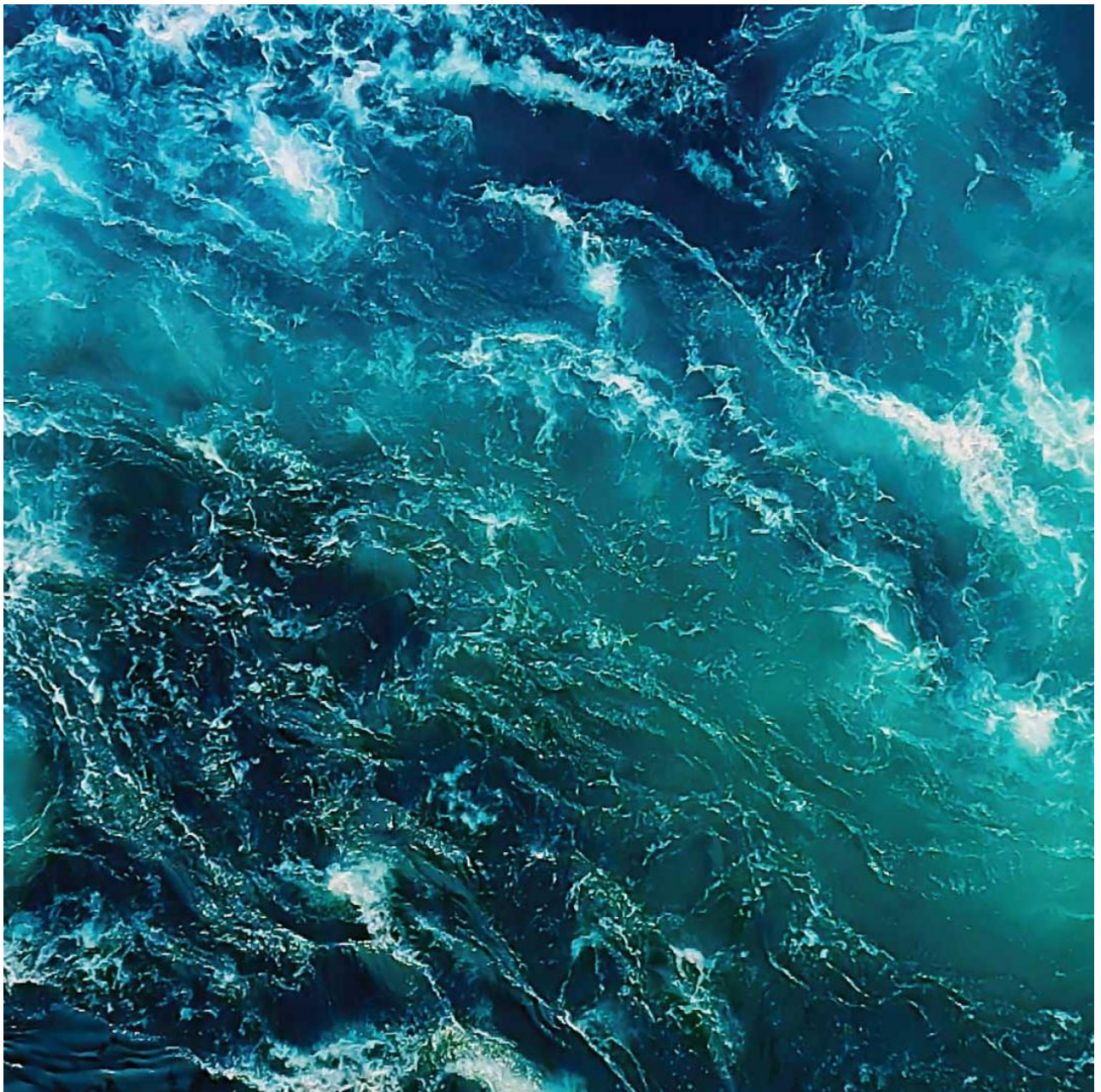


ASC-survey at Eyri, 2022

Arnarlax ehf

Akvaplan-niva AS Report: 2023 64474.02



ASC-survey at Eyri, 2022

Author(s)	Kamila Sztybor, Snorri Gunnarsson
Date	23.02 2023
Report no.	2023 64474.02
No. of pages	35
Distribution	Through customer only
Kunde	Arnarlax ehf
Kontaktperson	Silja Baldvinsdóttir

Approval



Project leader

Quality control

TABLE OF CONTENTS

TABLE OF CONTENTS	3
PREFACE	4
1 SUMMARY OF THE ASC RESULTS	5
2 INTRODUCTION	7
2.1 Background and aim of the study.....	7
2.2 Production.....	7
2.3 Previous surveys	8
3 MATERIALS AND METHODS.....	9
3.1 Survey program	9
3.2 Placement of ASC stations and AZE.....	9
4 ASC-SURVEY EYRI.....	12
4.1 Results	12
4.1.1 Bottom sediment and redox measurements (Eh).....	12
4.1.2 Copper in sediments	12
4.1.3 Lice treatment substances	12
4.1.4 Quantitative analyses of bottom fauna	13
5 REFERENCES	15
6 APPENDIX (IN NORWEGIAN).....	16
6.1 Metodebeskrivelser	16
6.1.1 Geokjemiske analyser	16
6.1.2 Bunndyr.....	16
6.2 Prosedyre for beregning av AZE.....	17
6.3 Bunndyrstatistikk og artslister	18
6.4 Statistical results, Eyri, 2022:	22
6.5 Species list.....	24
6.6 Analytical report	29

Preface

Akvaplan-niva carried out an ASC survey at the Eyri site. The survey includes pH/redox measurements (Eh), chemical analyses, and analyses of the bottom fauna from five stations at the fish farming site. The following personnel contributed to the survey:

Snorri Gunnarsson	Akvaplan-niva	Field work, reporting, project leader.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Echinodermata). QA report, professional assessments, and interpretations.
Kamila Szybor	Akvaplan-niva	Reporting, professional assessment, and interpretation.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (various taxa).
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Crustaceans). Statistics.
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Mollusca).
Marina V. Alonso	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Polychaeta).
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 Arnarlax ehf and Silja Baldvinsdóttir for good cooperation during this project.

Accreditation information:

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



Akvaplan-niva AS is accredited under NS-EN ISO/IEC 17025 by Norwegian Accreditation for field sampling of sediments and fauna, analyses of macrofauna, and for professional evaluations and interpretations. Our accreditation number is TEST 079.

Czech Accreditation
Institute (Lab nr 1163)

ALS Laboratory Group is accredited by the Czech Accreditation
Institute (Lab nr 1163) for copper analyses.

