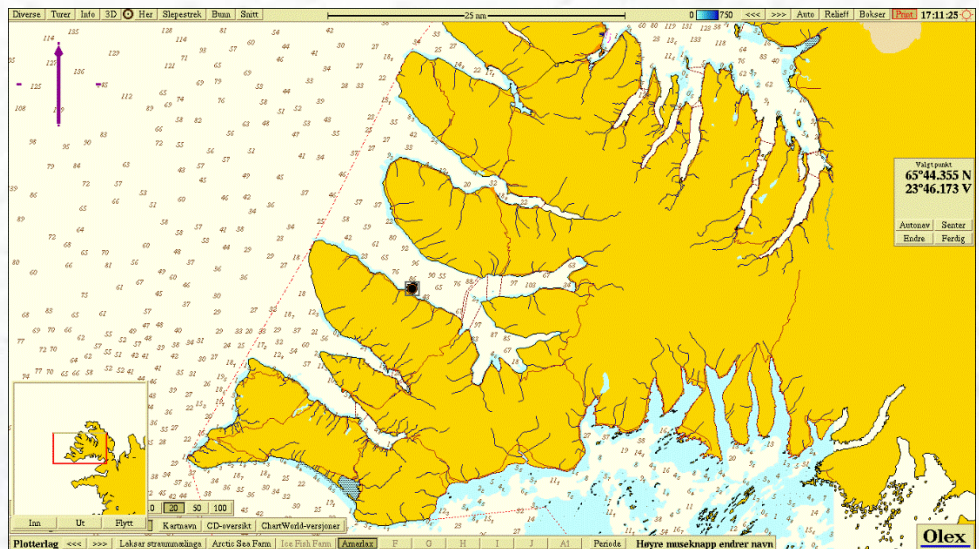


Arnarlax ASC- og C-undersøkelse Hringsdalur, 2017.



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

**Rapporttittel / Report title**

Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Hringsdalur, 2017.

Forfatter(e) / Author(s)Roger Velvin
Snorri Gunnarson**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

9187.01

Dato / Date

23.03.2018

Antall sider / No. of pages

20 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / ClientArnarlax hf.
465 Bildudal,
Island**Oppdragsg. referanse / Client's reference**

Þóra Dögg Jörundsdóttir

Sammendrag / Summary

Resultatene fra undersøkelsene på lokalitet Hringsdalur i november 2017 viste at sedimentet på C3 var lite belastet med organisk karbon. De andre sedimentene i undersøkelsen var moderat belastet. Artsmangfoldet var lavt på C4 og C5, og høyere på de øvrige stasjonene. Samlet faunaindeks nEQR viste god faunatilstand på C1, C2 og C3, moderat faunatilstand på C4 og dårlig på C5. NS 9410 klassifisering av bløtbunnsamfunnet på stasjon C1 i anleggssonen ga miljøtilstand 1 "Meget god". Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen i november 2017.

Prosjektleder / Project manager

Handwritten signature of Snorri Gunnarson in blue ink.

Snorri Gunnarson

Kvalitetskontroll / Quality control

Handwritten signature of Hans-Petter Mannvik in blue ink.

Hans-Petter Mannvik

© 2018 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.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 OPPSUMMERING	3
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene	3
1.2 Summary of the ASC results	4
1.3 Oppsummering av C-resultatene	5
1.4 Summary of the C results	6
2 INNLEDNING	7
2.1 Bakgrunn og formål.....	7
2.2 Drift	7
2.3 Tidligere undersøkelser	8
3 MATERIALE OG METODE.....	9
3.1 Faglig program	9
3.2 Avvik fra faglig program i standard ASC og NS 9410	9
3.3 Valg av ASC-stasjoner og AZE.....	10
4 ASC-UNDERSØKELSE HRINGSDALUR	11
4.1 Resultater	11
4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh).....	11
4.1.2 Kobber i sedimenter.....	11
4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser.....	11
5 C-UNDERSØKELSE HRINGSDALUR	13
5.1 Innledning	13
5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse.....	13
5.3 Resultater	14
5.3.1 Hydrografi	14
5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, kornfordeling og pH/Eh.....	15
5.3.3 Kobber	15
5.3.4 Faunaanalyser	15
5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse.....	18
5.4.1 Sammenfatning	18
5.4.2 Konklusjon	19
6 REFERANSER.....	20
7 VEDLEGG	21
Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer brukt i Norge	21
Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE	24
Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister	25
Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser.....	36

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type ASC og C på lokaliteten Hringsdalur. C-undersøkelsen er utført etter i NS 9410:2016. Undersøkelsene har inkludert pH/redoksmålinger (Eh), hydrografi, geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunnsamfunnet ved oppdrettslokaliteten. Resultatene fra alle stasjoner inngår i ASC-undersøkelsen og resultatet fra fem stasjoner inngår i C-undersøkelsen. Oppdragsgiver har vært Arnarlax.

Denne rapporten er versjon nummer 2 for undersøkelsen på Hringsdalur. Verdiene for redoksmålinger er korrigert på grunn av feil i avlesning av verdier fra ORP til Eh i forhold til referanseelektroden. Den korrekte konverteringen innebærer en økning av notert Eh-verdi med 200 mV. Dette er nå innarbeidet i alle tabeller og konklusjoner i rapport versjon 2.


Følgende personer har deltatt:

Snorri Gunnarson	Akvaplan-niva	Feltarbeid, rapport, prosjektleder.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Thomas Heggem	Akvaplan-niva	Sondegrafikk og kart
Vera Remen	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan-niva vil takke Arnarlax, Þóra Dögg Jörundsdóttir, for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS

	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.
---	---

Kópavogur, 23.03 2018


Snorri Gunnarson

Prosjektleder

1 Oppsummering

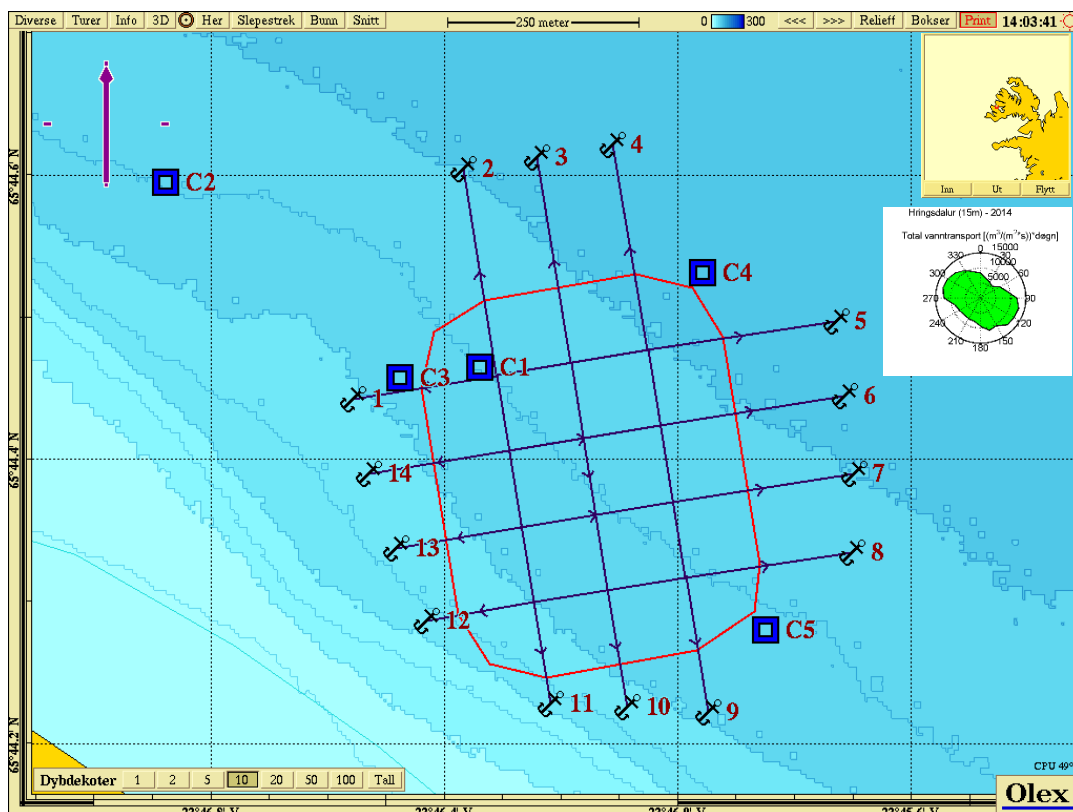
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene

Indikator i ASC	ASC krav	Kommentarer til prøvetaking				
		C1	C2	C3	C4	C5
2.1.1	Redox >0 mV eller sulphid level < 1500 microMol/L	149	150	159	158	162
2.1.2	«Faunal index score» utenfor AZE indikerer god til svært god økologisk status – Shannon-Wiener > 3	3,27	3,70	3,82	2,63	1,26
2.1.3	≥ 2 taksa av makrofauna innenfor AZE som ikke er forurensingsindikatorer, med en tilstedeværelse på over 100 ind/m ²	9				
2.1.4	Lokalspesifikk AZE	Se Kapt. 3.2				

Konklusjoner:

Redokspotensialene (Eh) var positive i sedimentene. Artsmangfoldet var lavt i bløtbunnsamfunnene fra C4 og C5 med diversitetsindeks $H' < 3$, og høyt $H' > 3$ på C1, C2 og C3. En vurdering av bløtbunnsamfunnet i innenfor AZE (C1) i henhold til ASC-standarden viste at det fantes ni arter som ikke var forurensningsindikator (pollution indicator species) med 100 eller flere individer/m². Det er ikke analysert for kobber i sedimentene (se 3.2).

