

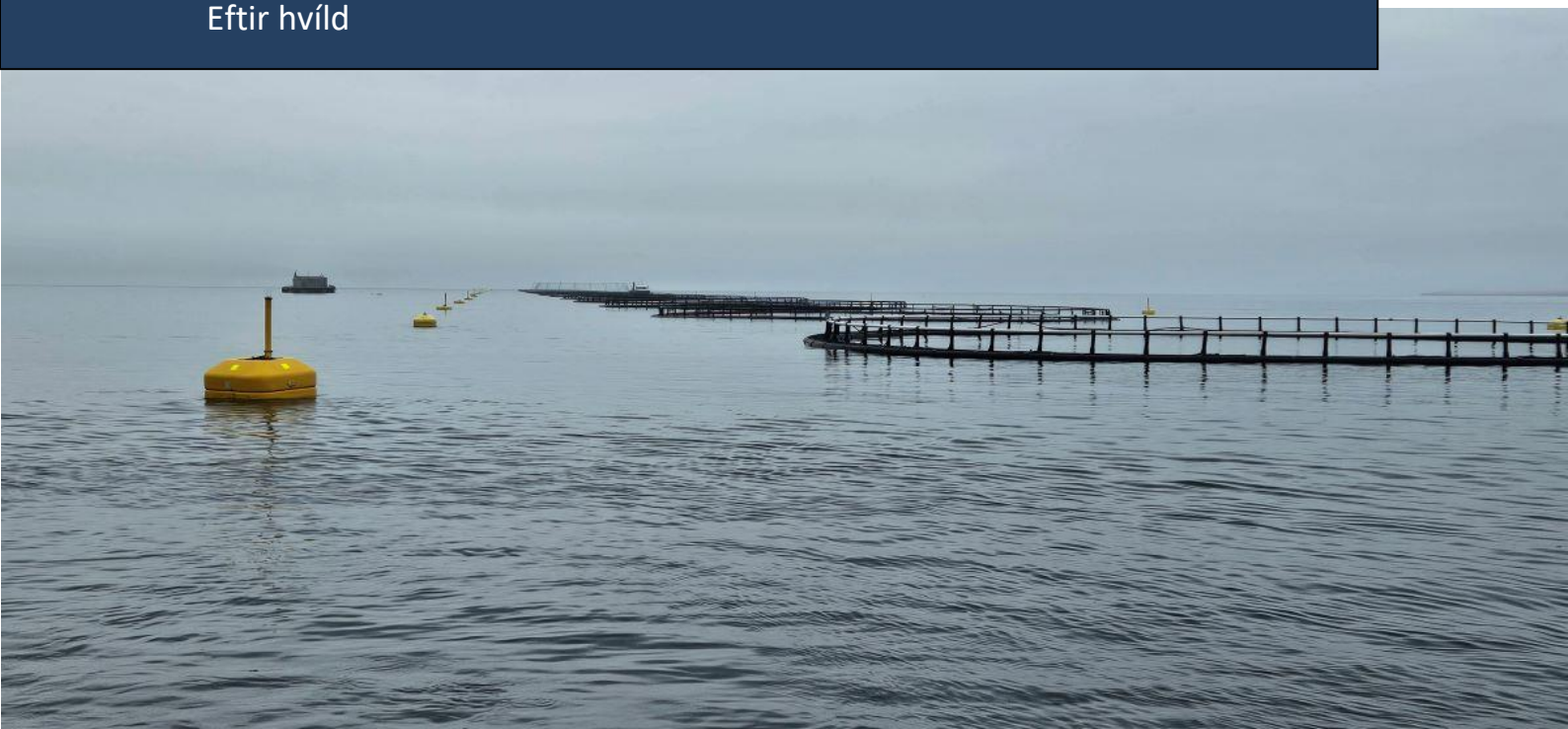
RORUM

ICE FISH FARM

Vöktun

Höfðahúsabót í Fáskrúðsfirði 2024

Eftir hvíld



Skýrsla nr.: RORUM 2024-008	Dags: 10.05.2024	Dreifing: Opin	Fjöldi síðna: 14
ISSN 2547-6696			
Heiti skýrslu: Vöktun Höfðahúsabót í Fáskrúðsfirði 2024. Eftir hvíld.			
Höfundar: Þorleifur Eiríksson Sigurður Ívar Jónsson Þorgerður Þorleifsdóttir			
Framkvæmd: RORUM			
Unnið fyrir: Ice Fish Farm			
Útdráttur: Reglubundin vöktun eftir hvíld var framkvæmd á eldissvæði Ice Fish Farm við Höfðahúsabót þann 04.05.2023. Sýnatökustaðir voru valdir í samræmi við ISO 12878:2012 staðalinn. Tekin voru botnsýni til skoðunar á botndýralífi og efnainnihaldi, auk sýna til mælinga á efnainnihaldi í sjó. Jafnframt voru gerðar fuglaathuganir. Í skýrslunni eru aðferðir útskýrðar og niðurstöður eru settar fram í töflum og texta. Niðurstöður sýna að Shannon fjölbreytnistuðlar eru viðunandi og oxunargildi sýna gott ástand. Heildar niðurstaða er að eldissvæðið er í góðu ástandi. Ekkert er því til fyrirstöðu að setja nýja kynslóð eldisfiska.			

Efnisyfirlit

1.	Inngangur	4
2.	Aðferðir	4
2.1.	Botnsýnataka	4
2.2.	Mælingar	5
2.3.	Efnasýni	5
2.4.	Kornastærð	6
2.5.	Vatnssýnataka	6
2.6.	Fuglar	6
2.7.	Mat á fjölbreytni	6
3.	Niðurstöður	7
3.1.	Botnlýsing	7
3.2.	Hryggleysingjar	7
3.3.	Fjölbreytnistuðlar	10
3.4.	Fuglar	11
4.	Umræður	12
5.	Þakkir	12
6.	Heimildir	13

Myndir