Kópavogur, 23.02 2023

Snorri Gunnarsson (Project Manager)

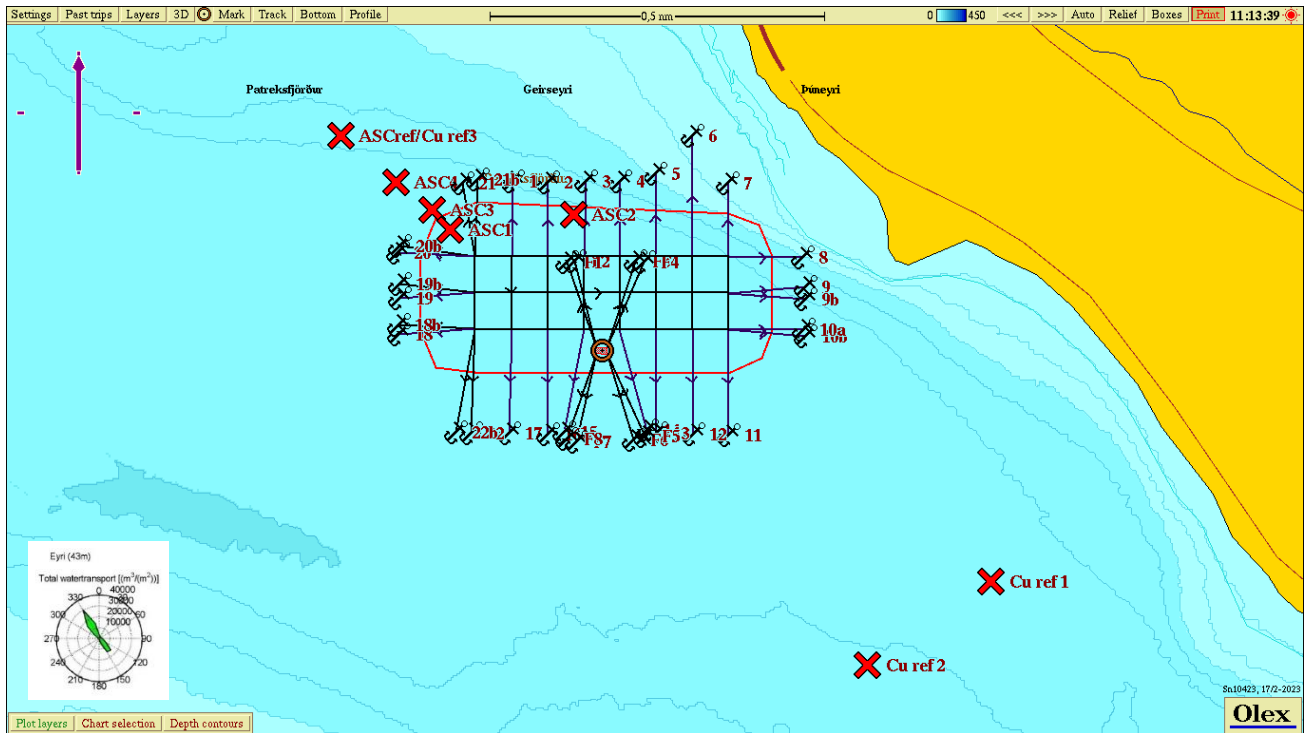
1 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC requirements	Results							Remarks on the sampling
		Inside AZE		Outside AZE					
		ASC1	ASC2	ASC3	ASC4	ASCref/ Cu ref3	Cu ref1	Cu ref2	
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 µMol/L	351	364	343	232	395	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3	-	-	2,31	2,95	4,63	-	-	
	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – AMBI ≤ 3.3	-	-	4,033	2,242	1,639	-	-	
	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – ITI ≥ 25	-	-	2,7	24,0	26,4	-	-	
2.1.3	≥ 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	2	3	-	-	-	-	-	
4.7.4	Copper level < 34 mg/kg dry sediment	-	-	40,6/ 41,3	43,1/ 46,8	30,0/ 31,5	39,0/ 38,6	34,9/ 33,7	
2.1.4	Site- specific AZE	See chapter 3.2.							

Conclusions:

The copper level was low and below 34 mg/kg at station ASCref and above 34 mg/kg at the other stations but are found to be within reported natural levels for copper in bottom sediment around Iceland (Egilsson *et al.*, 1999). The redox potential (Eh) was positive in all the sediments. The faunal diversity was low with the diversity index $H' < 3$, at all stations except ASCref. The AMBI score was low and < 3.3 at stations ASCref and ASC4 and higher at ASC3. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations ASC1 and ASC2) was in accordance with the ASC standard in that there were two or more species, which were not pollution indicator species, present with >100 individuals/m² at both stations. 16 taxa were registered at ASC1 compared to 67 taxa at the reference station ASCref.

An overview of the location of the stations and the AZE zone (red line) is shown in the figure below.



2 Introduction

2.1 Background and aim of the study

Akvaplan-niva AS has on behalf of Arnarlax ehf carried out an ASC-survey for the site at Eyri in Patreksfjörður, Iceland (see Figure 1). The study was carried out as Arnarlax intend to have the Eyri 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 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. The sampling stations were chosen based on the results from previous surveys, ocean current measurements (spread current at 43 m depth) and bottom topography at the site (Olex).



Figure 1 Overview of Vestfjords, Iceland with the farming site Eyri in Patreksfjörður (red cross). The map coordinates for the midpoint of the farming site are given to the right.

2.2 Production

This is the second generation farmed fish at the site that started with putting fish into sea in summer 2021. At the time of the survey, the standing stock was approximately 7.699 tonnes of salmon (3rd generation) with an average weight of 4.8 kg per fish (Tzamouranis pers. comm.).

The plant is a frame mooring with a total of fourteen 160 meters circumference cages in a 2 x 7 configuration.

In Iceland, the MTB (maximum allowable biomass) is not given a site level as in Norway. The MTB limit determines how much live fish the holder of the permit can have standing in the sea at any time. In Iceland the allowed production is regulated at two levels, site level and company level. For this site the estimated maximal standing biomass for the current generation is 8.193 tonnes, used as MTB here (Tzamouranis, pers. comm).

2.3 Previous surveys

An overview of the previous surveys carried out at Eyri is shown in Table 1.

Table 1: Previous surveys at Eyri.