En oversikt over anlegget med stasjoner og AZE-sone inntegnet (rød linje) er vist i figuren under.



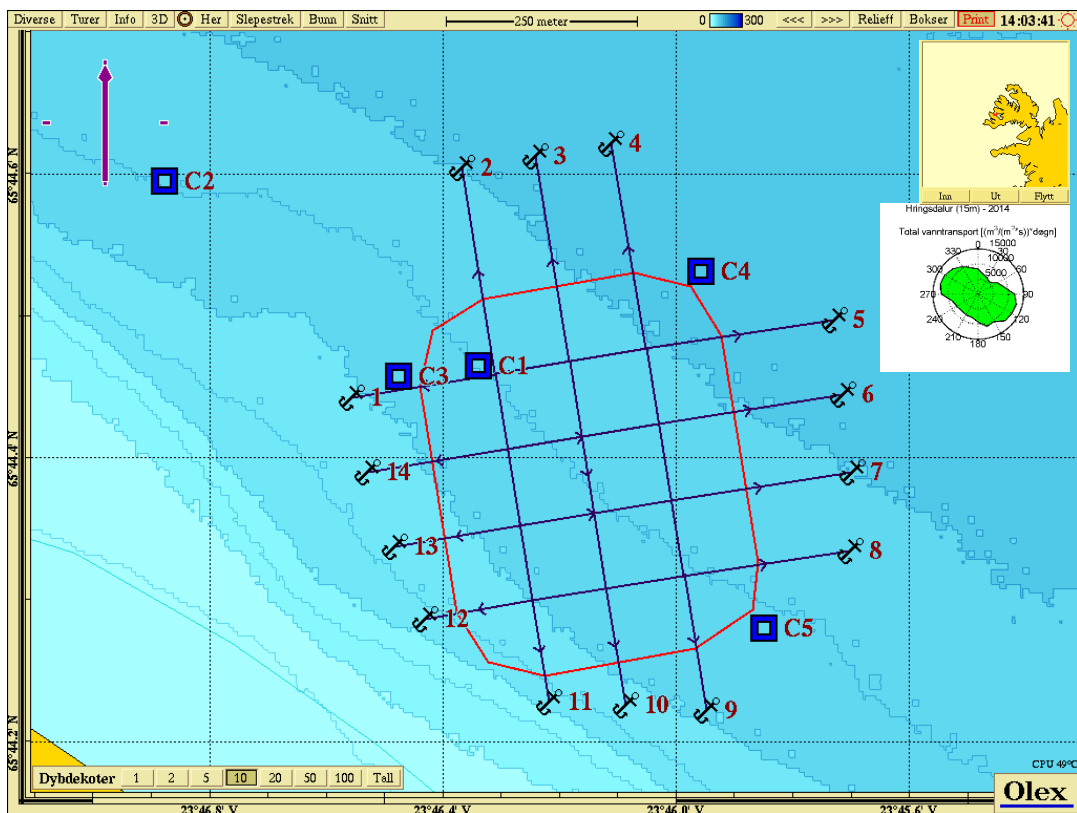
1.2 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC demand	Remarks of the sampling				
		C1	C2	C3	C4	C5
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/L	149	150	159	158	162
2.1.2	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3	3.27	3.70	3.82	2.63	1.26
2.1.3	≥ 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	9				
2.1.4	Location specific AZE	See Chapt. 3.2				

Conclusions:

The redox potential (Eh) was positive in the sediments. The faunal diversity was low station C4 and C5 with the diversity index $H' < 3$, and high at the other stations ($H' > 3$). An evaluation of the faunal community within the AZE (stations C1) in accordance to the ASC standard showed that there were nine species which were not pollution indicator species, present with 100 or more individuals/m². Cu analyses are not included in the survey (see 3.2)


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



1.3 Oppsummering av C-resultatene

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse Hringsdalur, 2017.		
Rapport nr.	9187.01	Lokalitet:	Hringsdalur
Lokalitet nr.		Kartkoordinater (anlegg):	65°44,355 N 23°46,173 V
MTB-tillatelse:	Område MTB	Kontaktperson:	Póra Dögg Jörundsdóttir
Oppdragsgiver:	Arnarlax hf.		


Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 01.11.2017			
Fiskegruppe:	Laks	Biomasse ved undersøkelse:	
Utføret mengde:	4300 tonn	Produsert mengde:	4000 tonn
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:	X	Oppfølgende undersøkelse:	
Brakklegging:		Ny lokalitet:	

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR		Diversitetsindeks H' (Shannon Wiener)	
Fauna C1	0,618	Fauna C1	3,27
Fauna C2	0,677	Fauna C2	3,70
Fauna C3	0,647	Fauna C3	3,82
Fauna C4	0,559	Fauna C4	2,63
Fauna C5	0,282	Fauna C5	1,26
Dato feltarbeid:	01.11.2017	Dato rapport:	23.03 2018
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			nTOC fra 21,8 til 33,2 (God til moderat) Eh positiv på alle stasjoner O ₂ -forholdene gode i hele vannsøylen.
Ansvarlig feltarbeid:	Snorri Gunnarson	Signatur:	

1.4 Summary of the C results

Client information			
Title :	C-Study Hringsdalur, 2017.		
Report nr.	9187.01	Location:	Hringsdalur
Location nr.		Map coordinates (construction):	65°44.355 N 23°46.173 W
MTB-permission:	Area production/None	Operations manager:	Þóra Dögg Jörundsdóttir
Client:	Amarlax hf		

Biomass/production status at date of investigation field date 01.11.2017			
Fish group:	Atlantic salmon	Biomass on examination:	
Feed input:	4300 ton	Produced quantity:	4000 ton
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maximum biomass	X	Follow up study:	
Fallow:		New location:	

Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR		Diversity index H' (Shannon Wiener)	
Fauna C1	0,618	Fauna C1	3,27
Fauna C2	0,677	Fauna C2	3,70
Fauna C3	0,647	Fauna C3	3,82
Fauna C4	0,559	Fauna C4	2,63
Fauna C5	0,282	Fauna C5	1,26
Date fieldwork:	01.11.2017	Date of report:	15.03 2018
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)			nTOC from 21,8 to 33,2 (Good to moderate) Eh positive at all stations O ₂ -conditions good throughout the water column.
Responsible for fieldwork:	Snorri Gunnarson	Signature:	

2 Innledning

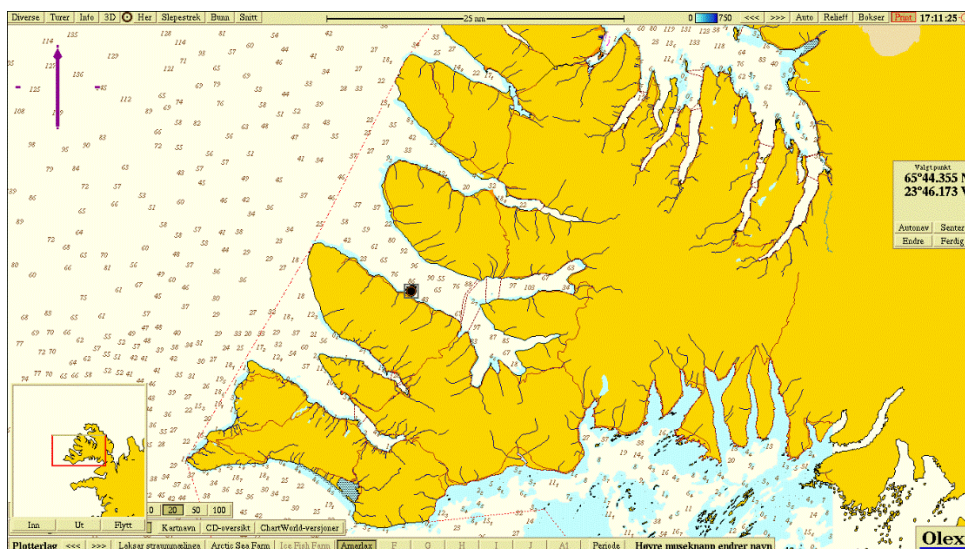
2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva har på vegne av Arnarlax gjennomført en ASC-undersøkelse og C-undersøkelse på lokalitet Hringsdalur i Arnarfjörður. Lokaliseringen er vist i Figur 1.

Undersøkelsen er utført med bakgrunn i at Arnarlax ønsker å sertifisere lokaliteten Hringsdalur i henhold til Aquaculture Stewardship Council (ASC-standarden). Det er samtidig foretatt en miljøundersøkelse iht. kap 5.0 i NS 9410:2016. Denne følger C-metodikk og inngår i lokalitetens forundersøkelse før ny etablering.

Undersøkelsen følger metodikken for miljøundersøkelse beskrevet i ISO 16665:2014, ISO 5667-19:2004 og ASC Salmon Standard. Denne rapporten er utarbeidet for å kunne tilfredsstillere kravene fra Aquaculture Stewardship Council (ASC). Prøvetakingsstasjonene er valgt på bakgrunn av resultater fra tidligere strømmålinger gjennomført på 15 meters dyp i anledning lokalitetsundersøkelser, samt bunntopografisk kartlegging ved bruk av Olex.

