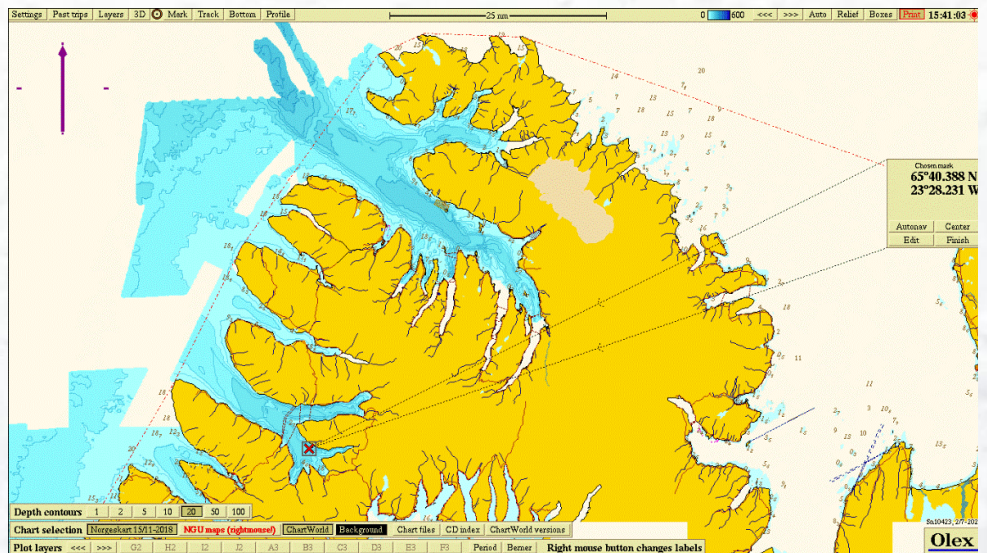


Arnarlax ASC- and C-survey Steinanes, 2021



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**

Arnarlax. ASC- and C-survey Steinanes, 2021.

Author(s) / Forfatter(e)Kamila Szybor
Snorri Gunnarsson**Akvaplan-niva report nr / rapport no**

63543.02

Date /Dato

09.02.2022

No. of pages / Antall sider

19+ Appendix

Distribution / Distribusjon

Through client

Client name/Oppdragsgivernavn

Arnarlax hf, 465 Bíldudal Ísland

Client's reference / Oppdragsg. referanse

Silja Baldvinsdóttir

Summary / Sammendrag

The results from the monitoring at the farming site Steinanes in October 2021 showed that the sediment was somewhat loaded with organic carbon and the copper concentration at C1 (61,5 mg/kg) was slightly above reported natural levels (55 mg/kg) for bottom sediment around Iceland (Egilsson *et al.* 1999). Fauna at C1 and C5 might be disturbed (nEQR below 0,55) while more or less undisturbed at the other stations (nEQR above 0,55). The diversity index H' was below ≤ 3 at all stations and varied from 2,52 to 2,94. 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 and C5, but was not present among the top-10 at the other stations. The redox measurements (pH/Eh) gave point 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 for all the stations. The oxygen saturation in October was good in the whole water column with 70 % in the bottom water.

Project manager / Prosjektleder

A blue ink signature of Snorri Gunnarsson.

Snorri Gunnarsson

Quality control / Kvalitetskontroll

A blue ink signature of Roger Velvin.

Roger Velvin

© 2022 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 STEINANES	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 STEINANES	12
5.1 Introduction	12
5.2 Professional program and placement of sampling stations	12
5.3 Results	13
5.3.1 Hydrography	13
5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, grain size and pH/Eh.....	14
5.3.3 Copper in sediment.....	14
5.3.4 Total phosphorus	15
5.3.5 Soft bottom fauna	15
5.4 Summary and conclusions – C-survey	18
5.4.1 Summary.....	18
5.4.2 Conclusion.....	19
5.4.3 Environmental trend since the last C- survey	19
6 REFERENCES	20
7 APPENDIX (IN NORWEGIAN).....	21
Appendix 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer (in norwegian)	21
Appendix 2. Prosedyre for beregning av AZE (in norwegian).....	24
Appendix 3. Bunndyrstatistikk og artslister (in norwegian).....	25
Appendix 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser (in norwegian).....	34

Foreword

Akvaplan-niva carried out type ASC and C environmental surveys at the farming site Steinanes. The survey was carried out during the maximum biomass period. The survey included pH/redox measurements (Eh), hydrography, and geochemical and bottom fauna analyses 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 Arnarlax.


The following personnel contributed to this work:

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

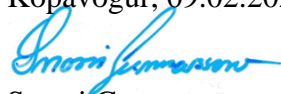
Akvaplan-niva would like to thank Silja Baldvinsdóttir, Arnarlax, for good cooperation.

Accreditation information:

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

	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. Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.
Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163)	ALS Laboratory Group er akkreditert av Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163) for analyser av kobber.

Kópavogur, 09.02.2022



Snorri Gunnarsson

Project leader

1 Summary

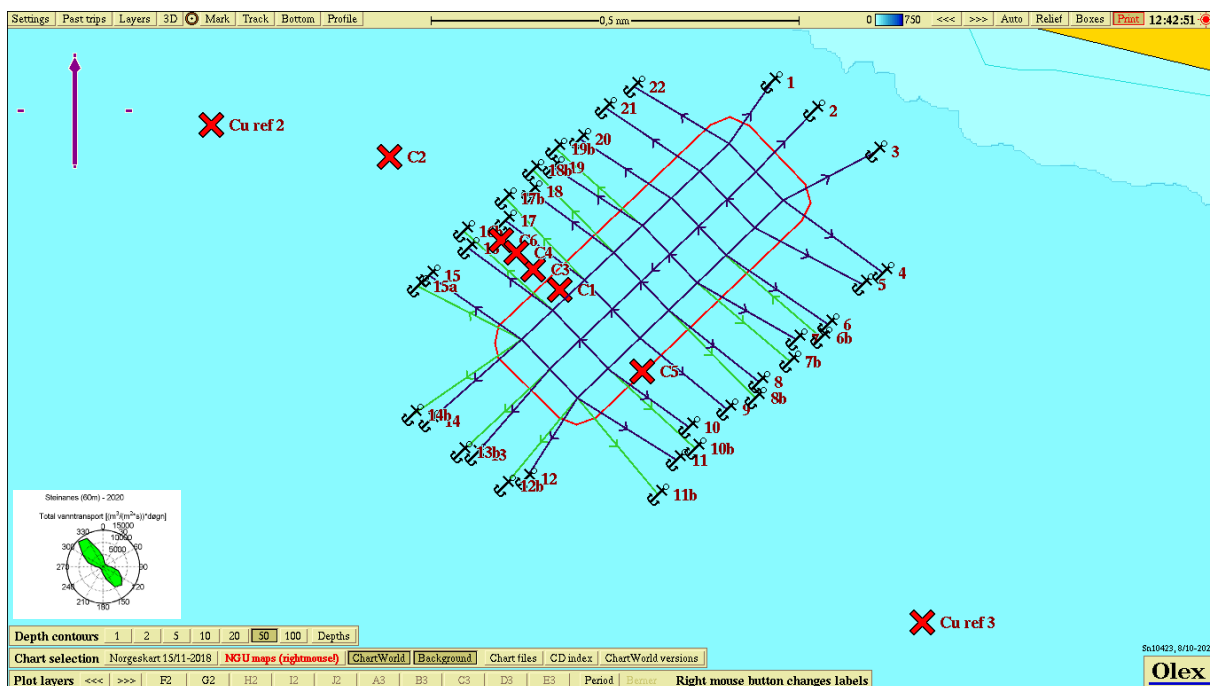
1.1 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC demand	Results								Remarks
		C1 (inside AZE)	C2/Cu ref 1	C3	C4	C5	C6	Cu ref2	Cu ref3	
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/l	161	321	198	237	241	278	-	-	
2.1.2	"Faunal index score" outside AZE indicates good to very good ecological status Shannon-Wiener > 3 Infaunal Trophic Index ITI ≥ 25	2,89	2,52	2,94	2,78	2,63	2,76			
2.1.3	≥ 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	8	-	-	-	4	-	-	-	
4.7.4	Copper level < 34 mg/kg dry sediment	65,1	49,3/ 50,2	45,9/ 47,0	54,6/ 53,9	-	48,5/ 43,9	44,8/ 47,4	45,6/ 47,0	
2.1.4	Location specific AZE	See chapter 3.2.								

