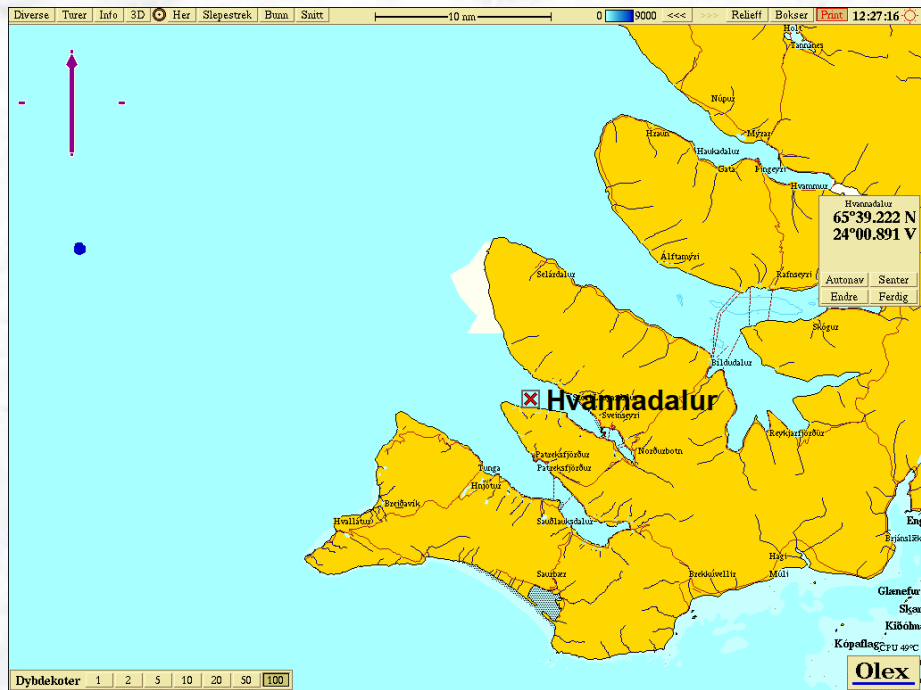


Arctic Sea Farm ASC- and C-survey Hvannadalur, 2021



Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Report title / Rapporttittel**

Arctic Sea Farm. ASC- and C-survey Hvannadalur, 2021.

Author(s) / Forfatter(e)

Snorri Gunnarsson

Kamila Szybor

Akvaplan-niva report nr / rapport no

62907.01

Date /Dato

17.06.2021

No. of pages / Antall sider

18 + appendix

Distribution / Distribusjon

Through client

Client name/OppdragsgivernavnArctic Sea Farm, Aðalstræti 20, 400 Ísafjörður,
Iceland**Client's reference / Oppdragsg. referanse**

Steinunn G. Einarsdóttir

Summary / Sammendrag

The results from the monitoring at the farming site Hvannadalur in April 2021 showed that the fauna at C1 might be disturbed (nEQR below 0.4) while more or less undisturbed at the other stations (nEQR above 0.55). The NS 9410:2016-assessment of the community in the local impact zone (C1) showed environmental condition 1 (Very good). The pollution indicator species *Capitella capitata* was the most abundant species at C1, but not present among the top-10 at the other stations. TOC was relatively high at all stations and the same was nTOC that varied from 33.6 (C5) to 43 mg/g (C4). The level of copper at C1 was 38 mg/kg, which is within natural levels reported for bottom sediments around Iceland (Egilsson *et al.*, 1999). The redox measurements (pH/Eh) gave points 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 for all the stations. The oxygen saturation in April was good in the whole water column with nearly 100 % in the bottom water.

Project manager / ProsjektlederA blue ink signature of Snorri Gunnarsson.
Snorri Gunnarsson**Quality control / Kvalitetskontroll**

© 2021 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

Contents

FOREWORD.....	2
1 SUMMARY	3
1.1 Summary of the ASC results	3
1.2 Summary of C-results	4
2 INTRODUCTION.....	5
2.1 Background and aim of study	5
2.2 Site operation and feed use	5
2.3 Previous surveys	6
3 MATERIALS AND METHODS	7
3.1 Professional program.....	7
3.2 Placement of ASC-stations and AZE	7
4 ASC-SURVEY HVANNADALUR.....	9
4.1 Results	9
4.1.1 Bottom sediment and redox measurements (Eh).....	9
4.1.2 Copper in sediments	9
4.1.3 Lice treatment substances	9
4.1.4 Quantitative analyses of bottom fauna	10
5 C-SURVEY HVANNADALUR	11
5.1 Introduction	11
5.2 Professional program and placement of sampling stations	11
5.3 Results	12
5.3.1 Hydrography	12
5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, grain size and pH/Eh.....	13
5.3.3 Copper in sediment.....	13
5.3.4 Soft bottom fauna	13
5.4 Summary and conclusions – C-survey	16
5.4.1 Summary.....	16
5.4.2 Conclusion	17
5.4.3 Environmental trend since the last C- survey.....	17
6 REFERENCES	18
7 APPENDIX (IN NORWEGIAN).....	19
Appendix 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer (in norwegian)	19
Appendix 2. Prosedyre for beregning av AZE (in norwegian).....	22
Appendix 3. Bunndyrstatistikk og artslister (in norwegian).....	23
Appendix 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser (in norwegian).....	31

Foreword

Akvaplan-niva carried out type ASC and C environmental surveys at the farming site Hvannadalur. The survey was carried out during the maximum biomass period. The survey includes pH/redox measurements (Eh), hydrography, geochemical analyses and analyses of the bottom fauna adjacent to the fish farming site. Results from all stations are included in the ASC survey and the C-survey. This survey was carried out upon request from Arctic Sea Farm.


The following personnel have contributed in this work:

Snorri Gunnarsson	Akvaplan-niva	Field work, report, project leader.
Kamila Szybor	Akvaplan-niva	Report, professional assessments and interpretations.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Echinodermata). QA report, professional assessments and interpretations.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Various taxa).
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Crustaceans). Statistics.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Mollusca and Various taxa).
Charlotte P. Ugelstad	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Polychaeta).
Stine Hermansen	Akvaplan-niva	Hydrographical vertical profiles.
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Coordination of sorting of bottom fauna.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Coordination of geo-chemical analyses.

Akvaplan-niva would like to thank Arctic Sea Farm, Steinunn G. Einarsdóttir, for good cooperation.

Accreditation information:

The survey is carried out by Akvaplan-niva AS with ALS Laboratory Group (Czech Republic) as a sub-contractor.

 <p>NORSK AKKREDITERING TEST 079</p>	<p>Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for feltinnsamlinger av sediment og fauna, analyser av TOC, TOM, TN, kornstørrelse, makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger, akkrediteringsnr. TEST 079.</p> <p>Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.</p>
<p>Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163)</p>	<p>ALS Laboratory Group er akkreditert av Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163) for analyser av kobber.</p>

Kópavogur, 17.06.2021


Snorri Gunnarsson

Project leader

1 Summary

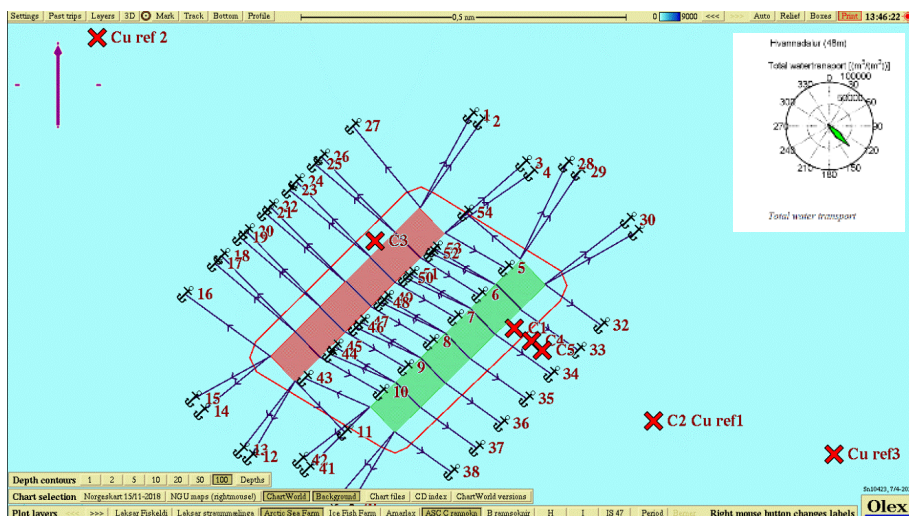
1.1 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC demand	Results							Remarks of the sampling
		C1	C2/Cu ref 1	C3	C4	C5	Cu ref2	Cu ref2	
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/L	275	270	300	262	301	293	361	
2.1.2	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3	2.39	3.28	3.28	3.37	3.09	-	-	
2.1.3	>= 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	4	-	6	-	-	-	-	
4.7.4	Copper level < 34 mg/kg dry sediment	38/-	39.6/36.4	-	38.4/41.7	38/43.6	40.6/37.4	39.4/42.1	
2.1.4	Location specific AZE	See chapter 3.2.							

Conclusions:

The copper levels in the sediments varied between 36.4 and 43.6 mg/kg, which are within natural levels reported for bottom sediments around Iceland (Egilsson *et al.*, 1999). The redox potential (Eh) was positive in all sediments. The amount of emamectinbenzoat at C4 was 130 ng/kg DW. The faunal diversity was lowest at station C1, with the diversity index H' below 3, and higher and above 3 at the four other stations. The ITI value was below 25 at C1, C4 and C5 and above at the other stations. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations C1 and C3), in accordance to the ASC standard, showed that there were four species which were not indicator species of pollution, present with 100 or more individuals/m² at C1 and six species at C3.


An overview of the station locations of the and the position of AZE zone (red line) is shown in the figure below.