Metodene ved prøvetaking og analyser oppfyller også krav stilt i ISO 12878. Undersøkelsen er også utført etter overvåkingsplan (sent til Umhverfisstofnun) for å tilfredsstillere krav i lokalitetstillatelsene fra Islandske myndigheter.



Figur 1. Oversiktskart over Arnarfjörður med plassering av lokaliteten Hringsdalur (sort punkt). Koordinater for anleggets område er angitt i bildets høyre kant.

2.2 Drift

Anlegget er en rammefortøyning med 2 x 3 bur, totalt 6 merder på 160 meters omkrets. Lokaliteten har vært i drift siden januar 2017 etter at det ble satt ut smolt (G 2016). På undersøkelsestidspunktet var stående biomasse på ca. 4000 tonn laks fordelt på 6 merder (Jörundsdóttir pers. medd). Den nåværende generasjon er den første i oppdrett på lokaliteten

På Island gis ikke MTB-grense på lokalitetsnivå (maksimal tillatt biomasse) slik som i Norge. MTB-grense bestemmer hvor mye levende fisk innehaveren av tillatelsen kan ha stående i sjøen til enhver tid. MTB reguleres på to nivå; lokalitetsnivå og selskapsnivå. Arnarlax er tildelt en MTB på selskapsnivå de kan produsere i flere anlegg i Arnarfjörður. Plan for biomasse for lokaliteten gjennom driftsperioden er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Utvikling av biomasse (kg) ved lokaliteten Hringsdalur. Tabellen er innhentet fra oppdragsgiver (Jörundsdóttir pers. medd.).

Arnarlax hf	År	Måned	Hringsdalur
	2017	Januar	1 379 143
	2017	Februar	1 512 175
	2017	Mars	1 658 561
	2017	April	1 843 615
	2017	Mai	2 000 187
	2017	Juni	2 312 365
	2017	Juli	2 752 892
	2017	August	3 422 677
	2017	September	4 084 711
	2017	Oktober	3 866 859
	2017	November	4 086 517
	2017	Desember	2 980 032
	2018	Januar	1 691 086
	2018	Februar	388 444
	2018	Mars	0

2.3 Tidligere undersøkelser

Akvaplan-niva AS har ikke foretatt tidligere miljøundersøkelser i området der anlegget ligger. Oppdragsgiver har fremlagt en B-undersøkelse for lokaliteten Hringsdalur med prøvetaking 22.10.2013 (Moe & Ottesen, 2013.). Prøvene i undersøkelsen 2013 er derfor tatt på uberørt areal, 10 prøvestasjoner rundt lokaliteten med resultat på tilstand meget god og beskriver derfor den naturlige tilstanden på lokaliteten.

3 Materiale og metode

3.1 Faglig program

Valg av undersøkelsesparametere, stasjonsplasseringer og type innsamlingsprogram for bunnprøvetakinger og andre registreringer er gjort i henhold til ASC-standarden og NS 9410 (C-undersøkelser). En oversikt over planlagt faglig program er gitt i Tabell 2.

For gjennomføring og opparbeiding er gjeldende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet (se Vedlegg 1 og 2).

Tabell 2. Faglig program for ASC- og C-undersøkelsen ved Hringsdalur, 2017. TOC = total organisk karbon. Korn = kornfordeling. TOM = total organisk materiale. TN = total nitrogen. pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial. Alle stasjonene inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Type undersøkelse
C1 (anleggssone, innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C2 (overgangssone, fjernstasjon utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C3 (overgangssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C4 (overgangssone, dypområdet, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
C5 (overgangssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.

Feltarbeidet ble gjennomført 01.11.2017.

3.2 Avvik fra faglig program i standard ASC og NS 9410

I tidligere forundersøkelse fra lokalitet Steinanes i Arnafjord (Mannvik & Eriksen, 2018) ble det funnet forhøyede nivåer av kobber i alle undersøkte sedimenter. Ettersom det ikke har vært produksjon ved denne lokaliteten forut forundersøkelsen, og det ikke er kjent til eventuelle andre, menneskeskapt påvirkningskilder eller utslipp i området, antas det at disse resultatene gjengir naturtilstanden i sedimentene ved lokaliteten. Det kan av den grunn virke som at de internasjonale ASC-kravene ikke er tilpasset de naturlige forholdene ved Island, som sannsynligvis er påvirket av den geologiske historien til øyen.

I en rapport fra 1999 (Egilsson *et al.*, 1999) sammenlignes nivåer av bl. a. kobber fra kysten av Island, vestkysten av Norge og Waddensjøen utenfor Nederland. Nivåene av kobber er oppgitt som hhv. 55, 17 og 22 mg/kg TS, men uten nærmere opplysninger om kornstørrelsen i sedimentet. Det er kjent at de naturlige bakgrunnsnivåene av tungmetaller i stor grad er korrelert med andelen av pelitt (som er sum av fraksjonene silt og leire) i sedimentene. Jo finere sediment jo høyere bakgrunnsnivåer av bl.a. kobber finnes i sedimentet. Dette kan indikere at oppgitt grenseverdi i ASC-standarden ikke egner seg for sedimentforholdene ved Island. Det samme kan sies om faunaforhold og innhold av organisk materiale i sedimentene og de krav som ASC-standarden og NS:9410 setter til de analysene.

Med denne bakgrunn og med hensyn til at det ikke er eller blir benyttet kobber i fremtiden på lokaliteten, ble det i foreliggende undersøkelse ikke innsamlet sediment for kobberanalyser på noen av stasjonene.

Det ble heller ikke utført tilstandsklassifisering for de ulike parametere i C-undersøkelsen, basert på norske grenseverdier (se 5.1) siden disse er ikke tilpasset Islandske forhold. Alle resultater er presentert med verdier og faunaindekser.

3.3 Valg av ASC-stasjoner og AZE

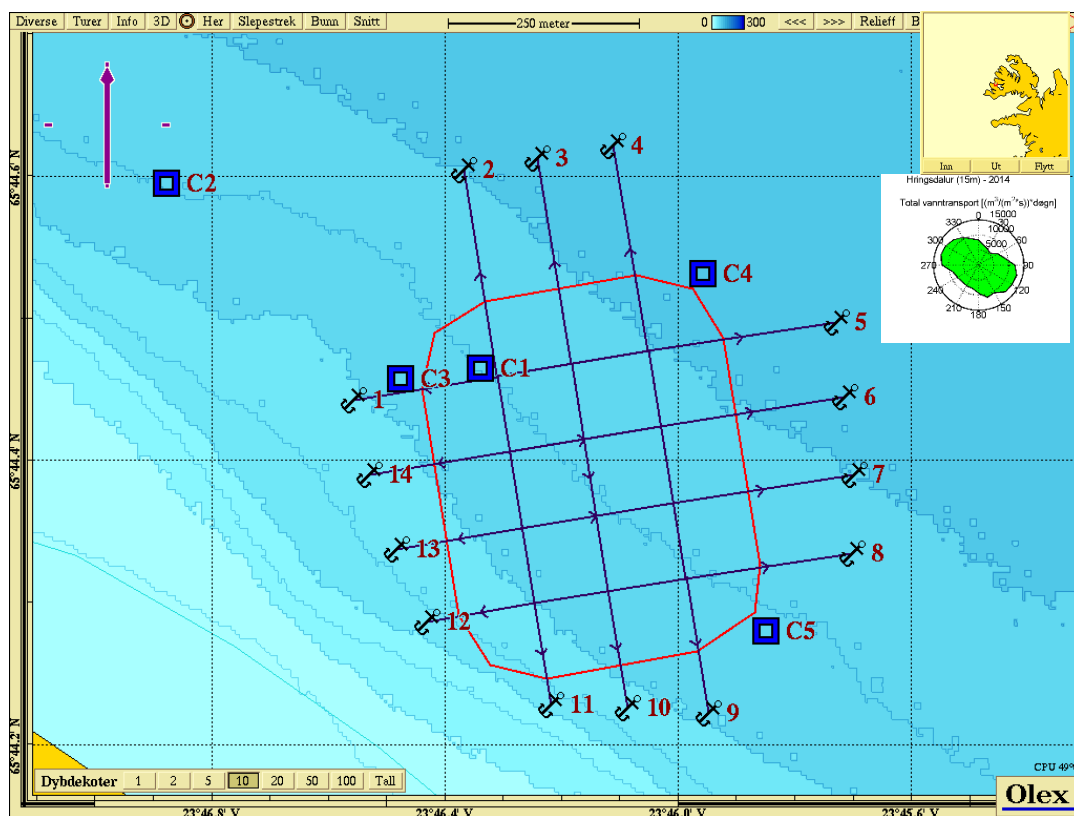
ASC-standarden åpner for at en anleggsspesifikk AZE kan avgrenses til andre avstander enn 30 meter rundt anlegget (site-specific AZE, se pkt. 2.1.4. i «audit manual»). En AZE på 30 m kan av tekniske og fysiske årsaker vanskelig praktiseres på denne lokaliteten. Prosedyre for beregning av lokalitetsspesifikk AZE er vist i Vedlegg 2. Ut fra målt strøm på lokaliteten og dybde under denne, er AZE grense satt til 100 meter for denne lokaliteten.

