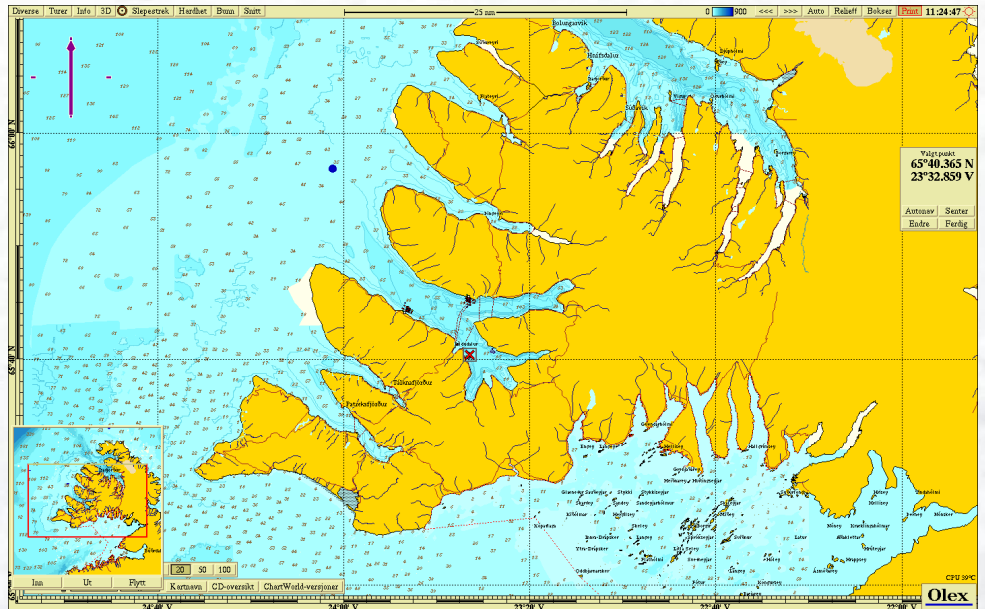


Arnarlax ASC- og C-undersøkelse Haganes, 2017.



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 Haganes, 2017.

Forfatter(e) / Author(s)Hans-Petter Mannvik
Steinar Dalheim Eriksen**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

8952.02

Dato / Date

17.09.2018

Antall sider / No. of pages

21 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

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

Þóra Dögg Jörundsdóttir

Sammendrag / Summary

Det ble utført en miljøundersøkelse ved lokaliteten Haganes på Island i juni 2017. Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen. Eh-verdiene var positive på alle stasjonene. Nivået av TOC var lavt på C1, lett forhøyet på C3 og C5 og tydelig forhøyet på de to andre stasjonene. Bløtbunnsamfunnene var forholdsvis artsfattige på stasjonene. På C1 dominerte en forurensningsindikator, børstemarken *Capitella capitata*. Denne ble også registrert blant topp-10 på C5, men med få individ. På de fire andre stasjonene var det nøytrale og tolerante børstemarker som var mest dominant.

Prosjektleder / Project manager

Steinar Dalheim Eriksen

Kvalitetskontroll / Quality control

Roger Velvin

© 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	4
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene	4
1.2 Summary of the ASC results	5
1.3 Oppsummering av C-resultatene	6
1.4 Summary of the C results	7
2 INNLEDNING	8
2.1 Bakgrunn og formål.....	8
2.2 Drift	8
2.3 Tidligere undersøkelser	9
3 MATERIALE OG METODE.....	10
3.1 Faglig program	10
3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE.....	10
4 ASC-UNDERSØKELSE HAGANES.....	12
4.1 Resultater	12
4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh).....	12
4.1.2 Kobber i sedimenter.....	12
4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser	12
5 C-UNDERSØKELSE HAGANES	14
5.1 Innledning	14
5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse.....	14
5.3 Resultater	15
5.3.1 Hydrografi	15
5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, kornfordeling og pH/Eh.....	15
5.3.3 Kobber i sediment.....	16
5.3.4 Bløtbunnfauna	16
5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse.....	19
5.4.1 Sammenfatning	19
5.4.2 Konklusjon	20
6 REFERANSER.....	21
7 VEDLEGG	22
Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer	22
Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE	25
Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister	26
Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser.....	34

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type ASC og C på lokaliteten Haganes. Undersøkelsene har inkludert pH/redoksmålinger (Eh), hydrografi, geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunnsamfunnet ved oppdrettslokaliteten. Det er i denne anledning også satt en egen referansestasjon ca. 1 km unna anlegget iht NS 9410:2016. Resultatene fra alle stasjoner inngår i ASC-undersøkelsen og resultatet fra fem stasjoner inngår i C-undersøkelsen. Oppdragsgiver har vært Arnarlax.

Følgende personer har deltatt:


Steinar D. Eriksen	Akvaplan-niva	Feltarbeid, rapport, prosjektleder.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Andrey Sikorski	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Vera Remen	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan-niva vil takke Arnarlax, Gaute Hilling, for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med følgende underleverandører

- ALS Laboratory Group, Tsjekkia

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

Denne rapporten er versjon nummer 2 for undersøkelsen på Haganes. Verdiene for redoksmålinger er korrigerert 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.

Tromsø, 17.09.2018

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Steinar Dalheim Eriksen', with a long horizontal flourish extending to the right.

Steinar Dalheim Eriksen

Prosjektleder

1 Oppsummering

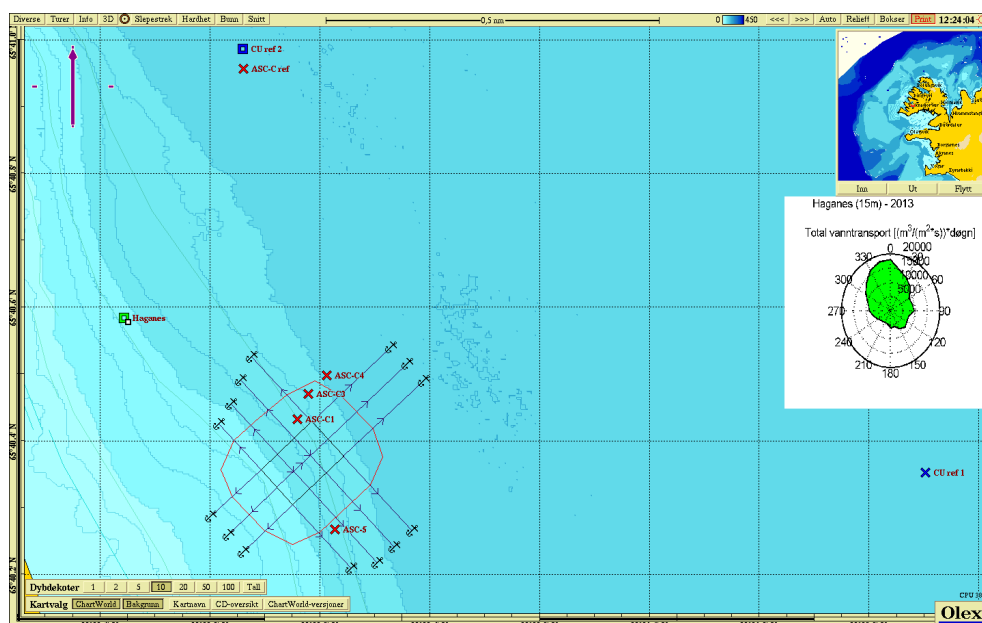
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene

Indikator i ASC	ASC krav	Resultater							Kommentarer til prøvetaking
		C1	C2	C3	C4	ASC5	Cu1	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV eller sulphid level < 1500 microMol/L	225	66	120	222	220	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» utenfor AZE indikerer god til svært god økologisk status – Shannon-Wiener > 3	3,24	2,46	3,93	2,28	3,12	-	-	
2.1.3	>= 2 taksa av makrofauna innenfor AZE som ikke er forurensningsindikatorer, med en tilstedeværelse på over 100 ind/m ²	4	-	1	-	-	-	-	
4.7.4	Kobbernivå < 34 mg/kg tørrstoff	36,7	46,9/ 44,7	-	44,3/ 46,3	45,3/ 69,9	51,5/ 51,8	46,9/ 44,7	
2.1.4	Lokalspesifikk AZE	Se kapt. 3.2.							