Conclusions:

The copper levels in the sediments were between 43,9 and 65,1 mg/kg and all stations except C1 were within natural levels for bottom sediments reported around Iceland (Egilsson *et al.*, 1999). The redox potential (Eh) was positive in all sediments. The amount of emamectinbenzoat at C3 was 530 ng/kg DW. The faunal diversity index H' was slightly below 3 at all the stations. The ITI value was below 25 at C1 and above 25 at the other stations. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations C1 and C5), in accordance to the ASC standard, showed that there were eight taxa which were not an indicator species for pollution present with 100 or more individuals/m² at C1 and four such taxa at C5.


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



1.2 Summary of C-results

Information client			
Title :	C-survey Steinanes, 2021.		
Report nr.	63543.02	Site:	Steinanes
Site nr.		Map coordinates (construction):	65°40.388 N 023°28.231 V
		Municipal:	Vesturbyggð
MTB-permission:	Site MTB	Operations manager:	Silja Baldvinsdóttir
Client:	Arnarlax		

Biomass/production status at time of survey 25.03.2021			
Fish group:	A. Salmon	Biomass on examination:	6.744
Feed input:	8.425	Produced amount of fish:	6.766
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)	0,489	Fauna C1 (closest to farm)	2,89
Fauna C2	0,582	Fauna C2	2,52
Fauna C3	0,565	Fauna C3	2,94
Fauna C4 (deep area)	0,561	Fauna C4 (deep area)	2,78
Fauna C5	0,506	Fauna C5	2,63
Fauna C6	0,593	Fauna C6	2,76
Date fieldwork:	12.10.2021	Date of report:	09.02.2022
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)		nTOC from 31,1 to 38 mg/kg Copper 65,1 mg/kg at C1 Tot-P from 860 (C6) to 1390 mg/kg (C4/C5) 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, ASC- and C-surveys for the site Steinanes in Arnarfjörður, Iceland (Figure 1) on behalf of Arnarlax. The study was carried out as Arnarlax's intend to have the Steinanes site certified according to the Aquaculture Stewardship Council (ASC) standard. The survey was simultaneously carried out with an environmental study, in accordance with chapter 5.0 in the 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 the details in Appendix 1 and Miljødirektoratets Veileder 02:2018.

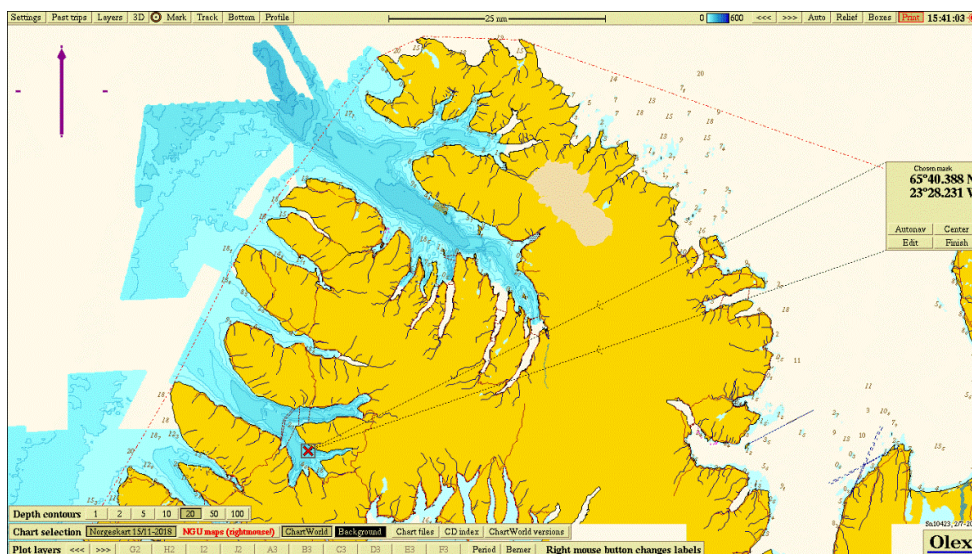


Figure 1. Overview of Vestfirðir Iceland with the farming site Steinanes (red cross). The map coordinates for the midpoint of the farming site is given at right site of the picture.

2.2 Site operation and feed use

The Steinanes site is located in Arnarfjörður Iceland about 5.5 km north-east from Bíldudalur. The cages are lined in a southwest direction from land (227 degrees). The depth under cages ranges from about 62 m closer to land up to about 92 m further into the fjord. The shallower area of the farm is at the northernmost part.

The current generation of farmed Atlantic salmon is the second generations at the site. The fish farm at Steinanes has a single frame 2x7 mooring system with a possibility total of 14 cages, each with 160 m circumference. The current generation was put into sea summer/fall 2020. The first generation at Steinanes was salmon farmed from June 2017 to late fall 2019.

Standing biomass on the date of sampling was 6.744 tonnes. The production and feed use for present and previous generations at Steinanes is shown in Table 1.

Table 1. Production at Steinanes.

Time fish in sea	Production of salmon (tonnes, round weight).	Feed use (tonnes)
Generation 2017-2019 salmon	8.964	13.704
Summer/fall 2020 - present	6.766	8.425

2.3 Previous surveys

Akvaplan-niva AS has carried out three previous C-surveys for the present fish farming site at Steinanes. A pre-survey in June 2017 (Mannvik and Eriksen, 2018), survey at max biomass in September 2018 (Gunnarsson and Velvin, 2019) and a survey at fallow period in June 2020 (Gunnarsson and Velvin, 2020).

3 Materials and methods

3.1 Professional program

Choice of study parameters, placement of sampling stations and other criteria for the study were 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 Steinanes, 2021. TOC = total organic carbon. Korn = grain size in sediment. TOM = total organic material. TN = total nitrogen. TP = total phosphorus. Cu = Copper. pH/Eh = acidity and redox potential. C1, C2, C3, C4, C5 and C6 are also part of the C-survey.

Station	Type analyses/parameters
C1 (local impact zone, inside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. TP. Cu. pH/Eh.
C2/Cu ref 1 (transition zone outer, outside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. TP. 2 x Cu. pH/Eh.
C3 (transition zone, outside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. TP. 2 x Cu. pH/Eh. Emamectinbenzoat
C4 (transition zone, deep area outside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. TP. 2 x Cu. Hydrography/O ₂ . pH/Eh.
C5 (transition zone, inside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. TP. 2 x Cu. pH/Eh.
C6 (transition zone, outside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. TP. pH/Eh.
Cu ref 2 (reference station ASC)	2 x Cu. pH/Eh.
Cu ref 3 (reference station ASC)	2 x Cu. pH/Eh.

Fieldwork was completed on 12 October 2021.

3.2 Placement of ASC-stations and AZE

The ASC-standard defines a site specific AZE zone as 30 m from the fish farm (site-specific AZE, see pkt. 2.1.4. in «audit manual»). Based on current measurements at the site, an AZE zone of 68 m from the frame of the fishfarm 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 six stations were collected. The placement of the stations was based on the results from oceanic current measurements (distribution current) taken at 60 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 Steinanes, 2021. Stations C1-6 are also part of the C-survey.