Mynd 2-1.	Sýnatökustöðvar eru merktar með bókstöfum. Stöðvar A, B, C og Control.	5
Mynd 3-1	Shannon (H') fjölbreytnistuðull á sýnatökustöðvum.	11
Mynd 3-2	Pielou (J) fjölbreytnistuðull á sýnatökustöðvum.	11

Töflur

Tafla 2-1	Staðsetningar sýnatökustöðva við Höfðahúsabót.	4
Tafla 3-1	Lýsing á botngerð.	7
Tafla 3-2	Hiti. pH. ORP og H ₂ S á mismunandi stöðvum.	7
Tafla 3-3.	Tegundir/hópar dýra á sýnatökustöðvum (250cm ²).	7
Tafla 3-4.	Fjölbreytnistuðlar fyrir mismunandi stöðvar	10

1. Inngangur

Ice Fish Farm er með eldi á laxi við Höfðahúsabót í Fáskrúðsfirði. Í samræmi við vöktunaráætlun fyrir fiskeldi fyrirtækisins í Fáskrúðsfirði fór fram reglubundin sýnataka eftir hvíld við Höfðahúsabót, þann 04.05.2023.

Botndýralíf í Fáskrúðsfirði hefur töluvert verið rannsakað (Þorleifur Eiríksson og Böðvar Þórisson 2004; Guðmundur Víðir Helgason og Þorleifur Eiríksson 2017; Þorleifur Eiríksson o.fl. 2021) og sérstaklega skoðað við Höfðahúsabót, bæði áður en fiskeldi hófst (Þorleifur Eiríksson og Böðvar Þórisson 2004; Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason 2018; Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason 2018; Þorleifur Eiríksson o.fl. 2021 og eftir að eldi hófst. Þorleifur Eiríksson og Þorleifur Ágústsson 2022; Thorleifur Agustsson et al. 2024; Þorleifur Ágústsson et al. 2024).

2. Aðferðir

Vöktun við sjókvíaeldistöðina Höfðahúsabót í Fáskrúðsfirði fór fram 4. maí 2024.