Konklusjoner:

Kobberkonsentrasjonene var høye og over 34 mg/kg i alle undersøkte sedimenter. Redokspotensialene (Eh) var positive i sedimentene på alle stasjonene. Artsmangfoldet var lavt i bløtbunnsamfunnet fra stasjon C2 og C4 med diversitetsindeks $H' < 3$, men > 3 på de andre undersøkte stasjonene. En vurdering av bløtbunnsamfunnet i anleggssonen/AZE (stasjon C1 og C3) i henhold til ASC-standarden viste at det fantes to eller flere arter, som ikke var forurensningsindikator (pollution indicator species) med 100 eller flere individer/m² på C1 og bare en art på C3. En vurdering av faunaen på begge stasjonene innenfor AZE iht. NS 9410:2016 viste miljøtilstand 1 for begge bløtbunnsamfunnene.

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



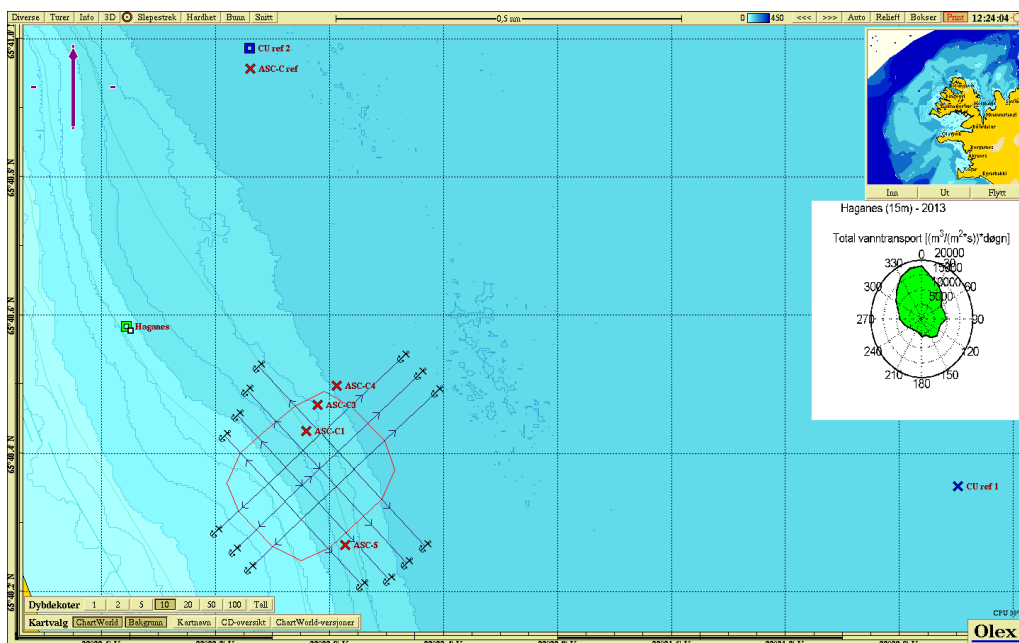
1.2 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC demand	Results							Remarks of the sampling
		C1	C2	C3	C4	ASC5	Cu1	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/L	225	66	120	222	220	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3	3.24	2.46	3.93	2.28	3.12	-	-	
2.1.3	>= 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	4	-	1	-	-	-	-	
4.7.4	Copper level < 34 mg/kg dry sediment	36.7	46.9/ 44.7	-	44.3/ 46.3	45.3/ 69.9	51.5/ 51.8	46.9/ 44.7	
2.1.4	Location specific AZE	See chapter 3.2.							

Conclusions:

The copper levels were high and above 34 mg/kg in all the sediments. The redox potential (Eh) was positive in the sediments at all stations. The faunal diversity was low at station C2 and C4 with the diversity index $H' < 3$, but high at the other stations. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations C1 and C3) in accordance to the ASC standard showed that there were two or more species, which were not pollution indicator species, present with 100 or more individuals/m² at C1 but not at C3. An evaluation of the fauna at the two stations within the AZE, in accordance with NS 9410:2016, gave an environmental classification of 1 for both communities.


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 Haganes, 2017.		
Rapport nr.	8952.02	Lokalitet:	Haganes
Lokalitet nr.	xxxxx	Kartkoordinater (anlegg):	65°40.368° N, 23°32.893 V.
MTB-tillatelse:	Område MTB	Kontaktperson	Bóra Dögg Jörundsdóttir
Oppdragsgiver:	Amarlax hf		


Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 27.06.2017			
Fiskegruppe:	Laks		
Utføret mengde:	245 tonn	Produsert mengde:	305 tonn
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	x
Brakklegging:		Ny lokalitet:	

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2013)		Diversitetsindeks H' (Shannon Wiener)	
Fauna C1	0,592	Fauna C1 (innerst)	3,24
Fauna C2ref	0,581	Fauna C2ref (ytterst)	2,46
Fauna C3	0,695	Fauna C3	3,93
Fauna C4	0,601	Fauna C4 (dypområde)	2,28
Fauna ASC5	0,658	Fauna ASC5	3,12
Dato feltarbeid:	27.06.2017	Dato rapport:	14.09.2018
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)		TOC fra 5,3 (C1) til 30,8 mg/g TS (C2) Kobber 36,7 mg/kg TS (C1) Eh positiv på alle stasjonene O ₂ -forholdene gode i hele vannsøylen.	
Ansvarlig feltarbeid:	Steinar Dalheim Eriksen	Signatur:	

1.4 Summary of the C results

Client information			
Title :	C survey Haganes, 2017.		
Report nr.	8952.02	Location:	Haganes
Location nr.	xxxxx	Map co/ordinates (construction):	65°40.368° N, 23°32.893 W.
MTB-permission:	Area production/None	Manager:	Bóra Dógg Jörundsdóttir
Client:	Arnarlax		

Biomass/production status at date of investigation field date			
Fish group:	Salmon	Biomass on examination:	
Feed input:	245 ton	Produced quantity:	305 ton
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maximum biomass		Follow up study:	x
Fallow:		New location:	

Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2013)		Diversity index H' (Shannon Wiener)	
Fauna C1	0.592	Fauna C1 (inner)	3.24
Fauna C2ref	0.581	Fauna C2ref (outer)	2.46
Fauna C3	0.695	Fauna C3	3.93
Fauna C4	0.601	Fauna C4 (deep area)	2.28
Fauna ASC5	0.658	Fauna ASC5	3.12
Date fieldwork:	27.06.2017	Date of report:	14.09.2018
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)		TOC from 5.3 (C1) to 30.8 mg/g DS (C2) Copper 36.7 mg/kg DS (C1) Eh positive at all stations O ₂ -conditions were good throughout the water column.	
Responsible for fieldwork:	Steinar Dalheim Eriksen	Signature:	

