1.2 og 2.1.3 ASC staðla.

ÞAKKIR

Starfsmönnum Náttúrustofu Vestfjarða er þakkað fyrir eftirfarandi: Guðrúnu Steingrímsdóttur fyrir vinnu við úrvinnslu sýna og Huldu B. Albertsdóttur fyrir vinnu við kortagerð. Guðmundi Víði Helgasyni er þakkað fyrir að greina tegundina *Oph. lobifera*. Valdimari Ottósyni skipstjóra á Garðari er þakkað fyrir skipstjórn og Sigurbirni Halldórssyni, Elvari Gunnarssyni og Hirti Methúsalemssyni fyrir aðstoð við sýnatöku.

HEIMILDASKRÁ

Are A. Moe. 2013. Environmental monitoring (MOM B) at finfish farm site Tjaldaneseyrar. October 2013. Helgeland Havbruksstasjon AS. Report number: AR 131125B.

Are A. Moe. 2014. Site report of Tjaldaneseyrar. Helgeland Havbruksstasjon AS. Report number: AR 1402B

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

Böðvar Þórisson, Cristian Gallo og Þorleifur Eiríksson. 2010. Botndýrarannsóknir á þremur svæðum í Arnarfirði 2010. Unnið fyrir Fjarðalax. Náttúrustofa Vestfjarða, NV nr. 8-10.

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.

Böðvar Þórisson, Cristian Gallo og Eva Dögg Jóhannesdóttir. 2015. Vöktun á botndýralífi við fiskeldiskvíar í Fossfirði 2011-2014. Unnið fyrir Fjarðalax. Náttúrustofa Vestfjarða, NV nr. 02-15.

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

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.

Cristian Gallo og Hulda Birna Albertsdóttir. 2015. Vöktunaráætlun 2015-2020 fyrir Arnarlax hf. Laxeldi í sjó við Haganes, Tjaldaneseyrar, Steinanes, Hringsdal, Hlaðsbót og Kirkjuból í Arnarfirði. Unnið fyrir Arnarlax. Náttúrustofa Vestfjarða, NV nr. 22-15.

Cristian Gallo. 2016. Monitoring of the benthic community in Fossfjörður 2015. Unnið fyrir Fjarðalax. Náttúrustofa Vestfjarða, NV nr. 19-16.

Cristian Gallo og Margrét Thorsteinsson. 2017. Lokaskýrsla fyrir Haganes 2014-2016. Laxeldi í sjó. Unnið fyrir Arnarlax. Náttúrustofa Vestfjarða, NV nr. 3-17.

Paxton Hannelore, Adam Davey. 2010. A new species of Ophryotrocha (Annelida: Dorvilleidae) associated with fish farming at Macquarie Harbour, Tasmania, Australia. *Zootaxa* 2509: 53-61.

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 Aquaculture Dialogue. 2012. ASC Salmon Standard - version 1.0 June 2012. Salmon Aquaculture Dialogue.

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

Umhverfisstofnun. 2016. Starfsleyfi fyrir Arnarlax ehf. Arnarfirði. Reykjavík 15. febrúar 2016.