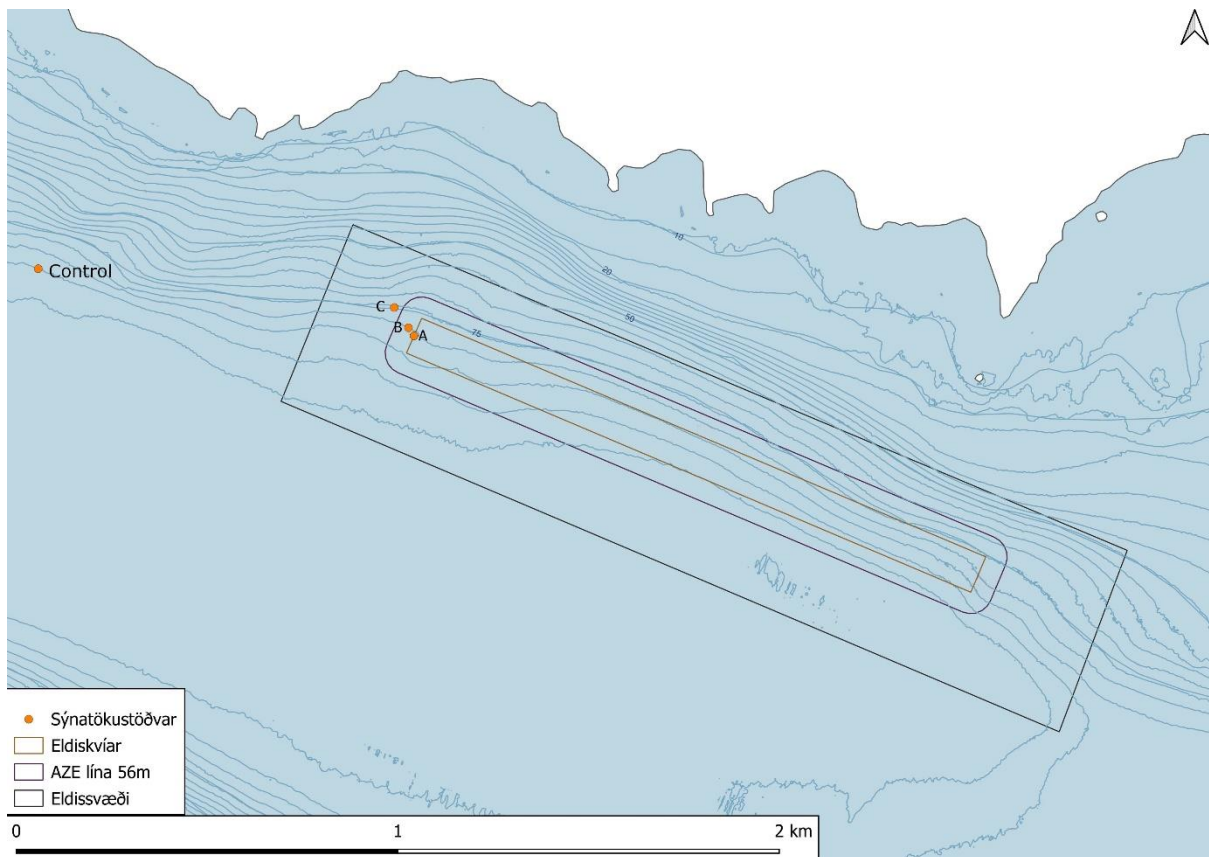
2.1. Botnsýnataka

Sýni voru tekin til greiningar á botndýralífi, sýrustig (pH), oxunargildi botnleðju, efnainnihaldi botnleðju og efnainnihaldi sjávar. Enn fremur voru gerðar fuglaathuganir við kvíarnar til að meta hvort að óeðlilegar aðstæður kynnu að vera fyrir hendi.

Staðsetning sýnatökustöðva er í Tafla 2-1 og kort er á Mynd 2-1. Sýni voru tekin á þrem stöðvum. Nærsvæði (stöð A) er tekin alveg við kví (0m), miðsvæði (stöð B) er tekin 30m frá kví og fjarsvæði (stöð C) er tekin 100m frá kví. Control stöð er tekin 1000m frá kví og er utan áhrifasvæðis fiskeldis.

Tafla 2-1 Staðsetningar sýnatökustöðva við Höfðahúsabót.

Stöð	Norðurhnit	Vesturhnit
A	64°54.510	013°49.178
B	64°54.525	013°49.194
C	64°54.552	013°49.238
Control	64°54.646	013°50.406



Mynd 2-1. Sýnatökustöðvar eru merktar með bókstöfum. Stöðvar A, B, C og Control.

Við botnsýnatökur var notuð Van Veen botngreip með flatarmálið 250 cm^2 . Sýni voru sigtuð í rennandi vatni með 0,5 mm sigti um borð í sýnatökubátum og komið fyrir í eins lítra plastfötum og 8-10% formalíni hellt yfir sýnið. Auk þess var bætt við einni skeið af bóraxi til að koma í veg fyrir að kalk leystist upp. Eftir 2-3 daga var formalíni hellt af og 80 % alkóhól sett í staðinn. Væri sýnið stórt var því skipt niður í hæfileg hlutsýni. Dýr voru greind til tegunda eða hópa undir víðsjá og þau talin. Tekin voru meðaltöl af mismunandi greiparsýnum.