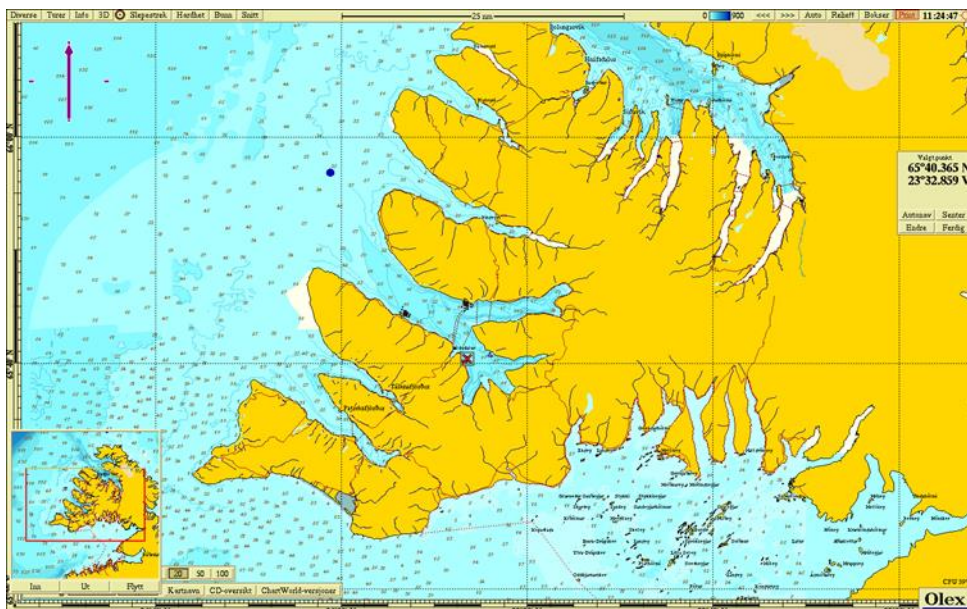
2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva har på vegne av Arnarlax gjennomført en ASC-undersøkelse på lokalitet Haganes i Arnarfjordur, nordvest på Island (Figur 1). Undersøkelsen er utført med bakgrunn i at Arnarlax ønsker å sertifisere lokaliteten Haganes i henhold til Aquaculture Stewardship Council (ASC-standarden). Det er samtidig foretatt en miljøundersøkelse som oppfyller krav til C-undersøkelse iht. kap 8.0 i NS 9410:2016.

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 lokalitetstillatelse fra Islandske myndigheter.



Figur 1. Oversiktskart over Arnarfjordur med plassering av lokaliteten Haganes (rødt kryss). 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 120 meters omkrets. Lokaliteten har vært i drift siden juni 2017 etter at det ble satt ut smolt (G 2016). På undersøkelsestidspunktet var stående biomasse på ca. 305 tonn laks fordelt på 6 merder (Jörundsdóttir pers. medd).

Tidligere produksjon ved lokaliteten ble slaktet vår/tidlig sommer 2016 (Gallo et al, 2017). Lokaliteten har da vært brakklagt i ca. 1 år før dette utsett. Produksjonen var for denne generasjonen; 2414 tonn laks med et tilhørende fôrforbruk på 3342 tonn (Jörundsdóttir pers. medd).

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 Arnarfjordur. Plan for biomasse for lokaliteten gjennom driftsperioden er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Plan for stående biomasse fordelt på måned i 2017 og 2018 ved lokaliteten Haganes. Tabellen er innhentet fra oppdragsgiver (Jörundsdóttir pers medd).

	År	Måned	Haganes
Arnarlax hf	2017	mai.17	0
	2017	jun.17	123 761
	2017	jul.17	208 614
	2017	aug.17	338 847
	2017	sep.17	488 653
	2017	okt.17	636 583
	2017	nov.17	746 157
	2017	des.17	828 935
	2018	jan.18	918 036
	2018	feb.18	999 791
	2018	mar.18	1 094 749
	2018	apr.18	1 200 737
	2018	mai.18	1 385 098
	2018	jun.18	1 663 901
	2018	jul.18	2 014 589
	2018	aug.18	2 352 264
	2018	sep.18	2 626 914
	2018	okt.18	2 853 789
	2018	nov.18	2 041 719
	2018	des.18	1 056 761

2.3 Tidligere undersøkelser

Akvaplan-niva AS har ikke foretatt tidligere miljøundersøkelser i området der anlegget ligger. Oppdragsgiver har fremlagt en lokalitetsspesifikk miljøundersøkelse (Gallo & Thorsteinsson, 2017). Det er også foretatt andre perifere undersøkelser i Arnarfjordur, men ikke tilknyttet Haganes. Perifere undersøkelser vil ikke ha direkte relevans for resultater for videre oppfølging av denne lokaliteten og er derfor ikke oppsummert.

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. Planlagt faglig program for ASC- og C-undersøkelsen ved Haganes, 2017. TOC = total organisk karbon. Korn = kornfordeling. TOM = total organisk materiale. TN = total nitrogen. Cu = kobber. pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial. C1, C2, C3, C4 og C5 inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Type undersøkelse
C1 (anleggssone, innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
C2ref (overgangssone, fjernstasjon utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
C3 (overgangssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
C4 (overgangssone, dypområdet, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
ASC5 (anleggssone, innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Curef1 (referansestasjon ASC)	2 x Cu.
Curef2 (referansestasjon ASC)	2 x Cu.

Feltarbeidet ble gjennomført 27.06.2017.

3.2 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 110 meter.

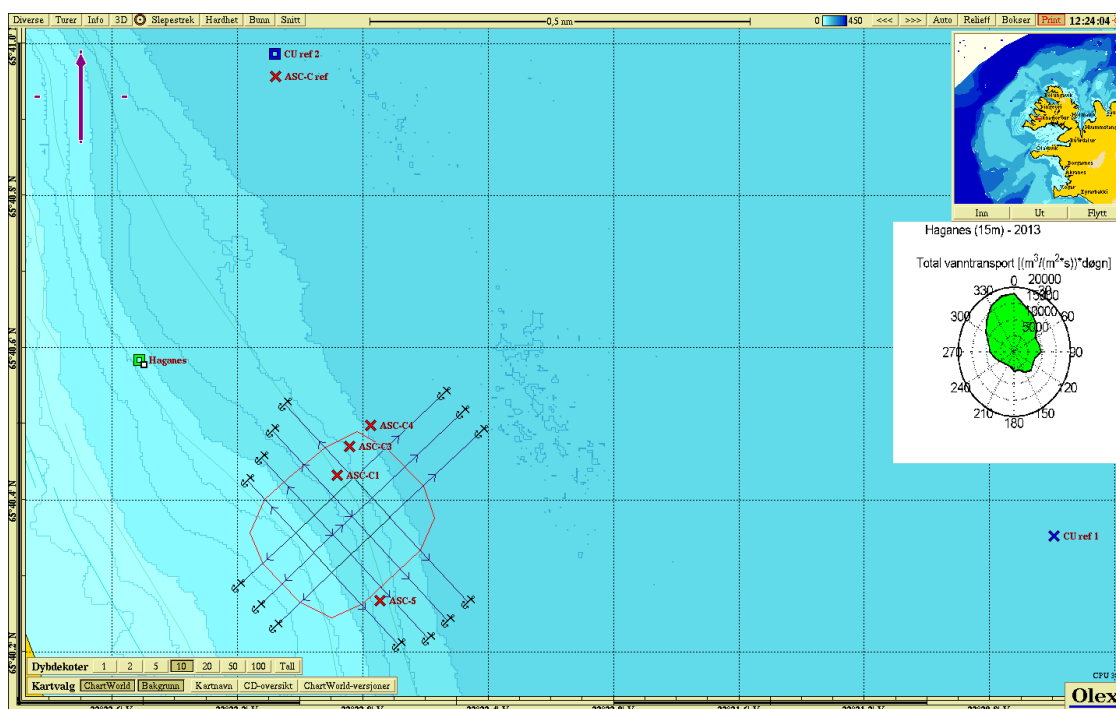
Med bakgrunn i prøvetakingsystem i punkt 2.1 i ASC «audit manual» («request to allow for sampling at different locations and/or changes in total number of samples») er det brukt fem biologiske prøvetakingsstasjoner.

