

Arnarlax ASC- og C-undersøkelse Eyri, 2018.



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 Eyri, 2018.

Forfatter(e) / Author(s)

Hans-Petter Mannvik

Snorri Gunnarson

Akvaplan-niva rapport nr / report no

60033.01

Dato / Date

12.02.2019

Antall sider / No. of pages

21 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Arnarlax hf., 465 Bíldudal, Island

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Þóra Dögg Jörundsdóttir

Sammendrag / Summary

Resultatene fra overvåkingen ved oppdrettslokaliteten Eyri i 2018 viste at sedimentene var noe belastet med organisk karbon og kobberkonsentrasjonen var noe forhøyet på Ey1. Det ble registrert belastningseffekt på stasjon Ey1, Ey3, Ey5 og Ey6 og samlet faunaindeks nEQR viste moderat påvirkning her. For de andre stasjonene viste nEQR god faunatilstand. Diversiteten H' var over 4 på Ey2 og Ey7 og under 3 på de andre stasjonene. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 1 (Meget god) for Ey1 og tilstand 2 (God) for Ey5. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene. Redoks-verdiene i sedimentet var positive for alle stasjonene.

Prosjektleder / Project managerA blue ink signature of Snorri Gunnarson.
Snorri Gunnarson**Kvalitetskontroll / Quality control**A blue ink signature of Roger Velvin.
Roger Velvin

© 2019 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 og fôrforbruk.....	7
2.3 Tidligere undersøkelser	8
3 MATERIALE OG METODE.....	9
3.1 Faglig program	9
3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE.....	9
4 ASC-UNDERSØKELSE EYRI	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 EYRI.....	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.....	14
5.3.3 Kobber	15
5.3.4 Bløtbunnfauna	15
5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse.....	19
5.4.1 Sammenfatning	19
5.4.2 Konklusjon	19
6 REFERANSER.....	20
7 VEDLEGG	21
Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer	21
Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE	24
Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister	25
Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser.....	37

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type ASC og C på lokaliteten Eyri. C-undersøkelsen er utført etter i NS 9410:2016, og inngår som del av en forundersøkelse av ny lokalitet iht. kap. 5.0. Det er i den anledning satt en egen referansestasjon ca. 1 km unna anlegget. 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 syv stasjoner inngår i C-undersøkelsen. Oppdrags giver har vært Arnarlax.


Følgende personer har deltatt:

Snorri Gunnarson	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.
Kamila Szybor	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Kristine H Sperre	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 med ALS Laboratory Group (Tjekkia) som underleverandør.

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

Kópavogur, 12.02.2019



Snorri Gunnarson

Prosjektleder

1 Oppsummering

1.1 Oppsummering av ASC-resultatene

Indikator i ASC	ASC krav	Resultater							Kommentarer til prøvetaking
		Ey 1	Ey 2	Ey 3	Ey 4	Ey 5	Cu1 Ey7	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV eller sulphid level < 1500 microMol/L	155	162	156	151	156	161	155	
2.1.2	«Faunal index score» utenfor AZE indikerer god til svært god økologisk status – Shannon-Wiener > 3	2,50	4,21	2,47	2,99	2,15	-	-	
2.1.3	>= 2 taksa av makrofauna innenfor AZE som ikke er forurensningsindikatorer, med en tilstedeværelse på over 100 ind/m ²	4	-	-	-	2	-	-	
4.7.4	Kobbernivå < 34 mg/kg tørrstoff	33,6	28,8/35,0	32,3/38,1	34,7/30,2	-	40,0/33,4	35,4/35,2	
2.1.4	Lokalspesifikk AZE	Se kap. 3.2.							

Konklusjoner:

Kobberkonsentrasjonene var forholdsvis lave og mellom 28,8 og 40,0 mg/kg i de undersøkte sedimentene. Redokspotensialene (Eh) var positive i sedimentene på alle stasjonene. Artsmangfoldet var noe lavt i bløtbunnsamfunnet fra stasjon Ey1, Ey3, Ey4 og Ey5 med diversitetsindeks $H' < 3$, og > 3 på Ey2. En vurdering av bløtbunnsamfunnet i anleggssonen/AZE (stasjon Ey1 og Ey5) 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. En vurdering av faunaen på stasjonene innenfor AZE i hht. NS 9410:2016 viste miljøtilstand 1 (meget god) for bløtbunnsamfunnet på Ey1 og 2 (god) på Ey5.