Survey date	Report reference (author, year)	Production (tonnes)	Type of survey and result
17.05 20218	Mannvik & Gunnarsson 2019	0	Pre-survey (type C)
05.03 2020	Mannvik & Gunnarsson 2020	5.143	ASC/C survey at max biomass
28.05 2021	Sztybor & Gustavsson 2021	0	C survey fallow period

3 Materials and methods

3.1 Survey program

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

Akvaplan-niva is accredited for field work, analyses of samples and the professional evaluation of results in accordance with the applicable standards and guidelines ("Veiledere"). For the survey implementation and follow through, the following standards and quality assurance systems were used:

- 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.
- 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 macro fauna*.
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg*.
- Internal procedures. *Quality Manual for Akvaplan-niva*.
- Veileder 02:2018. *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.

Table 2: Survey program for the ASC-survey at Eyri, 2022. Cu = Copper. pH/Eh = acidity and redox potential.

Station	Type analyses/parameters
ASC1 (local impact zone)	Quantitative analyses of bottom fauna. pH/Eh.
ASC2 (local impact zone)	Quantitative analyses of bottom fauna. pH/Eh.
ASC3 (transect zone)	Quantitative analyses of bottom fauna. 2 x Cu. pH/Eh.
ASC4 (transect zone, deep area)	Quantitative analyses of bottom fauna. 2 x Cu. pH/Eh.
ASCref (reference station)/Cu ref 3	Quantitative analyses of bottom fauna. 2 x Cu. pH/Eh.
Cu ref 1	2 x Cu.
Cu ref 2	2 x Cu.

Field work was completed on 18.11 2022.

3.2 Placement of ASC stations and AZE

The ASC-standard defines a site specific AZE (Allowable Zone of Effect) zone as 30 m from the fish farm (site-specific AZE, see pkt. 2.1.4. in «audit manual»). According to the APN AZE calculator,

based on input of spread current (mean 5 cm/s) and max depth under the site (55 m). The calculated AZE zone around the fish farm is 48 m. In addition, based on previous results from ASC survey/monitoring in 2020 and last fallow study in 2021 we have adjusted the AZE zone to be around 120 m south and east of the farm and 150 m north and west of the fish farm. 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 were collected from five stations. The stations were placed in accordance to the main current direction at 43 m depth (Hermansen. 2020) which shows the main direction of oceanic flow is in a NV direction (330 degrees).

The depth and position of the stations are given in Table 3 and shown in Figure 2.

Table 3: Depth, distance between the frame of the fish farm and the sampling stations and the coordinates for the ASC-stations at Eyri, 2022.

Station	Depth, m	Distance from frame, m	Position	
			N	W
ASC1	55	100	65°34,816	23°59,224
ASC2	54	115	65°34,839	23°58,782
ASC3	56	175	65°34,847	23°59,290
ASC4	56	300	65°34,887	23°59,422
ASCref/Cu ref3	45	500	65°34,957	23°59,620
Cu ref 1	54	1000	65°34,292	23°57,247
Cu ref 2	48	1000	65°34,168	23°57,721

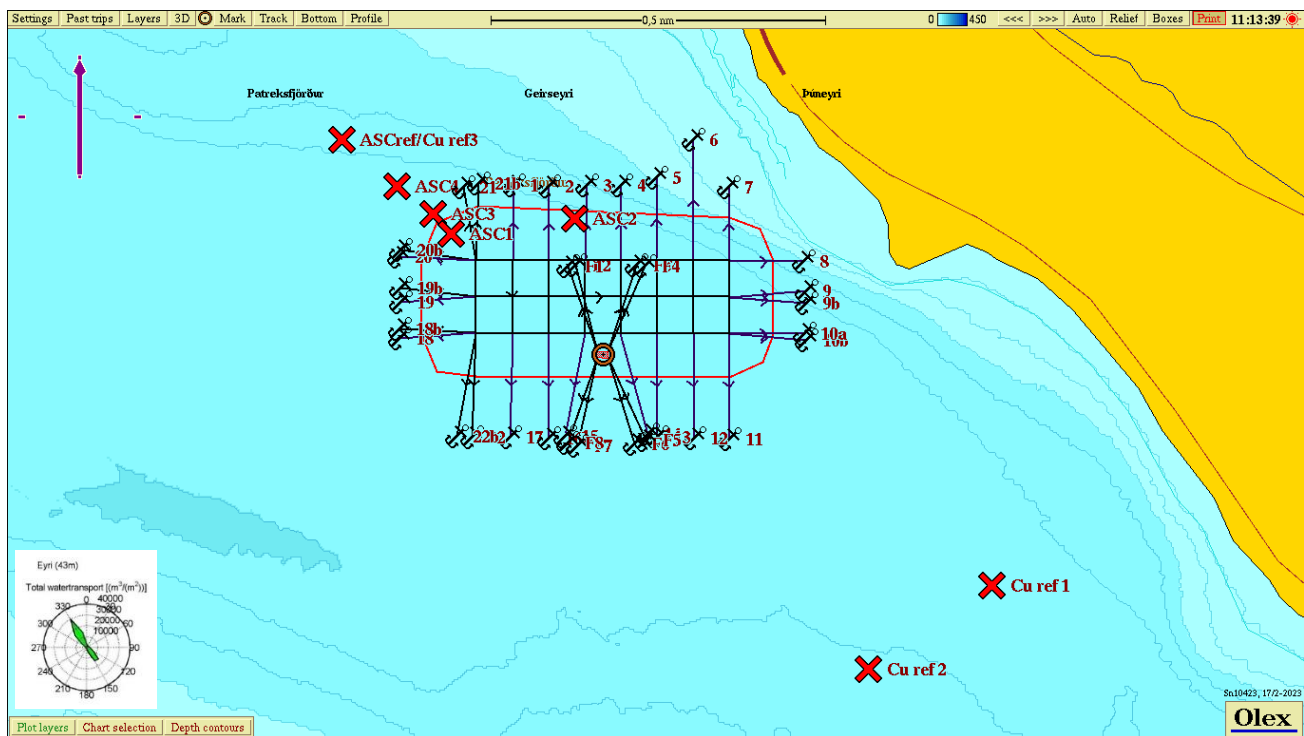


Figure 2. Map showing the sampling stations for the ASC-survey at Eyri, 2022. Current measurements used were from 43 m dept (Hermansen. 2020)

4 ASC-survey Eyri

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 positive values in the sediments at all stations.

Table 4. Description of bottom sediment and redox measurements (Eh). ASC-stations Eyri, 2022.