Stasjonsposisjonene er gjort på bakgrunn av strømmålinger gjennomført av Akvaplan-niva AS på 15 meters dyp ved lokaliteten (Eriksen, 2017). 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 stasjonsnett for prøvetaking er vist i Tabell 3 og Figur 2.

Tabell 3. Avstand mellom nærmeste merd og prøvetakingspunkt. Stasjonskoordinater og dyp, ASC-stasjonene ved Haganes, 2017. C1, C2ref, C3, C4 og ASC5 inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Avstand fra nærmeste merd (m)	Stasjonsdyp (m)	Posisjon
C1	30	75	65°40,448 N 23°32,871 V
C2ref	1000	99	65°40,980 N 23°33,049 V
C3	75	81	65°40,475 N 23°32,840 V
C4	130	93	65°40,496 N 23°32,772 V
ASC5	130	75	65°40,263 N 23°32,773 V
Cu1ref	1600	92	65°40,330 N 23°30,636 V
Cu2ref	1000	99	65°40,980 N 23°33,049 V



Figur 2. Stasjonskart, ASC Haganes, 2017. Grense for AZE inntegnet som rød linje med avstand på 110 m fra rammen til anlegget. Strøm er målt på 15 meters dyp.

4 ASC-undersøkelse Haganes

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 Haganes, 2017.

St.*	Sedimentbeskrivelse	Eh
C1	Finkornet sand/leire, ingen lukt eller sverting. Mye knuste skjell i prøve	7,6/225
C2ref	Olivengrønn leire, full grabb men mye vasket ut gjennom 1 mm sikt, lite prøve til analyse	7,79/66
C3	Grov skjellsand iblandet stein og knuste skjell, ingen lukt. Lite prøve i grabb	7,7/120
C4	Olivengrønn leire med innslag grov skjellsand. Ingen lukt eller sverting. Full grabb men mye vasket ut gjennom 1 mm sikt, lite prøve til analyse	7,68/222
ASC5	Mye stein og grus, ingen lukt. Olivengrønn og sort leire. 1x bomskudd pga stein i grabb	7,7/220

4.1.2 Kobber i sedimenter

Kobbernivåene i sedimentene er vist i Tabell 5. Kobberkonsentrasjonene var gjennomgående høye og over 34 mg/kg TS i alle undersøkte sedimenter.

Tabell 5. Kobber (Cu), mg/kg TS. ASC Haganes, 2017.

St.	Cu
C1-1	36,7
C2ref-1	46,9
C2ref-2	44,7
C4-1	44,3
C4-2	46,3
ASC5-1	45,3
ASC5-2	69,6
Cu1ref-1	51,5
Cu1ref-2	51,8
Curef2-1	46,9
Curef2-2	44,7

4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser

4.1.3.1 Artsmangfold – Shannon Wiener diversitetsindeks (H')

Diversitetsindeksen Shannon-Wiener (H') for bløtbunnsamfunnene er presentert i Tabell 6. Her vises også antall arter og individer på hver av stasjonene. De øvrige faunaindeksene i henhold til Veileder 02:2013 finnes i Vedlegg 3.

Antall individ varierte fra 91 til 430 og antall arter fra 15 til 26. Diversiteten H' var over 3 på C1, C3 og ASC5 og under 3 på C2ref og C4.

Tabell 6. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ASC-stasjoner ved Haganes, 2017.

St.*	Individtall	Ant arter	H'
C1	430	26	3,24
C2ref	91	15	2,46
C3	132	31	3,93
C4	265	25	2,28
ASC5	107	22	3,12

4.1.3.2 ASC vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 og C3 ved anlegget

Under er det gjort en vurdering av hvorvidt bløtbunnsamfunnene på begge stasjonene innenfor AZE (stasjon C1 og C3) 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 sensitivitet-sindeksene. Forurensningsindikatorer (pollution indicator species) er klassifisert i økologisk gruppe V. Resultatet er vist i Tabell 7.

På C1 var det fem arter med mer enn 100 individ/m² og fire av disse er ikke forurensnings-indikator.

På C3 er det bare en art med mer enn 100 individ/m² og det er en tolerant art.

Tabell 7. Taksa med flere enn 100 individer per m² på C1 og C3, Haganes, 2017.

Stasjon	Taksa	Antall per 0,2 m ²	Antall per m ²	NSI Økologisk gruppe*
C1	Capitella capitata	109	545	V
	Ophelina acuminata	76	380	II
	Chaetozone sp.	75	375	III
	Heteromastus filiformis	30	150	IV
	Prionospio steenstrupi	21	105	II
C3	Sabellides borealis	22	110	III

*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.

4.1.3.3 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnene i anleggssonen/AZE.

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).

Bløtbunnsamfunnene på stasjon C1 og C3 ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god" (Tabell 8). Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 1 er minst 20 arter, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 65 %.

Tabell 8. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på stasjon C1 og C3 (anleggssonen/AZE) i hht. NS 9410:2016 ved lokaliteten Haganes, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Haganes	26	Capitella capitata - 25 %	1 – Meget god
C3	Haganes	31	Sabellides borealis – 16 %	1 – Meget god

5 C-undersøkelse Haganes

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 parametere som skal undersøkes er gitt i en oversikt i NS 9410:2016.

Klassifiseringsgrenser for tilstandsklassifisering av de enkelte parametere og faunaindeks er vist i Vedlegg 1.

5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse

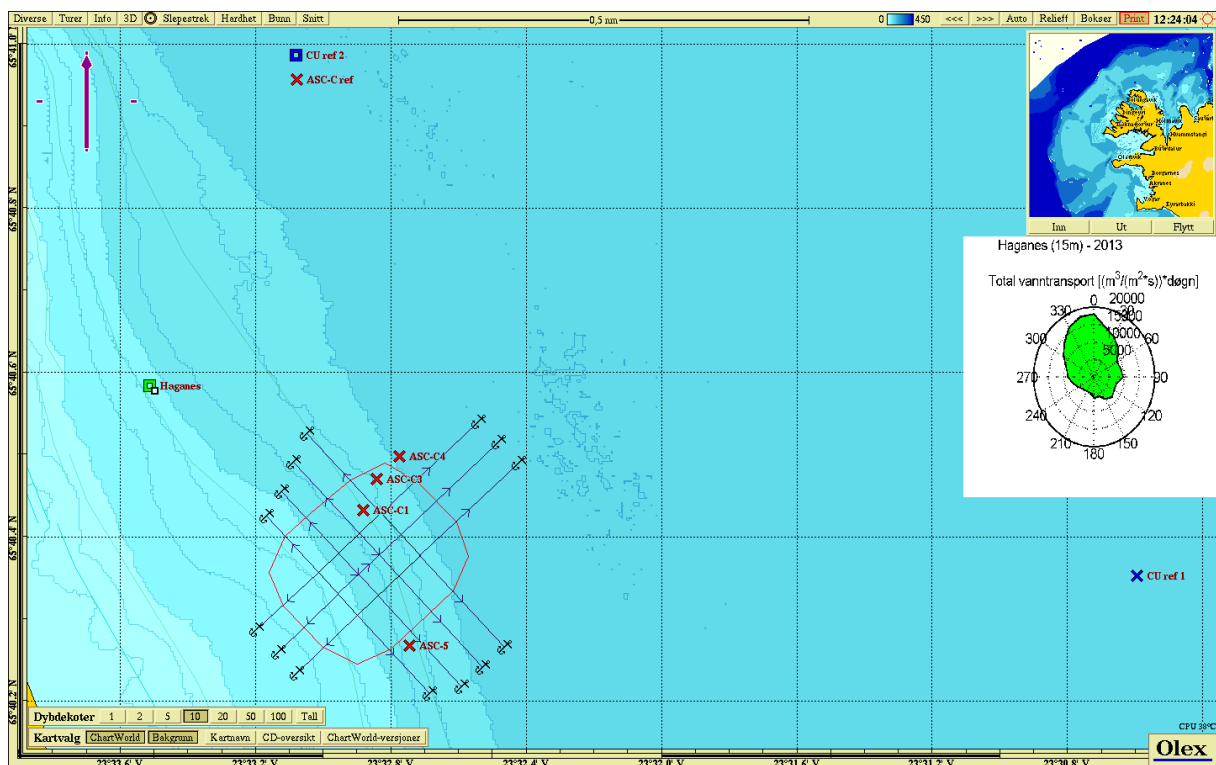
Det faglige programmet følger anbefalinger gitt i NS 9410:2016 for C-undersøkelser (Tabell 9). Antall stasjoner er gitt med bakgrunn i lokalitetens planlagte produksjon i 2018, som er 2800 tonn. Standarden krever da fire stasjoner samt en referansestasjon 1 km unna anlegget, totalt fem C-stasjoner. Stasjonsdyp og posisjoner er vist i Tabell 10 og Figur 3. Stasjonene er plassert i henhold til hovedstrømretning som er målt på 15 meter (Eriksen, 2017). 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.