Station	Depth, m	Distance from frame, m	Position	
			N	W
C1	85	25	65°40,379	23°28,496
C2/Cu ref 1	86	500	65°40,560	23°29,059
C3	86	110	65°40,407	23°28,586
C4	86	170	65°40,430	23°28,642
C5	91	65	65°40,269	23°28,226
C6	86	220	65°40,446	23°28,691
Cu ref 2	89	1000	65°40,603	23°29,648
Cu ref 3	72	1000	65°40,927	23°27,301

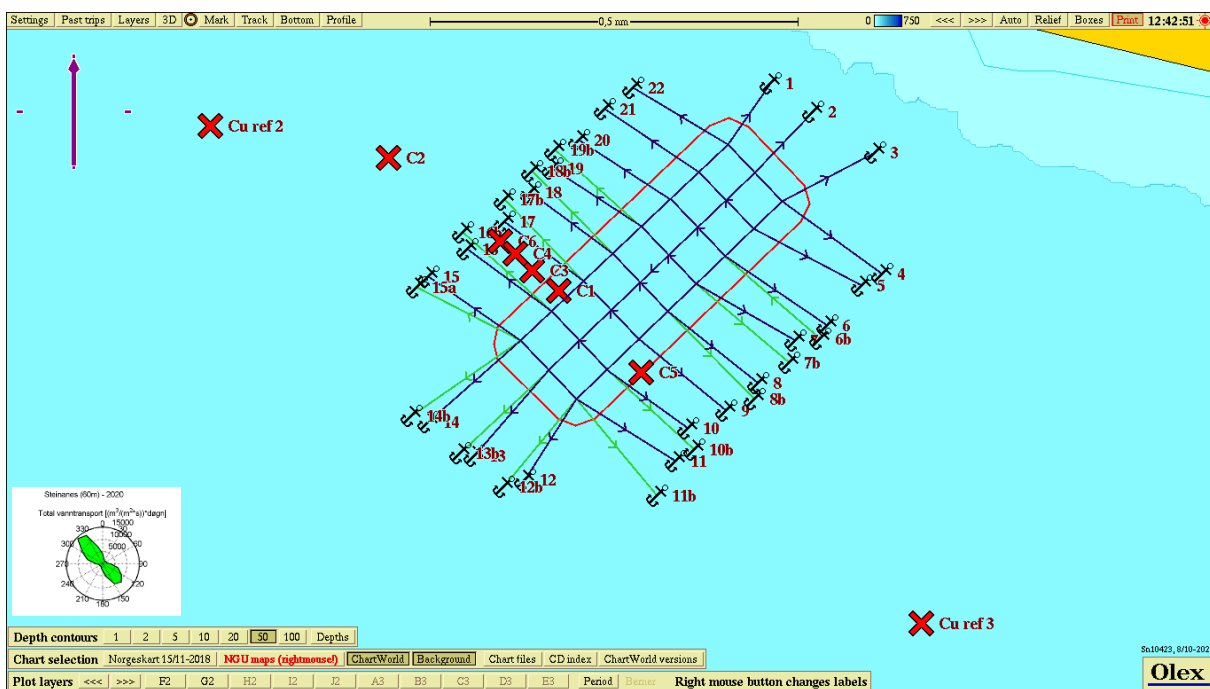


Figure 2. Sampling stations, ASC Steinanes, 2021. The site specific AZE is indicated with a red line (inner) with a distance of 68 m from the frame of the fish farm. The distribution current at the site is measured at 60 m depth (Hermansen, 2020).

4 ASC-survey Steinanes

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 Steinanes, 2021.

St.	Description of bottom sediment	Eh
C1	Olive green/grey, muddy.	161
C2/ Cu ref 1	Olive green/grey, muddy.	321
C3	Olive green/grey, muddy with some pebbels and broken shells.	198
C4	Olive green/grey, muddy with some pebbels and broken shells.	237
C5	Olive green/grey, muddy.	241
C6	Olive green/grey, muddy.	278
Cu ref 2		-
Cu ref 3		-

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 43,9 to 65,1 mg/kg.

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

St.	Cu repl. 1	Cu repl. 2
C1	65,1	-
C2/Cu ref 1	49,3	50,2
C3	45,9	47,0
C4	54,6	53,9
C5	-	-
C6	48,5	43,9
Cu ref 2	44,8	47,4
Cu ref 3	45,6	47,0

4.1.3 Lice treatment substances

At station C3, analyses of the amount of emamectinbenzoat in the sediment were carried out. The result is shown in Table 6. The amount was 530 ng/kg DW.

Table 6. Emamectinbenzoat (ng/kg DW) in sediment at C3, Steinanes 2021.

St.	Emamectinbenzoat
C3	530

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 357 (C2) to 2068 (C1) and number of species varied from 26 (C2) to 37 (C3). The diversity index H' was below 3 at all stations. The ITI value was below 25 at C1 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 Steinanes, 2021.

St.	No. of individuals	No. of taxa	H'	ITI
C1	2068	31	2,89	4,00
C2	357	26	2,52	62,27
C3	1120	37	2,94	56,55
C4	1520	34	2,78	57,51
C5	821	27	2,63	30,38
C6	453	32	2,76	61,51

4.1.4.2 ASC evaluation of the bottom fauna communities at stations C1 and C5

Below is a review outlining 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 categorised into ecological groups based on the values of the sensitivity indexes according to Rygg and Norling (2013). The pollution indicator species are categorised into ecological group V. Results are presented in Table 8.

At C1 a total of nine species had more than 100 individuals/m² and one of these was a pollution indicator species. At C5 five species had more than 100 individuals/m² and one of these was a pollution indicator species.

Table 8. The dominant taxa with number of individuals per m² at C1 and C5, Steinanes, 2021.

Station	Taxa	Number per 0,2 m ²	Number per m ²	NSI Ecological group *
C1	Capitella capitata	638	3190	V
	Mediomastus fragilis	306	1530	IV
	Ophryotrocha lobifera	279	1395	IV
	Chaetozone sp.	254	1270	III
	Thyasira sarsii	240	1200	IV
	Parougia nigridentata	102	510	Ik
	Eteone flava/longa	62	310	Ik
	Prionospio steenstrupi	47	235	II
	Thyasiridae indet.	46	230	Ik
	C5	Capitella capitata	232	1160
Prionospio steenstrupi		209	1045	II
Chaetozone sp.		178	890	III
Thyasira sarsii		92	460	IV
Eteone flava/longa		21	105	Ik

*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 unknown.

5 C-survey Steinanes

5.1 Introduction

A C-survey is aimed at studying the environmental conditions of the bottom sediment in a transect that extends from the fishfarm 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 have not been developed by the 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.

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. This is 7.409 tonnes (used as MTB here). According to the standard, six stations were sampled. 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 (NW) measured at 60 m (Hermansen, 2020). This is assigned as the main current for the spread of particles from under the fish farm.

Table 9. The planned professional program for the C-survey at Steinanes, 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.
C6	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.

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

Station	Depth, m	Distance from frame, m	Position	
			N	W
C1	85	25	65°40,379	23°28,496
C2	86	500	65°40,560	23°29,059
C3	86	110	65°40,407	23°28,586
C4	86	170	65°40,430	23°28,642
C5	91	65	65°40,269	23°28,226
C6	86	220	65°40,446	23°28,691

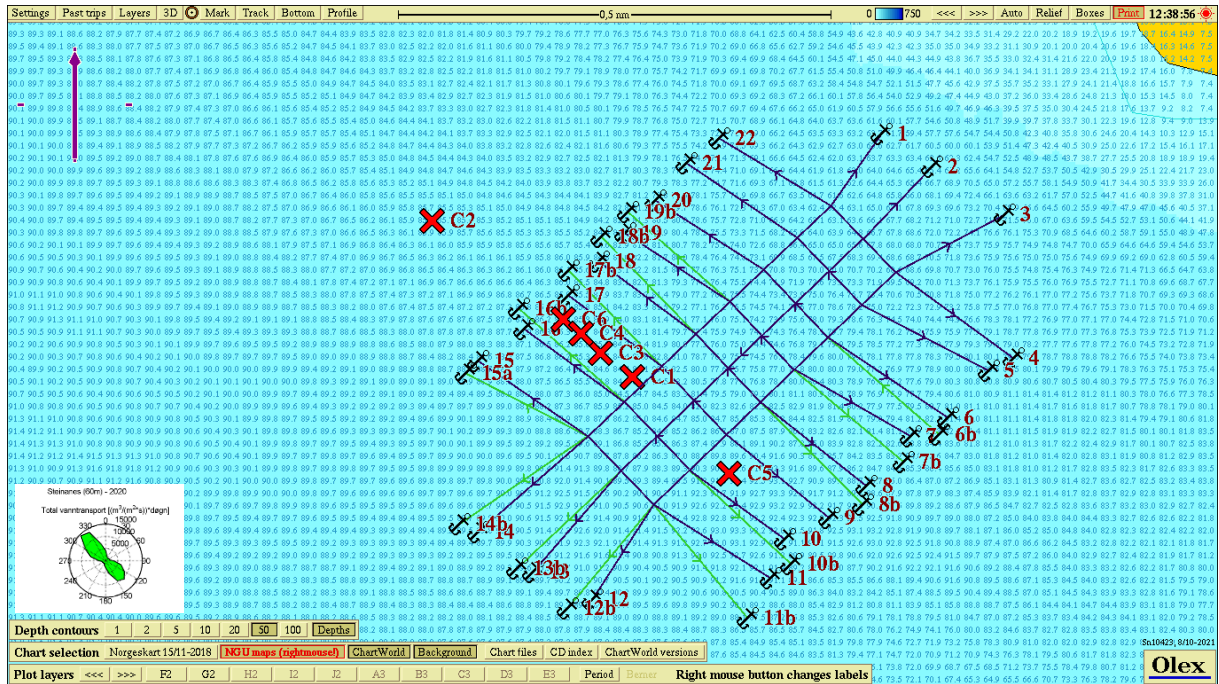


Figure 3. Map showing the sampling stations for the C-survey at Steinanes, 2021. The current for the spread of particles is measured at 60 m depth (Hermansen, 2020).