St.	Description of bottom sediment	Eh
ASC1	Grey/olive green sediment consisting mainly of mud. Some smell in second grab replicate. Thin black organic layer on the top.	351
ASC2	Grey/olive green sediment consisting mainly of mud. Thin black organic layer in top.	364
ASC3	Grey/olive green sediment consisting mainly of mud. Some smell. Thin black organic layer in top.	343
ASC4	Grey/olive green sediment consisting mainly of mud. Some smell. Thin black organic layer in top.	232
ASCref	Grey/olive green sediment consisting mainly of mud with mixture of sand, shell sand and small stones.	395

4.1.2 Copper in sediments

The level of copper in the bottom sediments are given in Table 5. The level of copper varied from 30.0 to 46.8 mg/kg and are found to be within reported natural levels for copper in bottom sediment around Iceland (Egilsson *et al.*, 1999).

Table 5. Copper (Cu), mg/kg TS. ASC Eyri, 2022.

St.	Cu repl. 1	Cu repl. 2
ASC1	-	-
ASC2	-	-
ASC3	40,6	41,3
ASC4	43,1	46,8
ASCref/Cu ref3	30,0	31,5
Cu ref 1	39,0	38,6
Cu ref 2	34,9	33,7

4.1.3 Lice treatment substances

At station ASC3, analyses of the amount of emamectinbenzoat in the sediment were carried out. The result is shown in Table 6. The amount was 940 ng/kg DW.

Table 6. Emamectinbenzoat (ng/kg DW) in sediment at ASC3, Eyri, 2022.

St	Emamectinbenzoat
ASC3	940

4.1.4 Quantitative analyses of bottom fauna

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

The Shannon-Wiener diversity index values (H') and the AMBI-values 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 344 (ASC3) to 1208 (ASCref) and number of species varied from 14 (ASC2) to 67 (ASCref). The diversity index H' was below 3 at all stations except ASCref. The AMBI-value was above 3.3 at ASC1, ASC2 and ASC3 and below at the two other stations. The ITI value was below 25 at all the stations except ASCref.

Table 7. Number of species and individuals per. 0,2 m². H' = Shannon-Wiener diversity index. ASC-stations at Eyri, 2022.

St.	No. of individuals	No. of species	H'	AMBI	ITI
ASC1	853	16	1,00	5,641	0,2
ASC2	1016	14	0,84	5,574	0,1
ASC3	344	19	2,31	4,033	2,7
ASC4	467	30	2,95	2,242	24,0
ASCref	1208	67	4,63	1,639	26,4

4.1.4.2 ASC evaluation of the bottom faunal communities at stations ASC1 and ASC2 within AZE

Below is a review outlining to what extent the soft bottom fauna communities at the two sampling stations inside the AZE zone (stations ASC1 and ASC2) fulfil the criteria given in the ASC- standard:

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

**Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or as equally high as the reference site (S) if the 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. The results are presented in Table 8.

At ASC1 three species had more than 100 individuals/m² and one of these was a pollution indicator species. At ASC2 four 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 ASC1 and ASC2, Eyri, 2022.

Station	Taxa	No. per 0,2 m ²	No. per m ²	NSI Ecological group*
ASC1	Capitella capitata	736	3680	V
	Thyasira sarsii	36	180	IV
	Malacoceros vulgaris	31	155	Ik
ASC2	Capitella capitata	873	4365	V
	Mediomastus fragilis	60	300	IV
	Pholoe baltica	22	110	III
	Thyasira sarsii	21	105	IV

*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 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.
- Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018 (rev. 2020). 139s.
- 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., Torlacius 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. Eyri current measurements, 43 meters depth, 2020. APN-rapport 62001.01.
- 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. and Gunnarsson, S. 2019. Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Eyri, 2018. APN-report 60033.01.
- Mannvik, H-P. and Gunnarsson, S. 2020. Arnarlax, ASC- and C-survey Eyri 2020. APN report 61958.01 38 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.
- Sztybor, K. and Gustavsson, A. 2021. Arnarlax, C-survey at Eyri 2021 (fallow period), May 2021. APN report 663202.01 39 P.
- Pers. comm. Nikolas Tzamouranis, project manager, Arnarlax

6 Appendix (in Norwegian)

6.1 Metodebeskrivelser

6.1.1 Geokjemiske analyser

Feltinnsamlinger

Prøvene ble hentet med en 0,1 m² bunngrabb (van Veen). Prøvematerialet (1 cm) ble tatt ut gjennom inspeksjonsluker etter at sedimentoverflaten var godkjent.

Kobber (Cu)

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

Redoks- og pH målinger

Det ble utført en kvantitativ kjemisk survey av sedimentet. Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) 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 (Oxydation Reduction Potential).

6.1.2 Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrrester/fekalier) fra marine oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnavlevende 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. Kommenter dersom dette ikke er tilfelle, sjekk feltskjema/bilder. 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 (2016) 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. 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
- Indeks for individtetthet (DI), benyttes ved lavt individ/artstall
- Sensitivitetsindeks (NSI)
- S sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet ($NQI1$)
- Ømfintlighetsindeks som inngår i $NQI1$ ($AMBI$)
- Normalisert EQR ($nEQR$)
- De ti mest dominerende taksa pr. stasjon (topp-10)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

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

- *"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.
- Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018 (rev. 2020). 263 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.
- NS 9410:2016. Norsk standard for miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.

6.2 Prosedyre for beregning av AZE

I ASC-survey 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-standarden 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 forpartikler 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 faeces 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.

Referanser

- 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

6.3 Bunndyrstatistikk og artslister

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 forurensningsurveyr 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 totalt 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 forurensing 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/forurensing. 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 surveyen 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 kvadratrots-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-1: 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:

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

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.

6.4 Statistical results, Eyri, 2022:

Number of species and individuals per station

st.nr.	tot.	ASC1	ASC2	ASC3	ASC4	ASCref
no. ind.	6352	853	1016	344	467	1208
no. spe.	79	16	14	19	30	67

Benthos indices per replicate

st.nr.	tot.	ASC1_0 1	ASC1_0 2	ASC2_0 1	ASC2_0 2	ASC3_0 1	ASC3_0 2	ASC4_0 1	ASC4_0 2	ASCref _01	ASCref _02
no. ind.	6352	309	544	621	395	179	165	238	229	665	543
no. spe.	79	15	10	13	7	17	12	22	19	53	59
Shannon-Wiener:		1,35	0,64	1,20	0,47	3,34	1,28	3,24	2,66	4,60	4,66
Pielou		0,35	0,19	0,32	0,17	0,82	0,36	0,73	0,63	0,80	0,79
ES100		8,34	5,27	7,60	3,92	15,29	9,45	16,79	13,23	30,53	31,70
SN		1,55	1,25	1,38	1,09	1,72	1,52	1,82	1,74	2,12	2,22
ISI-2012		4,50	4,23	4,80	4,61	6,72	4,82	6,52	6,77	9,41	9,19
AMBI		5,537	5,744	5,331	5,817	2,765	5,300	2,898	1,586	1,768	1,509
NQI1		0,39	0,32	0,37	0,28	0,61	0,40	0,62	0,70	0,76	0,80
NSI		8,30	7,43	8,52	7,35	16,34	8,68	16,52	20,87	21,47	21,64
DI		0,44	0,69	0,74	0,55	0,20	0,17	0,33	0,31	0,77	0,68