Med bakgrunn i prøvetakingssystem i punkt 2.1 i ASC «audit manual» («request to allow for sampling at different locations and/or changes in total number of samples») er det brukt fem biologiske prøvetakingsstasjoner.

Stasjonsposisjonene er gjort på bakgrunn av strømmålinger gjennomført av Akvaplan-niva AS på 15 meters dyp ved lokaliteten (Eriksen, 2016). Det er spredningsstrøm som skal legges til grunn for stasjonsplasseringer. Siden dette ikke foreligger ennå, er foretatte målinger på 5 og 15 meter vurdert og ansett tilstrekkelig relevante. Selskapet er kjent med at spredningsstrøm må kartlegges for senere undersøkelser og oppfølging. Koordinater, dyp og stasjonsnettet for prøvetakingen er vist i Tabell 3 og Figur 2.

Tabell 3. Avstand mellom nærmeste merd og prøvetakingspunkt. Stasjonskoordinater og dyp, ASC-stasjonene ved Hringsdalur, 2017. De samme stasjonene inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Avstand fra nærmeste merd (m)	Stasjonsdyp (m)	Posisjon
C1	25	72	65° 44.465 N 23° 46.337 V
C2	500	71	65° 44.595 N 23° 46.876 V
C3	125	64	65° 44.457 N 23° 46.474 V
C4	125	84	65° 44.531 N 23° 45.956 V
C5	125	69	65° 44.280 N 23° 45.848 V



Figur 2. Stasjonskart, ASC Hringsdalur, 2017. Grense for AZE inntegnet som rød linje med avstand på 100 m fra rammen til anlegget. Strøm er målt på 15 meters dyp.

4 ASC-undersøkelse Hringsdalur

4.1 Resultater

4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh)

Tabell 4 viser sedimentbeskrivelsene og resultatene redoksmålingene på stasjonene. Eh viste positive verdier på alle stasjonene.

Tabell 4. Sedimentbeskrivelse og redoks-målinger (Eh). ASC-stasjoner Hringsdalur, 2017.

St.*	Sedimentbeskrivelse	Eh
C1	Leire, silt. Olivengrønn. Ingen lukt. Noe sort tare + knust skjell.	149
C2	Leire, silt. Oliven grønn. Ingen lukt. En del sort tare.	150
C3	Leire, silt. Oliven grønn. Ingen lukt. En del sort tare.	159
C4	Leire, silt. Oliven grønn. Ingen lukt. Litt sort tare.	158
C5	Leire, silt. Ingen lukt. En del sort tare.	162

4.1.2 Kobber i sedimenter

Det ble ikke innsamlet sediment for kobberanalyser på noen av stasjonene (se 3.2).

4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser

4.1.3.1 Artsmangfold – Shannon Wiener diversitetsindeks (H').

Diversitetsindeksen Shannon-Wiener (H') for bløtbunnsamfunnene er presentert i Tabell 5. Her vises også antall arter og individer på hver av stasjonene. De øvrige faunaindeksene finnes i Vedlegg 3.

Antall individer varierte fra 462 (C5) til 1618 (C3) og antall arter fra 15 (C5) til 77 (C3). Diversitetsindeksen H' var lav og under 3 på C4 og C5 og høyere enn 3 på de øvrige stasjonene.

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ASC-stasjoner ved Hringsdalur, 2017.

St.*	Individtall	Ant arter	H'
C1	1543	63	3,27
C2	951	57	3,70
C3	1618	77	3,82
C4	1203	33	2,63
C5	462	15	1,26

4.1.3.2 ASC vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 innenfor AZE

Under er det gjort en vurdering av hvorvidt bløtbunnsamfunnene på stasjonen innenfor AZE (C1) oppfylte følgende krav fra ASC-standarden:

"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)

I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i økologiske grupper basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Forurensingsindikatorer (pollution indicator species) er klassifisert i økologisk gruppe V. Resultatet er vist i Tabell 6.

Det var 10 arter med mer enn 100 individ/m² tilstede på stasjon C1. Kun en av dem var forurensningsindikator (*Capitella capitata*). Bløtbunnsamfunnet innfridde dermed ASC-kravet.

Tabell 6. Taksa med flere enn 100 individer per m² på C1, Hringsdalur, 2017.

Stasjon	Taksa	Antall per 0,2 m ²	Antall per m ²	NSI Økologisk gruppe*
C1	Chaetozone sp.	714	3570	III
	Prionospio steenstrupi	116	580	II
	Cossura longocirrata	114	570	IV
	Ennucula tenuis	90	450	II
	Ampharete petersenae	74	370	ik
	Euchone sp.	66	330	II
	Capitella capitata	62	310	V
	Thyasira sarsii	33	165	IV
	Parougia eliasoni	32	160	ik
	Ophelina acuminata	28	140	II

*Økologiske grupper: I = sensitive arter. II = nøytrale arter. III = tolerante arter. IV = opportunistiske arter.

V = forurensningsindikatorer (pollution indicator species). Fra Rygg og Norling, 2013. Ik = ikke kjent økologisk gruppe.

5 C-undersøkelse Hringsdalur

5.1 Innledning

C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget (anleggssonen) og utover i resipienten (fjernsonen). Hoveddelen er en undersøkelse av bunnfaunaen på bløtbunn, som gjennomføres i henhold til ISO 5567-19:2004 og ISO 16665:2014. De obligatoriske parametrene som skal undersøkes er gitt i en oversikt i NS 9410:2016.

Det er ikke utviklet klassifiseringsgrenser for denne type undersøkelser ved kysten av Island og klassifisering av sediment- og faunatilstand tilsvarende det som utføres i Norge er derfor ikke utført. Imidlertid er resultater med de samme indeksene som brukes i Norge gitt her, men det gjøres oppmerksom på at noen av disse (f. eks. NSI) er utviklet for norske forhold. For nærmere beskrivelse av indeksene vises det til Vedlegg 3 og Miljødirektoratets Veileder 02:2013.

5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse

Det faglige programmet følger anbefalinger gitt i NS 9410:2016 for C-undersøkelser (Tabell 7). Antall stasjoner er gitt med bakgrunn i lokalitetens planlagte produksjon i nåværende generasjon, som er 4200 tonn. Standarden krever da fire stasjoner samt en referansestasjon 1 km unna anlegget, totalt fem C-stasjoner. Stasjonene er plassert i henhold til hovedstrømretning som er målt på 15 meter (Eriksen, 2016). Det er spredningsstrøm som skal legges til grunn for stasjonsplasseringer. Siden dette ikke foreligger ennå, er foretatte målinger på 5 og 15 meter vurdert og ansett tilstrekkelig relevante for denne undersøkelsen. Men selskapet er kjent med at spredningsstrøm må kartlegges for senere undersøkelser og oppfølging.

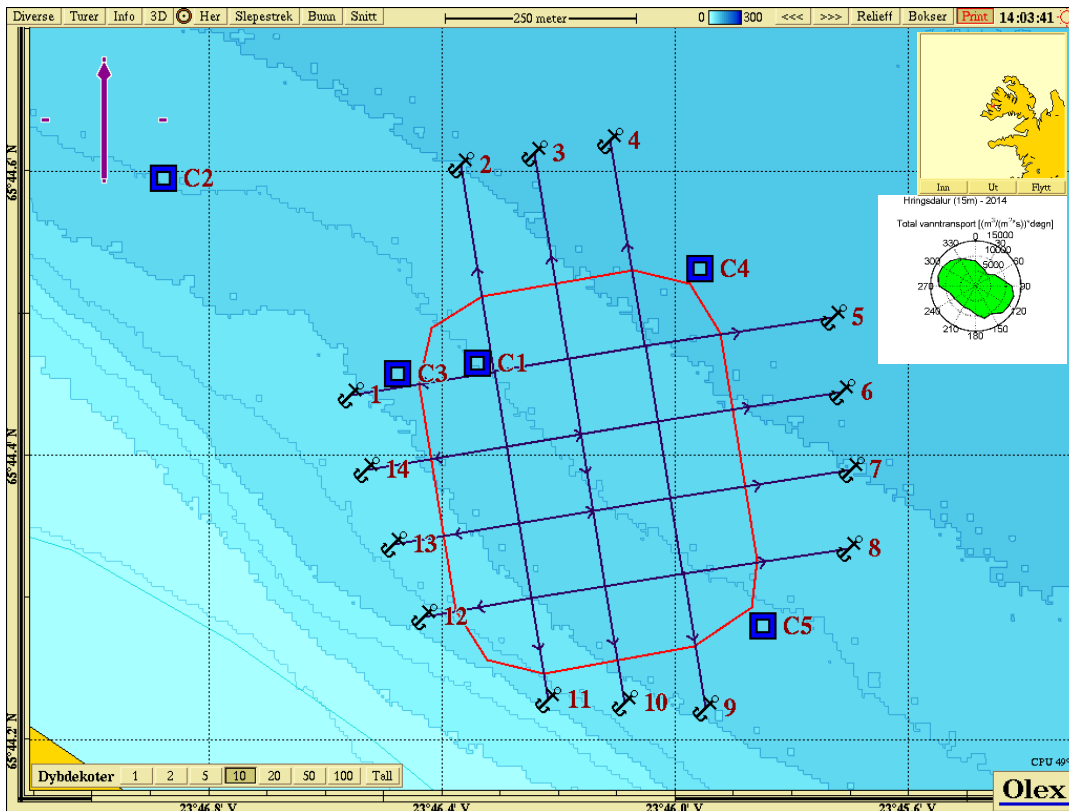
Stasjonsdyp og koordinater er vist i Tabell 8, og stasjonskart i Figur 3.