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



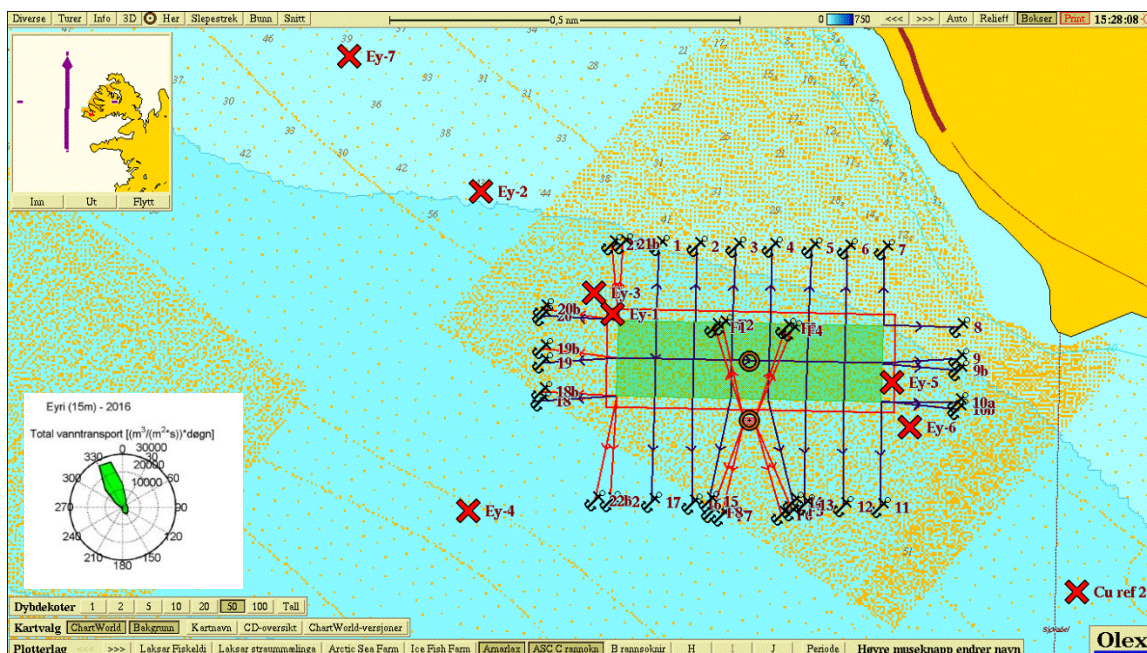
1.2 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC demand	Results							Remarks of the sampling
		Ey 1	Ey 2	Ey 3	Ey 4	Ey 5	Cu1 Ey 7	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/L	154.8	158.0	156.2	158.5	155.8	160.9	154.5	
2.1.2	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3	2.50	4.21	2.47	2.99	2.15	-	-	
2.1.3	>= 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	4	-	-	-	2	-	-	
4.7.4	Copper level < 34 mg/kg dry sediment	33.6	28.8/ 35.0	32.3/ 38.1	34.7/ 30.2	-	40.0/ 33.4	35.4/ 35.2	
2.1.4	Location specific AZE	See chapter 3.2.							

Conclusions:

The copper level was generally low and between 28.8 and 40.0 mg/kg in all the sediments. The redox potential (Eh) was positive in all sediments. The faunal diversity was low at station Ey1, Ey3, Ey4 and Ey5 with the diversity index $H' < 3$, and high at Ey2. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations Ey1 and Ey5) 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. An evaluation of the fauna at the stations within the AZE, in accordance with NS 9410:2016, gave an environmental classification of 1 ("Very good") for the community at C1 and 2 ("Good") at C5.


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 Eyri, 2018.		
Rapport nr.	60033.01	Lokalitet:	Eyri
Lokalitet nr.		Kartkoordinater (anlegg):	65°34,850 N 23°58,440 V
Fylke:		Kommune:	
MTB-tillatelse:	Område MBT	Driftsleder:	Rolf Orjan Nordli
Oppdragsgiver:	Arnarlax		

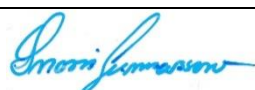
Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 17.05.2018			
Fiskegruppe:	Laks	Biomasse ved undersøkelse:	0
Utføret mengde:	0	Produsert mengde:	0
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	
Brakklegging:		Ny lokalitet:	X