Tabell 9. Planlagt faglig program for C-undersøkelsen ved Haganes, 2017. TOC = total organisk karbon, Korn = kornfordeling, TOM = Totalt organisk materiale, TN = Totalt nitrogen, Cu = kobber, pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial.

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

Tabell 10. Stasjonsdyp og -koordinater, C-stasjonene ved Haganes, 2017.

Stasjon	C1	C2	C3	C4	C5
Dyp (m)	75	99	81	93	75
GPS	65°40,448 N 23°32,871 V	65°40,980 N 23°33,049 V	65°40,475 N 23°32,840 V	65°40,496 N 23°32,772 V	65°40,263 N 23°32,773 V
Avstand til merd (m)	30	1000	75	130	130

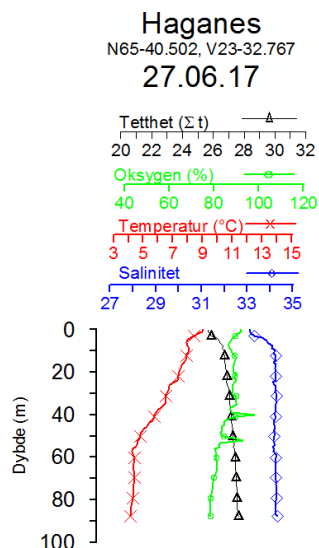


Figur 3. Stasjonskart, C-undersøkelse Haganes, 2017. Strøm er målt på 15 m dyp. ASC-Cref = C2.

5.3 Resultater

5.3.1 Hydrografi

Den hydrografiske vertikallprofilen for C4 i juni 2017 er vist i Figur 4. Temperaturen sank jevnt fra 8,5 °C i overflaten til litt over 4 °C på 60 m dyp og ned mot bunnen. Oksygenmetningen sank fra omtrent 90 % i overflaten ned til 80 % ved bunnen.



Figur 4. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på C4 ved Haganes, 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 11.

Nivåene av TOM varierte mellom 2,2 (C2) og 14,0 % (C2), TOC mellom 5,3 (C1) og 30,8 mg/g TS (C2) og normalisert TOC med verdier mellom 19,6 og 31,4. TN-nivåene var lave og det

samme var C/N-forholdene på stasjonene. Sedimentene var moderat til meget finkornet med pelittandeler mellom 21,0 og 96,4 %.

Eh-verdiene var positive i sediment fra alle stasjonene.

Tabell 11. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Haganes, 2017.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Finkornet sand/leire, ingen lukt eller sverting. Mye knuste skjell i prøve	3,1	5,3	19,6	0,7	7,8	21,0	7,6/ 225
C2	Olivengrønn leire, full grabb men mye vasket ut gjennom 1 mm sikt, lite prøve til analyse	14,0	30,8	31,4	5,3	5,8	96,4	7,79/ 66
C3	Grov skjellsand iblandet stein og knuste skjell, ingen lukt. Lite prøve i grabb	2,2	8,5	20,6	1,1	7,6	32,5	7,7/ 120
C4	Olivengrønn leire med innslag grov skjellsand. Ingen lukt eller sverting. Full grabb men mye vasket ut gjennom 1 mm sikt, lite prøve til analyse	10,2	22,3	27,4	3,7	6,0	72,5	7,68/ 222
C5	Mye stein og grus, ingen lukt. Olivengrønn og sort leire. 1x bomskudd pga stein i grabb	4,3	7,7	20,3	1,2	6,5	29,9	7,7/ 220

* 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 i sediment

Kobbernivået på stasjon C1 er presentert i Tabell 12 og var 36,7 mg/kg TS.

Tabell 12. Sedimentanalyser. Kobber (Cu), mg/kg TS. C1-stasjon ved Haganes, 2017. Tilstandsklassifisering i hht M-608/2016.

St.	Cu
C1	36,7

5.3.4 Bløtbunnfauna

5.3.4.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene på C-stasjonene er presentert i Tabell 13. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individ varierte fra 91 til 430 og antall arter fra 15 til 31. Diversitetsindeksen H' varierte fra 2,3 til 3,9 og antall forventete arter/100 individ fra 11,5 til 21,5.

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 moderat til meget jevn med verdier mellom 0,56 og 0,89.

Tabell 13. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQI1 = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQI1). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. C-stasjoner ved Haganes, 2017.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1	430	26	3,24	17,3	0,563	8,51	18,3	0,592	0,25	3,78	0,73
C2	91	15	2,46	11,5	0,570	9,02	22,5	0,581	0,39	3,27	0,70
C3	132	31	3,93	21,5	0,746	8,49	22,6	0,695	0,26	1,73	0,89
C4	265	25	2,28	15,3	0,559	9,04	23,5	0,601	0,10	3,67	0,56
C5	107	22	3,12	14,0	0,635	10,41	22,7	0,658	0,51	2,69	0,86

5.3.4.2 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 og C3 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 ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god". Kriteriet for tilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter/0,2 m² og at ingen av disse utgjør mer enn 65 % av individene (Tabell 14). Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonen er hentet fra Tabell 13 og Tabell 15.

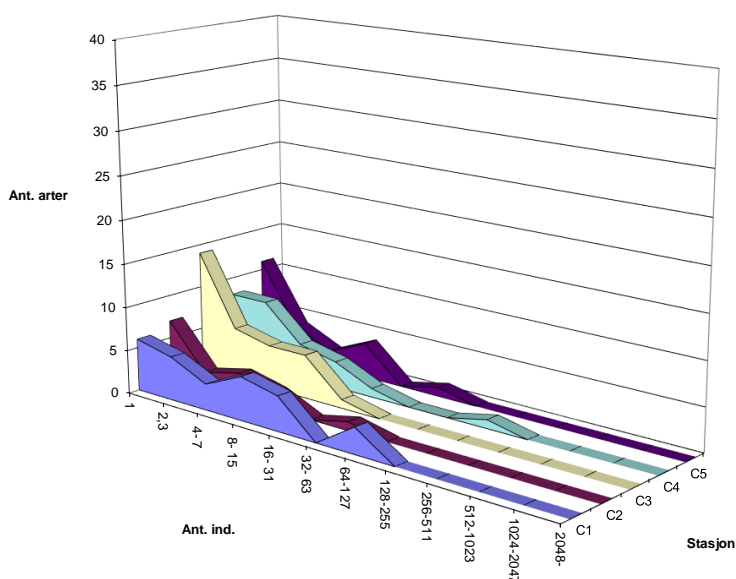
Tabell 14. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på C1 og C3 ved lokaliteten Haganes, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Haganes	26	Capitella capitata - 25 %	1 – Meget god
C3	Haganes	31	Sabellides borealis – 16 %	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.