Tabell 7. Planlagt faglig program for C-undersøkelsen ved Hringsdalur, 2017. TOC = total organisk karbon, Korn = kornfordeling, TOM = Totalt organisk materiale, TN = Totalt nitrogen, pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial.

Stasjon	Type undersøkelse
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
C5	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.

Tabell 8. Stasjonsdyp og -koordinater, C-stasjonene ved Hringsdalur, 2017.

Stasjon	C1	C2	C3	C4	C5
Dyp (m)	72	71	64	84	69
GPS	65° 44,465 N 23° 46,337 V	65° 44,595 N 23° 46,876 V	65° 44,457 N 23° 46,474 V	65° 44,531 N 23° 45,956 V	65° 44,280 N 23° 45,848 V
Avstand til merd (m)	25	500	125	125	125

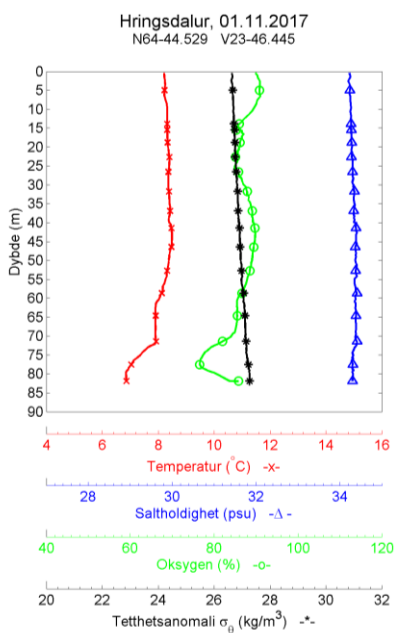


Figur 3. Stasjonskart, C-undersøkelse Hringsdalen, 2017. Strøm er målt på 15 m dyp. ASC-Cref = C2

5.3 Resultater

5.3.1 Hydrografi

De hydrografiske vertikallprofilene for C4 i november 2017 er vist i Figur 4. Temperaturen sank fra 8°C i overflaten til 7°C ved bunnen. Saliniteten lå jevnt i overkant av 34 fra overflate til bunn. Oksygenmetningen varierte rundt 90 % i vannsøylen, som var metningen over bunnen.



Figur 4. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på C4 ved Hringsdalen, 2017.

5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, kornfordeling og pH/Eh

Nivåer av total organisk materiale (TOM), total organisk karbon (TOC), total nitrogen (TN), C/N-forholdet, kornfordeling og pH/Eh i sedimentene er presentert i Tabell 9.

Nivåene av TOM varierte mellom 4,4 (C3) og 12,9 % (C4). Normalisert TOC varierte mellom 21,8 (C3) og 33,2 (C4). TN-nivåene var lave med høyeste nivå på C4 (4,2 mg/g). C/N-forholdene var lave på stasjonene.

De høyeste nivåene av sedimentparameterne ble målt på C4 (dypområdet). Sedimentet på C3 var lite belastet med organisk karbon, men de andre sedimentene i undersøkelsen var moderat belastet.

Sedimentene var moderat grovkornet til moderat finkornet med pelittandeler mellom 27 % på C3 og 67 % i dypområdet på C4.

Eh-verdiene var positive i sediment fra alle stasjonene, og pH varierte mellom 7,6 (C5) og 7,9 (C1 og C2).

Tabell 9. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Hringsdalur, 2017.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Leire, silt. Olivengrøn. Ingen lukt. Noe sort tare + knust skjell.	9,2	19,6	28,5	2,9	6,7	50	7,9/149
C2	Leire, silt. Oliven grøn. Ingen lukt. En del sort tare.	9,8	23,1	31,,4	3,8	6,0	54	7,9/150
C3	Leire, silt. Oliven grøn. Ingen lukt. En del sort tare.	4,4	8,7	21,8	0,91	9,6	27	7,7/159
C4	Leire, silt. Oliven grøn. Ingen lukt. Litt sort tare.	12,9	27,3	33,2	4,2	6,3	67	7,7/158
C5	Leire, silt. Ingen lukt. En del sort tare.	6,9	16,6	28,6	2,2	7,5	33	7,6/162

* Tilstandsklassifisering (SFT - Molvær m.fl., 1997) basert på TOC forutsetter at konsentrasjonen av TOC i sedimentet standardiseres for teoretisk 100% finstoff (pelitt < 0.063 mm) iht. til formelen: Normalisert TOC = målt TOC + 18 x (1-F), hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl., 1993).

5.3.3 Kobber

Det ble ikke analysert for kobber i sediment fra C1 (se 3.2).

5.3.4 Faunaanalyser

5.3.4.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

Resultatene fra de kvantitative bunndyranalysene på C-stasjonene er presentert i Tabell 10. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet i Norge.

Antall individer varierte fra 462 (C5) til 1618 (C3) og antall arter fra 15 (C5) til 77 (C3). Diversitetsindeksen H' var lav og under 3 på C4 og C5 og høyere enn 3 på de øvrige stasjonene. Samlet indeks nEQR var over 0,6 på C1, C2 og C3, som kan karakteriseres som god faunatilstand. På C4 var nEQR 0,559, som viser et moderat belastet faunasamfunn. På C5 lå nEQR på 0,282, som må karakteriseres som dårlig.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en "skjev" individfordeling mellom artene, og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Fordelingen var ujevn på C5 med indeks 0,38 og noe høyere på de andre stasjonene med indekser mellom 0,56 og 0,68.

Tabell 10. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQII = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQII). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. C-stasjoner ved Hringsdalur, 2017.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQII	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1	1543	63	3,27	20,8	0,60	8,26	19,53	0,618	0,78	3,804	0,59
C2	951	57	3,70	22,8	0,66	8,97	21,57	0,677	0,62	3,058	0,68
C3	1618	77	3,82	25,3	0,63	8,19	19,39	0,647	0,84	3,646	0,65
C4	1203	33	2,63	12,9	0,54	8,37	20,65	0,559	0,73	3,910	0,56
C5	462	15	1,26	8,2	0,35	6,24	8,28	0,282	0,25	5,672	0,38

5.3.4.2 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 ved anlegget.

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen også baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kap. 8.6.2 i NS 9410:2016).

Bløtbunnsamfunnet på stasjon C1 ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god". Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 1 er tilstedeværelse av mer enn 20 individer, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 65 % av individene (Tabell 11). Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonen er hentet fra Tabell 10 og Tabell 12.

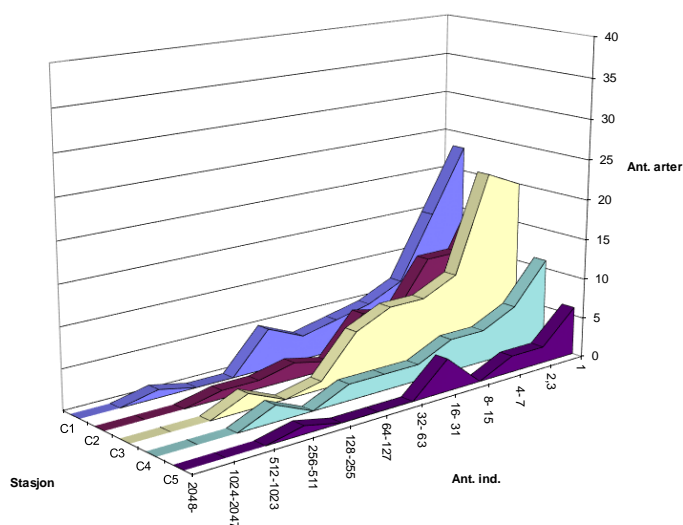
Tabell 11. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på C1 ved lokaliteten Hringsdalur, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Hringsdalur	63	Chaetozone sp. -46 %	1 Meget god

5.3.4.3 Geometriske klasser

Figur 5 viser antall arter plottet mot antall individer, der antallet individer er delt inn i geometriske klasser. Det vises til Vedlegg 3 for en forklaring av begrepet geometriske klasser.

Kurven for C5 startet lavest og strakk seg noe ut mot høyere klasser. Kurveforløpet kan indikere faunaforstyrrelse. De andre kurven hadde moderat høye startpunkter og strakk seg i varierende grad ut. Kurveforløpene ga ingen klare indikasjoner på faunatilstanden.

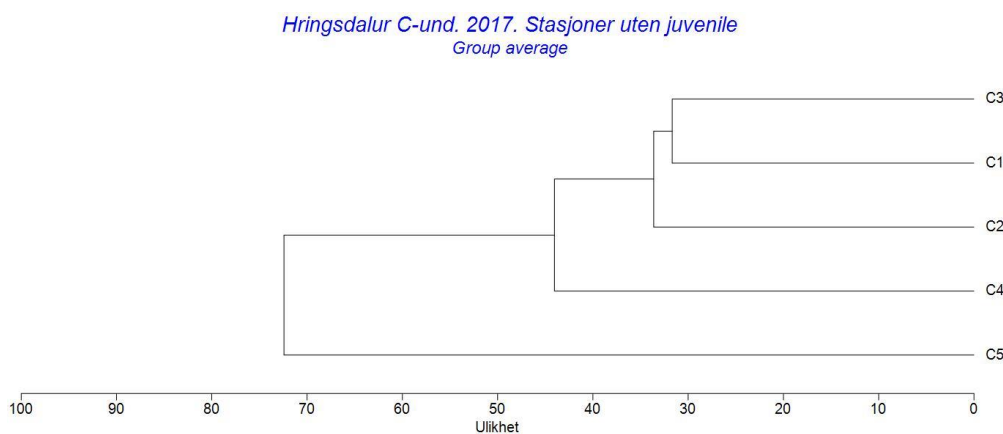


Figur 5. Bløtbunnsfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser. Hringsdalur, 2017.