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2013 rev. 2015)		Diversitetsindeks H' (Shannon Wiener)	
Fauna Ey 1 (innerst)	0,569	Fauna Ey 1 (innerst)	2,50
Fauna Ey 2 (ytterst)	0,718	Fauna Ey 2 (ytterst)	4,21
Fauna Ey 3	0,564	Fauna Ey 3	2,47
Fauna Ey 4 (dypområde)	0,618	Fauna Ey 4 (dypområde)	2,99
Fauna Ey 5	0,525	Fauna Ey 5	2,15
Fauna Ey 6	0,554	Fauna Ey 6	2,61
Fauna Ey 7	0,699	Fauna Ey 7	4,16
Dato feltarbeid:	17.05.2018	Dato rapport:	12.02.2019
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			nTOC fra 27,8 – 30,7 (moderat) Kobber litt forhøyet på Cu1 Eh positiv på alle stasjonene O ₂ -forholdene gode i hele vannsøylen.
Ansvarlig feltarbeid:	Snorri Gunnarsson	Signatur:	

1.4 Summary of the C results

Client information			
Title :	C-undersøkelse Eyri, 2018.		
Report nr.	60033.01	Location:	Eyri
Location nr.		Map co/ordinates (construction):	65°34,850 N 23°58,440 V
Fylke:		Kommune:	
MTB-permission:	Område MBT	Operations manager:	Rolf Orjan Nordli
Client:	Amarlax		

Biomass/production status at date of investigation 17.05.2018			
Fish group:	Atlantic Salmon	Biomass on examination:	0
Feed input:	0	Produced quantity:	0
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maximum biomass		Follow up study:	
Fallow:		New location:	X

Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2013 rev. 2015)		Diversity index H' (Shannon Wiener)	
Fauna Ey 1 (inner)	0.569	Fauna Ey 1 (inner)	2.50
Fauna Ey 2 (outer)	0.718	Fauna Ey 2 (outer)	4.21
Fauna Ey 3	0.564	Fauna Ey 3	2.47
Fauna Ey 4 (depth layers)	0.618	Fauna Ey 4 (depth layers)	2.99
Fauna St 5	0.525	Fauna St 5	2.15
Fauna Ey 6	0.554	Fauna Ey 6	2.61
Fauna Ey 7	0.699	Fauna Ey 7	4.16
Date fieldwork:	17.05.2018	Date of report:	12.02 2019
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)		nTOC from 27,8 – 30,7 (moderate) Copper somewhat high at C1 Eh positive at all stations O ₂ -forholdene gode i hele vannsøylen.	
Responsible for fieldwork:	Snorri Gunnarsson	Signature:	

2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva har på vegne av Arnarlax gjennomført en ASC- og C-undersøkelse på lokalitet Eyri i Patreksfjörður, Island (Figur 1). Undersøkelsen er utført med bakgrunn i at Arnarlax ønsker å sertifisere lokaliteten i henhold til Aquaculture Stewardship Council (ASC-standarden) samt oppfølge krav fra Islandske myndigheter vedrørende miljøovervåking av anlegget. 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 lokalitetstillatelse fra Islandske myndigheter.



Figur 1. Oversiktskart over Patreksfjörður med plassering av lokaliteten Eyri (rødt kryss). Koordinater for anleggets senterpunkt er angitt i bildets høyre kant.

2.2 Drift og fôrforbruk

Anlegget er en rammefortøyning med 2 x 7 bur, totalt 14 merder på 160 meters omkrets. Eyri er ny lokalitet og har ikke vært i drift før. Det utføres derfor en forundersøkelse i sjøområdet.

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. Til Eyri er planlagt maks stående mengde fisk i sjøen i til den første generasjon 8.203 ton (Jörundsdóttir pers medd.).

2.3 Tidligere undersøkelser

Eyri er ny lokalitet og Akvaplan-niva AS foretar derfor en forundersøkelse på lokaliteten av type B/C (NS 9410). I tillegg utføres ASC-undersøkelse gjennomført i kombinasjon med en C-undersøkelse.

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 1.

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

Tabell 1. Planlagt faglig program for ASC- og C-undersøkelsen ved Eyri, 2018. TOC = total organisk karbon. Korn = kornfordeling. TOM = total organisk materiale. TN = total nitrogen. Cu = kobber. pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial. Ey 1, Ey 2, Ey 3, Ey 4, Ey 5, Ey 6 og Ey 7 inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Type analyse/parametere
Ey 1 (anleggssone, innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
Ey 2 (overgangssone, fjernstasjon utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
Ey 3 (overgangssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
Ey 4 (overgangssone, dypområdet, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
Ey 5 (anleggssone, innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Ey 6 (overgangssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Ey 7 (overgangssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Cu ref 1 (= Ey 7)	2 x Cu
Cu ref2 (referansestasjon ASC)	2 x Cu

Feltarbeidet ble gjennomført 17.05.2018.

3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE

ASC-standarden tar rede for en AZE sone (Allowable Zone of Effect) på 30 m rundt anlegget som ble anvendt ved denne undersøkelsen.