1.2 Summary of C-results

Information client			
Title :	C-survey Hvannadalur, 2021.		
Report nr.	62907.01	Site:	Hvannadalur
Site nr.		Map coordinates (construction):	65°34,665 N 24°02,222 V
		Municipal:	Vesturbyggð, Patreksfjörður
MTB-permission:	Site MTB	Operations manager:	Stein Ove Tveiten
Client:	Arctic Sea Farm		

Biomass/production status at time of survey 09.04.2021			
Fish group:	Salmon	Biomass on examination:	5.104
Feed input:	6.698	Produced amount of fish:	5.221
Type/time of survey			
Maximum biomass:	X	Follow up study:	
Fallow (resting period):		New location:	

Results from the C study /NS 9410 (2016) – Main results from soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2018)		Diversity index H' (Shannon-Wiener)	
Fauna C1 (closest to farm)	0,398	Fauna C1 (closest to farm)	2,39
Fauna C2	0,604	Fauna C2	3,28
Fauna C3	0,621	Fauna C3	3,28
Fauna C4 (deep area)	0,561	Fauna C4 (deep area)	3,37
Fauna C5	0,588	Fauna C5	3,09
Date fieldwork:	09.04.2021	Date of report:	17.06.2021
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)		nTOC from 28.3 to 41.6 mg/kg Copper 38.0 mg/kg at C1. Eh positive at all stations O ₂ -conditions were good throughout the water column.	
Responsible for field work:	Snorri Gunnarsson	Signature:	

2 Introduction

2.1 Background and aim of study

Akvaplan-niva carried out, on behalf of Arctic Sea Farm, ASC- and C-surveys for the site Hvannadalur in Tálknafjörður, Iceland (Figure 1). The study was because of Arctic Sea Farms intention to have the Hvannadalur site certified according to the Aquaculture Stewardship Council (ASC) standard. It was simultaneously carried out with an environmental study, in accordance with chapter 5.0 in NS 9410:2016, which outlines the methodology for a C- study. The survey also fulfils the requirements of the Icelandic authorities regarding bottom surveys, referring to the standard ISO 12878 and the demand for environmental bottom surveys according to Vöktunaráætlun.

The methodology applied also follows the guidelines described for environmental surveillance in ISO 16665:2014, ISO 5667-19:2004 and ASC Salmon Standard. This report is presented such that it fulfils the demands from the Aquaculture Stewardship Council (ASC). The sampling stations were chosen based on the results from earlier ocean current measurements (spread current) and bottom topography at the site (Olex).

A classification or threshold values for this type of survey have not been developed by Icelandic officials and it is not possible to strictly apply the classification based on Norwegian threshold values to Icelandic conditions. In the absence of these threshold values we do however report the results using the same indexes and with reference to the Norwegian threshold values. It should however be emphasized that some of these (such as NSI) are developed according to Norwegian or other neighbouring countries conditions. For further descriptions of these indexes see details in Appendix 1 and Miljødirektoratets Veileder 02:2018.

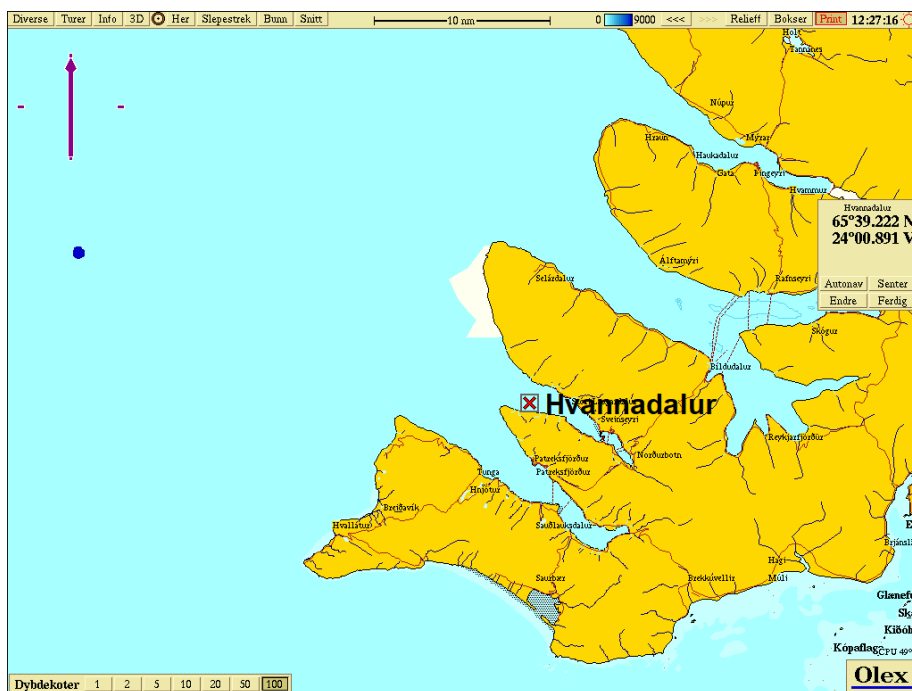


Figure 1. Overview of Vestfirðir Iceland with the farming site Hvannadalur (red cross). The map coordinates for the midpoint of the farming site is given at right site of the picture.

2.2 Site operation and feed use

Hvannadalur site is coming to an end of the first production cycle and the plant is a frame mooring with a total of twelve 160 meters circumference cages in a 2 x 6 configuration, in two independant mooring systems. This first production cycle was started in late summer/fall 2019.

The current sampling took place during the period of maximum biomass. The standing biomass on the date of sampling was 5.105 tonnes. The production for the current generation at Hvannadalur is shown in Table 1.

Table 1. Production at Hvannadalur.

Time fish in sea	Production of salmon (tonnes, round weight).	Feed use (tonnes)
Summer/fall 2019	5.221	6.698

2.3 Previous surveys

A baseline environmental survey of the type C (NS 9410) was previously carried out at the Hvannadalur site (Mannvik & Gústavsson, 2019) and the present study is the first ASC-survey conducted in combination with a C-survey.

3 Materials and methods

3.1 Professional program

Choice of study parameters, placement of sampling stations and other criteria for the study is based on descriptions in the ASC-standard and the NS 9410 (C-surveys). An overview of the planned professional program is given in Table 2.

For performing the study and analysis, current standards and quality control systems are applied (see Appendix 1 and 2).

Table 2. The planned professional program for the ASC- and C-survey at Hvannadalur, 2021. TOC = total organic carbon. Korn = grain size in sediment. TOM = total organic material. TN = total nitrogen. Cu = Copper. pH/Eh = acidity and redox potential. C1, C2, C3, C4 and C5 are also part of the C-survey.

Station	Type analyses/parameters
C1 (local impact zone)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
C2/Cu ref 1 (transect zone outer)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
C3 (local impact zone up stream)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C4 (transect zone, deep area)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrography/O ₂ . pH/Eh.
C5 (transect zone)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu pH/Eh.
Cu ref 2 (reference station ASC)	2 x Cu. pH/Eh.
Cu ref 3 (reference station ASC)	2 x Cu. pH/Eh.

Field work was completed on 09.04.2021.

3.2 Placement of ASC-stations and AZE

ASC-standard allows that a site specific AZE zone is defined as 30 m from the fish farm (site-specific AZE, see pkt. 2.1.4. in «audit manual»). Based on currents measured at the site, an AZE zone of 60 m from the frame of the fish farm was calculated. The procedure for calculating the AZE zone is given in Appendix 2.

Using the sampling system, described in point 2.1 in the ASC «Audit manual» («Request to allow for sampling at different locations and/or changes in total number of samples»), biological samples from five stations were collected. The placement of the stations was based on the results from oceanic current measurements (distribution current) taken at 48 m depth at the site (Hermansen 2020).

Coordinates, depth and the distance of the stations from the frame of fish farm are given in Table 3 and Figure 2.

Table 3. Distance between the nearest frame of the fish farm and sampling stations. Coordinates for stations, depth, ASC-stations at Hvannadalur, 2021. C1, C2, C3, C4 and C5 are also part of the C-survey.

Station	Depth, m	Distance from frame, m	Position	
			N	W
C1	58	25	65°39.210	24°00.793
C2/Cu ref1	58	500	65°39.067	23°59.974
C3	58	25	65°39.344	24°01.013
C4	58	85	65°39.190	24°00.429
C5	58	125	65°39.176	24°00.388
Cu ref2	60	1000	65°39.656	24°02.048
Cu ref3	59	1000	65°39.016	23°59.302

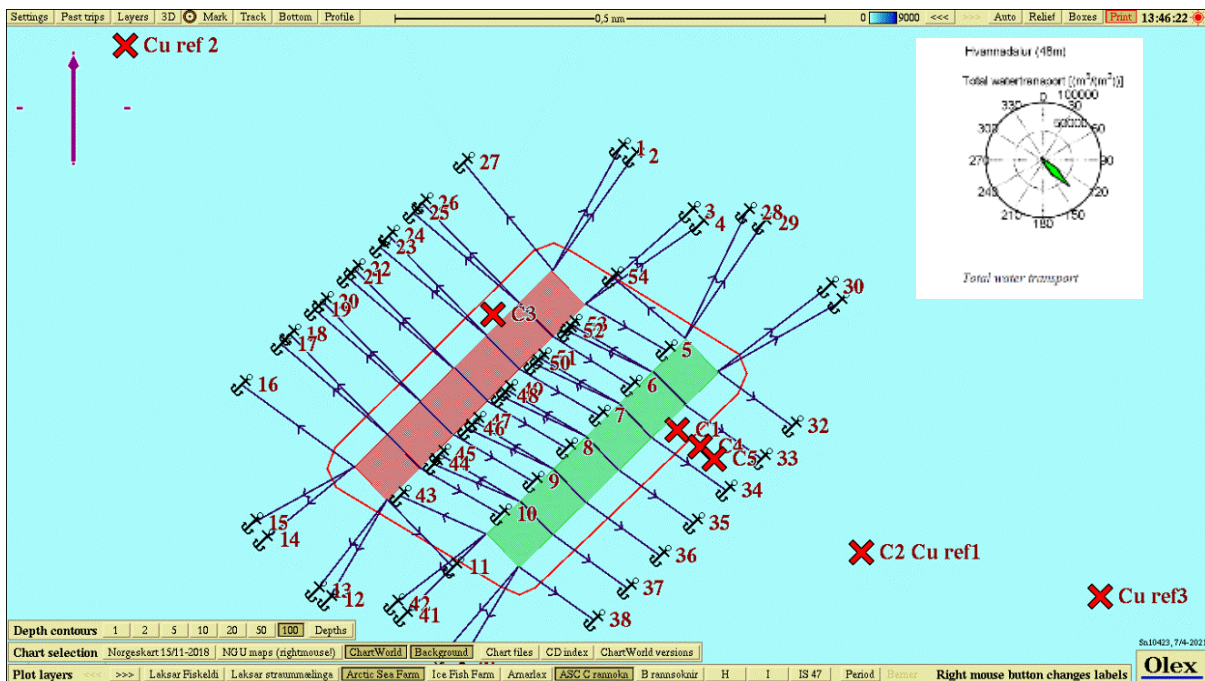


Figure 2. Sampling stations, ASC Hvannadalur, 2021. The site specific AZE is indicated with a red line with a distance of 60 m from the frame of the fish farm. The distribution current at the site is measured at 48 m depth (Hermansen 2020).