5.3.4.4 Clusteranalyse

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble den multivariate teknikken clusteranalyse benyttet. Resultatene fra denne er presentert i dendrogram i Figur 6.

C1, C2, C3 hadde mer enn 68 % likhet i faunasammensetning. C4 var 56 % lik disse, mens C5 var 28 % lik de øvrige stasjonene i undersøkelsen.



Figur 6. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen. C-stasjoner Hringsdalur, 2017.

5.3.4.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en topp ti artsliste fra hver stasjon i Tabell 12.

Den tolerante børstemarken *Chaetozone* sp. dominerte på C1 og C4 med hhv. 46 og 47 % av individmengden. På C1 ble det registrert en forekomst av forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark).

På C2 og C3 var børstemarken *Ampharete petersenae* mest tallrik med 28 og 27 % av individene, tett etterfulgt av *Chaetozone* sp. på begge stasjonene.

På C5 dominerte forurensningsindikatoren *Capitella capitata* med 80 % av individmengden. Her var det ellers mange opportunistiske arter blant topp-ti.

Det ble ikke registrert kjente forurensningsindikatorer blant topp-ti på C2, C3 og C4.

Tabell 12. Antall individer og kumulativ prosent for de ti mest dominerende artene på C-stasjonene. Hringsdalur, 2017.

C1	Ant.	Kum.	C2	Ant.	Kum.
Chaetozone sp.	714	46 %	Ampharete petersenae	263	28 %
Prionospio steenstrupi	116	53 %	Chaetozone sp.	183	47 %
Cossura longocirrata	114	61 %	Prionospio steenstrupi	107	58 %
Ennucula tenuis	90	67 %	Ennucula tenuis	82	67 %
Ampharete petersenae	74	71 %	Ophelina acuminata	43	71 %
Euchone sp.	66	76 %	Euchone sp.	25	74 %
Capitella capitata	62	80 %	Galathowenia oculata	23	76 %
Thyasira sarsii	33	82 %	Leucon sp.	22	78 %
Parougia eliasoni	32	84 %	Thyasira sarsii	17	80 %
Ophelina acuminata	28	86 %	Myriochele olgae	16	82 %
C3	Ant.	Kum.	C4	Ant.	Kum.
Ampharete petersenae	438	27 %	Chaetozone sp.	497	41 %
Chaetozone sp.	393	51 %	Prionospio steenstrupi	304	66 %
Leitoscoloplos mammosus	113	58 %	Ennucula tenuis	101	75 %
Oligochaeta indet.	61	62 %	Cossura longocirrata	90	82 %
Cossura longocirrata	53	65 %	Ophelina acuminata	55	87 %
Praxillella praetermissa	53	69 %	Galathowenia oculata	36	90 %
Euchone sp.	50	72 %	Leucon sp.	21	92 %
Myriochele olgae	39	74 %	Praxillella gracilis	18	93 %
Prionospio steenstrupi	34	76 %	Sabellides borealis	11	94 %
Levinsenia gracilis	29	78 %	Thyasira sarsii	10	95 %
C5	Ant.	Kum.			
Capitella capitata	368	80 %			
Chaetozone sp.	19	84 %			
Oligochaeta indet.	19	88 %			
Mediomastus fragilis	16	91 %			
Parougia eliasoni	16	95 %			
Ophryotrocha lobifera	7	96 %			
Thyasira sarsii	7	98 %			
Macoma calcarea	2	98 %			
Ophryotrocha sp.	2	99 %			
Astarte montagui	1	99 %			

5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse

5.4.1 Sammenfatning

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Hringsdalur i november 2017, kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkrisiske forhold i noen deler av vannsøylen.
- Nivåene av TOM varierte mellom 4,4 (C3) og 12,9 % (C4). Normalisert TOC varierte mellom 21,8 (C1) og 33,2 (C4). TN-nivåene var lave med høyeste nivå på C4 (4,2 mg/g). C/N-forholdene var naturlig lave på stasjonene. De høyeste nivåene av sediment- parameterne ble målt på C4 (dypområdet). Sedimentet på C3 var lite belastet med organisk karbon, men de andre sedimentene i undersøkelsen var moderat belastet. Sedimentene var moderat grovkornet til moderat finkornet med pelittandeler mellom 27 % på C3 og 67 % i dypområdet på C4. Eh-verdiene var positive i sediment fra alle stasjonene, og pH varierte mellom 7,6 (C5) og 7,9 (C1 og C2)

- Antall individer varierte fra 462 (C5) til 1618 (C3), og antall arter fra 15 (C5) til 77 (C3). Diversitetsindeksen H' var lav og under 3 på C4 og C5 og høyere enn 3 på de øvrige stasjonene. Samlet indeks nEQR var over 0,6 på C1, C2 og C3, som kan karakteriseres som god faunatilstand. På C4 var nEQR 0,559, som viser et moderat belastet faunasamfunn. På C5 lå nEQR på 0,282 noe som må karakteriseres som dårlig. NS 9410 klassifisering av bløtbunnsamfunnet på stasjon C1 ga miljøtilstand 1 "Meget god".

5.4.2 Konklusjon

Resultatene fra C-undersøkelsen på lokalitet Hringsdalur i november 2017 viste at sedimentet på C3 var lite belastet med organisk karbon. De andre sedimentene i undersøkelsen var moderat belastet. Artsmangfoldet var lavt på C4 og C5, og høyere på de øvrige stasjonene. Samlet faunaindeks nEQR viste god faunatilstand på C1, C2 og C3, moderat faunatilstand på C4 og dårlig på C5. NS 9410 klassifisering av bløtbunnsamfunnet på stasjon C1 i anleggssonen ga miljøtilstand 1 "Meget god". Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen i november 2017.

6 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, 2013. (revidert i 2015) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013. 263 s.

Egilson, 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., 2016 Lokalitetsrapport Hringsdalur. APN rapport 8639.01

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

ISO 12878:2012. Environmental monitoring of the impacts from marine finfish farms on soft bottom.

ISO 16665:2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.

Mannvik, H-P. & S-D. Eriksen. 2018. Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Steinanes, 2018. *Apn rapport 8951.01*

Moe, A.A., & Ottesen, K.K.S., 2013. Environmental monitoring (MOM B) at finfish farm site Hringsdalur. Helgeland Havbruksstasjon AS. 28 s.

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.

Pers. medd. Þóra Dögg Jörundsdóttir, Quality Manager Hatchery & Farms, Arnarlax hf

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer brukt i Norge

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) - Kjeldahl nitrogenbestemmelse

Sedimentene blir mineralisert ved 420 °C med svovelsyre og bruk av katalysatorer. Natriumhydroksid tilsettes i overskudd for å mineralisere prøvene. Deretter destilleres prøven og kondensatet går inn i en løsning med svovelsyre. Innholdet av organisk bundet nitrogen og ammoniakk/ammonium i prøven kvantifiseres spektrofotometrisk vha. en metode basert på reaksjonen mellom ammoniumioner, natriumsalicylat og trinatriumcitrat

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 ble innhold av totalt organisk karbon (TOC) bestemt ved IR deteksjon (LECO IR 212) etter behandling med konsentrert saltsyre (HCl) og katalytisk forbrenning ved 480 °C. 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 SFT (nå Miljødirektoratet) veiledning 97:03 (Molvær *m.fl.*, 1997).

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment (fra SFT 97:03).

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

Kobber (Cu) (ikke inkludert i foreliggende rapport – se 3.2)

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 i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016).

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

Det ble utført en kvantitativ kjemisk undersøkelse av sedimentet. Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) ble målt ved hjelp av elektroder og instrumentet YSI Professional Plus.

Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrestreter/fekalier) fra marine oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnavende organismene. Negative effekter i bunnavdsamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunnavdsanalyser. Fordi de fleste bløvbunnavrtene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunnavdsamfunnene 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 bunnavdsprøvene 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 bunnavdsanalyser

På alle stasjonene innsamles det to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) og ASC standarden. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunnavdyrene ble identifisert til fortrinnsvis artsnivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative artslistene inngikk i statistiske analyser. Se Vedlegg 2 for beskrivelse av analysemetoder. For å klassifisere miljøtilstanden er Direktoratgruppens veileder 02:2013 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
- 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)
- 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 02:2013).

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
DI	0 - 0,30	0,30 - 0,44	0,44 - 0,60	0,60 - 0,85	0,85 - 2,05
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*.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., og Hylland, K., 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT veiledning TA-2229/2007. 12 s.

Direktoratgruppen, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013. 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.

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

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 sider.