2.2. Mælingar

Sérstök greip var tekin á hverri stöð til að mæla hita í botnleðju, sýrustig (pH) og oxunargildi leðjunnar (redox, ORP - Oxidation-reduction potential). Greip var opnuð að ofan og mælt var í yfirborði leðjunnar. Eftirfarandi var lýst fyrir yfirborð: Þéttleika og grófleika, lit, hvort það sæjust gasbólur, hvort það sæist bakteríuskán eða fóðurkögglar

2.3. Efnasýni

Sérstök greip var tekin á hverri stöð til að taka sýni til efnagreininga sem tekin voru úr yfirborði leðjunnar. Sýni voru sett í glerkrukkur og þeim komið fyrir í frysti þar til þau voru send í efnagreiningu. Í sýnum var greint heildar kolefni (TOC) heildar köfnunarefni (TN), heildar fosfór (TP) heilar brennisteinn (TS) og brennisteinsvetnis sem reiknað er út frá TS (H_2S).

2.4. Kornastærð

Sérstök greip var tekin fyrir kornastærð. Kornastærðarsýni voru skoðuð hjá Þekkingarsetri Suðurnesja.

2.5. Vatnssýnataka

Vatnssýni voru tekin á fyrirhuguðum eldissvæðum ásamt viðmiðunarstöð. Sýni voru tekin með vatnssýnataka 50 cm undir yfirborði. Sýni voru sett í plastflösku, komið fyrir í frysti og send í efnagreiningu hjá Sýni ehf. Í vatnssýnum var greint heildar köfnunarefni (TN) og heildar fosfór (TP).

2.6. Fuglar

Gerðar voru fuglaathuganir þar sem taldir voru fuglar í nágrenni kvíassvæða, þeir greindir til tegunda og atferli þeirra lýst.

2.7. Mat á fjölbreytni

Fjölbreytni var metin með Shannon H' fjölbreytnistuðli, Pileou einsleitnistuðli J' (Shannon 1948; Pileou 1966a, 1966b; Arastou Gharibi 2011; Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason 2016).

Shannon fjölbreytnistuðullinn 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 .

p_i hækkar eftir því sem fjölbreytileiki eykst og er stuðullinn hæstur þegar fjöldi einstaklinga er sá sami hjá öllum tegundum.

$$H'_{max} = - \sum_{i=1}^S \frac{1}{S} \log_2 \frac{1}{S} = \log_2 S$$

Pileou einsleitnistuðullinn J' , er nátengdur Shannon stuðlinum en sýnir hvort jafnræði er milli tegunda eða ein eða fáar tegundir eru sérstaklega áberandi. Stuðullinn lækkar þegar það gerist, en hann getur mest orðið 1.

Pileou einsleitnistuðullinn J' :

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

Fjölbreytnistuðlarnir Shannon H' og Pileou einsleitnistuðullinn J' voru reiknaðir fyrir botndýrasamfélög á öllum sýnatökustöðvum.

3. Niðurstöður

3.1. Botnlýsing

Lýsing á botngerð er í Tafla 3-1, en þar er einnig skráð dýpi, litur og lykt, hvort að gasbólur sjáist og auk þess hvort að óétið fóður sé sjáanlegt. Enn fremur er skráð hvort að bakteríuskán sé á yfirborði sets.

Tafla 3-1 Lýsing á botngerð.

Stöðvar	Dýpi (m)	Botngerð	Litur	Lykt	Gasbólur	Bakteríu-skán	Fóðurköggjar
A	78,4	Fín leðja	Dökkgrá	Engin	Engar	Engin	Engir
B	78,0	Fín leðja	Dökkgrá m/brúnum blettum	Engin	Engar	Engin	Engir
C	71,0	Fín leðja	Dökkgrá m/brúnum blettum	Engin	Engar	Engin	Engir
Control	82,0	Fín leðja	Dökkgrá	Engin	Engar	Engin	Engir

Dýpi var á bilinu 71 – 82 metrar. Botngerð á öllum sýnatökustöðvum er fín leðja, grá- og grábrún að lit. Aðeins fannst vottur af rotnunarlykt á stöð A. Hvergi sáust gasbólur, fóðurköggjar eða bakteríuskán.