4 ASC-survey Hvannadalur

4.1 Results

4.1.1 Bottom sediment and redox measurements (Eh)

Table 4 shows the description of the bottom sediment and the results from the redox measurements at the sampling stations. Eh had a positive value at all sampling stations.

Table 4. Description of bottom sediment and redox measurements (Eh). ASC-stations Hvannadalur, 2021.

St.	Description of bottom sediment	Eh
C1	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	275
C2/Cu ref1	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	270
C3	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	300
C4	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	262
C5	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	301
Cu ref2	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	293
Cu ref3	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	361

4.1.2 Copper in sediments

The level of copper in the bottom sediments are shown in Table 5. The level of copper varied from 36.4 to 43.6 mg/kg.

Table 5. Copper (Cu), mg/kg TS. ASC Hvannadalur, 2021.

St.	Cu repl. 1	Cu repl. 2
C1	38	-
C2	39.6	36.4
C3	-	-
C4	38.4	41.7
C5	38	43.6
Cu ref1	40.6	37.4
Cu ref2	39.4	42.1

4.1.3 Lice treatment substances

At station C4, analyse of the amount of emamectinbenzoat in the sediment were carried out. The result is shown in Table 6. The amount was 130 ng/kg DW.

Table 6. Emamectinbenzoat (ng/kg DW) in sediment at C4, Hvannadalur 2021.

St.	Emamectinbenzoat
C4	130

4.1.4 Quantitative analyses of bottom fauna

4.1.4.1 Number of species – Shannon Wiener diversity index (H').

The Shannon-Wiener diversity index values (H') for bottom fauna communities are presented in Table 7. The number of species and individuals for each of the sampling stations are also given. Other faunal indexes, according to Veileder 02:2018, are given in Appendix 3.

The number of individuals varied from 655 (C3) to 830 (C4) and number of species from 29 (C1) to 44 (C4). The diversity index H' was below 3 at station C1 and above at the other stations. The ITI value was below 25 at C1, C4 and C5 and above at the other stations.

Table 7. Number of species and individuals pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversity index. ASC-stations at Hvannadalur, 2021.

St.	No of individuals	No of taxa	H'	ITI
C1	711	29	2.6	1,4
C2	689	32	3.5	25,2
C3	655	36	3.3	34,5
C4	830	44	3.5	12,7
C5	702	36	3.2	14,1

4.1.4.2 ASC evaluation of the bottom fauna communities at stations C1 and C3

Below there is a review of to what extent the soft bottom fauna communities at the two sampling stations inside the AZE zone (stations C1 and C3) fulfil the criteria given in the ASC- standard:

"2 highly abundant* taxa that are not pollution indicator species"

*Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)

The species were categorized into ecological groups based on the values of the sensitivity indexes according to Rygg and Norling (2013). The pollution indicators (pollution indicator species) are categorized into ecological group V. Results are presented in Table 8.

At C1 a total of five species had more than 100 individuals/m² and one of these was a pollution indicator species. At C3 six species had more than 100 individuals/m² and none of these were pollution indicator species.

Table 8. The dominating taxa with number of individuals per m² at C1 and C3, Hvannadalur, 2021.

Station	Taxa	Number per 0,2 m ²	Number per m ²	NSI Ecological group *
C1	Capitella capitata	328	1640	V
	Ennucula tenuis	117	585	II
	Thyasira sarsii	110	550	IV
	Parougia eliasoni	47	235	Ik
	Malacoceros vulgaris	36	180	Ik
C3	Ennucula tenuis	172	860	II
	Galathowenia oculata	125	625	III
	Thyasira sarsii	91	455	IV
	Prionospio steenstrupi	81	405	II
	Sternaspis scutata	53	265	Ik
	Nuculana pernula	23	115	II

*Ecological group: I = sensitive species. II = neutral species. III = tolerant species. IV = opportunistic species. V = Pollution indicator species. From Rygg and Norling, 2013. Ik = ecological group not none.

5 C-survey Hvannadalur

5.1 Introduction

A C-survey is aimed at studying the environmental conditions of the bottom sediment in a transect that extends from the fish farm from a local, to an intermediate and to a regional impact zone. The main emphasis is on the study of the soft bottom fauna which is conducted according to standards ISO 5567-19:2004 and ISO 16665:2014. The obligatory parameters that are included in the survey are described in NS 9410:2016.

A classification or threshold values for this type of survey has not been developed by Icelandic officials and it is not strictly possible to apply the classification based on Norwegian threshold values to Icelandic conditions. However we report the results using these indexes with reference to Norwegian threshold values. It should be emphasized though that some of these (such as NSI) are developed according to Norwegian conditions. For further descriptions of these indexes see details in Appendix 1 and Miljødirektoratets Veileder 02:2018 (rev. 2020).

5.2 Professional program and placement of sampling stations

The professional program follows the descriptions and guidance given in NS 9410:2016 for C-surveys (Table 9). The number of stations was assigned with reference to the sites estimated maximum standing biomass for the current generation which was 5.104 tonnes (used as MTB here). According to the standard, samples from five stations were collected. Depth and position of the stations are given in Table 10 and shown in Figure 3. The stations are placed along the direction of the main oceanic current direction (SSE) measured at 48 m (Hermansen 2020). This is assigned as the main current for spread of particles from under the fish farm.

Table 9. The planned professional program for the C-survey at Hvannadalur, 2021. TOC = total organic carbon. Korn = grain size distribution in sediment. TOM = total organic material. TN = total nitrogen. Cu = copper. pH/Eh = acidity and redox potential.

Station	Type analyses
C1	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
C2	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C3	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C4	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. Hydrography/O ₂ . pH/Eh.
C5	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.

Table 10. Sampling stations, depth, distance between the nearest frame of the fish farm and coordinates for C-stations at Hvannadalur, 2021.

Station	Depth, m	Distance from frame, m	Position	
			N	W
C1	58	25	65°39.210	24°00.793
C2	58	500	65°39.067	23°59.974
C3	58	25	65°39.344	24°01.013
C4	58	85	65°39.190	24°00.429
C5	58	125	65°39.176	24°00.388

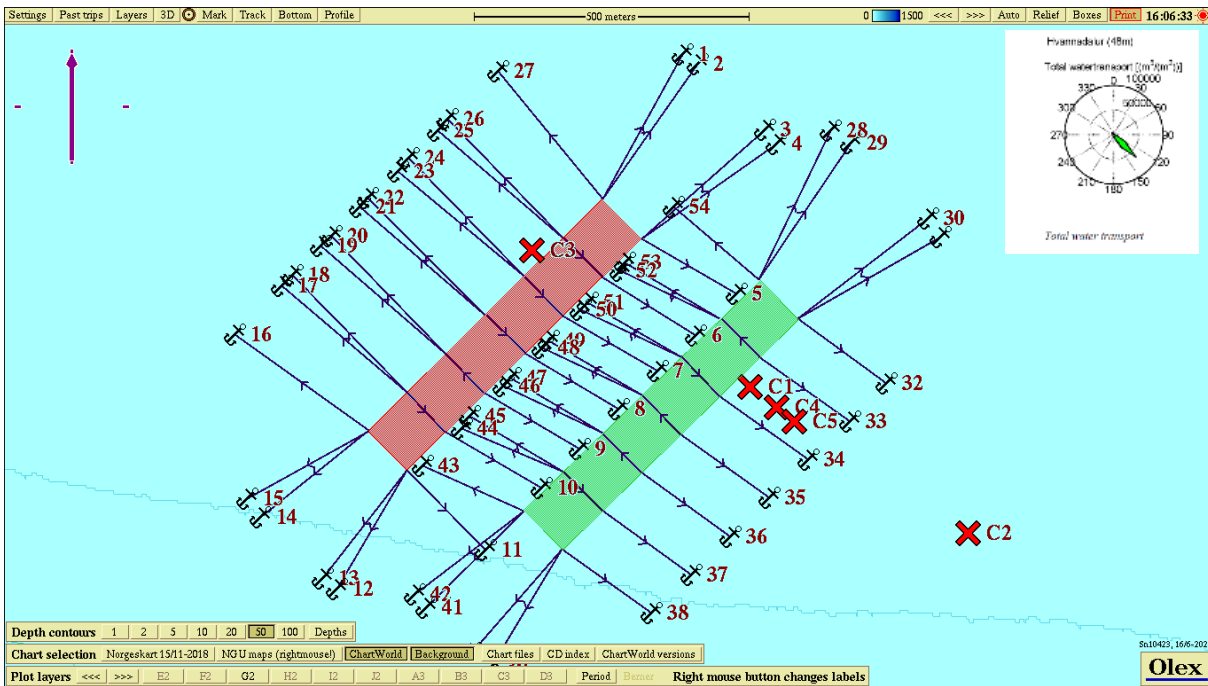


Figure 3. Map showing the sampling stations for the C-survey at Hvannadalur, 2021. The current for the spread of particles is measured at 48 m depth (Hermansen 2020).

5.3 Results

5.3.1 Hydrography

At station C4, hydrographic measurements, salinity, temperature, density and oxygen saturation, were carried out along vertical profiles from surface to bottom. These were carried out using a Sensordata CTDO 204 probe.