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 Sensorcat CTDO 204 probe.

The hydrographical profile for the deep station C4 in October 2021 is presented in Figure 4.

The temperature was between 6,7 and 6,5 °C from the surface to the bottom and the oxygen conditions good with 70 % saturation in the bottom water.

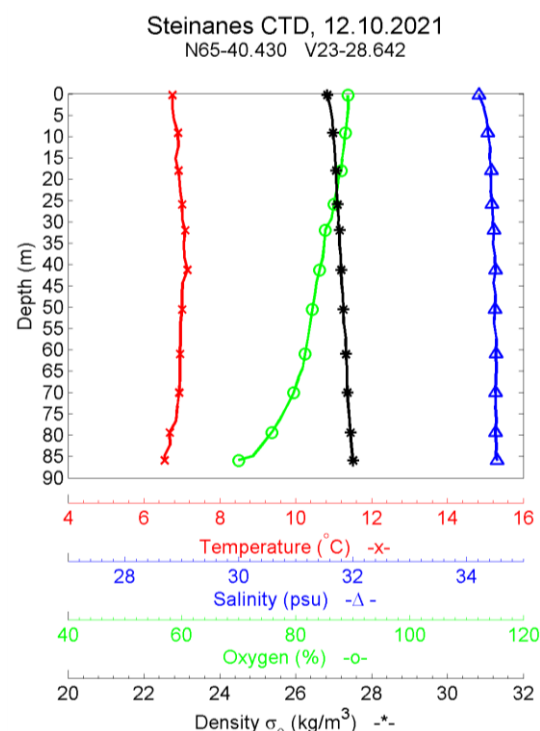


Figure 4. Vertical profiles. Temperature, salinity, density and oxygen at C4 at Steinanes, 2021.

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

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

TOM-levels varied from 6,1 to 16,5 %. TN-levels were low (3,0 – 4,7 mg/g) as were the C/N-ratios. TOC was somewhat high at all stations and nTOC varied between 31,1 and 38,0 mg/g. The bottom sediments were moderately coarse to fine-grained with a pelite ratios between 34 and 90,8 %.

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. Steinanes, 2021.

St.	Sediment description	TOM	TOC	nTOC	TN	C/N	Pelite	pH/Eh
C1	Olive green/grey, muddy.	6,1	26,2	38,0	3,0	8,7	34,0	7,63/ 161
C2	Olive green/grey, muddy.	13,6	29,7	31,4	3,7	8,0	90,8	7,86/ 321
C3	Olive green/grey, muddy with some pebbels and broken shells.	12,5	25,6	34,0	3,7	7,0	53,3	7,57/ 198
C4	Olive green/grey, muddy with some pebbels and broken shells.	15,4	30,1	34,2	3,4	8,8	77,1	7,61/ 237
C5	Olive green/grey, muddy.	13,0	26,8	31,8	4,7	5,8	72,2	7,91/ 241
C6	Olive green/grey, muddy.	16,5	28,8	31,1	2,9	10,0	86,8	7,83/ 278

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 65,1 mg/kg.

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

St.	Cu
C1	65,1

5.3.4 Total phosphorus

The amount of total phosphorus is presented in Table 13. The amount varied between 860 (C6) and 1390 mg/kg (C4 and C5).

Table 13. Sediment analyses. Total phosphorus in mg/kg DW. Steinanes, 2021.

St.	Tot-P
C1	1350
C2	947
C3	1260
C4	1390
C5	1390
C6	860

5.3.5 Soft bottom fauna

5.3.5.1 Fauna indexes and ecological classification

Results from the quantitative soft bottom fauna analyses at the C-stations are presented in Table 14. 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 between 357 (C2) and 2068 (C1) and number of species between 26 (C2) and 37 (C3). The diversity index H' varied between 2,52 (C2) and 2,94 (C3). The overall index of nEQR varied between 0.489 and 0.593.

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 equal to or above 0.58 at the other stations.

Table 14. Number of species and individuals pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversity index. ES_{100} = Hurlberts diversity index. NQ_{II} = overall index (diversity and sensitivity). ISI_{2012} = sensitivity index. NSI = sensitivity index. J = Pielous evenness index. $AMBI$ = AZTI marine biotic index (part of NQ_{II}). $nEQR$ = normalized EQR). C-stations at Steinanes, 2021.

St.	No. ind.	No. species	H'	ES_{100}	NQ_{II}	ISI_{2012}	NSI	nEQR	AMBI	J
C1	2068	31	2,89	12,95	0,51	7,53	13,78	0,489	4,149	0,63
C2	357	26	2,52	15,11	0,56	8,57	21,41	0,582	3,827	0,58
C3	1120	37	2,94	14,10	0,56	7,82	19,77	0,565	3,871	0,60
C4	1520	34	2,78	13,83	0,54	7,97	20,47	0,561	3,832	0,60
C5	821	27	2,63	13,00	0,51	7,56	17,10	0,506	4,282	0,60
C6	453	32	2,76	16,46	0,57	8,30	20,96	0,593	3,774	0,61

5.3.5.2 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. Here the most dominant species constitute 31 %

of the the individuals (Table 15). The data for the number of species and the dominating taxa at station C1 is collected from Table 14 and Table 16.

Table 15. Classification of the environmental status of the soft bottom fauna at station C1 at the Steinanes site 2021.

Station	Site name	Num. species	Dominating taxa	Environmental condition-NS 9410
C1	Steinanes	31	<i>Capitella capitata</i> – 31 %	1- Very good

5.3.5.3 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 relatively low (≤ 15 species) and stretched out in varying degrees towards higher classes. These did not give any clear indications of fauna condition.

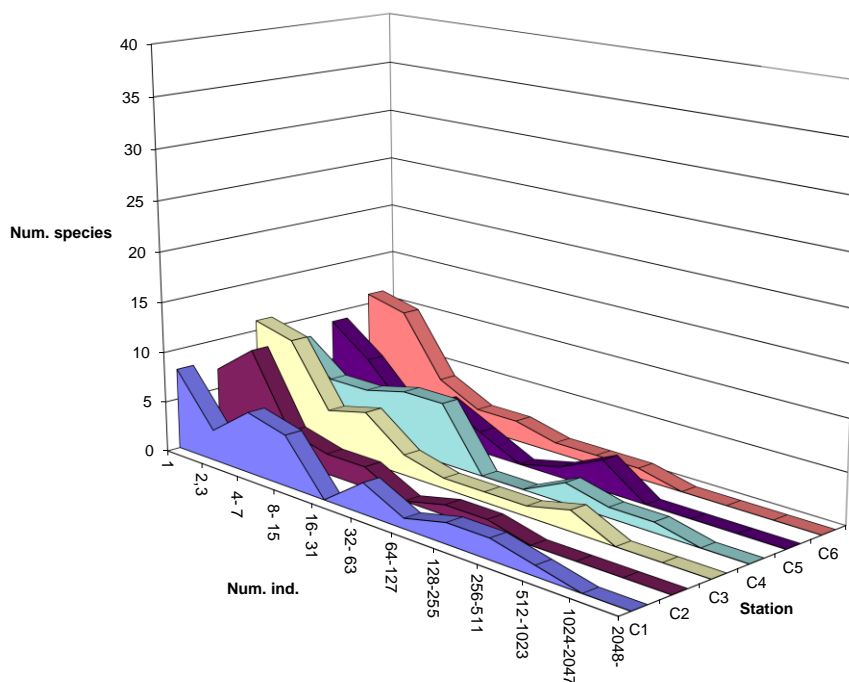


Figure 5. The soft bottom fauna shown as number of species against number of individual's per species in geometric classes. Steinanes, 2021.