Í Tafla 3-2 er hiti, pH gildi og ORP gildi.

Tafla 3-2 Hiti. pH. ORP og H₂S á mismunandi stöðvum.

Stöðvar	Hiti (°C)	pH-gildi	ORP-gildi (mV)	H ₂ S (ppm)
A	5,9	7,74	113	0
B	5,3	7,31	106	0
C	5,5	7,18	64	0
Control	4,8	7,33	87	0

Hiti í botnseti var á bilinu 4,8 til 5,9 gráður. Sýrustig (pH) var á bilinu 7.18 til 7.74 og hvergi mældist vetnissúlfið (H₂S). Redox gildi (ORP) var á bilinu 64 til 113 mV.

Ekki náðist að fá niðurstöður úr efna- og kornastærðarmælingum fyrir skil þessarar skýrslu. Skýrslan verður uppfærð þegar niðurstöður berast.

3.2. Hryggleysingjar

Niðurstöður tegundagreininga á hryggleysingjum og fjöldi einstaklinga á stöðvum A-C og Control eru fram í Tafla 3-3. Tölur eru fjöldi einstaklinga á 250cm² og meðaltal tveggja greipa.

Tafla 3-3. Tegundir/hópar dýra á sýnatökustöðvum (250cm²).

Flokkun	Stöð	A	B	C	E
Nematoda					
	Nematoda	72	48	20	2
Nemertea					

		Nemertea				4
Mollusca						
	Bivalvia					
	Mytilida					
	Mytilidae					
		<i>Mytilus edulis</i>	12			
	Cardiida					
	Tellinidae					
		<i>Macoma calcarea</i>				4
	Nuculanida					
	Nuculanidae					
		<i>Nuculana pernula</i>		2	8	10
	Yoldiidae					
		<i>Yoldia hyperborea</i>				6
		<i>Yoldiella lucida</i>	2	4		
	Nuculida					
	Nuculidae					
		<i>Ennucula tenuis</i>	8	10		42
	Semelidae					
		<i>Abra nitida</i>				2
	Lucinida					
	Thyasiridae					
		<i>Thyasira gouldii</i>				4
Gastropoda						
	Trochida					
	Naticidae					
		<i>Euspira pallida</i>		2		2
	Cephalaspidea					
	Retusidae					
		<i>Retusa obtusa</i>				2
Annelida						
	Clitellata					
		<i>Oligochaeta</i>		2		
Polychaeta						
	Sedentaria					
	Sabellida					
	Sabellidae					
		<i>Euchone papilosa</i>				12
	Fabriciidae					
		<i>Fabricia stellaris</i>				2
	Oweniidae					
		<i>Owenia fusiformis</i>		4	10	
		<i>Galathowenia oculata</i>	4	30	64	104
	Terebellida					
	Pectinariidae					

			<i>Lagis koreni</i>		2	4	
			Sternaspidae				
			<i>Sternaspis scutata/islandica</i>			4	2
			Trichobranchidae				
			<i>Terebellides stroemi</i>				6
			Ampharetidae				
			<i>Ampharete octocirrata</i>				4
			Melinnidae				
			<i>Melinna cristata</i>				2
			Cirratulidae				
			<i>Chaetozone setosa</i>		44	52	66
			Flabelligeridae				
			<i>Pherusa plumosa</i>				2
			Spionida				
			Spionidae				
			<i>Spio filicornis</i>	2		2	4
			<i>Pygospio elegans</i>		2		
			<i>Prionospio steenstrupi</i>		4	12	32
			<i>Malacoceros tetraceros</i>	4			
			Scolecida				
			Capitellidae				
			<i>Capitella capitata</i>	182	182	222	
			Maldanidae				
			<i>Maldane sarsi</i>		4	14	4
			Paraonidae				
			<i>Levinsenia gracilis</i>			36	
			Orbiniidae				
			<i>Scoloplos armiger</i>			4	
			Opheliidae				
			<i>Ophelina acuminata</i>		4		
			Cossuridae				
			<i>Cossura pygodactylata</i>	14	226	188	76
			Scalibregmatidae				
			<i>Scalibregma inflatum</i>	2			
			Errantia				
			Phyllodocida				
			Phyllodocidae				
			<i>Phyllodoce maculata</i>	14	10	2	
			<i>Eteone longa</i>	4	2	4	2
			Syllidae				
			<i>Syllis gracilis</i>			4	
			Hesionidae				
			<i>Microphthalmus aberrans</i>	12		4	
			Nephtyidae				
			<i>Nephtys ciliata</i>			4	