Benthos indices, averages per station

st.nr.	ASC1	ASC2	ASC3	ASC4	Cref
Shannon-Wiener:	1,00	0,84	2,31	2,95	4,63
Pielou	0,27	0,25	0,59	0,68	0,80
ES100	6,81	5,76	12,37	15,01	31,11
SN	1,40	1,23	1,62	1,78	2,17
ISI-2012	4,37	4,71	5,77	6,64	9,30
AMBI	5,641	5,574	4,033	2,242	1,639
NQI1	0,35	0,33	0,50	0,66	0,78
NSI	7,86	7,94	12,51	18,69	21,56
nEQR	0,218	0,204	0,404	0,557	0,748

Top-10 species

ASC1	EG	Ant. ind.	Kum.	ASC2	EG	Ant. ind.	Kum.
Capitella capitata	V	736	86 %	Capitella capitata	V	873	86 %
Thyasira sarsii	IV	36	90 %	Mediomastus fragilis	IV	60	92 %
Malacoceros vulgaris		31	94 %	Pholoe baltica	III	22	94 %
Mediomastus fragilis	IV	16	96 %	Thyasira sarsii	IV	21	96 %
Scalibregma inflatum	III	10	97 %	Scalibregma inflatum	III	13	97 %
Microphthalmus sczelkowi		6	98 %	Eteone flava/longa		8	98 %
Eteone flava/longa		4	98 %	Malacoceros vulgaris		4	99 %
Pholoe baltica	III	4	99 %	Echiurus echiurus		3	99 %
Chaetozone setosa	IV	2	99 %	Ennucula tenuis	II	3	99 %
Yoldia hyperborea		2	99 %	Gattyana amondseni		3	99 %
ASC3	EG	Ant. ind.	Kum.	ASC4	EG	Ant. ind.	Kum.
Capitella capitata	V	168	49 %	Galathowenia oculata	III	122	26 %
Thyasira sarsii	IV	46	62 %	Ennucula tenuis	II	117	51 %
Ennucula tenuis	II	36	72 %	Capitella capitata	V	63	64 %
Eteone flava/longa		17	77 %	Thyasira sarsii	IV	36	72 %
Microphthalmus sczelkowi		15	82 %	Axinopsida orbiculata		28	78 %
Pholoe baltica	III	12	85 %	Yoldia hyperborea		21	82 %
Axinopsida orbiculata		7	87 %	Lagis koreni	IV	14	85 %
Yoldia hyperborea		7	89 %	Pholoe baltica	III	12	88 %
Macoma calcarea	IV	6	91 %	Eteone flava/longa		10	90 %
Laonice bahusiensis	I	5	92 %	Microphthalmus sczelkowi		6	91 %
ASCref	EG	Ant. ind.	Kum.				
Galathowenia oculata	III	149	12 %				
Gammaridea indet.		145	24 %				
Maldane sarsi	IV	115	33 %				
Ennucula tenuis	II	77	39 %				
Scoloplos armiger	III	70	45 %				
Lagis koreni	IV	69	51 %				
Pholoe assimilis	III	51	55 %				
Nuculana pernula	II	40	58 %				
Nothria conchylega	I	34	61 %				
Prionospio steenstrupi	II	33	63 %				

6.5 Species list

Artsliste pr stasjon

Eyri ASC-C-survey 2022

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
Stasjonsnr.:	ASCref							
NEMERTINI								
			Nemertea indet.		2	1	-	3
SIPUNCULIDA								
			Phascolion strombus		4	1	-	5
ANNELIDA								
	Polychaeta							
		Orbiniida						
			Aricidea catherinae		1	4	-	5
			Leitoscoloplos mammosus		4	1	-	5
			Levinsenia gracilis		7	8	-	15
			Paraonidae indet.		1	1	-	2
			Scoloplos armiger		33	37	-	70
		Spionida						
			Apistobanchus sp.			1	-	1
			Chaetozone setosa		8	2	-	10
			Laonice bahusiensis		3	1	-	4
			Prionospio cirrifera			3	-	3
			Prionospio sp.			1	-	1
			Prionospio steenstrupi		17	16	-	33
			Spio armata			1	-	1
			Spio limicola		3	4	-	7
			Tharyx killariensis			1	-	1
		Capitellida						
			Maldane sarsi		68	47	-	115
			Maldanidae indet.		8	5	-	13
			Mediomastus fragilis		1	2	-	3
			Praxillella gracilis		11	16	-	27
			Praxillella praetermissa		20	12	-	32
			Rhodine gracilior		7	4	-	11
		Opheliida						
			Ophelina acuminata			1	-	1
			Scalibregma inflatum		6	5	-	11
		Phyllodocida						
			Eteone flava/longa		5	5	-	10
			Goniada maculata			1	-	1
			Pholoe assimilis		29	22	-	51
			Pholoe baltica		16	10	-	26
			Phyllodoce groenlandica		1		-	1
			Polynoidae indet.		1	7	-	8
			Syllis cornuta		7	10	-	17
		Eunicida						
			Lumbrineridae indet.		4	1	-	5
			Lumbrineris mixochaeta		3		-	3
			Nothria conchylega		21	13	-	34
			Parourgia eliasoni		3	1	-	4
			Scoletoma fragilis		8	9	-	17
		Sternaspida						
			Sternaspis scutata		8		-	8
		Oweniida						
			Galathowenia oculata		129	20	-	149
			Myriochele malmgreni/olgae		1		-	1
			Owenia sp.			1	-	1
		Flabelligerida						
			Saphobranchia longisetosa		3	1	-	4
		Terebellida						
			Ampharete lindstroemi			1	-	1
			Amphicteis gunneri			1	-	1