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

Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE

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. Svaier 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 elasticitet 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

Vedlegg 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 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 indeksten 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 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 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 Hringsdalur, 2017:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	5777	1543	951	1618	1203	462
no. spe.	102	63	57	77	33	15

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02
no. ind.	5777	1145	398	525	426	604	1014
no. spe.	102	52	40	49	40	56	61
Shannon-Wiener:		3,2	3,4	3,7	3,7	3,8	3,9
Pielou		0,56	0,63	0,66	0,69	0,65	0,66
ES100		19	23	23	23	25	25
SN		2,02	2,06	2,12	2,05	2,17	2,12
ISI-2012		8,36	8,16	9,12	8,82	8,26	8,12
AMBI **)		3,959	3,648	3,075	3,041	3,724	3,568
NQI1		0,59	0,62	0,67	0,66	0,63	0,64
NSI		18,6	20,4	21,6	21,5	19,4	19,3
DI		1,009	0,550	0,670	0,579	0,731	0,956

st.nr.	C4_01	C4_02	C5_01	C5_02
no. ind.	521	682	349	113
no. spe.	24	27	13	8
Shannon-Wiener:	2,5	2,8	1,4	1,2
Pielou	0,54	0,58	0,37	0,39
ES100	13	13	9	8
SN	1,73	1,76	1,45	1,34
ISI-2012	8,16	8,57	6,50	5,98
AMBI **)	3,896	3,923	5,68	5,664
NQI1	0,54	0,54	0,36	0,33
NSI	20,7	20,6	8,4	8,2
DI	0,667	0,784	0,493	0,003

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4	C5
Shannon-Wiener:	3,27	3,70	3,82	2,63	1,26
Pielou	0,59	0,68	0,65	0,56	0,38
ES100	20,8	22,8	25,3	12,9	8,2
SN	2,04	2,08	2,15	1,75	1,39
ISI-2012	8,26	8,97	8,19	8,37	6,24
AMBI **)	3,804	3,058	3,646	3,910	5,672
NQI1	0,60	0,66	0,63	0,54	0,35
NSI	19,53	21,57	19,39	20,65	8,28
DI	0,78	0,62	0,84	0,73	0,25
Tilstandsklasse nEQR ¹⁾	0,618	0,677	0,647	0,559	0,282

¹⁾ Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

²⁾ På stasjonene C2 og C3 manglet mer enn 20% av populasjonen AMBI verdi (C2 29,4% og C3 30,2%)

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5
1	23	19	20	11	6
2,3	15	11	22	6	2
4-7	7	11	10	4	2
8-15	5	5	8	4	0
16-31	4	6	8	2	4
32-63	3	1	6	2	0
64-127	5	2	1	2	0
128-255	0	1	0	0	0
256-511	0	1	2	2	1
512-1023	1	0	0	0	0
1024-2047	0	0	0	0	0

Artliste

Hringsdalur ASC-C-und. 2017

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
<i>Stasjonsnr.: C1</i>						
FORAMINIFERA						
NEMERTINI			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
NEMATODA			Nemertea indet.	4	2	6
SIPUNCULIDA			Nematoda indet.	1	1	2
ANNELIDA			Sipunculida indet.	1		1
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia gracilis	3		3
			Aricidea sp.	1		1
		Cossurida				
			Cossura longocirrata	110	4	114
		Spionida				
			Prionospio steenstrupi	57	59	116
			Chaetozone sp.	543	171	714
		Capitellida				
			Capitella capitata	55	7	62
			Mediomastus fragilis	7	2	9
			Rhodine gracilior	1	2	3
			Maldane sarsi		1	1
			Euclymene sp.	1		1
			Praxillella gracilis	7	5	12
			Praxillella praetermissa	1	2	3
			Maldanidae indet.	3		3
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	13	15	28
			Scalibregma inflatum		2	2
		Phyllodocida				
			Eteone barbata	1		1
			Eteone flava/longa	2	2	4
			Pholoe assimilis	1	1	2
			Microphthalmus szcelkowi	2		2
			Nephtys ciliata	2	3	5
			Nephtys pente	3		3
		Eunicida				
			Lumbrineris aniara		1	1
			Scoletoma impatiens	1	1	2
			Ophryotrocha sp.	3		3
			Parougia eliasoni	29	3	32
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	8	10	18
			Myriochele olgae	3		3
			Owenia sp.	1		1
		Flabelligerida				
			Diplocirrus longisetosus	1	1	2
		Terebellida				
			Lagis koreni	1		1
			Ampharete lindstroemi	1		1
			Ampharete petersenae	60	14	74
			Melinna cristata		1	1
			Sabellides borealis	8	4	12
			Lanassa venusta		2	2
			Laphania boeckii	1	2	3

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Sabellida	Terebellides sp.	4	2	6
	Oligochaeta		Euchone sp.	55	11	66
			Oligochaeta indet.	22	3	25
CRUSTACEA	Malacostraca	Cumacea	Leucon sp.		5	5
		Amphipoda	Lysianassidae indet.	5	2	7
			Oedicerotidae indet.		5	5
			Podoceridae indet.		1	1
			Stenothoidae indet.	2		2
			Gammaridea indet.		1	1
		Euphausiacea	Euphausiacea indet.	1		1
		Decapoda	Paguridae indet.	1		1
MOLLUSCA	Prosobranchia	Neogastropoda	Oenopota sp.		1	1
	Opisthobranchia	Nudibranchia	Nudibranchia indet.	1		1
	Bivalvia	Nuculoida	Ennucula tenuis	58	32	90
			Nuculana pernula	9	3	12
			Nuculana sp. juv.	8		8
			Yoldia hyperborea	1		1
		Mytiloida	Mytilus edulis	1		1
		Veneroida	Axinopsida orbiculata	4	4	8
			Thyasira gouldi		1	1
			Thyasira sarsii	26	7	33
			Thyasiridae indet.	1		1
			Ciliatocardium ciliatum	1		1
			Macoma calcarea	1		1
			Abra nitida	16	3	19
			Arctica islandica	1		1
		Myoidea	Hiatella sp.	1		1
BRYOZOA			Bryozoa indet.	-1		-1
ECHINODERMATA	Ophiuroidea		Ophiuroidea indet. juv.	1		1
			Maks:	543	171	714
			Antall:	58	42	69
			Sum:			1552
Stasjonsnr.: C2						
FORAMINIFERA			Foraminifera indet.	-1		-1
NEMERTINI			Nemertea indet.	2	5	7
ANNELIDA	Polychaeta					

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Orbiniida	Leitoscoloplos mammosus	1	1	2
			Levinsenia gracilis	2		2
			Aricidea sp.	1		1
		Cossurida	Cossura longocirrata	2		2
		Spionida	Prionospio steenstrupi	61	46	107
			Spio limicola	1		1
			Chaetozone sp.	105	78	183
		Capitellida	Mediomastus fragilis	1	2	3
			Rhodine gracilior	2	2	4
			Praxillella gracilis	4	2	6
			Praxillella praetermissa	6	4	10
		Opheliida	Ophelina acuminata	23	20	43
		Phyllococida	Eteone flava/longa	5	2	7
			Harmothoe mariannae		1	1
			Pholoe baltica	1		1
			Nephtys ciliata	1	1	2
			Nephtys paradoxa		1	1
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii	1		1
		Eunicida	Lumbrineris mixochaeta	1		1
			Scoletoma impatiens	1		1
			Parourgia eliasoni	1	2	3
		Sternaspida	Sternaspis scutata		1	1
		Oweniida	Galathowenia oculata	12	11	23
			Myriochele olgae	10	6	16
		Terebellida	Lagis koreni		1	1
			Anobothrus gracilis		1	1
			Ampharete finmarchica	1	5	6
			Ampharete petersenae	138	125	263
			Sabellides borealis	2	7	9
			Laphania boeckii	8	2	10
			Polycirrus sp.	1		1
			Terebellides sp.	9	7	16
		Sabellida	Euchone sp.	14	11	25
	Oligochaeta		Oligochaeta indet.		5	5
CRUSTACEA	Malacostraca	Cumacea	Leucon sp.	14	8	22
		Amphipoda	Halirages fulvocincta	2		2
			Lysianassidae indet.	2	6	8
			Oedicerotidae indet.		5	5
			Phoxocephalus holbolli	1		1
			Stenothoidae indet.	4		4
			Gammaridea indet.	1		1
			Caprellidae indet.	1		1
		Decapoda	Paguridae indet.	1	1	2
			Brachyura indet.	1		1
MOLLUSCA	Prosobranchia	Mesogastropoda	Lacuna vincta	1		1
			Euspira pallida	2	1	3

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Neogastropoda				
	Bivalvia		Oenopota sp.		1	1
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	47	35	82
			Nuculana pernula	1	3	4
			Nuculana sp. juv.		2	2
			Yoldia hyperborea	1	1	2
		Veneroida				
			Axinopsida orbiculata	5	2	7
			Thyasira gouldi	3	3	6
			Thyasira sarsii	10	7	17
			Thyasiridae indet.	1	1	2
			Macoma calcarea	1		1
			Abra nitida	9	3	12
			Maks:	138	125	263
			Antall:	50	41	59
			Sum:			952

Stasjonsnr.: C3

CNIDARIA

Hydrozoa

Hydrozoa indet.

-1

-1

Anthozoa

Edwardsia sp.

1

1

NEMERTINI

Nemertea indet.

4

8

12

SIPUNCULIDA

Phascolion strombus

3

3

ANNELIDA

Polychaeta

Orbiniida

Leitoscoloplos mammosus

49

64

113

Scoloplos armiger

3

3

Levinsenia gracilis

13

16

29

Aricidea sp.