Kurvene for alle stasjonene startet lavt, men strakk seg ikke nevneverdig langt ut mot høyere klasser. Kurvene ga ingen klare indikasjoner på faunatilstanden.

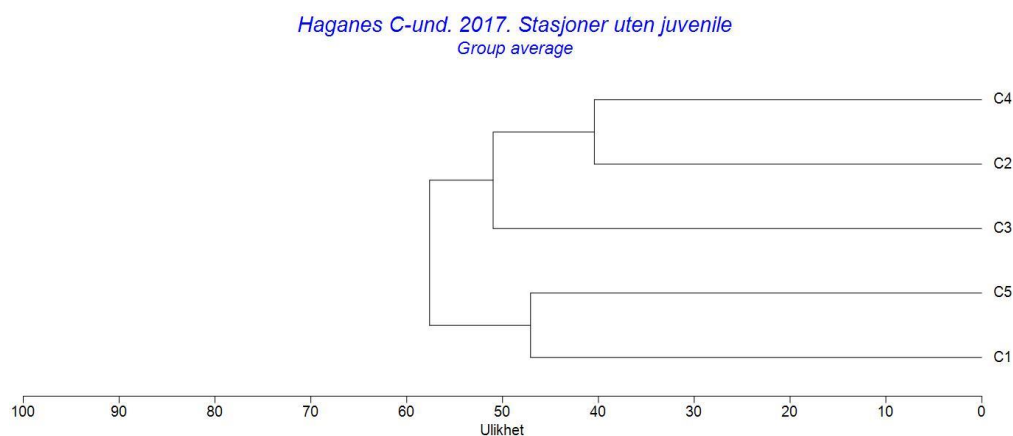


Figur 5. Bløtbunnsfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser. Haganes, 2017.

5.3.4.4 Clusteranalyser

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

Stasjonene ble skilt i to hovedgrupper med 42 % likhet i faunasammensetningen mellom gruppene. I gruppen med C1 og C5 var det 53 % likhet mellom stasjonene. I den andre gruppen var det 58 % likhet mellom C2 og C4. C3 var 49 % lik disse.



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

5.3.4.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en topp ti artsliste fra hver stasjon Tabell 15.

Børstemarken *Capitella capitata*, som er kjent for å øke i individantall ved økende organisk anrikning av sedimentet, dominerte faunaen på C1 med 25 % av individene. De øvrige artene blant topp-10 på stasjonen var hovedsakelige andre børstemarkarter.

Børstemarken *Prionospio steenstrupi* dominerte faunaen på C2 og C4 med hhv. 51 og 63 % av individene. På C2 var den opportunistiske muslingen *Thyasira sarsii* blant topp-10, mens de øvrige hovedsakelig var en blanding av børstemark og mollusker.

På C3 dominerte børstemarken *Sabellides borealis* med 16 % av individene. De øvrige artene blant topp-10 var en blanding av børstemark og mollusker. En av de sistnevnte var den opportunistiske muslingen *T. sarsii*.

På C5 dominerte børstemarken *Chaetozone* sp. med 35 % av individene. De øvrige artene blant topp-10 på stasjonen var en blanding av børstemark og mollusker, bl. a. børstemarken *C. capitata*.

Tabell 15. Antall individer og kumulativ prosent for de ti mest dominerende artene på C-stasjonene. Haganes, 2017.

C1	Ant.	Kum.	C2	Ant.	Kum.
Capitella capitata	109	25 %	Prionospio steenstrupi	47	51 %
Ophelina acuminata	76	43 %	Thyasira sarsii	11	62 %
Chaetozone sp.	75	60 %	Nuculana pernula	8	71 %
Heteromastus filiformis	30	67 %	Ennucula tenuis	5	76 %
Prionospio steenstrupi	21	72 %	Chaetozone sp.	4	81 %
Schistomeringos sp.	17	76 %	Melinna cristata	4	85 %
Sabellides borealis	16	80 %	Ampharete finmarchica	3	88 %
Scoloplos sp.	13	83 %	Crustacea indet. juv.	2	90 %
Ampharetidae indet.	12	86 %	Ophelina acuminata	2	92 %
Ennucula tenuis	11	88 %	Ampharetidae indet.	1	94 %
C3	Ant.	Kum.	C4	Ant.	Kum.
Sabellides borealis	22	16 %	Prionospio steenstrupi	168	63 %
Ennucula tenuis	15	27 %	Chaetozone sp.	21	71 %
Nuculana pernula	14	37 %	Ampharete finmarchica	10	74 %
Ampharetidae indet.	9	43 %	Ennucula tenuis	10	78 %
Galathowenia oculata	8	49 %	Nuculana pernula	9	81 %
Macoma calcarea	8	55 %	Ampharetidae indet.	7	84 %
Thyasira sarsii	7	60 %	Melinna cristata	5	86 %
Nuculana sp. juv.	6	64 %	Stenothoidae indet.	5	88 %
Prionospio steenstrupi	6	69 %	Ophelina acuminata	4	89 %
Euchone southerni	5	72 %	Crustacea indet. juv.	3	90 %
C5	Ant.	Kum.			
Chaetozone sp.	37	35 %			
Ophelina acuminata	13	47 %			
Heteromastus filiformis	10	56 %			
Schistomeringos sp.	9	64 %			
Nephtys pente	8	72 %			
Scoloplos sp.	6	78 %			
Ennucula tenuis	4	81 %			
Capitella capitata	3	84 %			
Ampharete finmarchica	2	86 %			
Macoma calcarea	2	88 %			

5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse

5.4.1 Sammenfatning

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

- Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen.
- Nivåene av TOM varierte mellom 2,2 og 14,0 %, TOC varierte mellom 5,3 og 30,8 mg/g TS og normalisert TOC mellom 19,6 og 31,4. TN-nivåene var lave og det samme var C/N-forholdene på stasjonene. Sedimentene var moderat grovt til meget finkornet med pelittandeler mellom 21,0 og 96,4 %. Nivået av kobber var 36,7 mg/kg TS på stasjon C1. Eh-verdiene var positive på alle stasjonene.
- Antall individ varierte fra 91 til 430 og antall arter fra 15 til 31. Diversitetsindeksen H' varierte fra 2,3 til 3,9 og antall forventete arter/100 individ fra 11,5 til 21,5. Forventet antall arter/100 individ varierte fra 11,5 til 21,5.

5.4.2 Konklusjon

Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen ved Haganes i juni 2017. Sammenlignet med norske forhold var verdiene av normalisert TOC noe høyt selv om sedimentene er forholdsvis finkornet på enkelte stasjoner. Det samme gjelder nivået av kobber i sedimentet. Eh-målingene i sedimentene viste positive verdier på alle stasjonene. Bløtbunnsamfunnene var forholdsvis artsfattig på stasjonene. På C1 dominerte en kjent forurensningsindikator, børstemarken *Capitella capitata*. Denne ble også registrert blant topp-10 på C5, men her med få individ. På de fire andre stasjonene var det hovedsakelig børstemarker og mollusker som var mest dominant.

Det ble gjennomført miljøundersøkelser på lokaliteten i 2014 og 2016 (Gallo & Thorsteinsson, 2017). Av de parameterne som var inkludert i de undersøkelsene er det bare diversitetsindeksen H' som kan brukes til sammenligning med foreliggende rapport. Diversiteten var noe lavere i 2016 (0,41 – 1,93) enn i 2017 (2,3 – 3,9). Forurensningsindikatoren *C. capitata* ble også registrert på noen av stasjonene i 2016.

Analysen av TOC og kornstørrelsessammensetning ble utført etter andre metoder i 2016 og kan derfor ikke sammenlignes.

Det kan 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. Det ble observert forekomst av lavaklumper i prøvene, noe som dokumenterer at sedimentforholdene er påvirket av den vulkanske aktiviteten som er, eller har vært, på Island.

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 kanskje 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.