		Polynoidae				
		<i>Pholoe sp</i>		4	4	2
		Eunicida				
		Lumbrineridae				
		<i>Scoletoma fragilis</i>			6	2
		Dorvilleidae				
		<i>Parougia nigridentata</i>	26	42	16	
		Crustacea				
		Cirripedia				
		<i>Balanus balanoides</i>	4			
		Cumacea				
		Leuconidae				
		<i>Leucon sp</i>				2
		<i>Eudorella emarginata</i>				2
		Amphipoda				
		<i>Amphipoda</i>				2
		Uristidae				
		<i>Anonyx sarsi</i>		2	2	
		Oedicerotidae				
		<i>Monoculodes sp</i>				2
		<i>Fjöldi tegunda</i>	15	21	26	27

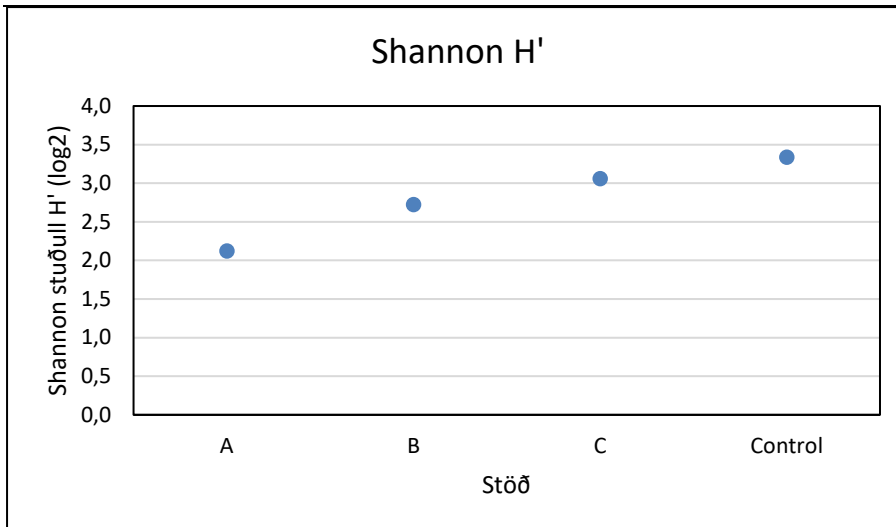
Alls fundust 86 tegundir/ hópar í rannsókninni, 15 – 27 eftir stöðvum. Algengustu tegundir ef frá eru taldir þráðormar (Nematoda) eru *Galathowenia oculata*, *Chaetozone setosa*, *Maldane sarsi*, *Cossura pygodactylata* *Parougia nigridentata*, *Prionospio steenstrupi* og *Capitella capitata*. Algengustu skeldýr eru gljáhnyttla (*Ennuculana tenuis*) og trönuskel (*Nuculana pernula*).

3.3. Fjölbreytnistuðlar

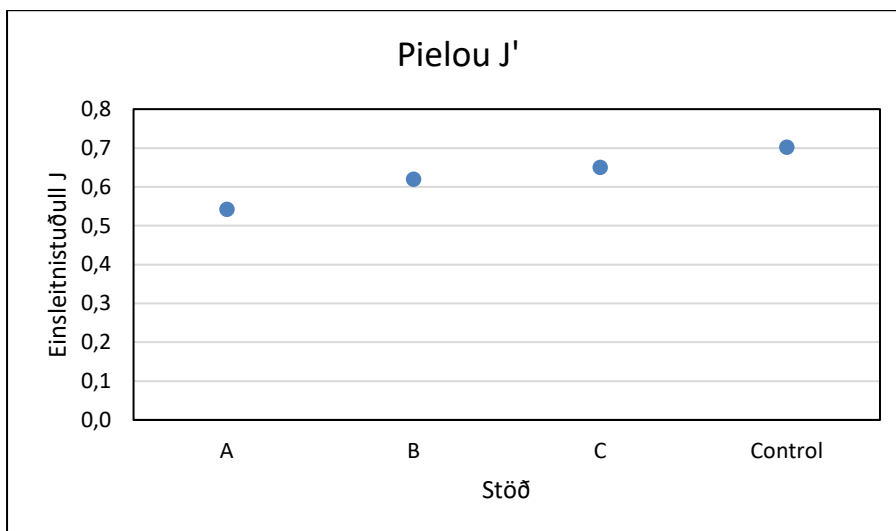
Tafla 3-4 sýnir fjölbreytnistuðlana sem reiknaðir voru fyrir botndýrasamfélög við Höfðahúsabót: fjölbreytnistuðullinn Shannon H' og Pileou einsleitnistuðullinn J' . Shannon H' (\log_2) er mest notaður.