2

4

6

Paraonides nordica

1

3

4

Cossurida

Cossura longocirrata

17

36

53

Spionida

Prionospio steenstrupi

7

27

34

Spio limicola

1

1

Chaetozone sp.

200

193

393

Capitellida

Capitella capitata

9

10

19

Mediomastus fragilis

8

14

22

Notomastus latericeus

1

1

Rhodine gracilior

1

5

6

Maldane sarsi

1

1

2

Praxillella gracilis

4

5

9

Praxillella praetermissa

17

36

53

Opheliida

Ophelina acuminata

3

2

5

Scalibregma inflatum

1

2

3

Phyllodocida

Eteone barbata

1

1

2

Eteone flava/longa

5

5

10

Harmothoe sp.

2

2

Pholoe assimilis

2

5

7

Pholoe baltica

2

2

Syllis cornuta

1

1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Goniada maculata	1		1
			Nephtys ciliata		3	3
			Nephtys pente	1	2	3
		Eunicida				
			Scoletoma sp.		1	1
			Ophryotrocha sp.	6	10	16
			Parorgia eliasoni	8	18	26
		Sternaspida				
			Sternaspis scutata	8	4	12
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	12	13	25
			Myriochele olgae	9	30	39
			Owenia sp.	12	8	20
		Flabelligerida				
			Diplocirrus longisetosus	2	2	4
		Terebellida				
			Lagis koreni		3	3
			Anobothrus gracilis	1		1
			Ampharete acutifrons		1	1
			Ampharete petersenae	122	316	438
			Melinna cristata		1	1
			Sabellides borealis		3	3
			Sabellides octocirrata		1	1
			Laphania boeckii	4	2	6
			Proclea graffii		1	1
			Terebellides sp.	13	6	19
		Sabellida				
			Euchone sp.	10	40	50
		Oligochaeta				
			Oligochaeta indet.	19	42	61
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Leucon sp.		4	4
		Amphipoda				
			Halirages fulvocincta	1		1
			Hippomedon sp.		2	2
			Lysianassidae indet.	2	3	5
			Bathymedon obtusifrons		2	2
			Oedicerotidae indet.	1	2	3
			Phoxocephalus holbolli		2	2
			Podoceridae indet.		2	2
			Stenothoidae indet.		1	1
		Isopoda				
			Asellota indet.	1		1
		Decapoda				
			Paguridae indet.	1	1	2
			Brachyura indet.	2		2
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	3	2	5
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Euspira pallida		2	2
	Opisthobranchia					
		Nudibranchia				
			Nudibranchia indet.	1		1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	2	9	11
			Nuculana pernula	1	1	2
			Nuculana sp. juv.		1	1
		Veneroida				
			Axinopsida orbiculata	1	7	8
			Thyasira gouldi	1	1	2
			Thyasira sarsii		14	14
			Thyasiridae indet.		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Astarte elliptica	1		1
			Astarte montagui	1		1
			Spisula elliptica		1	1
			Macoma calcarea	1		1
			Abra nitida		8	8
BRYOZOA			Arctica islandica	2		2
			Bryozoa indet.	-1	-1	-2
			Maks:	200	316	438
			Antall:	57	64	80
			Sum:			1616
Stasjonsnr.: C4						
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	2	2	4
NEMATODA						
			Nematoda indet.		2	2
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia gracilis		3	3
			Aricidea sp.		1	1
		Cossurida				
			Cossura longocirrata	19	71	90
		Spionida				
			Prionospio steenstrupi	126	178	304
			Chaetozone sp.	245	252	497
		Capitellida				
			Capitella capitata		1	1
			Mediomastus fragilis	2	6	8
			Praxillella gracilis	10	8	18
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	20	35	55
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	1	1	2
			Nephtys ciliata	2		2
		Eunicida				
			Lumbrineris mixochaeta		2	2
			Scoletoma impatiens	3	1	4
			Parougia eliasoni	1	7	8
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	13	23	36
		Terebellida				
			Ampharete acutifrons	1		1
			Ampharete finmarchica	1		1
			Ampharete petersenae		1	1
			Melinna cristata		3	3
			Sabellides borealis	5	6	11
			Sabellides octocirrata	1		1
			Laphania boeckii		1	1
		Sabellida				
			Euchone sp.	3	1	4
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Leucon sp.	16	5	21
		Amphipoda				
			Rhachotropis sp.	1		1
			Stenothoidae indet.		1	1
		Decapoda				
			Crangonidae indet.	1		1
MOLLUSCA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
Bivalvia		Nuculoida	Ennucula tenuis	43	58	101
			Nuculana pernula	1	6	7
			Nuculana sp. juv.	1	2	3
		Veneroida	Axinopsida orbiculata	1	1	2
			Thyasira gouldi		1	1
			Thyasira sarsii	3	7	10
			Maks:	245	252	497
			Antall:	25	29	35
			Sum:			1208
Stasjonsnr.: C5						
PORIFERA						
			Porifera indet.	-1		-1
CNIDARIA						
	Hydrozoa		Hydrozoa indet.	-1	-1	-2
NEMATODA						
			Nematoda indet.		1	1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida	Levinsenia gracilis	1		1
		Spionida	Chaetozone sp.	15	4	19
		Capitellida	Capitella capitata	276	92	368
			Mediomastus fragilis	14	2	16
		Phyllococida	Pholoe baltica		1	1
		Eunicida	Ophryotrocha sp.	2		2
			Ophryotrocha lobifera	7		7
			Parugia eliasoni	10	6	16
	Oligochaeta		Oligochaeta indet.	16	3	19
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Euphausiacea	Euphausiacea indet.	1		1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Veneroida	Axinopsida orbiculata	1		1
			Thyasira gouldi	1		1
			Thyasira sarsii	3	4	7
			Thyasiridae indet.	1		1
			Astarte montagui		1	1
			Macoma calcarea	2		2
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.	-1	-1	-2
			Maks:	276	92	368
			Antall:	17	11	20
			Sum:			459
			TOTAL:			Maks: 714
						Sum: 5787

Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser

Analyserapport C-und_210218

Redigert av: LTO



Framsenteret
Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø
Foretaksnr.: NO 937 375 158 MVA
Tel: 77 75 03 00
E-post: kjemi@akvaplan.niva.no


ANALYSERAPPORT Sedimentprøver

Kunde: Arnarlax
Kunde referanse: Hringsdalur. ASC/C undersøkelse 2017
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Roger Velvin

Dato: 13.03.2018

Rapport nr.: 9187
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN
Kontaktperson:

Analyseansvarlig:  (sign.)

Underskriftsberettiget:  (sign.)

Prøvene ble sendt/levert til Akvaplan-Niva AS av oppdragsgiver, og merket som angitt i tabellen på side 2.
Resultater av analysene er gitt fra side 3.

MERKNADER:

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 (målesikkerhet, metodeprinsipp etc.) fås ved henvendelse til Akvaplan-Niva AS

Side 1 av 3

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Beskaffenhet ved mottak	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
9187/C-1	C-1	Sediment	Frossent	07.12.2017	Korn, TOM, TOC, TN	16.01.2018-28.02.18
9187/C-2	C-2	Sediment	Frossent	07.12.2017	Korn, TOM, TOC, TN	16.01.2018-28.02.18
9187/C-3	C-3	Sediment	Frossent	07.12.2017	Korn, TOM, TOC, TN	16.01.2018-28.02.18
9187/C-4	C-4	Sediment	Frossent	07.12.2017	Korn, TOM, TOC, TN	16.01.2018-28.02.18
9187/C-5	C-5	Sediment	Frossent	07.12.2017	Korn, TOM, TOC, TN	16.01.2018-28.02.18

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metoderereferanse
Kornfordeling (splitt i to)	Sikting, basert på Bale, A.J. & Kenny, A.J. 2005. Sediment analysis and seabed characterisation . In: Eleftheriou,A; McIntyre, A.D. "Methods for the study of marine benthos", 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN 0-632-05488-3, pp. 43-86
Totalt organisk materiale-TOM	Intern metode basert på NS 4764:1980
Totalt organisk karbon-TOC	NDIR-deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 15936:2012, Annex C.
Totalt bundet nitrogen - Total-N	Kjemiluminiscens. Intern metode basert på NS-EN 12260:2003

Resultater

Kundens id.:		C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Parameter	Enhet	9187/C-1	9187/C-2	9187/C-3	9187/C-4	9187/C-5
> 0,063 mm	vekt %	49,9	46,1	72,9	33,0	66,8
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	50,1	53,9	27,1	67,0	33,2
TOC	mg/g TS	19,6	23,1	8,7	27,3	16,6
TOC, normalisert**	mg/g TS	28,5	31,4	21,8	33,2	28,6
TOM	% TS	9,2	9,8	4,4	12,9	6,9
Total-N	mg/g TS	2,9	3,8	0,91	4,3	2,2
C/N **		6,7	6,0	9,6	6,3	7,5

** Uakkreditert beregning utført av Akvaplan-niva AS

TOC, normalisert = $m\ddot{a}lt\ TOC\ mg/g + 18*(1-F)$, der F=andel finstoff (pellitt) gitt ved %pellitt/100.

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sedimenter ihht. Veileder 02:2013 (rev. 2015):

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