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
			Cistenides hyperborea			1	-	1
			Lagis koreni		41	28	-	69
			Laphania boeckii		6	3	-	9
			Melinna cristata		2		-	2
CRUSTACEA								
	Ostracoda							
			Ostracoda indet.		4		-	4
	Malacostraca							
		Amphipoda						
			Dulichiiidae indet.			1	-	1
			Gammaridea indet.		34	111	-	145
			Hippomedon sp.			1	-	1
MOLLUSCA								
	Caudofoveata							
			Caudofoveata indet.		1	4	-	5
	Bivalvia							
		Nuculoida						
			Ennucula tenuis		43	34	-	77
			Nuculana pernula		21	19	-	40
			Yoldia hyperborea		14	10	-	24
		Mytiloida						
			Crenella decussata		2	2	-	4
		Veneroida						
			Abra nitida		9	5	-	14
			Arctica islandica		1	4	-	5
			Astarte elliptica		1		-	1
			Axinopsida orbiculata		18	14	-	32
			Ciliatocardium ciliatum			1	-	1
			Macoma calcarea		5	6	-	11
			Parvicardium pinnulatum		1	2	-	3
			Thyasira gouldii		7	13	-	20
			Thyasira sarsii		10	4	-	14
		Myoida						
			Mya sp. juv.		1		-	1
		Pholadomyoida						
			Lyonsia arenosa		1	2	-	3
ECHINODERMATA								
	Ophiuroidea							
		Ophiurida						
			Ophiocten affinis		1		-	1
			Ophiuroidea indet. juv.		13	12	-	25
				Maksverdi:	129	111		149
				Antall arter/taxa:	55	60		69
				Sum antall individ:				1234

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
Stasjonsnr.: ASC1								
ECHIURIDA								
ANNELIDA	Polychaeta	Spionida	Echiurus echiurus			1	-	1
			Chaetozone setosa	1	1	-		2
			Malacoceros vulgaris	26	5	-		31
		Capitellida	Capitella capitata	240	496	-		736
			Mediomastus fragilis	1	15	-		16
		Opheliida	Scalibregma inflatum	9	1	-		10
		Phyllodocida	Eteone flava/longa	2	2	-		4
			Microphthalmus szcelkowi	1	5	-		6
			Pholoe baltica	3	1	-		4
		Eunicida	Parougia eliasoni	1		-		1
		Terebellida	Lagis koreni	1		-		1
CRUSTACEA	Malacostraca	Cumacea	Leucon sp.	1		-		1
MOLLUSCA	Bivalvia	Nuculoidea	Ennucula tenuis	1		-		1
			Yoldia hyperborea	2		-		2
		Veneroidea	Abra nitida	1		-		1
			Thyasira sarsii	19	17	-		36
ECHINODERMATA	Ophiuroidea		Ophiuroidea indet. juv.			1	-	1
				Maksverdi:	240	496		736
				Antall arter/taxa:	15	11		17
				Sum antall individ:				854

Stasjonsnr.: ASC3

ANNELIDA

Polychaeta

Spionida

Laonice bahusiensis
Malacoceros vulgaris

5 - 5
1 2 - 3

Capitellida

Capitella capitata
Mediomastus fragilis

38 130 - 168
2 - 2

Opheliida

Scalibregma inflatum

1 2 - 3

Phyllodocida

Eteone flava/longa
Microphthalmus szcelkowi
Pholoe baltica
Syllis cornuta

14 3 - 17
14 1 - 15
10 2 - 12
1 - 1

Oweniida

Galathowenia oculata

3 - 3

Terebellida

Lagis koreni

1 - 1

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
CRUSTACEA	Malacostraca	Cumacea	Leucon sp.		4	-		4
		Amphipoda	Oedicerotidae indet.		4	-		4
MOLLUSCA	Bivalvia	Nuculoida	Ennucula tenuis		36	-		36
			Yoldia hyperborea		7	-		7
		Veneroida	Abra nitida		3	1	-	4
			Axinopsida orbiculata		6	1	-	7
			Macoma calcarea		5	1	-	6
			Thyasira sarsii		28	18	-	46
ECHINODERMATA	Ophiuroidea		Ophiuroidea indet. juv.		2	-		2
				Maksverdi:	38	130		168
				Antall arter/taxa:	18	12		20
				Sum antall individ:				346

Stasjonsnr.: ASC2

NEMERTINI

PRIAPULIDA			Nemertea indet.		2	-		2
ECHIURIDA			Priapulus caudatus		1	1	-	2
ANNELIDA	Polychaeta		Echiurus echiurus		3	-		3
		Spionida	Dipolydora sp.		1	-		1
			Malacoceros vulgaris		1	3	-	4
		Capitellida	Capitella capitata		505	368	-	873
			Mediomastus fragilis		42	18	-	60
		Opheliida	Scalibregma inflatum		13	-		13
		Phyllodocida	Eteone flava/longa		8	-		8
			Gattyana amondseni		3	-		3
			Pholoe baltica		21	1	-	22
		Eunicida	Parougia eliasoni			1	-	1
MOLLUSCA	Bivalvia	Nuculoida	Ennucula tenuis		3	-		3
		Veneroida	Thyasira sarsii		18	3	-	21
				Maksverdi:	505	368		873
				Antall arter/taxa:	13	7		14
				Sum antall individ:				1016

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	Replikat:	01	02	-	Sum
Stasjonsnr.: ASC4								
NEMERTINI								
			Nemertea indet.		1		-	1
PRIAPULIDA								
			Priapulus caudatus			1	-	1
ANNELIDA								
	Polychaeta							
		Orbiniida	Scoloplos armiger			1	-	1
		Spionida	Prionospio steenstrupi				1	1
			Spio limicola		2	1	-	3
		Capitellida	Capitella capitata		63		-	63
			Maldane sarsi			1	-	1
		Opheliida	Scalibregma inflatum		3		-	3
		Phyllodocida	Eteone flava/longa		10		-	10
			Microphthalmus szcelkowi		6		-	6
			Nephtys ciliata			2	-	2
			Pholoe baltica		7	5	-	12
			Polynoidae indet.		1		-	1
			Syllis cornuta			1	-	1
		Eunicida	Parougia eliasoni		2		-	2
		Oweniida	Galathowenia oculata		32	90	-	122
			Myriochele malmgreni/olgae			1	-	1
		Terebellida	Lagis koreni		9	5	-	14
CRUSTACEA								
	Malacostraca							
		Cumacea	Leucon sp.		1		-	1
		Amphipoda	Dulichiiidae indet.				1	1
			Oedicerotidae indet.		2	3	-	5
MOLLUSCA								
	Prosobranchia							
		Mesogastropoda	Euspira pallida		1		-	1
	Bivalvia							
		Nuculoidea	Ennucula tenuis		58	59	-	117
			Nuculana pernula		2	4	-	6
			Yoldia hyperborea		11	10	-	21
		Veneroidea	Abra nitida		2		-	2
			Axinopsida orbiculata		6	22	-	28
			Macoma calcarea		2		-	2
			Thyasira sarsii		16	20	-	36
ECHINODERMATA								
	Ophiuroidea							
		Ophiurida	Ophiocten affinis		1	1	-	2
			Ophiuroidea indet. juv.		1	2	-	3
				Maksverdi:	63	90		122
				Antall arter/taxa:	23	20		31
				Sum antall individ:				470