5.3.5.4 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 stations were split into two main groups with C2 and C6 in one and rest of the stations in the other. The fauna at C2 and C6 had 75 % similarity while the other stations had 69 % similarity. The two station groups had 62 % similarity of the faunal composition.

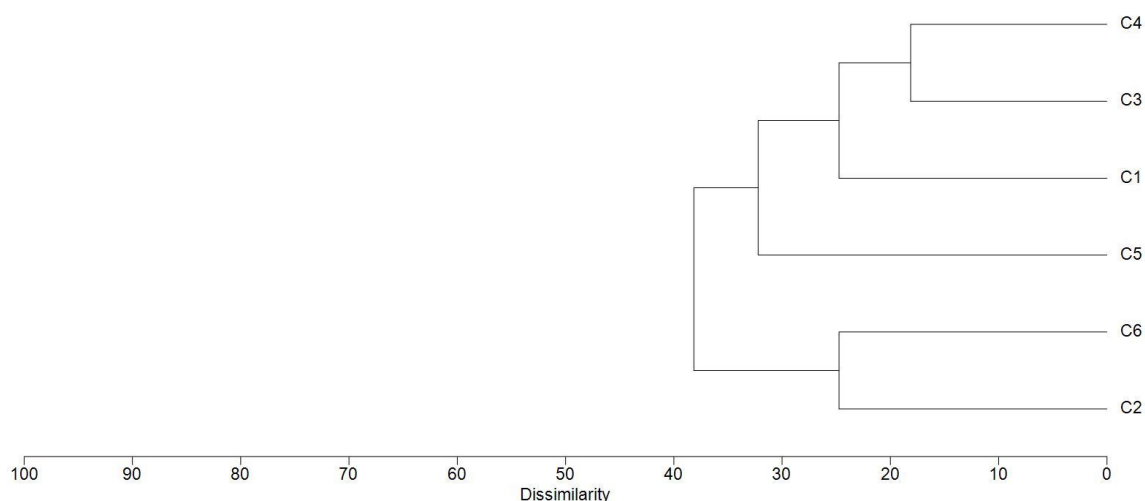


Figure 6. Clusterplott for the soft bottom fauna at the C- sampling stations at Steinanes, 2021.

5.3.5.5 Species composition

The main features of the species composition from each station are shown as a top ten species list in Table 16.

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 and C5 were dominated by the pollution indicator species *Capitella capitata* (polychaeta) with 31 and 28 % of the individuals. The other most dominant species at these stations were a mixture of opportunistic, tolerant and neutral species.

At the other stations, the neutral polychaete *Prionospio steenstrupi* was the most dominant, comprising between 32 and 47 % 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 and C5, but not at the other stations.

Table 16. Number of individuals, cumulative percentage and ecological group* for the ten most dominant species on the C stations. Steinanes, 2021.

C1	Numb.	Cum.	EG	C2	Numb.	Cum.	EG
Capitella capitata	638	31 %	V	Prionospio steenstrupi	170	47 %	II
Mediomastus fragilis	306	46 %	IV	Chaetozone sp.	86	71 %	III
Ophryotrocha lobifera	279	59 %	IV	Ampharete borealis	20	76 %	III
Chaetozone sp.	254	71 %	III	Thyasira sarsii	18	81 %	IV
Thyasira sarsii	240	83 %	IV	Macoma calcarea	12	85 %	IV
Parougia nigridentata	102	88 %		Eteone flava/longa	8	87 %	
Eteone flava/longa	62	91 %		Melinna cristata	5	88 %	II
Prionospio steenstrupi	47	93 %	II	Ophelina acuminata	5	90 %	II
Thyasiridae indet.	46	95 %		Mediomastus fragilis	4	91 %	IV
Pholoe inornata	16	96 %	III	Asteroida indet. juv.	3	92 %	III
				Metopa sp.	3	93 %	
				Yoldia hyperborea	3	93 %	
C3	Numb.	Cum.	EG	C4	Numb.	Cum.	EG
Prionospio steenstrupi	358	32 %	II	Prionospio steenstrupi	600	39 %	II
Chaetozone sp.	265	56 %	III	Chaetozone sp.	349	62 %	III
Eteone flava/longa	164	70 %		Eteone flava/longa	180	74 %	
Thyasira sarsii	103	79 %	IV	Thyasira sarsii	158	85 %	IV
Ophryotrocha lobifera	61	85 %	IV	Pholoe inornata	32	87 %	III
Mediomastus fragilis	30	88 %	IV	Ophelina acuminata	31	89 %	II
Parougia nigridentata	23	90 %		Mediomastus fragilis	23	90 %	IV
Pholoe inornata	22	92 %	III	Parougia nigridentata	19	92 %	
Thyasiridae indet.	14	93 %		Thyasiridae indet.	19	93 %	
Galathowenia oculata	12	94 %	III	Galathowenia oculata	17	94 %	III
C5	Numb.	Cum.	EG	C6	Numb.	Cum.	EG
Capitella capitata	232	28 %	V	Prionospio steenstrupi	209	46 %	II
Prionospio steenstrupi	209	54 %	II	Chaetozone sp.	89	65 %	III
Chaetozone sp.	178	75 %	III	Thyasira sarsii	40	74 %	IV
Thyasira sarsii	92	86 %	IV	Eteone flava/longa	22	79 %	
Eteone flava/longa	21	89 %		Ampharete borealis	17	83 %	III
Mediomastus fragilis	16	91 %	IV	Macoma calcarea	9	85 %	IV
Macoma calcarea	12	92 %	IV	Mediomastus fragilis	9	87 %	IV
Galathowenia oculata	11	94 %	III	Galathowenia oculata	7	88 %	III
Ophelina acuminata	10	95 %	II	Augeneria sp.	6	90 %	
Ampharete borealis	8	96 %	III	Pholoe inornata	6	91 %	III

*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 Steinanes in October 2021, can be summarised as follows:

- The hydrography measurements showed good oxygen conditions with 70 % oxygen saturation throughout the water column.
- The number of individuals varied between 357 (C2) and 2068 (C1) and number of species between 26 (C2) and 37 (C3). The diversity index H' varied between 2,52 (C2) and 2,94 (C3). The overall index of nEQR varied between 0.489 and 0.593. The

pollution indicator species *Capitella capitata* was the most dominant species at C1 and C5, but was not among the top-10 at the other stations.

- TOC was somewhat high at all stations and nTOC varied between 31,1 and 38,0 mg/g.. TN-levels were low (3,0 – 4,7 mg/g) as were the C/N-ratios. The copper level in the sediment at C1 was 61,5 mg/kg what is slightly above reported natural levels for Icelandic coastal areas (55 mg/kg; Egilsson *et al.* 1999). The bottom sediments were moderately coarse to fine-grained with a pelite ratios between 34 and 90,8 %. The redox measurements (pH/Eh) gave point 0 for all the sampling stations according to Appendix D in NS 9410:2016.

5.4.2 Conclusion

The results from the monitoring at the farming site Steinanes in October 2021 showed that the sediment was somewhat loaded with organic carbon and the copper concentration at C1 (61,5 mg/kg) was slightly above reported natural levels (55 mg/kg) for bottom sediment around Iceland (Egilsson *et al.* 1999). Fauna at C1 and C5 might be disturbed (nEQR below 0,55) while more or less undisturbed at the other stations (nEQR above 0,55). The diversity index H' was below ≤ 3 at all stations and varied from 2,52 to 2,94. 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 and C5, but was not present among the top-10 at the other stations. The redox measurements (pH/Eh) gave point 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 for all the stations. The oxygen saturation in October was good in the whole water column with 70 % in the bottom water.

5.4.3 Environmental trend since the last C- survey

A C-survey was carried out at the location during max biomass period in 2018 (Mannvik & Gunnarsson, 2019). The conclusion from that study showed that the sediment was somewhat loaded with organic carbon and the level of copper at C1 was elevated according to Norwegian standards but still within the natural reported levels for Icelandic coastal areas. Present results indicate similar conditions with minor organic carbon load and elevated copper level at C1 that now is slightly above the reported natural levels. The diversity index H' was below ≤ 3 at all stations and varied from 1,9 to 2,9 in 2018. In 2021 the diversity index H' was still below ≤ 3 at all stations and varied from 2,52 to 2,94. The NS 9410:2016-assessment of the community in the local impact zone (C1) showed environmental condition 1 (Very good) in both studies. The pollution indicator species *Capitella capitata*, which is the most dominant at C1 and C5 in 2021, was not registered among the top-10 species at any of the stations in 2018.