The hydrographical profile for the deep station C4 in April 2021 is presented in Figure 4. The temperature was 2 °C from the surface to the bottom and the oxygen conditions good with close to 100 % saturation throughout the whole water column.

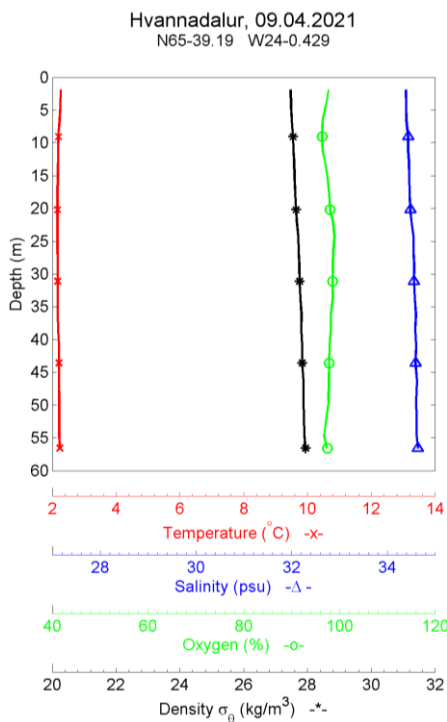


Figure 4. Vertical profiles. Temperature, salinity, density and oxygen at C4 at Hvannadalur, 2021.

5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, grain size and pH/Eh

The level of total organic material (TOM), total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), C/N-relationship, grain size distribution in sediment (pelite) and pH/Eh in the sediment is presented in Table 11.

TOM-levels varied from 12.5 to 14.1 %. TN-levels were low (2.4 – 3.7 mg/g) while the C/N-ratio was somewhat high at station C4, but lower at the other stations. TOC was somewhat high at all stations and nTOC varied from 33.6 to 43 (highest at C4). The bottom sediments were moderately fine to fine with pelite ratio between 57 and 88 %.

Redox measurements (pH/Eh) gave point 0 for all the sampling stations according to Appendix D in NS 9410:2016.

Table 11. Sediment description, TOM (%), TOC (mg/g), TN (mg/g), C/N, grain size distribution (pelite ratio % <0,063 mm) and pH/Eh. Hvannadalur, 2021.

St.	Sediment description	TOM	TOC	nTOC	TN	C/N	Pelite	pH/Eh
C1	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	14,1	33,9	41,6	3,7	9,3	57	7.87/ 275
C2	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	13,5	37,0	39,2	3,0	12,3	88	7.84/ 270
C3	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	12,5	31,3	35,9	2,9	11,0	74	7.95/ 300
C4	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	12,5	38,9	43,0	2,4	16,3	77	7.93/ 262
C5	Muddy with some crushed shells. Grab full with sediment.	12,6	31,3	33,6	2,7	11,5	88	7.98/ 301

5.3.3 Copper in sediment

The level of copper at station C1 (station closest to the farm) is presented in Table 12. The concentration was 38 mg/kg.

Table 12. Sediment analyses. Copper (Cu) in mg/kg DW. C1-station at Hvannadalur, 2021.

St.	Cu
C1	38

5.3.4 Soft bottom fauna

5.3.4.1 Fauna indexes and ecological classification

Results from the quantitative soft bottom fauna analyses at the C-stations are presented in Table 13. The faunal index nEQR in the table is presented without the density index (DI) in accordance to recommendations from the Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratet).

The number of individuals varied from 655 (C3) to 830 (C4) and number of species from 29 (C1) to 44 (C4). The diversity index H' varied from 2.39 (C1) to 3.37 (C4). The overall index nEQR varied between 0.398 and 0.621.

J (Pielous evenness index) is a measure of how equally individuals are divided between species, and will vary between 0 and 1. A station with low-value has a "crooked" individual distribution between the species, indicating a disturbed bottom faunal community. The index was between 0.59 (C1) and 0.70 (C2), indicating a somewhat even distribution at all the stations.

Table 13. Number of species and individuals pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversity index. ES100 = Hurlberts diversity index. NQI1 = overall index (diversity and sensitivity). ISI₂₀₁₂ = sensitivity index. NSI = sensitivity index. J = Pielous evenness index. AMBI = AZTI marine biotic index (part of NQI1). nEQR = normalized EQR). C-stations at Hvannadalur, 2021.

St.	No. ind.	No. species	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	AMBI	J
C1	711	29	2,39	10,97	0,482	5,93	12,63	0,398	4,47	0,59
C2	689	32	3,28	17,24	0,661	6,94	20,98	0,604	2,48	0,70
C3	655	36	3,28	16,90	0,668	7,46	21,10	0,621	2,55	0,68
C4	830	44	3,37	17,33	0,639	6,29	18,39	0,561	2,92	0,68
C5	702	36	3,09	16,61	0,663	6,67	20,80	0,588	2,46	0,66

5.3.4.2 NS 9410 Evaluation of the bottom fauna at station C1 (local impact zone).

According to NS 9410 the classification of the environmental status in the local impact zone can also be evaluated based on the number of species in relation to their dominance within the bottom fauna community (see Chapter 8.6.2 in NS 9410:2016).

The soft bottom community was classified to environmental condition 1 "Very good". The criteria for condition 1 is that there are at least 20 species/0,2 m² and that none of these are in numbers greater than 65 % of the individuals (Table 14). Here the most dominant species constitute 46 % of the the individuals. The data for the number of species and the dominating taxa at station C1 is collected from Table 13 and Table 15.

Table 14. Classification of the environmental status of the soft bottom fauna at station C1 at the Hvannadalur site 2021.

Station	Site name	Num. species	Dominating taxa	Environmental condition-NS 9410
C1	Hvannadalur	29	Capitella capitata – 46 %	1 – Very good

5.3.4.3 Geometric classes

Figure 5 shows the number of species plotted against the number of individuals, where the number of individuals is divided into geometric classes. For an explanation of the concept of geometric classes refer to Appendix 3.

The curves started highest at C4 and somewhat lower at the other stations. The curves stretched out to a varying degree at the station, giving no clear signal of the faunal conditions.

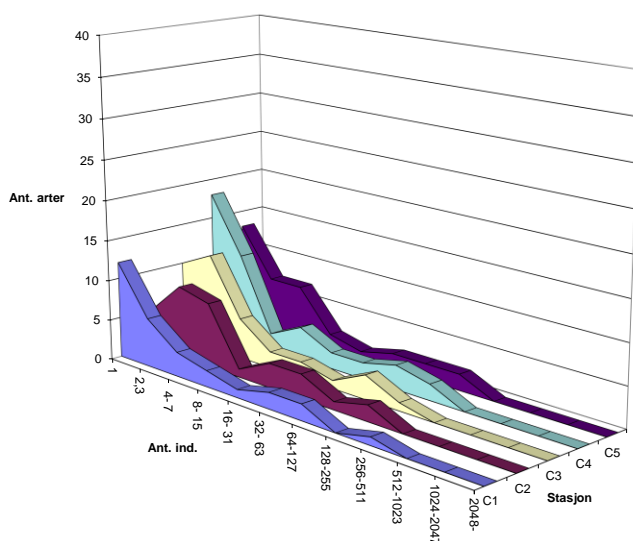


Figure 5. The soft bottom fauna shown as number of species against number of individual's per species in geometric classes. Hvannadalur, 2021.

5.3.4.4 Cluster analyses

To investigate the similarity of the faunal composition between the sampling stations, the multivariate cluster analysis technique was used. The results of this are presented in the dendrogram in Figure 6.

The faunal composition at stations C3 and C2 was 78 % similar and 72 % similar at C4 and C5. The faunal composition at station C1 was 58 % similar to the other stations.

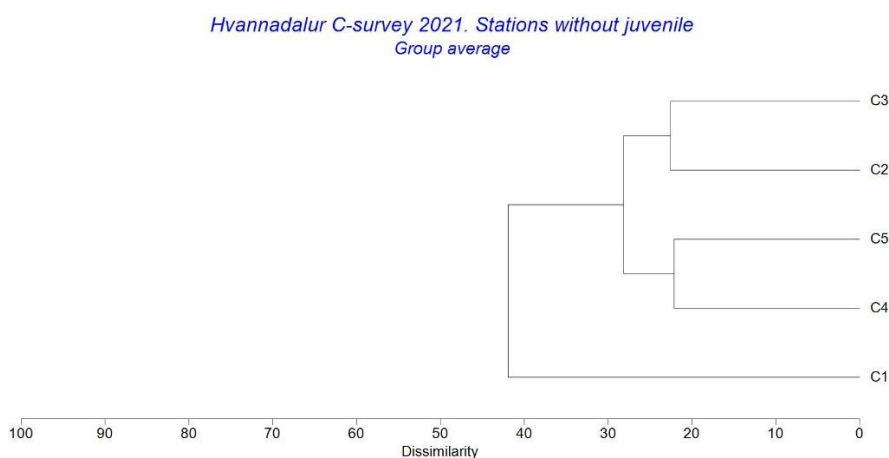


Figure 6. Clusterplott for the soft bottom fauna at the C- sampling stations at Hvannadalur, 2021.

5.3.4.5 Species composition

The main features of the species composition from each station are shown as a top ten species list in Table 15.

In Rygg and Norling (2013) the species are divided into five ecological groups (EG) based on the value of the sensitivity index. These groups run from sensitive species (group I) to pollution indicators (group V).

The fauna at station C1 were dominated by the pollution indicator species *Capitella capitata* (polychaete) comprising 46 % of the individuals. The other most dominant species, with a known EG, were a mixture of neutral, tolerant and opportunistic species.

The fauna at C2, C3 and C4 were dominated by the neutral mollusca *Ennucula tenuis* with 24, 26 and 28 % of the individuals accordingly. The other most dominant species, with known EG, were a mixture of neutral, tolerant and opportunistic species.

At station C5 *Parougia eliasoni*, a polychaeta with unknown EG, was most dominant, with 29 % of the individuals. The other most dominant species, with known EG, were a mixture of neutral, tolerant and opportunistic species.

The pollution indicator species *Capitella capitata* is among the most dominant at C1, but not at the other stations.