Det anbefales derfor at naturtilstanden i miljøet ved kysten av Island blir kartlagt og at det blir utviklet standarder som tilpasses disse forholdene.

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. 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., 2017 Lokalitetsrapport Haganes APN rapport 8803.01
- Gallo, C. & M. Thorsteinsson, 2017. Miljøundersøkelser ved Haganes (på Islandsk).
- 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.
- 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

Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer

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. Reproduserbarheten av TOM-analysene er sjekket i opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandsediment 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 trinitriumcitrat

Totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling

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

Etter tørking 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)

Prøven for metallanalyse ble frysetørket før den ble oppløst 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 (fôrestre/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 arts mangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke arts mangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert arts mangfold. Endringer i arts mangfold under og ved oppdrettsmerder kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

Innsamling og fiksering

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

Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle stasjonene innsamles det to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) og ASC standarden. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunndyrene ble identifisert til fortrinnsvis arts nivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative arts listene 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)
- Sammensatt indeks for arts mangfold og ømfintlighet (NQI1)
- Ømfintlighetsindeks som inngår i NQI1 (AMBI)
- Normalisert EQR (nEQR)
- Antall arter plottet mot antall individer i geometriske arts klasser
- 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

Det er også utført en samlet tilstandsklassifisering for stasjonene i overgangssonen i hht kapt. 8.6.3 i NS9419:2016. Stasjonene C1 og C2 er ikke med i denne beregningen.

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 nordiske 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 AS.

Beregning av "site specific" AZE:

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

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

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

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

Med svai på 20% av 100 m = 20 m blir

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

D og (V_s) hentes fra lokalitetsrapport.

Referanse:

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

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 forensningsundersøkelser fordi miljøforstyrrelser typisk påvirker samfunnets sammensetning. Svakheten ved diversitetsmålene er at de ikke alltid fanger opp endringer i samfunnsstrukturen. Dersom en art blir erstattet med like mange individer av en ny art, vil ikke det gjøre noe utslag på diversitetsindeksene.

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

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

der n_i = antall individer av art i i prøven

N = total antall individer

s = antall arter

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

Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

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

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

Hurlberts diversitetskurver

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

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

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

der N = total antall individ i prøven

N_i = antall individ av art i

n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)

s = total antall arter i prøven

Plott av antall arter i forhold til antall individer

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

Ved moderat 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 forurensing 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 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-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 Haganes, 2017:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	1025	430	91	132	265	107
no. spe.	56	26	15	31	25	22

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02	C5_01	C5_02
no. ind.	1025	132	298	46	45	88	44	103	162	13	94
no. spe.	56	20	23	12	11	24	19	15	20	9	19
Shannon-Wiener:		3,1	3,4	2,7	2,2	4,1	3,7	2,4	2,1	3,0	3,2
Pielou		0,72	0,74	0,76	0,64	0,90	0,88	0,62	0,49	0,95	0,76
ES100		18	17	12	11	24	19	15	16	9	19
SN		1,89	1,80	1,85	1,79	2,12	2,21	1,77	1,84	2,33	1,95
ISI-2012		8,40	8,62	9,22	8,81	8,31	8,68	8,80	9,27	12,23	8,60
AMBI		3,674	3,886	3,098	3,443	2	1,461	3,551	3,797	2,125	3,261
NQI1		0,57	0,55	0,59	0,55	0,73	0,76	0,56	0,56	0,66	0,61
NSI		19,3	17,2	21,9	23,2	21,8	23,3	23,5	23,5	24,7	20,8
DI		0,071	0,424	0,387	0,397	0,106	0,407	0,037	0,160	0,936	0,077

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5
Shannon-Wiener:	3,24	2,46	3,93	2,28	3,12
Pielou	0,73	0,70	0,89	0,56	0,86
ES100	17,3	11,5	21,5	15,3	14,0
SN	1,85	1,82	2,17	1,80	2,14
ISI-2012	8,51	9,02	8,49	9,04	10,41
AMBI	3,78	3,27	1,73	3,67	2,69
NQI1	0,56	0,57	0,75	0,56	0,63
NSI	18,26	22,53	22,55	23,49	22,74
DI	0,25	0,39	0,26	0,10	0,51
Tilstandsklasse nEQR *)	0,592	0,581	0,695	0,601	0,658

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5
1	6	7	14	8	11
2,3	5	2	6	8	4
4-7	3	3	5	4	2
8-15	5	2	5	3	4
16-31	4	0	1	1	0
32-63	0	1	0	0	1
64-127	3	0	0	0	0
128-255	0	0	0	1	0
256-511	0	0	0	0	0
512-1023	0	0	0	0	0
1024-2047	0	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0

Artsliste

Haganes ASC-C 2017

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
<i>Stasjonsnr.: C1</i>						
PORIFERA						
NEMATODA			Porifera indet.	-1		-1
ANNELIDA			Nematoda indet.	1	2	3
	Polychaeta					
		Orbiniida				
		Spionida	Scoloplos sp.	2	11	13
			Prionospio steenstrupi	7	14	21
			Spio limicola	1	3	4
			Chaetozone sp.	43	32	75
		Capitellida				
			Capitella capitata	20	89	109
			Heteromastus filiformis	3	27	30
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	26	50	76
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	1	8	9
			Goniada maculata	1		1
			Nephtys pente	1	1	2
		Eunicida				
			Schistomeringos sp.	1	16	17
		Terebellida				
			Ampharete acutifrons		1	1
			Ampharete finmarchica	3	3	6
			Ampharete lindstroemi		2	2
			Sabellides borealis	3	13	16
			Ampharetidae indet.	3	9	12
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Amphipoda				
			Oedicerotidae indet.		1	1
			Stenothoidae indet.	1	3	4
		Isopoda				
			Pleurogonium spinosissimum		1	1
MOLLUSCA						
	Prosobranchia					
		Neogastropoda				
			Oenopota sp.	1		1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Philine sp.	2		2
	Bivalvia					
		Nuculoidea				
			Ennucula tenuis	9	2	11
			Nuculana pemula	1	1	2
			Nuculana sp. juv.		1	1
			Yoldia hyperborea		2	2
		Veneroidea				
			Thyasiridae indet.		1	1
			Macoma calcarea	3	8	11
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.	-1		-1
			Maks:	43	89	109
			Antall:	23	25	30
			Sum:			432

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
Stasjonsnr.: C2						
ANNELIDA						
	Polychaeta					
	Spionida					
			Prionospio steenstrupi	20	27	47
			Chaetozone sp.	2	2	4
	Opheliida					
			Ophelina acuminata	1	1	2
	Phyllodocida					
			Nephtys ciliata		1	1
			Nephtys paradoxa	1		1
	Terebellida					
			Ampharete finmarchica	2	1	3
			Melinna cristata	3	1	4
			Sabellides borealis	1		1
			Ampharetidae indet.		1	1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
	Cumacea					
			Leucon sp.	1		1
	Euphausiacea					
			Euphausiacea indet.	1		1
			Crustacea indet. juv.	2		2
MOLLUSCA						
	Prosobranchia					
	Neogastropoda					
			Oenopota sp.	1		1
	Bivalvia					
	Nuculoida					
			Ennucula tenuis	2	3	5
			Nuculana pernula	4	4	8
	Veneroida					
			Thyasira obsoleta		1	1
			Thyasira sarsii	8	3	11
			Maks:	20	27	47
			Antall:	14	11	17
			Sum:			94

Stasjonsnr.: C3

FORAMINIFERA

			Foraminifera indet.		-1	-1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
	Orbiniida					
			Scoloplos sp.		1	1
	Spionida					
			Prionospio steenstrupi	5	1	6
			Chaetozone sp.	2		2
	Capitellida					
			Heteromastus filiformis	2	1	3
			Rhodine gracilior		1	1
			Microclymene acirrata	1		1
			Praxillella gracilis	2		2
	Opheliida					
			Ophelina acuminata	1		1
	Phyllodocida					
			Eteone barbata	1		1
			Syllis cornuta	1		1
			Nephtys ciliata	1		1
			Nephtys pente	3	1	4
	Eunicida					
			Lumbrineris sp.		1	1
	Oweniida					
			Galathowenia oculata	6	2	8