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 samlet inn prøver fra fem biologiske prøvetakingsstasjoner.

Stasjonsposisjonene er gjort på bakgrunn av strømmålinger gjennomført på spredningsdyp (15 m) ved lokaliteten (Heggem 2017).

Koordinater, dyp og stasjonsnett for prøvetaking er vist i Tabell 2 og Figur 2.

Tabell 2. Avstand mellom nærmeste merd og prøvetakingspunkt. Stasjonskoordinater og dyp, ASC-stasjonene ved Eyri, 2018. Ey 1, Ey 2, Ey 3, Ey 4, Ey 5, Ey 6 og Ey 7 inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon
Ey 1	54	25	N 65°34,786 – V 23°59,156
Ey 2	45	500	N 65°34,957 – V 23°59,620
Ey 3	55	100	N 65°34,816 – V 23°59,224
Ey 4	61	500	N 65°34,397 – V 23°59,958
Ey 5	54	25	N 65°34,696 – V 23°58,189
Ey 6	53	100	N 65°34,632 – V 23°58,126
Ey 7/Cu ref1	42	1000	N 65°35,147 – V 24°00,081
Cu ref2	53	750	N 65°34,402 – V 24°57,538



Figur 2. Stasjonskart, ASC Eyri, 2018. Grense for AZE inntegnet som rød linje med avstand på 30 m fra rammen til anlegget. Spredningsstrøm er målt på 15 meters dyp.

4 ASC-undersøkelse Eyri

4.1 Resultater

4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh)

Tabell 3 viser sedimentbeskrivelsene og resultatene redoksmålingene på stasjonene. Eh viste positive verdier på alle stasjonene.

Tabell 3. Sedimentbeskrivelse og redoks-målinger (Eh). ASC-stasjoner Eyri, 2018.

St.*	Sedimentbeskrivelse	Eh
Ey 1	Leire/silt	155
Ey 2	Leire/skjellsand	162
Ey 3	Leire/silt	156
Ey 4	Leire/silt	151
Ey 5	Leire/silt	156
Ey 6	Leire/silt	155
Ey 7/Cu ref 1	Leire/silt/skjellsand	161
Cu ref2	Leire/silt	155

4.1.2 Kobber i sedimenter

Kobbernivåene i sedimentene er vist i Tabell 4. Kobberkonsentrasjonene varierte fra 28,8 til 40,0 mg/kg TS i sedimentet på stasjonene.

Tabell 4. Kobber (Cu), mg/kg TS. ASC Eyri, 2018.

St.	Cu
Ey 1-1	33,6
Ey 2-1	28,8
Ey 2-2	35,0
Ey 3-1	32,3
Ey 3-2	38,1
Ey 4-1	34,7
Ey 4-2	30,2
Ey 5-1	-
Ey 5-2	-
Cu ref1-1	40,0
Cu ref1-2	33,4
Cu ref2-1	35,4
Cu ref2-2	35,2

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 i henhold til Veileder 02:2013 finnes i Vedlegg 3.

Antall individ varierte fra 125 (Ey 5) til 545 (Ey 4) og antall arter fra 15 (Ey 5) til 51 (Ey 2). Diversiteten H' varierte fra 2,15 til 4,21.

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ASC-stasjoner ved Eyri, 2018.

St.	Individtall	Ant arter	H'
Ey 1	343	22	2,50
Ey 2	381	51	4,21
Ey 3	277	20	2,47
Ey 4	545	35	2,99
Ey 5	125	15	2,15

4.1.3.2 ASC vurdering av bunndyrsamfunnet på Ey 1 og Ey 5 ved anlegget

Under er det gjort en vurdering av hvorvidt bløtbunnsamfunnet på anleggssonestasjonene innenfor AZE (stasjon Ey 1 og Ey 5) 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. Forurensningsindikatorer (pollution indicator species) er klassifisert i økologisk gruppe V. Resultatet er vist i Tabell 6.

Det var hhv, fire og to taksa med mer enn 100 ind./m² på de to stasjonene og ingen av disse er forurensningsindikator.

Tabell 6. Dominerende taksa med individantall per m² på Ey 1 og Ey 5, Eyri, 2018.

Stasjon	Taksa	Antall per 0,2 m ²	Antall per m ²	NSI Økologisk gruppe*
Ey 1	Ennucula tenuis	174	870	II
Ey 1	Galathowenia oculata	54	270	III
Ey 1	Sternaspis scutata	26	130	Ik
Ey 1	Cossura longocirrata	23	115	IV
Ey 5	Ennucula tenuis	47	235	II
Ey 5	Galathowenia oculata	44	220	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 kapt. 8.6.2 i NS 9410:2016).