Table 15. Number of individuals, cumulative percentage and ecological group* for the ten most dominant species on the C stations. Hvannadalur, 2021.

C1	Numb.	Cum.	EG	C2	Numb.	Cum.	EG
Capitella capitata	328	46 %	V	Ennucula tenuis	168	24 %	II
Ennucula tenuis	117	63 %	II	Galathowenia oculata	140	45 %	III
Thyasira sarsii	110	78 %	IV	Parougia eliasoni	94	58 %	Ik
Parougia eliasoni	47	85 %	Ik	Thyasira sarsii	51	65 %	IV
Malacoceros vulgaris	36	90 %	Ik	Sternaspis scutata	49	73 %	Ik
Lagis koreni	17	92 %	IV	Abra alba	40	78 %	III
Prionospio steenstrupi	9	93 %	II	Prionospio steenstrupi	30	83 %	II
Eteone flava/longa	8	94 %	Ik	Lagis koreni	22	86 %	IV
Mediomastus fragilis	5	95 %	IV	Nuculana pernula	17	88 %	II
Nemertea indet.	5	96 %	III	Dulichidae indet.	8	89 %	Ik
C3	Numb.	Cum.	EG	C4	Numb.	Cum.	EG
Ennucula tenuis	172	26 %	II	Ennucula tenuis	235	28 %	II
Galathowenia oculata	125	45 %	III	Thyasira sarsii	128	44 %	IV
Thyasira sarsii	91	59 %	IV	Capitella capitata	104	56 %	V
Prionospio steenstrupi	81	72 %	II	Galathowenia oculata	75	65 %	III
Sternaspis scutata	53	80 %	Ik	Lagis koreni	71	74 %	IV
Nuculana pernula	23	83 %	II	Parougia eliasoni	40	79 %	Ik
Abra alba	21	86 %	III	Nuculana pernula	32	82 %	II
Yoldia hyperborea	14	89 %	Ik	Prionospio steenstrupi	27	86 %	II
Nephtys ciliata	9	90 %	III	Sternaspis scutata	25	89 %	Ik
Aricidea sp.	7	91 %	I	Eteone flava/longa	12	90 %	Ik
Lagis koreni	7	92 %	IV				
Leucon sp.	7	93 %	Ik				
C5	Numb.	Cum.	EG				
Parougia eliasoni	203	29 %	Ik				
Ennucula tenuis	168	52 %	II				
Thyasira sarsii	77	63 %	IV				
Galathowenia oculata	66	72 %	III				
Sternaspis scutata	37	78 %	Ik				
Prionospio steenstrupi	36	83 %	II				
Lagis koreni	19	85 %	IV				
Nuculana pernula	15	88 %	II				
Abra alba	13	89 %	III				
Nemertea indet.	7	90 %	III				
Ophiocten affinis	7	91 %	III				
Ophiuroidea indet. juv.	7	92 %	II				

*Ecological groups: EG I = sensitive species. EG II = neutral species. EG III = tolerant species. EG IV = opportunistic species. EG V = pollution indicator species. From Rygg and Norling, 2013. Ik = unknown group.

5.4 Summary and conclusions – C-survey

5.4.1 Summary

The results from the environmental monitoring (type C) at Hvannadalur in April 2021, can be summarized as follows:

- The hydrography measurements showed good oxygen conditions with close to 100 % oxygen saturation throughout the water column.

- The number of individuals varied from 655 (C3) to 830 (C4) and number of species from 29 (C1) to 44 (C4). The diversity index H' varied from 2.39 (C1) to 3.37 (C4). At C1, the overall index nEQR was lower than 0.4, which might indicate faunal disturbance. At the other stations it was above 0.55. The pollution indicator species *Capitella capitata* was the most dominant species at C1, but not among the top-10 at the other stations.
- TOM-levels varied from 12.5 to 14.1 %. TN-levels were low (2.4 – 3.7 mg/g) while the C/N-ratio was somewhat high at station C4 but lower at the other stations. TOC was somewhat high at all stations and the same was nTOC that varied from 33.6 to 43 mg/g (highest at C4). The copper level in the sediment at C1 was 38 mg/kg but well within reported natural levels for Icelandic coastal areas (Egilsson *et al.* 1999). The bottom sediments were moderately fine to fine with pelite ratio between 57 and 88 %. The redox measurements (pH/Eh) gave points 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 at all stations.

5.4.2 Conclusion

The results from the monitoring at the farming site Hvannadalur in April 2021 showed that the fauna at C1 might be disturbed (nEQR below 0.4) while more or less undisturbed at the other stations (nEQR above 0.55). The NS 9410:2016-assessment of the community in the local impact zone (C1) showed environmental condition 1 (Very good). The pollution indicator species *Capitella capitata* was the most abundant species at C1, but not present among the top-10 at the other stations. TOC was relatively high at all stations and the same was nTOC that varied from 33.6 (C5) and 43 mg/g (C4). The level of copper at C1 was 38 mg/kg, which is within natural levels reported for bottom sediments around Iceland (Egilsson *et al.*, 1999). The redox measurements (pH/Eh) gave points 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 for all the stations. The oxygen saturation in April was good in the whole water column with nearly 100 % in the bottom water.

5.4.3 Environmental trend since the last C- survey

A C-survey was carried out at the location in 2019 (Mannvik & Gústavsson, 2019). The conclusion from that study was: " *The results from the pre survey at the farming site Hvannadalur in July 2019 showed that the sediment was somewhat loaded with organic carbon and the copper concentrations were within reported natural levels for bottom sediment around Iceland (Egilsson et al., 1999). No load effect was recorded in the fauna and faunal index nEQR showed relatively good conditions and no impact at the stations (0.55 - 0.59). The diversity index H' varied between 2.0 and 2.6. NS 9410:2016-assessment of the community in the local impact zone (C1) showed environmental condition 1 (Very good). No pollution indicators were recorded among the top-10 species on any of the stations. The redox measurements (pH/Eh) gave point 1 at C1 and 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 for the other sampling stations. The oxygen saturation in May was relatively good in the whole water column with 60 % in the bottom water.* "

The station positions differs somewhat in these two surveys and, therefore, only a general comparison of the results has been carried out.

The faunal index nEQR have decreased at C1 since the previous survey (from > 0.55 to < 0.4). The pollution indicator species *Capitella capitata*, which is the most dominant at C1 in 2021, was not registered among the top-10 species at any stations in 2019. The nTOC in the sediment at C1 has increased since the previous survey (from 28.3 to 41.6). The copper was 40.1 mg/kg in 2019 and is now 38 mg/kg.

6 References

- Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.
- Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Audit Manual Version 1.0.
- Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Training Manual Final. Version 1.0 – 14 February 2013.
- Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B. og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.
- Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018 (rev. 2020). 139 s.
- Egilsson, D, Ólafsdóttir E. D., Yngvadóttir E., Halldórsdóttir H., Sigurðsson F.H., Jónsson G.S., Jensson H., Gunnarsson K., Þráinsson S.A., Stefánsson A., Indriðason H.D., Hjartarson H., Torlaciús J., Ólafsdóttir K., Gíslason S.R. og Svavarsson J. (1999). Mælingar á mengandi efnum á og við Ísland. Niðurstöður vöktunarmælinga. Starfshópur um mengunarmælingar. Mars 1999, 138 s.
- Hermansen, S., 2020. Arctic Sea Farm hf. Current measurements at Hvannadalur, 2020. APN 62459.02. 33 p.
- ISO 5667-19:2004. Guidance on sampling of marine sediments.
- ISO 16665:2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- Mannvik, H-P., Gustavsson, A., 2019. Arctic Sea Farm. Pre survey (type C) Hvannadalur, 2019. APN 61376.01. 15 p.
- NS 9410, 2016. Norsk standard for miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.
- Rygg, B. & K. Norling, 2013. Norwegian Sensitive Index (NSI) for marine macro invertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA report SNO 6475-2013. 48 p.

7 Appendix (in Norwegian)

Appendix 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer (in norwegian)

Hydrografi og oksygen

I henhold til NS 9410 ble det gjennomført hydrografiske registreringer for vertikalprofilen med hensyn til saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygenmetning fra overflate til bunn på den dypeste stasjonen. Målingene ble gjennomført ved hjelp av en Sensordata CTDO 202 sonde.

Geokjemiske analyser

Feltinnsamlinger

Prøvene ble hentet med en 0,1 m² grabb (van Veen). Prøvematerialet ble tatt ut gjennom inspeksjonsluker etter at sedimentoverflaten var godkjent. Prøver for TOC, TOM, TN og Cu ble tatt av fra øverste 1 cm av sedimentet, og for kornfordelingsanalyser fra de øverste 5 cm ved hjelp av rør. Kun prøver med uforstyrret overflate ble godkjent og prøvematerialet ble frosset for videre bearbeidelse i laboratorium.

Total organisk materiale (TOM)

Mengden av TOM i sediment ble bestemt ved vekttap etter forbrenning ved 495 °C. Vekttapet i prosent etter forbrenning ble beregnet. Reproduerbarheten av TOM-analysene er sjekket i opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandardsediment som inneholder TOM med kjent nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen

Total nitrogen (TN)

Etter tørking av prøvene ved 40 °C ble innhold av total nitrogen (TN) kvantifisert ved elektrokjemisk bestemmelse. Den interne metoden er basert på NS-EN 12260:2003 (Vannundersøkelse – Bestemmelse av bundet nitrogen (TNb) etter oksidasjon til nitrogenoksider).

Totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling

Andelen finstoff, dvs. fraksjonen mindre enn 63 µm, ble bestemt gravimetrisk etter våtsikting av prøvene. Resultatene er angitt som andel finstoff på tørrvektsbasis.

Etter tørking av prøvene ved 40 °C ble innhold av total organisk karbon (TOC) bestemt ved NDIR-deteksjon i henhold til DIN19539:2016 (Investigation of solids – Temperature-dependent differentiation of total carbon (TOC₄₀₀, ROC, TIC₉₀₀)). For å kunne klassifisere miljøtilstanden basert på innhold av TOC, er de målte konsentrasjonene normalisert for andel finstoff (nTOC) ved bruk av ligningen: $nTOC = TOC + 18(1 - F)$, hvor TOC og F står for henholdsvis målt TOC verdi og andel finstoff (%) i prøven (Aure *m.fl.*, 1993).