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Terebellida	Anobothrus gracilis	1		1
			Ampharete finmarchica		2	2
			Melinna cristata	3		3
			Sabellides borealis	12	10	22
			Ampharetidae indet.	4	5	9
			Laphania boeckii	3	2	5
		Sabellida	Euchone southerni	4	1	5
			Euchone sp.		1	1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Amphipoda	Oediceropsis brevicornis		1	1
MOLLUSCA						
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea	Philine sp.		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida	Ennucula tenuis	9	6	15
			Nuculana pernula	10	4	14
			Nuculana sp. juv.		6	6
		Veneroida	Thyasira sarsii	6	1	7
			Thyasiridae indet.	3		3
			Astarte montagui	1		1
			Macoma calcarea	6	2	8
			Abra nitida	1		1
			Maks:	12	10	22
			Antall:	24	21	33
			Sum:			137

Stasjonsnr.: C4

FORAMINIFERA

			Foraminifera indet.		-1	-1
CNIDARIA						
	Hydrozoa					
			Hydrozoa indet.	-1		-1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Spionida	Prionospio steenstrupi	59	109	168
			Spio limicola	1	1	2
			Chaetozone sp.	10	11	21
		Capitellida	Praxillella gracilis		3	3
			Euclymeninae indet.		1	1
		Opheliida	Ophelina acuminata	4		4
		Phyllodocida	Nephtys ciliata	2		2
		Eunicida	Lumbrineris sp.		1	1
			Schistomeringos sp.		1	1
		Oweniida	Galathowenia oculata	1	1	2
		Terebellida	Ampharete finmarchica	7	3	10
			Melinna cristata		5	5
			Sabellides borealis	2	1	3
			Ampharetidae indet.	4	3	7
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Amphipoda	Leucon sp.		2	2
			Rhachotropis sp.		1	1
			Lysianassidae indet.		2	2
			Oedicerotidae indet.	1		1
			Stenothoidae indet.	5		5
			Gammaridea indet.	1		1
			Crustacea indet. juv.	1	2	3
MOLLUSCA	Bivalvia	Nuculoida	Ennucula tenuis	2	8	10
			Nuculana pernula	3	6	9
		Veneroida	Thyasira sarsii	1	1	2
			Macoma calcarea		1	1
BRYOZOA			Bryozoa indet.	-1		-1
TUNICATA	Ascidiacea		Ascidiacea indet. (solit)		1	1
			Maks:	59	109	168
			Antall:	18	22	29
			Sum:			265
Stasjonsnr.: C5						
CNIDARIA	Hydrozoa		Hydrozoa indet.		-1	-1
ANNELIDA	Polychaeta	Orbiniida	Scoloplos sp.	1	5	6
		Spionida	Prionospio steenstrupi		1	1
			Aphelochaeta sp.		1	1
			Chaetozone sp.	2	35	37
		Capitellida	Capitella capitata		3	3
			Heteromastus filiformis		10	10
			Nicomache sp.	1		1
			Praxillella gracilis		1	1
		Opheliida	Ophelina acuminata	3	10	13
		Phyllodocida	Syllis cornuta		1	1
			Nephtys paradoxa		1	1
			Nephtys pente	1	7	8
		Eunicida	Schistomeringos sp.	2	7	9
		Terebellida	Ampharete finmarchica		2	2
			Sabellides borealis	1	1	2
			Ampharetidae indet.		1	1
		Sabellida	Paradexiospira vitrea	1		1
MOLLUSCA	Prosobranchia	Archaeogastropoda	Lepeta caeca	1		1
	Bivalvia	Nuculoida	Ennucula tenuis		4	4

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Veneroida	Macoma calcarea		2	2
			Pelecypoda indet.		1	1
TUNICATA	Ascidiacea		Ascidiacea indet. (solit)		1	1
			Maks:	3	35	37
			Antall:	9	20	23
			Sum:			106
			TOTAL:			Maks: 168
						Sum: 1034

Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser

Analyserapport C-und_111017

Redigert av: LTO
Godkjent: _____



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: ASC/C undersøkelse Haganes 2017
Kontaktperson: Steinar Dalheim
Adresse: Framsenteret
Postnr./sted:
Tel:
E-post: **Dato:** 19.10.2017

Rapport nr.: 8952
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN, Cu
Kontaktperson: Ingar H. Wasbotten

Analyseansvarlig: *Marita A. Gasli* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Steinar Dalheim* (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:

Stasjon Cu-ref1 er felles for prosjektene 8951 Steinanes og 8952 Haganes. Analyseresultater er inkludert i rapporter for begge felt (prøve 8951/6 = 8952/6).

For 8952 Haganes er prøve Cu-ref2 (8952/7) identisk til C2-ref (8952/2)

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 4

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Beskaffenhet ved mottak	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
8952/1	C1	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN, Cu	06.09. - 02.10.2017
8952/2	C2 ref	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN, 2xCu	06.09. - 02.10.2017
8952/3	C3	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN	06.09. - 02.10.2017
8952/4	C4	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN, 2xCu	06.09. - 02.10.2017
8952/5	ASC 5	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN, 2xCu	06.09. - 02.10.2017
8952/6 = 8951/6	Cu ref1	Sediment	Frossent	04.09.2017	2xCu	06.09. - 12.09.2017
8952/7	Cu ref2 = C2 ref	Sediment	Frossent	04.09.2017	2 x Cu	06.09. - 12.09.2017

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.
Kobber-Cu (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

Resultater

Kundens id.:		C1	C2 ref	C3	C4	ASC 5
Parameter	Enhet	8952/1	8952/2	8952/3	8952/4	8952/5
> 0,063 mm	vekt %	79.0	3.6	67.5	28.5	70.1
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	21.0	96.4	32.5	71.5	29.9
TOC	mg/g TS	5.3	30.8	8.5	22.3	7.7
TOC, normalisert**	mg/g TS	19.6	31.4	20.6	27.4	20.3
TOM	% TS	3.1	14.0	2.2	10.2	4.3
Total-N **	mg/g TS	0.68	5.33	1.11	3.69	1.18
C/N **		7.8	5.8	7.6	6.0	6.5
Cu *	mg/kg TS	36.7	46.9		44.3	45.3
Parameter	Enhet		8952/2-2		8952/4-2	8952/2-2
Cu *	mg/kg TS		44.7		46.3	69.6

* Analysen er utført av ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia

Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163

** Uakkreditert analyse eller beregning utført av Akvaplan-niva AS

TOC, normalisert = $\text{målt TOC mg/g} + 18 \cdot (1-F)$, der $F = \text{andel finstoff (pellitt) gitt ved \%pellitt/100}$.

MERKNADER:

Prøvene C2ref (8952/2) og C3 (8952/3) inneholder stein større enn 15 mm som ikke er inkludert i kornanalysen. Steinene ville utgjøre henholdsvis 10.5 vekt% og 40.5 vekt% av total prøve.

Resultater forts.

Kundens id.:		Cu ref1	Cu ref2 = C2 ref			
Parameter	Enhet	8952/6 = 8951/6	8952/7			
> 0,063 mm	vekt %					
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %					
TOC	mg/g TS					
TOC, normalisert**	mg/g TS					
TOM	% TS					
Total-N **	mg/g TS					
C/N **						
Cu *	mg/kg TS	51.5	46.9			
Parameter	Enhet	8952/6-2=8951/6-2	8952/7-2			
Cu *	mg/kg TS	51.8	44.7			

Side 4 av 4