6.6 Analytical report



ANALYSIS REPORT

Customer:	Arnarlax	Report no.:	P2200206
Client reference:	Eyri (Island)	Report date:	2023-02-16
Client person:		Date Registrered:	2022-11-17
Project no.:	64474		

Lab-id. P2200206-01

Sample type	Kundens ID	Description	Note	Mottatt lab
Sediment	C1	64474 - Eyri C/ASC og B undersøkelse 2022	TOC-resultat større enn ca 60 mg/g TS kan gi underestimert TN-resultat og derved gi forhøyet C/N-verdi.	2022-11-17

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Unit	Analysis date start	Analysis date end	Norm	Measurement uncertainty
TOC	64	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	DIN EN 17505:2022	±6.4
TNb	1.4	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	NS-EN 16168:2012	±0.4
N TOC	71.2	mg/g TS	2022-12-19	2022-12-19	Veileder 02:2018	
C/N - ratio	46.5		2022-12-19	2022-12-19		
TOM	15.4	% TS	2022-12-06	2022-12-08	Internal method	±0.0
Weight% 2 mm	0.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 1 mm	0.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 0.500 mm	0.5	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 0.250 mm	16.7	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.8
Weight% 0.125 mm	15.3	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.8
Vekt% 0.063 mm	6.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.3
Weight% < 0.063 mm	60.5	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±3.0
Pelite	60.5	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±3.0
Sand	38.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±1.9
Gravel	0.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Copper (Cu) ^a	144	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	
P (Fosfor) ^a	1550	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	

^a The analytical testing has been carried out by an external laboratory, ALS Laboratory Group

* - Non-accredited result

Akvaplan-niva
Fram Centre
P.O. Box 6606 Stakkevollan
N-9296 Tromsø

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

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

The analysis report is digitally signed by:
Ingar H. Wasbotten

ihw@akvaplan.niva.no

Page 1 av 7

ANALYSIS REPORT

Customer:	Arnarlax	Report no.:	P2200206
Client reference:	Eyri (Island)	Report date:	2023-02-16
Client person:		Date Registrered:	2022-11-17
Project no.:	64474		

Lab-id. P2200206-02

Sample type	Kundens ID	Description	Note	Mottatt lab
Sediment	C2 / ASCref	64474 - Eyri C/ASC og B undersøkelse 2022		2022-11-17

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Unit	Analysis date start	Analysis date end	Norm	Measurement uncertainty
TOC	20	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	DIN EN 17505:2022	±2.0
TNb	1.9	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	NS-EN 16168:2012	±0.6
N TOC	29.9	mg/g TS	2022-12-19	2022-12-19	Veileder 02:2018	
C/N - ratio	10.5		2022-12-19	2022-12-19		
TOM	6.7	% TS	2022-12-06	2022-12-08	Internal method	±0.0
Weight % 2 mm	7.5	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.4
Weight% 1 mm	2.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Weight% 0.500 mm	2.7	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Weight% 0.250 mm	11.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.6
Weight% 0.125 mm	8.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.4
Vekt% 0.063 mm	21.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±1.1
Weight% < 0.063 mm	45.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±2.3
Pelite	45.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±2.3
Sand	46.7	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±2.3
Gravel	7.5	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.4
Copper (Cu) ^a	30.0 31.5	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	
P (Fosfor) ^a	568	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	

^a The analytical testing has been carried out by an external laboratory, ALS Laboratory Group

* = Non-accredited result

Akvaplan-niva
Fram Centre
P.O. Box 6606 Stakkevollan
N-9296 Tromsø

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

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

The analysis report is digitally signed by:
Ingar H. Wasbotten

ihw@akvaplan.niva.no

Page 2 av 7

ANALYSIS REPORT

Customer: Arnarlax Client reference: Eyri (Island) Client person: Project no.: 64474	Report no.: P2200206 Report date: 2023-02-16 Date Registrered: 2022-11-17
---	--

Lab-id. P2200206-03

Sample type	Kundens ID	Description	Note	Mottatt lab
Sediment	C3 / ASC1	64474 - Eyri C/ASC og B undersøkelse 2022		2022-11-17

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Unit	Analysis date start	Analysis date end	Norm	Measurement uncertainty
TOC	41	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	DIN EN 17505:2022	±4.1
TNb	2.5	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	NS-EN 16168:2012	±0.8
N TOC	44.0	mg/g TS	2022-12-19	2022-12-19	Veileder 02:2018	
C/N - ratio	16.2		2022-12-19	2022-12-19		
TOM	13.5	% TS	2022-12-06	2022-12-08	Internal method	±0.0
Weight % 2 mm	0.1	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 1 mm	2.0	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Weight% 0.500 mm	3.3	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.2
Weight% 0.250 mm	6.3	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.3
Weight% 0.125 mm	3.0	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.2
Vekt% 0.063 mm	2.1	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Weight% < 0.063 mm	83.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±4.2
Pelite	83.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±4.2
Sand	16.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.8
Gravel	0.1	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
P (Fosfor) ^a	926	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	

^a The analytical testing has been carried out by an external laboratory, ALS Laboratory Group

* = Non-accredited result

Akvaplan-niva
Fram Centre
P.O. Box 6606 Stakkevollan
N-9296 Tromsø

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

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

The analysis report is digitally signed by:
Ingar H. Wasbotten

ihw@akvaplan.niva.no

Page 3 av 7

ANALYSIS REPORT

Customer:	Arnarlax	Report no.:	P2200206
Client reference:	Eyri (Island)	Report date:	2023-02-16
Client person:		Date Registrered:	2022-11-17
Project no.:	64474		

Lab-id. P2200206-04

Sample type	Kundens ID	Description	Note	Mottatt lab
Sediment	C4 / ASC3	64474 - Eyri C/ASC og B undersøkelse 2022		2022-11-17

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Unit	Analysis date start	Analysis date end	Norm	Measurement uncertainty
TOC	47	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	DIN EN 17505:2022	±4.7
TNb	2.0	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	NS-EN 16168:2012	±0.6
N TOC	50.7	mg/g TS	2022-12-19	2022-12-19	Veileder 02:2018	
C/N - ratio	23.9		2022-12-19	2022-12-19		
TOM	13.3	% TS	2022-12-06	2022-12-08	Internal method	±0.0
Weight % 2 mm	0.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 1 mm	1.7	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Weight% 0.500 mm	3.4	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.2
Weight% 0.250 mm	6.6	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.3
Weight% 0.125 mm	3.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.2
Vekt% 0.063 mm	3.6	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.2
Weight% < 0.063 mm	80.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±4.0
Pelite	80.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±4.0
Sand	19.0	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±1.0
Gravel	0.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Copper (Cu) ^a	40.6 41.3	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	
P (Fosfor) ^a	892	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	
Emanuelinbenzoat ^b	940	ng/kg TS	2023-02-06	2023-02-06	Intern metode	