Klassifisering av miljøtilstanden for sedimentene er basert på normalisert TOC, og ble gjennomført i henhold til Veileder 02:2018.

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment.

nTOC, mg/g	< 20 I Svært god	20 - 27 II God	27 - 34 III Moderat	34 - 41 IV Dårlig	> 41 V Svært dårlig
------------	---------------------	-------------------	------------------------	----------------------	------------------------

Kobber (Cu)

Prøven for metallanalyse ble frysetørket før den ble oppsluttet i mikrobølgeovn i lukket teflonbeholder med konsentrert ultraren salpetersyre og hydrogenperoksid. Konsentrasjonene av kobber (Cu) ble bestemt ved hjelp av ICP-SFMS.

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Cu ble gjennomført i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608/2016.

Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) i marine sedimenter.

Cu mg/kg	< 20 Klasse I	20 - 84 Klasse II	20 - 84 Klasse III	84 - 147 Klasse IV	> 147 Klasse V
----------	------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

Redoks- og pH målinger

På alle stasjonene ble det utført en kvantitativ kjemisk undersøkelse av sedimentet. Surhetsgrad (pH) og oksydasjon/redokspotensial (ORP) ble målt ved hjelp av elektroder og instrumentet YSI Professional Plus. I hht. manual for instrumentet, ble 200 mV lagt til den målte ORP-verdien for å få Eh-verdien.

Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrrester/fekalier) fra marine oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnlevende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyrsanalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunndyrssamfunnene er god indikasjon på uønskede belastninger. Under naturlige forhold består samfunnene av mange arter. Høyt artsmangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke artsmangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert artsmangfold. Endringer i artsmangfold under og ved oppdrettsmerder kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

Innsamling og fiksering

Alle bunndyrprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen grabb. Kun grabbskudd hvor grabben var fullstendig lukket og overflaten uforstyrret ble godkjent. Etter godkjenning ble innholdet vasket i en 1 mm sikt og gjenværende materiale fiksert med 4 % formalin tilsatt fargestoffet bengalrosa og nøytralisert med boraks. På laboratoriet ble dyrene sortert ut fra gjenværende sediment.

Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle stasjonene innsamles det to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) og ASC standarden. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunndyrene ble identifisert til fortrinnsvis artsnivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative artslistene inngikk i statistiske analyser. Se Appendix 2 for beskrivelse av analysemetoder. For å klassifisere miljøtilstanden er Direktoratgruppens veileder 02:2018 benyttet. Følgende statistiske metoder ble benyttet for å beskrive samfunnenes struktur og for å vurdere likheten mellom ulike samfunn:

- Shannon-Wiener diversitetsindeks (H')
- Hurlberts diversitetsindeks (ES_{100}) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI_{2012}), uegnet ved lavt individ/artstall
- Sensitivitetsindeks (NSI)
- S sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1)
- Ømfintlighetsindeks som inngår i NQI1 (AMBI)
- Normalisert EQR (nEQR)
- Antall arter plottet mot antall individer i geometriske artsklasser
- Clusteranalyser
- De ti mest dominerende taksa pr. stasjon (topp-10)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (fra Veileder 02:2018 (rev. 2020)).

Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
NQI1	0,9 - 0,82	0,82 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	5,7 - 4,8	4,8 - 3,0	3,0 - 1,9	1,9 - 0,9	0,9 - 0
ES_{100}	50 - 34	34 - 17	17 - 10	10 - 5	5 - 0
ISI_{2012}	13 - 9,6	9,6 - 7,5	7,5 - 6,2	6,1 - 4,5	4,5 - 0
NSI	31 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
nEQR	1,0 - 0,8	0,8 - 0,6	0,6 - 0,4	0,4 - 0,2	0,2 - 0,0

Bunndyrsamfunnet i anleggssonen ble også vurdert i henhold til NS 9410 klassifisering av miljøtilstand, basert på antallet arter og dominansforhold (C-undersøkelsen). I tillegg ble det gjort en vurdering av hvorvidt bunndyrsamfunnene på anleggssonestasjonen oppfylte følgende krav fra ASC-standarden (ASC-undersøkelsen):

"2 highly abundant taxa that are not pollution indicator species"*

**Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)*

Referanser

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Audit Manual Version 1.0.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Training Manual Final. Version 1.0 – 14 February 2013.

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B. og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.

Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018. 139 s.

ISO 5667-19, 2004. Guidance on sampling of marine sediments.

ISO 16665, 2005. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna.

Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. M-608/2016. 24 s.

NS 9410, 2016. Norsk standard for miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.

Appendix 2. Prosedyre for beregning av AZE (in norwegian)

I ASC-undersøkelser skal det fastlegges AZE (Allowable Zone of Effect) rundt oppdrettsanlegg som danner utgangspunkt for valg av prøvestasjonsnett. I standarden, som ble laget for skotske forhold, står det at den skal være 30 meter fra merdkanten. På grunn av store dyp og sterk strøm blir dette ikke riktig avstand for norske forhold.

ASC-standarder tillater at en fastlegger en lokalitetsavhengig AZE (site specific AZE). Det er laget en intern AZE kalkulator til formålet for Akvaplan-niva.

Beregning av "site specific" AZE:

På grunn av påvirkning fra strøm og vind og lange fortøyningslinjer er oppdrettsanlegg på svai. En må derfor regne med at fôrpartikler og fiskeavføring vil havne på bunnen i det området der anlegget befinner seg på svai. En AZE må inkludere dette område. Svaien legges til 20 % av dybde, f.eks. for et anlegg med størst dybde på 100 m legges det inn en mulig svai på 20 m i hver retning. Tallet er tidligere brukt av Fiskeridirektoratet ved kontroll av anleggets koordinater. Det stemmer også overens med oppgitt strekk (inntil 10 %) og elastisitet fra fortøyningslinjer.

Videre vil enhver lokalitet ha et eget påvirkningsmønster fra fôrpartikler og fiskeavføring som havner på bunnen, ofte kalt lokalitetens fotavtrykk, som bestemmes av dybde, partiklenes synkehastighet og lokalitetens strømforhold. Forventet utstrekning (L) av påvirkningsområdet kan beregnes ved å dele dybde (D) med synkehastighet (V_f) og gange med gjennomsnittlig strømhastighet (V_s) på spredningsstrøm. Synkehastighet er satt til 7,5 cm/s utfra Bannister et al (2016) sin vitenskapelige artikkel der resultatet fra forsøkene var at mellom 60 og 80 % av all feces synker med en hastighet mellom 5 og 10 cm/s.

$L = (V_s) * D / (V_f)$ eksempel 100 m dybde, 7,5 cm/s synkehastighet og 6 cm/s gjennomsnittlig spredningsstrøm

$L = 6 \text{ cm/s} * 10000 \text{ cm} / 7,5 \text{ cm/s} = 80 \text{ m}$.

Med svai på 20% av 100 m = 20 m blir

AZE da $L + \text{svai} = 80 \text{ m} + 20 \text{ m} = 100 \text{ m}$

D og (V_s) hentes fra lokalitetsrapport.

Referanse:

Bannister, R. J., Johnsen, I. A., Hansen, P. K., Kutti, T., & Asplin, L. Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. – ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsw027

Appendix 3. Bunndyrstatistikk og artslister (in norwegian)

Diversitetsmål

Diversitet er et begrep som uttrykker mangfoldet i dyre- og plantesamfunnet på en lokalitet. Det finnes en rekke ulike mål for diversitet. Noen tar mest hensyn til artsrikheten (mål for artsrikheten), andre legger mer vekt på individfordelingen mellom artene (mål for jevnhet og dominans). Ulike mål uttrykker derved forskjellige sider ved dyresamfunnet. Diversitetsmål er "klassiske" i forurensningsundersøkelser fordi miljøforstyrrelser typisk påvirker samfunnets sammensetning. Svakheten ved diversitetsmålene er at de ikke alltid fanger opp endringer i samfunnsstrukturen. Dersom en art blir erstattet med like mange individer av en ny art, vil ikke det gjøre noe utslag på diversitetsindeksene.

Shannon-Wieners indeks (Shannon & Weaver, 1949) er gitt ved formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

der n_i = antall individer av art i i prøven
 N = total antall individer
 s = antall arter

Indeksen tar hensyn både til antall arter og mengdefordelingen mellom artene, men det synes som indeksen er mest følsom for individfordelingen. En lav verdi indikerer et artsfattig samfunn og/eller et samfunn som er dominert av en eller få arter. En høy verdi indikerer et artsrikt samfunn.

Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

har følgende formel, der symbolene er som i Shannon-Wieners indeks

$$J = \frac{H'}{\log_2 s}$$

Hurlberts diversitetskurver

Grafisk kan diversiteten uttrykkes i form av antall arter som funksjon av antall individer. Med utgangspunkt i total antall arter og individer i en prøve søker man å beregne hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre individer. Diversitetsmålet blir derved uavhengig av prøvestørrelsen og gjør at lokaliteter med ulik individtetthet kan sammenlignes direkte. Hurlbert (1971) har gitt en metode for å beregne slike diversitetskurver basert på sannsynlighetsberegning.