6 References

- 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.
- 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.
- Eriksen S.D, Gunnarsson S., 2016. Lokalitetsrapport Steinnanes APN rapport nr 8453.02
- Gunnarsson, S and Velvin, R., 2019. Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Steinanes 2018.
- Gunnarsson, S and Velvin, R., 2020. Arnarlax. C- survey (fallow period) Steinanes, 2020.
- Hermansen, S, 2020. Steinanes current measurements 5, 15 and 60 m. APN-rapport 62191.04.
- ISO 12878:2012 Environmental monitoring of the impacts from marine finfish farms on soft bottom
- 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. & S. Eriksen, 2018. Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Steinanes, 2017. APN-rapport 8951.02.
- 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 tørrvektbasis.

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 (ES₁₀₀) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI₂₀₁₂), 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).

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, partiklens 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". Forholdsvis 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 artsmangfold 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 Steinanes, 2021:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5	C6
no. ind.	6339	2068	357	1120	1520	821	453
no. spe.	55	31	26	37	34	27	32

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	C6_01	C6_02
no. ind.	6339	523	1545	171	186	509	611	1009	511	565	256	263	190
no. spe.	55	25	23	17	24	29	29	27	23	18	24	27	20
Shannon-Wiener:		3,11	2,68	2,33	2,70	3,00	2,87	2,57	3,00	2,40	2,85	2,75	2,77
Pielou		0,67	0,59	0,57	0,59	0,62	0,59	0,54	0,66	0,58	0,62	0,58	0,64
ES100		15,25	10,66	13,41	16,80	14,37	13,82	12,64	15,03	10,12	15,88	17,63	15,30
SN		1,76	1,57	1,73	1,92	1,84	1,81	1,70	1,71	1,57	1,86	1,92	1,81
ISI-2012		7,61	7,44	8,82	8,33	7,22	8,42	8,27	7,67	7,57	7,54	7,99	8,61
AMBI		3,641	4,656	3,900	3,754	3,940	3,801	4,015	3,648	4,766	3,798	3,865	3,683
NQI1		0,56	0,46	0,53	0,58	0,56	0,56	0,53	0,55	0,45	0,57	0,57	0,56
NSI		16,33	11,24	21,56	21,26	19,87	19,68	20,87	20,06	14,61	19,59	21,47	20,45
DI		0,67	1,14	0,18	0,22	0,66	0,74	0,95	0,66	0,70	0,36	0,37	0,23

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Shannon-Wiener:	2,89	2,52	2,94	2,78	2,63	2,76
Pielou	0,63	0,58	0,60	0,60	0,60	0,61
ES100	12,95	15,11	14,10	13,83	13,00	16,46
SN	1,66	1,83	1,83	1,71	1,71	1,86
ISI-2012	7,53	8,57	7,82	7,97	7,56	8,30
AMBI	4,149	3,827	3,871	3,832	4,282	3,774
NQI1	0,51	0,56	0,56	0,54	0,51	0,57
NSI	13,78	21,41	19,77	20,47	17,10	20,96
Tilstandsklasse nEQR *)	0,489	0,582	0,565	0,561	0,506	0,593

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	8	7	11	8	9	11
2,3	3	10	10	5	6	10
4-7	6	3	4	5	2	4
8-15	5	2	5	6	4	2
16-31	0	2	2	6	2	2
32-63	3	0	1	0	0	1
64-127	1	1	1	0	1	1
128-255	2	1	1	2	3	1
256-511	2	0	2	1	0	0
512-1023	1	0	0	1	0	0
1024-2047	0	0	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0	0

Artsliste pr stasjon

Steinanes ASC-C-survey 2021

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
Stasjonsnr.: C1								
NEMERTINI								
			Nemertea indet.			5	-	5
ANNELIDA	Polychaeta							
		Spionida	Chaetozone sp.		116	138	-	254
			Prionospio steenstrupi		30	17	-	47
			Spio limicola		2	2	-	4
		Capitellida	Capitella capitata		13	625	-	638
			Mediomastus fragilis		20	286	-	306
		Opheliida	Ophelina acuminata		1		-	1
			Scalibregma inflatum			1	-	1
		Phyllodocida	Eteone flava/longa		42	20	-	62
			Nephtys ciliata		1	2	-	3
			Pholoe inornata		5	3	-	8
			Polynoidae indet.		2	1	-	3
			Syllis sp.			1	-	1
		Eunicida	Mammiphitime cosmetandra			1	-	1
			Ophryotrocha lobifera		110	169	-	279
			Parougia nigridentata		2	100	-	102
		Oweniida	Galathowenia oculata		4		-	4
		Terebellida	Cistenides hyperborea		7	2	-	9
			Melinna cristata		1		-	1
CRUSTACEA	Malacostraca							
		Amphipoda	Caprellidae indet.			3	-	3
			Lysianassidae indet.		1		-	1
MOLLUSCA	Prosobranchia							
		Neogastropoda	Curtitoma trevelliana			1	-	1
		Opisthobranchia	Philine denticulata		6		-	6
		Cephalaspidea						
	Bivalvia							
		Nuculoida	Ennucula tenuis		6	6	-	12
			Nuculana pernula		4		-	4
			Yoldia hyperborea		8		-	8
		Mytiloida	Mytilus edulis		2	5	-	7
		Veneroida	Abra nitida		1		-	1
			Macoma calcarea		4	6	-	10
			Thyasira sarsii		131	109	-	240
			Thyasiridae indet.		4	42	-	46
ECHINODERMATA	Asteroidea							
			Asteroidea indet. juv.			1	-	1
	Ophiuroidea							
			Ophiuroidea indet. juv.			1	-	1

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
				Maksverdi:	131	625		638
				Antall arter/taxa:	25	25		33
				Sum antall individ:				207

Stasjonsnr.: C2

NEMERTINI

			Nemertea indet.			1	-	1
ANNELIDA								
	Polychaeta							
		Spionida	Chaetozone sp.	38	48		-	86
			Prionospio steenstrupi	89	81		-	170
		Capitellida	Mediomastus fragilis	3	1		-	4
			Praxillella gracilis	1	1		-	2
		Opheliida	Ophelina acuminata	1	4		-	5
			Scalibregma inflatum	1			-	1
		Phyllodocida	Bylgides groenlandicus	1	1		-	2
			Eteone flava/longa	4	4		-	8
			Nephtys ciliata		1		-	1
		Eunicida	Augeneria sp.	1	1		-	2
		Terebellida	Ampharete borealis	12	8		-	20
			Ampharetidae indet.		1		-	1
			Melinna cristata	3	2		-	5
		Sabellida	Euchone papillosa	1	1		-	2
CRUSTACEA								
	Malacostraca							
		Cumacea	Leucon sp.			1	-	1
		Amphipoda	Caprellidae indet.			1	-	1
			Metopa sp.	2	1		-	3
			Oedicerotidae indet.		1		-	1
MOLLUSCA								
	Prosobranchia							
		Neogastropoda	Curtitoma trevelliana	1	1		-	2
	Opisthobranchia							
		Cephalaspidea	Philine denticulata	2			-	2
	Bivalvia							
		Nuculoida	Ennucula tenuis			2	-	2
			Nuculana pernula			2	-	2
			Yoldia hyperborea	2	1		-	3
		Veneroida	Macoma calcarea			12	-	12
			Thyasira sarsii	9	9		-	18
ECHINODERMATA								
	Asterozoa							
		Asterozoa	Asterozoa indet. juv.	2	1		-	3
	Ophiurozoa							
		Ophiurozoa	Ophiurozoa indet. juv.			1	-	1
				Maksverdi:	89	81		170
				Antall arter/taxa:	18	26		28
				Sum antall individ:				361