Tafla 3-4. Fjölbreytnistuðlar fyrir mismunandi stöðvar

Stöð	H' (ln)	H' (log2)	H' (log10)	J'
A	1,4695	2,1200	0,6382	0,5426
B	1,8861	2,7211	0,8191	0,6195
C	2,1196	3,0580	0,9205	0,6506
Control	2,3129	3,3367	1,0045	0,7017



Mynd 3-1 Shannon (H') fjölbreytnistuðull á sýnatökustöðvum.



Mynd 3-2 Pielou (J) fjölbreytnistuðull á sýnatökustöðvum.

Shannon (H') fjölbreytnistuðullinn er frá 2,1200 til 3,3367 og Pielou (J) fjölbreytnistuðullinn er frá 0,5426 til 0,7017 (Tafla 3-4,

Mynd 3-1,

Mynd 3-2).

3.4. Fuglar

Fuglar voru taldir. Það sáust 6 fílar og 2 ógreindir máfar, líklegast annað hvort Svartbakur eða Sílamáfur.

4. Umræður

Umhverfi sjókvía við Höfðahúsabót er í mikilli endurnýjun eins og sést ef ástand við hámarkslífmassa er skoðar (Þorleifur Ágústsson et al. 2024). Redox gildi (ORP) var á bilinu 64 til 113 mV og sýrustig (pH) var á bilinu 7.18 til 7.74 sem er gott. Botndýrasamfélög eru sambærileg við samfélög á svæðinu áður en eldi hófst þá fundust 89 tegundir/hópar en nú fundust 86 (Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason 2018).

Burstaormar af tegundinni *Capitella capitata* eru fleiri en 2018 (Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason 2018) en færri en fundust við vöktun á hámarkslífmassa 2023 (Thorleifur Agustsson et al. 2024).

Mikill fjöldi *C. capitata* er oft vísbending um uppsöfnun lífræna efna og ormar af ættinni Capitellidae oft notaðir sem vísitæki (Mendez et al. 1997; Hilliard 2020) en það gleymist stundum að *C. capitata* er öflug landnematagund (pioner species) og fjölgar því mjög á svæði sem er að ná sér eftir áhrif frá uppsöfnun lífræns efnis eins og er í þessi tilviki (Rosenberg 1972; Rosenberg 1976; Rosenberg et al. 2002). Þetta er væntanlega skýring á fjölda *C. capitata* á svæðinu

C. capitata fjölgar sér allt árið (Martin and Bastida 2006) og það sem meira er getur *C. capitata* geymt egg og fyrstu lirlur í rörinum sem þeir eru í þannig að lirlurnar dreifast ekki með svifi heldur setjast í foreldranna. Svo eftir mikla þéttni *C. capitata* undir lífrænu álagi má búast við miklum fjölda af litlum ornum þegar umhverfið er að ná sér og botndýrasamfélög að byggjast upp (Wichlacz et al. 2021).

Fjölbreytnistuðullinn Shannon H' er 2,1 – 3,3, sem er viðunandi og heildarástand svæðisins gott eins og sést á oxunargildum. Það er því ekkert því til fyrirstöðu að setja út nýja kynslóð eldisfiska.

5. Þakkir

Áhöfn Sigríðar. Ari Sveinsson skipstjóri, Sigurður Örn Ríkharðsson aðstoðuðu við sýnatöku og frágang sýna. Botn- og sjósýni voru efnagreind hjá Sýni ehf.