ES_n er forventet antall arter i en delprøve på n tilfeldig valgte individer fra en prøve som inneholder total N individer og s arter og har følgende formel:

$$ES_n = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N-n_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

der N = total antall individ i prøven
 N_i = antall individ av art i
 n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)
 s = total antall arter i prøven

Plott av antall arter i forhold til antall individer

Artene deles inn i grupper/klasser etter hvor mange individer som er registrert i en prøve. Det vanlige er å sette klasse I = 1 individ pr. art, klasse II = 2-3 individer, klasse III = 4-7 individer, klasse IV = 8-15 individer, osv., slik at de nedre klassegrensene danner en følge av ledd på formen 2^x , $x=0,1,2, \dots$ En slik følge kalles en geometrisk følge, derfor kalles klassene for geometriske klasser. Hvis antall arter innenfor hver klasse plottes mot klasseverdien på en lineær skala, vil det fremkomme en kurve som uttrykker individfordelingen mellom artene i samfunnet. Det har vist seg at i prøver fra upåvirkede samfunn vil det være mange arter med lavt individantall og få arter med høyt individantall, slik at vi får en entoppet, asymmetrisk kurve med lang "hale" mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

Ved moderat forurensning forsvinner en del av de individfattige artene, mens noen som blir begunstiget, øker i antall. Slik flater kurven ut, og strekker seg mot høyere klasser eller den får ekstra topper. Under slike forhold mister kurven enhver likhet med den statistiske log-normalfordelingen. Derfor kan avvik fra log-normalfordelingen tolkes som et resultat av en påvirkning/forurensning. Det har vist seg at denne metoden tidlig gir utslag ved miljøforstyrrelse. Ved sterk forurensning blir det bare noen få, men ofte svært tallrike arter tilbake. Log-

normalfordelingskurven vil da ofte gjenoppstå, men med en lavere topp og spredt over flere klasser enn for uforstyrrede samfunn.

Faunaens fordelingsmønster

Variasjoner i faunaens fordelingsmønster over området beskrives ved å sammenligne tettheten av artene på hver stasjon. Til dette brukes multivariate klassifikasjons- og ordinasjons-analyser (Cluster og MDS).

Analysene i denne undersøkelsen ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5. Inngangsdata er individantall pr. art, pr. prøve. Prøvene kan være replikater eller stasjoner. Det tas ikke hensyn til hvilke arter som opptrer. Forut for klassifikasjons- og ordinasjonsanalysene ble artslistene dobbelt kvadratrot-transformert. Dette ble gjort for å redusere avviket mellom høye og lave tetthetsverdier og dermed redusere eventuelle effekter av tallmessig dominans hos noen få arter i datasettet.

Clusteranalyse

Analysen undersøker faunalikheten mellom prøver. For å sammenligne to prøver ble Bray-Curtis ulikhetsindeks benyttet (Bray & Curtis, 1957):

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |X_{ki} - X_{kj}|}{\sum_{k=1}^n (X_{ki} + X_{kj})}$$

der n = antall arter sammenlignet
 X_{ki} = antall individ av art k i prøve nr. i
 X_{kj} = antall individ av art k i prøve nr. j

Indeksen avtar med økende likhet. Vi får verdien 1 hvis prøvene er helt ulike, dvs. ikke har noen felles arter. Identiske arts- og individtall vil gi verdien 0. Prøver blir gruppert sammen etter graden av likhet ved å bruke "group-average linkage". Forholdsvise like prøver danner en gruppe (cluster). Resultatet presenteres i et tredigram (dendrogram).

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

Ømfintligheten bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante arter, EG-IV: opportunistiske arter, EG-V: forurensningsindikerende arter. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av en forurensningspåvirkning.

NSI er en sensitivitetsindeks som ligner AMBI, men er utviklet med basis i norske faunadata og ved bruk av en objektiv statistisk metode. En prøves NSI verdi beregnes ved gjennomsnittet av sensitivitetsverdiene av alle individene i prøven.

Sammensatte indekser (NQI1 og NQI2)

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes både ut fra arts mangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI1 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

$$\text{NQI1 (Norwegian quality status, version 1)} = [0.5 * (1 - \text{AMBI}/7) + 0.5 * (\text{SN}/2.7) * (N/(N+5))]$$

Diversitetsindeksen $\text{SN} = \ln S / \ln(\ln N)$, hvor S er antall arter og N er antall individer i prøven

Referanser:

- Bray, R.T. & J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.
- Hurlbert, S.N., 1971. The non-concept of the species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.
- Pielou, E. C., 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, 370-383.
- Rygg, B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine water of Norway. *NIVA report SNO 4548-2002*. 32 p.
- Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. *Univ Illinois Press*, Urbana 117 s.

Statistikk resultater Hvannadalur, 2021:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	3587	711	689	655	830	702
no. spe.	62	29	32	36	44	36

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02	C5_01	C5_02
no. ind.	3587	563	148	267	422	314	341	391	439	480	222
no. spe.	62	24	13	26	26	29	29	34	27	31	22
Shannon-Wiener:		2,2	2,6	3,2	3,4	3,2	3,3	3,7	3,0	3,0	3,2
Pielou		0,47	0,71	0,68	0,72	0,67	0,69	0,73	0,64	0,61	0,72
ES100		10,5	11,4	17,5	17,0	16,4	17,4	19,6	15,1	16,7	16,5
SN		1,72	1,59	1,89	1,81	1,93	1,91	1,97	1,83	1,89	1,83
ISI-2012		5,75	6,12	6,96	6,91	7,48	7,45	6,41	6,18	7,54	5,79
AMBI	*)	4,4	4,6	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	3,1	2,4	2,5
NQI1		0,50	0,46	0,67	0,65	0,67	0,66	0,67	0,61	0,67	0,65
NSI		12,56	12,69	21,11	20,85	20,90	21,30	19,28	17,50	21,10	20,49
DI		0,70	0,12	0,38	0,58	0,45	0,48	0,54	0,59	0,63	0,30

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4	C5
Shannon-Wiener:	2,39	3,28	3,28	3,37	3,09
Pielou	0,59	0,70	0,68	0,68	0,66
ES100	10,97	17,24	16,90	17,33	16,61
SN	1,66	1,85	1,92	1,90	1,86
ISI-2012	5,93	6,94	7,46	6,29	6,67
AMBI	*) 4,470	2,483	2,550	2,921	2,461
NQI1	0,48	0,66	0,67	0,64	0,66
NSI	12,63	20,98	21,10	18,39	20,80
Tilstandsklasse nEQR	0,398	0,604	0,621	0,561	0,588

På stasjon C5 manglet 30,5% av populasjonen AMBI verdi

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5
1	12	5	10	18	13
2,3	6	9	12	11	7
4-7	3	8	5	2	7
8-15	2	1	2	4	2
16-31	1	3	2	2	1
32-63	2	3	1	2	2
64-127	2	1	3	3	2
128-255	0	2	1	2	2
256-511	1	0	0	0	0
512-1023	0	0	0	0	0
1024-2047	0	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0

Artliste

Hvannadalur ASC-C-

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
Stasjonsnr.: C1						
NEMERTINI						
		Nemertea indet.	3	2	5	
ANNELIDA						
	Polychaeta	Aricidea sp.		1	1	
		Capitella capitata	304	24	328	
		Chaetozone setosa	2		2	
		Eteone flava/longa	5	3	8	
		Eteone sp.	1		1	
		Galathowenia oculata	1		1	
		Lagis koreni	17		17	
		Leitoscoloplos mammosus	1	1	2	
		Malacoceros vulgaris		36	36	
		Mediomastus fragilis	2	3	5	
		Microphthalmus szcelkowi	2		2	
		Nephtys ciliata	1		1	
		Parougia eliasoni	16	31	47	
		Pholoe assimilis	3		3	
		Phyllodoce sp.	1		1	
		Praxillella praetermissa	1		1	
		Prionospio steenstrupi	9		9	
		Scalibregma inflatum	2		2	
		Syllis cornuta		2	2	
CRUSTACEA						
	Malacostraca	Leucon sp.	1		1	
		Lysianassidae indet.		1	1	
		Oedicerotidae indet.		4	4	
MOLLUSCA						
	Bivalvia	Abra alba	1		1	
		Ennucula tenuis	116	1	117	
		Macoma calcarea	1		1	
		Nuculana pernula	1		1	
		Thyasira sarsii	71	39	110	
		Yoldia hyperborea	1		1	
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea	Ophiuroidea indet. juv.		1	1	
			Maks:	304	39	328
			Antall:	24	14	30
			Sum:			712
Stasjonsnr.: C2						
ANNELIDA						
	Polychaeta	Aricidea sp.	1	2	3	
		Chaetozone setosa	1	1	2	
		Cossura longocirrata	1		1	
		Cossura sp.	2		2	
		Euchone papillosa	3	4	7	
		Euchone sp.	2	1	3	