Stasjonsnr.: C3

NEMERTINI

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
			Nemertea indet.		1	2	-	3
ANNELIDA								
	Polychaeta							
		Spionida	Chaetozone sp.		115	150	-	265
			Prionospio steenstrupi		178	180	-	358
			Spio limicola		3	4	-	7
		Capitellida	Capitella capitata		1	7	-	8
			Mediomastus fragilis		24	6	-	30
			Praxillella gracilis			1	-	1
		Opheliida	Ophelina acuminata		1		-	1
			Scalibregma inflatum		1		-	1
		Phyllodocida	Ceratocephale loveni			1	-	1
			Eteone barbata			1	-	1
			Eteone flava/longa		49	115	-	164
			Nephtys ciliata		1		-	1
			Nereimyra punctata		1		-	1
			Pholoe inornata		5	6	-	11
			Polynoidae indet.			2	-	2
		Eunicida	Augeneria sp.		1	1	-	2
			Lumbrineris mixochaeta		2	1	-	3
			Ophryotrocha lobifera		35	26	-	61
			Parougia nigridentata		21	2	-	23
		Oweniida	Galathowenia oculata		2	10	-	12
		Terebellida	Ampharete borealis		2	1	-	3
			Cistenides hyperborea		5	6	-	11
			Melinna cristata		1		-	1
		Sabellida	Euchone sp.		1		-	1
CRUSTACEA								
	Malacostraca							
		Amphipoda	Caprellidae indet.		2		-	2
MOLLUSCA								
	Prosobranchia							
		Neogastropoda	Curtitoma trevelliana		1	1	-	2
	Opisthobranchia							
		Cephalaspidea	Philine denticulata		2	1	-	3
		Nudibranchia	Onchidoris bilamellata			1	-	1
	Bivalvia							
		Nuculoida	Ennucula tenuis		1	4	-	5
			Nuculana pernula			2	-	2
			Yoldia hyperborea			3	-	3
		Mytiloida	Mytilus edulis		1	4	-	5
		Veneroida	Macoma calcarea		3	4	-	7
			Thyasira sarsii		35	68	-	103
			Thyasiridae indet.		14		-	14
ECHINODERMATA								
	Asteroidea							
			Asteroidea indet. juv.			1	-	1
	Ophiuroidea							
		Ophiurida	Ophiocten affinis			1	-	1
				Maksverdi:	178	180		358
				Antall arter/taxa:	29	30		38
				Sum antall individ:				112

Stasjonsnr.: C4

NEMERTINI

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
			Nemertea indet.		6	3	-	9
ANNELIDA	Polychaeta	Spionida	Chaetozone sp.		263	86	-	349
			Prionospio steenstrupi		419	181	-	600
			Spio limicola		2		-	2
		Capitellida	Capitella capitata		6	6	-	12
			Mediomastus fragilis		13	10	-	23
			Praxillella gracilis		4		-	4
		Opheliida	Ophelina acuminata		21	10	-	31
			Scalibregma inflatum			1	-	1
		Phyllodocida	Eteone flava/longa		118	62	-	180
			Nephtys ciliata		1		-	1
			Nephtys paradoxa		2		-	2
			Pholoe inornata		5	11	-	16
			Polynoidea indet.		6		-	6
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii		1		-	1
		Eunicida	Augeneria sp.		2		-	2
			Ophryotrocha lobifera		6	3	-	9
			Parougia nigridentata		12	7	-	19
		Oweniida	Galathowenia oculata		5	12	-	17
		Terebellida	Ampharete borealis		4	2	-	6
			Cistenides hyperborea		5	10	-	15
			Melinna cristata			1	-	1
		Sabellida	Euchone papillosa			1	-	1
CRUSTACEA	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae indet.		2	1	-	3
			Lysianassidae indet.			1	-	1
			Metopa sp.		1		-	1
MOLLUSCA	Prosobranchia	Neogastropoda	Curtitoma trevelliana			4	-	4
	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Philine denticulata			9	-	9
	Bivalvia	Nuculoida	Nuculana pernula		2		-	2
			Yoldia hyperborea		4		-	4
		Mytiloida	Mytilus edulis		1		-	1
		Veneroida	Macoma calcarea			11	-	11
			Thyasira sarsii		81	77	-	158
			Thyasiridae indet.		17	2	-	19
ECHINODERMATA	Asteroidea		Asteroidea indet. juv.			1	-	1
				Maksverdi:	419	181		600
				Antall arter/taxa:	27	24		35
				Sum antall individ:				152

Stasjonsnr.: C5

NEMERTINI

ANNELIDA
Polychaeta

Nemertea indet.

1 - 1

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
		Cossurida	Cossura longocirrata		1	-		1
		Spionida	Chaetozone sp.		96	82	-	178
			Prionospio steenstrupi		134	75	-	209
			Spio limicola		1	-		1
		Capitellida	Capitella capitata		230	2	-	232
			Mediomastus fragilis		7	9	-	16
		Opheliida	Ophelina acuminata		4	6	-	10
		Phyllodocida	Bylgides groenlandicus			1	-	1
			Eteone flava/longa		13	8	-	21
			Pholoe inornata		1	1	-	2
			Polynoidae indet.			2	-	2
		Eunicida	Parougia nigridentata		1	-		1
		Oweniida	Galathowenia oculata		4	7	-	11
		Terebellida	Ampharete borealis		6	2	-	8
			Cistenides hyperborea		2	2	-	4
			Melinna cristata		1	1	-	2
		Sabellida	Euchone sp.			1	-	1
CRUSTACEA								
	Malacostraca							
		Cumacea	Leucon sp.			1	-	1
MOLLUSCA								
	Prosobranchia							
		Neogastropoda	Curtitoma trevelliana			2	-	2
	Opisthobranchia							
		Cephalaspidea	Philine denticulata		1	1	-	2
		Nudibranchia	Nudibranchia indet.			1	-	1
	Bivalvia							
		Nuculoida	Ennucula tenuis			2	-	2
			Yoldia hyperborea		4	3	-	7
		Mytiloida	Mytilus edulis			1	-	1
		Veneroida	Macoma calcarea		7	5	-	12
			Thyasira sarsii		52	40	-	92
ECHINODERMATA								
	Asteroidea		Asteroidea indet. juv.			1	-	1
				Maksverdi:	230	82		232
				Antall arter/taxa:	18	25		28
				Sum antall individ:				822

Stasjonsnr.: C6

NEMERTINI

			Nemertea indet.		4	1	-	5
ANNELIDA								
	Polychaeta							
		Spionida	Chaetozone sp.		50	39	-	89
			Prionospio steenstrupi		130	79	-	209
		Capitellida	Mediomastus fragilis		4	5	-	9
			Praxillella gracilis		2	-		2
		Opheliida	Ophelina acuminata		1	-		1
		Phyllodocida	Bylgides groenlandicus		2	-		2

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
			Eteone barbata		1	1	-	2
			Eteone flava/longa		12	10	-	22
			Nephtys ciliata		1	-	-	1
			Pholoe inornata		1	2	-	3
		Eunicida						
			Augeneria sp.		4	2	-	6
			Parougia nigridentata		3	-	-	3
		Oweniida						
			Galathowenia oculata		5	2	-	7
		Terebellida						
			Ampharete borealis		8	9	-	17
			Cistenides hyperborea		1	2	-	3
			Laphania boeckii			1	-	1
			Melinna cristata		3	-	-	3
CRUSTACEA								
	Malacostraca							
		Amphipoda						
			Caprellidae indet.		1	-	-	1
			Halirages fulvocinctus		1	-	-	1
			Metopa sp.		1	-	-	1
			Oedicerotidae indet.		2	-	-	2
		Isopoda						
			Munna sp.			1	-	1
MOLLUSCA								
	Prosobranchia							
		Neogastropoda						
			Curtitoma trevelliiana		1	-	-	1
	Opisthobranchia							
		Cephalaspidea						
			Diaphana minuta			1	-	1
			Philina denticulata			2	-	2
	Bivalvia							
		Nuculoida						
			Ennucula tenuis		3	1	-	4
			Nuculana pernula			1	-	1
			Yoldia hyperborea		1	-	-	1
		Mytiloida						
			Mytilus edulis		1	2	-	3
		Veneroida						
			Macoma calcarea		4	5	-	9
			Thyasira sarsii		16	24	-	40
ECHINODERMATA								
	Asteroidea							
			Asteroidea indet. juv.		1	1	-	2
				Maksverdi:	130	79		209
				Antall arter/taxa:	28	21		33
				Sum antall individ:				455

Appendix 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser (in norwegian)



ANALYSERAPPORT

Kunde:	Arnarlax	Rapport nr.:	P2100174
Kundemerking:	Steinanes	Rapportdato	2022-01-18
Kontaktperson kunde:		Ankomst dato	2021-10-22

Lab-id. P2100174-01

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	CI	63543 - Steinanes		2021-10-22