^a The analytical testing has been carried out by an external laboratory, ALS Laboratory Group

^b Provingen er utført av eksternt laboratorium, NIVA

* = Non-accredited result

Akvaplan-niva
Fram Centre
P.O. Box 6606 Stakkevollan
N-9296 Tromsø

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

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

The analysis report is digitally signed by:
Ingar H. Wasbotten

ihw@akvaplan.niva.no

Page 4 av 7

ANALYSIS REPORT

Customer: Arnarlax
 Client reference: Eyri (Island)
 Client person:
 Project no.: 64474

Report no.: P2200206
 Report date: 2023-02-16
 Date Registrered: 2022-11-17

Lab-id. P2200206-05

Sample type	Kundens ID	Description	Note	Mottatt lab
Sediment	C5 / ASC2	64474 - Eyri C/ASC og B undersøkelse 2022		2022-11-17

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Unit	Analysis date start	Analysis date end	Norm	Measurement uncertainty
TOC	59	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	DIN EN 17505:2022	±5.9
TNb	1.8	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	NS-EN 16168:2012	±0.5
N TOC	66.8	mg/g TS	2022-12-19	2022-12-19	Veileder 02:2018	
C/N - ratio	33.2		2022-12-19	2022-12-19		
TOM	15.3	% TS	2022-12-06	2022-12-08	Internal method	±0.0
Weight % 2 mm	0.1	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 1 mm	1.0	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 0.500 mm	0.9	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 0.250 mm	20.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±1.0
Weight% 0.125 mm	18.0	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.9
Vekt% 0.063 mm	5.1	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.3
Weight% < 0.063 mm	54.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±2.7
Pelite	54.8	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±2.7
Sand	45.1	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±2.3
Gravel	0.1	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
P (Fosfor) ^a	1190	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	

^a The analytical testing has been carried out by an external laboratory, ALS Laboratory Group

* = Non-accredited result

Akvaplan-niva
 Fram Centre
 P.O. Box 6606 Stakkevollan
 N-9296 Tromsø

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

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

The analysis report is digitally signed by:
 Ingar H. Wasbotten

ihw@akvaplan.niva.no

Page 5 av 7

ANALYSIS REPORT

Customer:	Arnarlax	Report no.:	P2200206
Client reference:	Eyri (Island)	Report date:	2023-02-16
Client person:		Date Registrered:	2022-11-17
Project no.:	64474		

Lab-id. P2200206-06

Sample type	Kundens ID	Description	Note	Mottatt lab
Sediment	C6 / ASC4	64474 - Eyri C/ASC og B undersøkelse 2022		2022-11-17

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Unit	Analysis date start	Analysis date end	Norm	Measurement uncertainty
TOC	48	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	DIN EN 17505:2022	±4.8
TNb	3.1	mg/g TS	2022-12-13	2022-12-15	NS-EN 16168:2012	±0.9
N TOC	50.8	mg/g TS	2022-12-19	2022-12-19	Veileder 02:2018	
C/N - ratio	15.6		2022-12-19	2022-12-19		
TOM	14.7	% TS	2022-12-06	2022-12-08	Internal method	±0.0
Weight % 2 mm	0.7	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Weight% 1 mm	2.6	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Weight% 0.500 mm	2.6	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Weight% 0.250 mm	3.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.2
Weight% 0.125 mm	2.2	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Vekt% 0.063 mm	3.0	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.1
Weight% < 0.063 mm	85.9	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±4.3
Pelite	85.9	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±4.3
Sand	13.5	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.7
Gravel	0.7	wt% TS	2022-12-05	2022-12-12	Internal method (Bale/Kenny 2005)	±0.0
Copper (Cu) ^a	43.1 46.8	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	
P (Fosfor) ^a	1080	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	

^a The analytical testing has been carried out by an external laboratory, ALS Laboratory Group

* = Non-accredited result

Akvaplan-niva
Fram Centre
P.O. Box 6606 Stakkevollan
N-9296 Tromsø

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

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

The analysis report is digitally signed by:
Ingar H. Wasbotten

ihw@akvaplan.niva.no

Page 6 av 7

ANALYSIS REPORT

Customer:	Arnarlax	Report no.:	P2200206
Client reference:	Eyri (Island)	Report date:	2023-02-16
Client person:		Date Registrered:	2022-11-17
Project no.:	64474		

Lab-id. P2200206-07

Sample type	Kundens ID	Description	Note	Mottatt lab
Sediment	Cu ref1	64474 - Eyri C/ASC og B undersøkelse 2022		2022-11-17

Analyseresultat							
Parameter	Resultat		Unit	Analysis date start	Analysis date end	Norm	Measurement uncertainty
Copper (Cu) ^a	39.0	38.6	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	

^a The analytical testing has been carried out by an external laboratory, ALS Laboratory Group

Lab-id. P2200206-08

Sample type	Kundens ID	Description	Note	Mottatt lab
Sediment	Cu ref2	64474 - Eyri C/ASC og B undersøkelse 2022		2022-11-17

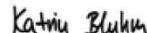
Analyseresultat							
Parameter	Resultat		Unit	Analysis date start	Analysis date end	Norm	Measurement uncertainty
Copper (Cu) ^a	34.9	33.7	mg/kg TS	2022-12-08	2022-12-08	Intern metode	

^a The analytical testing has been carried out by an external laboratory, ALS Laboratory Group

Analytical chemist:

Katrin Bluhm

Signature:



Ingar H. Wasbotten

Signatory:



Signatur:

Given results are valid only for the samples tested, and do not consider any errors due to sampling, inhomogeneities or other circumstances that may have influenced the sample condition before Akvaplan-Niva AS received it. This report can only be reproduced in its entirety and without any alterations. Complaints must be given to the laboratory within one month after reporting of the analytical results. More information about analytical methods (uncertainty, method principle etc) can be obtained by contacting Akvaplan-Niva AS.

* = Non-accredited result

Akvaplan-niva
Fram Centre
P.O. Box 6606 Stakkevollan
N-9296 Tromsø

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

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

The analysis report is digitally signed by:
Ingar H. Wasbotten

ihw@akvaplan.niva.no

Page 7 av 7