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Galathowenia oculata	52	88	140
		Lagis koreni	9	13	22
		Mediomastus fragilis	1		1
		Melinna cristata	1		1
		Nephtys ciliata	3	2	5
		Nephtys paradoxa	1		1
		Parougia eliasoni		94	94
		Prionospio steenstrupi	13	17	30
		Scoloplos armiger		2	2
		Spio limicola	1	1	2
		Sternaspis scutata	16	33	49
		Syllis cornuta		2	2
		Syllis kas		4	4
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Byblis sp.		2	2
		Dulichidae indet.	3	5	8
		Leucon sp.	1	6	7
		Oedicerotidae indet.	2		2
		Stenothoidae indet.		1	1
MOLLUSCA					
	Bivalvia				
		Abra alba	24	16	40
		Axinopsida orbiculata	3	1	4
		Ennucula tenuis	92	76	168
		Macoma calcarea	2	5	7
		Nuculana pernula	6	11	17
		Thyasira sarsii	23	28	51
		Yoldia hyperborea	3	2	5
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Ophiocten affinis	1	5	6
		Ophiuroidea indet. juv.	1	2	3
		Maks:	92	94	168
		Antall:	27	27	33
		Sum:			692
Stasjonsnr.: C3					
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	1		1
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Aricidea sp.	1	6	7
		Chaetozone setosa		3	3
		Cossura sp.		1	1
		Eteone flava/longa		1	1
		Euchone papillosa	1	1	2
		Euchone sp.	1	2	3
		Galathowenia oculata	68	57	125
		Gattyana amondseni		2	2
		Lagis koreni	4	3	7
		Mediomastus fragilis	1		1
		Melinna cristata	1		1
		Nephtys ciliata	4	5	9
		Parougia eliasoni	1	1	2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Pholoe assimilis	1	1	2
		Praxillella gracilis	1	1	2
		Praxillella praetermissa	3		3
		Prionospio steenstrupi	31	50	81
		Scoloplos armiger	1	1	2
		Spio limicola	1	1	2
		Sternaspis scutata	28	25	53
		Syllis cornuta	1		1
		Syllis kas		2	2
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Leucon sp.	2	5	7
		Lysianassidae indet.	1		1
		Oedicerotidae indet.	1	1	2
MOLLUSCA					
	Opisthobranchia				
		Retusa obtusa		1	1
	Bivalvia				
		Abra alba	7	14	21
		Arctica islandica		1	1
		Ennucula tenuis	80	92	172
		Macoma calcarea	3	1	4
		Mya sp.	1		1
		Nuculana pernula	14	9	23
		Thyasira sarsii	47	44	91
		Yoldia hyperborea	7	7	14
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Ophiocten affinis	1	3	4
		Maks:	80	92	172
		Antall:	29	29	36
		Sum:			655
Stasjonsnr.: C4					
PLATYHELMINTHES					
		Platyhelminthes indet.	1		1
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	5	5	10
PRIAPULIDA					
		Priapulus caudatus	1		1
SIPUNCULIDA					
		Sipuncula indet.	1		1
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Aricidea sp.	1	1	2
		Capitella capitata	21	83	104
		Chaetozone setosa	3		3
		Cossura pygodactylata	1		1
		Cossura sp.	1		1
		Eteone flava/longa	5	7	12
		Euchone sp.	5		5
		Galathowenia oculata	40	35	75
		Lagis koreni	28	43	71
		Levinsenia gracilis		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Maldane sarsi		1	1
		Mediomastus fragilis		1	1
		Microphthalmus sczelkowi	2		2
		Nephtys ciliata	2		2
		Ophryotrocha sp.	1		1
		Parougia eliasoni	29	11	40
		Pholoe assimilis		1	1
		Phyllodoce groenlandica		1	1
		Phyllodoce sp.		2	2
		Prionospio steenstrupi	22	5	27
		Scalibregma inflatum		1	1
		Scoloplos armiger	1		1
		Spio limicola	1	1	2
		Sternaspis scutata	21	4	25
		Syllis cornuta	1	1	2
		Syllis kas	1		1
	Oligochaeta	Oligochaeta indet.	1		1
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Leucon sp.	4	3	7
		Oedicerotidae indet.	3		3
MOLLUSCA					
	Opisthobranchia				
		Retusa obtusa		3	3
	Bivalvia				
		Abra alba	4	4	8
		Ennucula tenuis	88	147	235
		Macoma calcarea	2		2
		Mytilus edulis	1		1
		Nuculana pernula	25	7	32
		Thyasira sarsii	63	65	128
		Thyasiridae indet.		2	2
		Yoldia hyperborea	5	3	8
ECHINODERMATA					
	Asteroidea				
		Leptasterias muelleri		1	1
	Ophiuroidea				
		Ophiocten affinis	1		1
		Ophiuroidea indet. juv.	1		1
		Maks:	88	147	235
		Antall:	35	27	45
		Sum:			831
Stasjonsnr.: C5					
PLATYHELMINTHES					
		Platyhelminthes indet.	1		1
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	4	3	7
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Aricidea sp.	3		3
		Chaetozone setosa	2	1	3
		Cossura sp.	1		1
		Eteone flava/longa	3	1	4
		Euchone papillosa	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Euchone sp.	5		5
		Galathowenia oculata	33	33	66
		Lagis koreni	14	5	19
		Levinsenia gracilis	1		1
		Mediomastus fragilis		2	2
		Microphthalmus szcelkowi	1		1
		Nephtys ciliata	2		2
		Parougia eliasoni	196	7	203
		Pholoe assimilis	1		1
		Prionospio steenstrupi	19	17	36
		Scalibregma inflatum		1	1
		Spio limicola	2		2
		Sternaspis scutata	18	19	37
		Syllis kas	2		2
		Terebellidae indet.	1		1
	Oligochaeta				
		Oligochaeta indet.		1	1
	CRUSTACEA				
	Malacostraca				
		Dulichidae indet.	1		1
		Leucon sp.	3	3	6
		Lysianassidae indet.	1		1
		Oedicerotidae indet.	2	1	3
	MOLLUSCA				
	Bivalvia				
		Abra alba	6	7	13
		Axinopsida orbiculata		1	1
		Ennucula tenuis	98	70	168
		Macoma calcarea	2	2	4
		Nuculana pernula	9	6	15
		Thyasira sarsii	40	37	77
		Thyasiridae indet.		1	1
		Yoldia hyperborea	3	2	5
	ECHINODERMATA				
	Ophiuroidea				
		Ophiocten affinis	5	2	7
		Ophiuroidea indet. juv.	6	1	7
		Maks:	196	70	203
		Antall:	32	23	37
		Sum:			709
		TOTAL:			Maks: 328
					Sum: 3599

Appendix 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser (in norwegian)



ANALYSERAPPORT

Kunde:	Arctic Sea Farm / Arctic Fish	Rapport nr.:	P2100012
Kundemerking:	Hvannadalur	Rapportdato	2021-05-21
Kontaktperson kunde:		Ankomst dato	2021-04-26

Lab-id. P2100012-01

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C1	62907 Hvannadalur		2021-04-26

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	34	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	DIN 19539:2016	±3.4
TN _b	3.7	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	NS-EN 16168:2012	±0.5
N TOC	41.6	mg/g TS	2021-05-10	2021-05-10	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	9.3		2021-05-10	2021-05-10		
TOM	14.1	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode	±0.0
Vekt% pelitt (<0,063 mm)	56.9	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±2.8
Vekt% > 0.063 mm	43.1	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±2.2
Cu (kobber) ^a	38.0	mg/kg TS	2021-04-30	2021-05-07	Intern metode	

^a Prøvingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

Lab-id. P2100012-02

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C2	62907 Hvannadalur		2021-04-26

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	37	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	DIN 19539:2016	±3.7
TN _b	3	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	NS-EN 16168:2012	±0.5
N TOC	39.2	mg/g TS	2021-05-10	2021-05-10	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	12.3		2021-05-10	2021-05-10		
TOM	13.5	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode	±0.0
Vekt% pelitt (<0,063 mm)	88.0	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±4.4
Vekt% > 0.063 mm	12.0	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.6
Cu (kobber) ^a	39.6 36.4	mg/kg TS	2021-04-30	2021-05-07	Intern metode	

^a Prøvingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

* – Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Franscenteret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 1 av 4

Kunde: Arctic Sea Farm / Arctic Fish
 Kundemerking: Hvannadalur
 Kontaktperson kunde:

Rapport nr.: P2100012
 Rapportdato: 2021-05-21
 Ankomst dato: 2021-04-26

Lab-id. P2100012-03

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C3	62907 Hvannadalur		2021-04-26

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
TOC	31	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	DIN 19539:2016	±3.1
TN _b	2.9	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	NS-EN 16168:2012	±0.4
N TOC	35.9	mg/g TS	2021-05-10	2021-05-10	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	11.0		2021-05-10	2021-05-10		
TOM	12.5	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode	±0.0
Vekt% pelitt (<0,063 mm)	74.3	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±3.7
Vekt% > 0.063 mm	25.7	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±1.3

Lab-id. P2100012-04

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C4	62907 Hvannadalur		2021-04-26

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
TOC	39	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	DIN 19539:2016	±3.9
TN _b	2.4	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	NS-EN 16168:2012	±0.4
N TOC	43.0	mg/g TS	2021-05-10	2021-05-10	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	16.3		2021-05-10	2021-05-10		
TOM	12.5	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode	±0.0
Vekt% pelitt (<0,063 mm)	77.1	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±3.9
Vekt% > 0.063 mm	22.9	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±1.1
Cu (kobber) ^a	38.4 41.7	mg/kg TS	2021-04-30	2021-05-07	Intern metode	

^a Provingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
 Fransenteret
 Postboks 6606 Langnes
 9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
 www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
 NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
 Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 2 av 4

Kunde: Arctic Sea Farm / Arctic Fish
 Kundemerking: Hvannadalur
 Kontaktperson kunde:

Rapport nr.: P2100012
 Rapportdato: 2021-05-21
 Ankomst dato: 2021-04-26

Lab-id. P2100012-05

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C5	62907 Hvannadalur		2021-04-26

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	31	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	DIN 19539:2016	±3.1
TN _b	2.7	mg/g TS	2021-04-27	2021-04-29	NS-EN 16168:2012	±0.4
N TOC	33.6	mg/g TS	2021-05-10	2021-05-10	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	11.5		2021-05-10	2021-05-10		
TOM	12.6	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode	±0.0
Vekt% pelitt (<0,063 mm)	87.6	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode	±4.4
Vekt% > 0.063 mm	12.4	% TS	2021-04-26	2021-04-29	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.6
Cu (kobber) ^a	38.0 43.6	mg/kg TS	2021-04-30	2021-05-07	Intern metode	

^a Prøvingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

Lab-id. P2100012-06

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	Cu ref2	62907 Hvannadalur		2021-04-26

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
Cu (kobber) ^a	40.6 37.4	mg/kg TS	2021-04-30	2021-05-07	Intern metode	

^a Prøvingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
 Framsenteret
 Postboks 6606 Langnes
 9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
 www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
 NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
 Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 3 av 4

ANALYSERAPPORT

Kunde: Arctic Sea Farm / Arctic Fish	Rapport nr.: P2100012
Kundemerking: Hvannadalur	Rapportdato: 2021-05-21
Kontaktperson kunde:	Ankomst dato: 2021-04-26

Lab-id. P2100012-07

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	Cu.ref3	62907 Hvannadalur		2021-04-26

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
Cu (kobber) ^a	39.4 42.1	mg/kg TS	2021-04-30	2021-05-07	Intern metode	

^a Prøvingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

Analyseansvarlig: Ingar H. Wasbotten

Signatur:



Underskriftsberettiget: Ingar H. Wasbotten

Signatur:



Analysene gjelder bare for de prøver som er testet. De oppgitte analyseresultat omfatter ikke feil som måtte følge av prøvetagningen, inhomogenitet eller andre forhold som kan ha påvirket prøven før den ble mottatt av laboratoriet. Rapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. En eventuell klage skal leveres laboratoriet senest en måned etter mottak av analyseresultat. Nærmere informasjon om analysemetodene (måleusikkerhet, metodeprinsipp etc.) fås ved henvendelse til Akvaplan-Niva AS

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Fransenteret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 4 av 4