6. Heimildir

- Arastou Gharibi. 2011. Ecological quality assessment for Pollurinn (Ísafjörður) by using biotic indices. Master's thesis. Advisor: Dr. Thorleifur Eiríksson. University Centre of the Westfjords, University of Akureyri.
- Guðmundur Víðir Helgason og Þorleifur Eiríksson. 2017. Botndýr á kvíasvæði Laxa Fiskeldis í Fáskrúðsfirði. RORUM 2017 004.
- Hilliard, Justin Lee. 2020. The evolution and ecology of capitella (annelida, capitellidae) in the gulf of mexico. Submitted to the Office of Graduate and Professional Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy.
- Iversen, A. & Sandøy, S. 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.
- Martin, J. P. and R. Bastida. 2006. Life history and production of capitella capitata (capitellidae: polychaeta) in río de la plata estuary (argentina). Thalassas, 2006, 22 (2): 25-38 An International Journal of Marine Sciences.
- Mendez, N., Javier Romero, Jordi Flos. 1997. Population dynamics and production of the polychaete Capitella capitata in the littoral zone of Barcelona (Spain, NW Mediterranean). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 218 (1997) 263–284.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J., 1997. Classification of environmental quality in fjords and coastal waters: a guide. Norwegian State Pollution Control Authority (SFT) publication 97:03. Oslo, Norway. 36 pp. in Norwegian.
- Pileou, E. C. 1966. Shannon's Formula as a Measure of Specific Diversity: Its Use and Misuse. The American Naturalist, Vol. 100, No. 914, pp. 463-465.
- Pileou, E.C. 1966. Species-Diversity and Pattern-Diversity in the Study of Ecological Succession. J. Theoret. Biol. (1966) 10, 370-383.
- Rosenberg, R. 1972. Benthic faunal recovery in a Swedish fjord following the closure of a sulphite pulp mill. OIKOS 23: 92-108. Copenhagen 1972. Rosenberg, R. 1976. Benthic faunal dynamics during succession following pollution abatement in a Swedish estuary. OIKOS 27: 414-427. Copenhagen 1976.
- Rosenberg, R., Stefan Agrenius, Birthe Hellman, Hans C. Nilsson, Karl Norling. 2002. Recovery of marine benthic habitats and fauna in a Swedish fjord following improved oxygen conditions. Marine ecology progress series. Vol. 234: 43–53, 2002.
- Shannon, C.E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. Reprinted with corrections from The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656.
- Thorleifur Agustsson, Sigurdur Ivar Jonsson and Thorleifur Eiríksson. 2024. ASC Survey Hofdahasabot in Faskruds fjordur 2023 Peak biomass. RORUM 2024-006.

Þorleifur Ágústsson, Eva Dögg Jóhannesdóttir, Sigurður Ívar Jónsson og Þorleifur Eiríksson. 2024. Vöktun á umhverfispáttum vegna fiskeldis við Höfðahúsabót í Fáskrúðsfirði 2023 Hámarks lífmassi.

Þorleifur Eiríksson, Adam Hoffritz og Þorleifur Ágústsson. 2021. Grunnrannsókn á hryggleysingjum og öðrum umhverfispáttum á botni við Höfðahúsabót, Eyri/Fögrueyri og Einstigi í Fáskrúðsfirði. RORUM 2021 010.

Þorleifur Eiríksson og Böðvar Þórisson. 2004. Botndýr í Berufirði og Fáskrúðsfirði. Unnið fyrir Salar-Islandica. Náttúrustofa Vestfjarða. NV nr. 9-04.

Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason. 2016. Fjölbreytnistuðlar og vísitengundir við vöktun. Kímblaðið. 2016: 46-50.

Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason. 2018b. Hryggleysingar á botni Fáskrúðsfjarðar. RORUM 2018 003.

Þorleifur Eiríksson og Þorleifur Ágústsson. 2007. Umhverfismál Þorskeldis. Ægir. 100:40-43.

Þorleifur Eiríksson og Þorleifur Ágústsson. 2022. Vöktun á hryggleysingjum og fleiri umhverfispáttum við Eyri í Fáskrúðsfirði. RORUM 2022 004.

Wichlacz, C. B., Didier Jollivet, Claire Papot, Lolita Roisin, François Massol, Aurélie Tasiemski. 2021. Genetic diversification and life-cycle of the polychaete *Capitella* spp. 1 from the English Channel: Evidence for sympatric cryptic species 2 and alternative reproductive strategies. *Marine Biology*, 2021, 168(12), pp.176. 10.1007/s00227-021-03972-2, hal-03836795.