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
TOC	26	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	±2.6
TNb	3.0	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	±0.5
N TOC	38.0	mg/g TS	2022-01-10	2022-01-12	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	8.7		2022-01-10	2022-01-12		
TOM	6.1	% TS	2021-11-16	2021-11-18	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	33.1	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode	±1.7
Vekt % 1 mm	5.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.2
Vekt % 0.500 mm	2.7	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.250 mm	5.6	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.3
Vekt % 0.125 mm	12.1	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.6
Vekt % 0.063 mm	7.5	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.4
Vekt % < 0.063 mm	34.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±1.7
Pelitt	34.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Sand	32.9	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	33.1	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Cu (kobber) ^a	65.1	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	
P (Fosfor) ^a	1350	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	

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

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Fransentret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

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

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

Ordrebekreftelsen er digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 1 av 8

Kunde: Arnarlax
Kundemerking: Steinanes
Kontaktperson kunde:

Rapport nr.: P2100174

Rapportdato 2022-01-18
Ankomst dato 2021-10-22

Lab-id. P2100174-02

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C2	63543 - Steinanes	Agglomerater i kornfraksjonene 2mm - 0.250 mm. På grunn av lite prøvemengde rapporteres TOM uakkreditert.	2021-10-22

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	30	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	±3.0
TN _b	3.7	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	±0.6
N TOC	31.4	mg/g TS	2022-01-03	2022-01-12	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	8.0		2022-01-03	2022-01-12		
TOM	*13.6	% TS	2021-11-16	2021-11-18	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	1.9	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode	±0.1
Vekt % 1 mm	2.7	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.500 mm	1.9	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.250 mm	1.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.125 mm	0.6	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.0
Vekt % 0.063 mm	1.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Vekt % < 0.063 mm	90.8	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±4.5
Pelitt	90.8	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Sand	7.3	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	1.9	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Cu (kobber) ^a	49.3 50.2	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	
P (Fosfor) ^a	947	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	

^a Prøvingen 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

Ordrebekreftelsen er digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 2 av 8

Kunde: Arnarlax
Kundemerking: Steinanes
Kontaktperson kunde:

Rapport nr.: P2100174
Rapportdato: 2022-01-18
Ankomst dato: 2021-10-22

Lab-id. P2100174-03

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C3	63543 - Steinanes	Agglomerater i kornfraksjonene 0,500mm - 0,125mm. På grunn av lite prøvemengde rapportes TOM uakkreditert.	2021-10-22

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
TOC	26	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	±2.6
TNb	3.7	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	±0.6
N TOC	34.0	mg/g TS	2022-01-03	2022-01-12	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	7.0		2022-01-03	2022-01-12		
TOM	*12.5	% TS	2021-11-16	2021-11-18	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	1.3	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode	±0.1
Vekt % 1 mm	1.1	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.500 mm	4.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.2
Vekt % 0.250 mm	8.5	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.4
Vekt % 0.125 mm	16.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.8
Vekt % 0.063 mm	15.7	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.8
Vekt % < 0.063 mm	53.3	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±2.7
Pelitt	53.3	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Sand	45.4	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	1.3	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Cu (kobber) ^a	45.9	47.0	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode
P (Fosfor) ^a	1260		mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode
Emamectinbenzoat ^b	*530		ng/kg TS	2022-01-06	2022-01-12	Intern metode

Tabellen fortsetter på neste side...

* = 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

Ordrebekreftelsen er digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 3 av 8

Kunde: Arnarlax
Kundemerking: Steinanes
Kontaktperson kunde:

Rapport nr.: P2100174
Rapportdato: 2022-01-18
Ankomst dato: 2021-10-22

Fortsettelse av tabell fra forrige side.

Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
-----------	----------	-------	-------------------	-------------------	----------	---------------

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

^b Provingen er utført av eksternt laboratorium, NIVA

Lab-id. P2100174-04

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C4	63543 - Steinanes	På grunn av lite prøvemengde rapportes TOM uakkrediteret.	2021-10-22

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	30	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	±3.0
TN _b	3.4	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	±0.5
N TOC	34.2	mg/g TS	2022-01-03	2022-01-12	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	8.8		2022-01-03	2022-01-12		
TOM	*15.4	% TS	2021-11-16	2021-11-18	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	1.4	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode	±0.1
Vekt % 1 mm	1.4	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.500 mm	2.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.250 mm	3.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.2
Vekt % 0.125 mm	6.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.3
Vekt % 0.063 mm	9.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.5
Vekt % < 0.063 mm	77.1	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±3.9
Pelitt	77.1	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Sand	21.6	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	

Tabellen fortsetter på neste side...

* = 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

Ordrebekreftelsen er digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 4 av 8

ANALYSERAPPORT

Kunde:	Arnarlax	Rapport nr.:	P2100174
Kundemerking:	Steinanes	Rapportdato	2022-01-18
Kontaktperson kunde:		Ankomst dato	2021-10-22

Fortsettelse av tabell fra forrige side.

Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
Grus	1.4	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Cu (kobber) ^a	54.6 53.9	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	
P (Fosfor) ^a	1390	mg/kg TS	2022-01-18	2021-11-01	Intern metode	

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

Lab-id. P2100174-05

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C5	63543 - Steinanes		2021-10-22

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	27	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	±2.7
TNb	4.7	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	±0.7
N TOC	31.8	mg/g TS	2022-01-03	2022-01-12	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	5.8		2022-01-03	2022-01-12		
TOM	13.0	% TS	2021-11-16	2021-11-18	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	2.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode	±0.1
Vekt % 1 mm	2.1	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.500 mm	3.5	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.2
Vekt % 0.250 mm	5.3	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.3
Vekt % 0.125 mm	5.3	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.3
Vekt % 0.063 mm	9.4	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.5
Vekt % < 0.063 mm	72.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±3.6
Pelitt	72.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	

Tabellen fortsetter på neste side...

* = 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

Ordrebekreftelsen er digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 5 av 8

Kunde: Arnarlax
Kundemerking: Steinanes
Kontaktperson kunde:

Rapport nr.: P2100174
Rapportdato: 2022-01-18
Ankomst dato: 2021-10-22

Fortsettelse av tabell fra forrige side.

Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
Sand	25.6	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	2.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
P (Fosfor) ^a	1390	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	

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

Lab-id. P2100174-06

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C6	63543 - Steinanes	TOM rapporteres uakkreditert.	2021-10-22

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	29	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	±2.9
TN _b	2.9	mg/g TS	2021-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	±0.4
N TOC	31.1	mg/g TS	2022-01-10	2022-01-12	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	10.0		2022-01-10	2022-01-12		
TOM	*16.5	% TS	2021-11-16	2021-11-18	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	4.7	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode	±0.2
Vekt % 1 mm	2.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.500 mm	1.0	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.0
Vekt % 0.250 mm	0.5	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.0
Vekt % 0.125 mm	1.2	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.063 mm	3.6	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.2
Vekt % < 0.063 mm	86.8	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±4.3
Pelitt	86.8	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	

Tabellen fortsetter på neste side...

* = 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

Ordrebekreftelsen er digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 6 av 8

Kunde: Arnarlax	Rapport nr.: P2100174
Kundemerking: Steinanes	Rapportdato: 2022-01-18
Kontaktperson kunde:	Ankomst dato: 2021-10-22

Fortsettelse av tabell fra forrige side.

Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
Sand	8.4	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	4.7	wt% TS	2021-11-05	2021-11-18	Intern metode (Buchanan 1984)	
Cu (kobber) ^a	48.5 43.9	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	
P (Fosfor) ^a	860	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	

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

Lab-id. P2100174-07

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	Cu ref 2	63543 - Steinanes		2021-10-22

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
Cu (kobber) ^a	44.8 47.4	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	

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

Lab-id. P2100174-08

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	Cu ref 3	63543 - Steinanes		2021-10-22

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
Cu (kobber) ^a	45.6 47.0	mg/kg TS	2021-11-01	2021-11-01	Intern metode	

^a Prøvingen 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

Ordrebekreftelsen er digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 7 av 8

Kunde: Arnarlax
Kundemerking: Steinanes
Kontaktperson kunde:

Rapport nr.: P2100174
Rapportdato: 2022-01-18
Ankomst dato: 2021-10-22

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

Ordrebekreftelsen er digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 8 av 8