Bløtbunnsamfunnene på stasjon Ey 1 og Ey 5 ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god" for Ey1 og 2 "God" for Ey5 (Tabell 7). Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 65 %. På Ey5 var det 15 arter tilstede.

Tabell 7. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på stasjon Ey 1 og Ey 5 (anleggssonen/AZE) i hht. NS 9410:2016 ved lokaliteten Eyri, 2018.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand-NS 9410
Ey 1	Eyri	22	Ennucula tenuis – 49 %	1 – Meget god
Ey 5	Eyri	15	Ennucula tenuis – 37 %	2 - God

5 C-undersøkelse Eyri

5.1 Innledning

C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget (anleggssonen) og utover i overgangssonen. 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 faunaindekser er vist i Vedlegg 1.

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 1 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 8). Antall stasjoner er gitt med bakgrunn i lokalitetens MTB, som for denne lokaliteten er 8.203 tonn. Standarden krever da 7 stasjoner. Stasjonsdyp og posisjoner er gitt i Tabell 9 og vist i Figur 3. Stasjonene er plassert i henhold til hovedstrømretning som er ved spredningsdyp på 15 meter (Heggem 2017).

Tabell 8. Planlagt faglig program for C-undersøkelsen ved Eyri, 2018. TOC = total organisk karbon, Korn = kornfordeling, TOM = Totalt organisk materiale, TN = Totalt nitrogen, Cu = kobber, pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial.

Stasjon	Type undersøkelse
Ey 1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
Ey 2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Ey 3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Ey 4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh. Hydrografi/O ₂ .
Ey 5	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Ey 6	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Ey 7	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.

Tabell 9. Stasjonsdyp avstand til merd og koordinater, C-stasjonene ved Eyri, 2018.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon
Ey 1	54	25	N 65°34,786 – V 23°59,156
Ey 2	45	500	N 65°34,957 – V 23°59,620
Ey 3	55	100	N 65°34,816 – V 23°59,224
Ey 4	61	500	N 65°34,397 – V 23°59,958
Ey 5	54	25	N 65°34,696 – V 23°58,189
Ey 6	53	100	N 65°34,632 – V 23°58,126
Ey 7	42	1000	N 65°35,147 – V 24°00,081

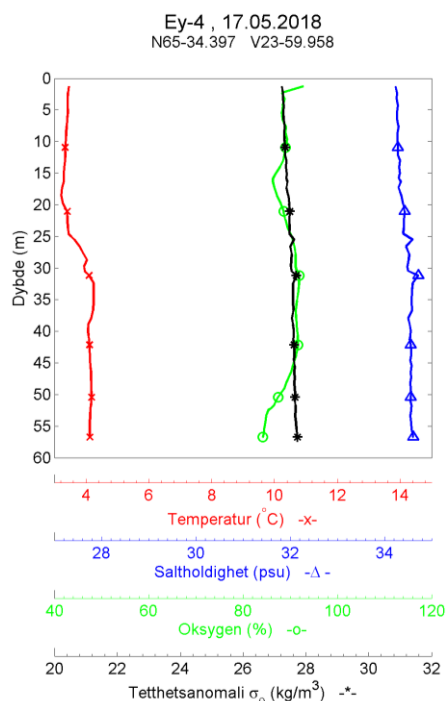


Figur 3. Stasjonskart, C-undersøkelse Eyri, 2018. Spredningsstrøm er målt på 15 m dyp.

5.3 Resultater

5.3.1 Hydrografi

Den hydrografiske vertikalsprofilen for Ey 4 er vist i Figur 4. Temperaturen lå rundt 4 °C fra overflaten til bunnen og oksygenmetningen fra 90 til 85 % ved samme dyp. Det ble ikke registrert noe sprangsjikt i vannsøylen i mai 2018.



Figur 4. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på Ey 4 ved Eyri, 2018.

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 10.

TOM-nivåene var høye med verdier mellom 9,2 og 15,0 %. TN-nivåene var lave (4,9 – 6,8 mg/g) og det samme var C/N-forholdene. TOC var litt forhøyet på alle stasjonene og nTOC lå rundt 30 mg/g TS. Sedimentene var moderat fin- til meget finkornet med pelittandel mellom 54,6 og 96,4 %.

Redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 0 iht. Tillegg D i NS 9410:2016 for alle stasjonene.

Tabell 10. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Eyri, 2018.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
Ey 1	Leire/silt	14,9	28,8	30,0	6,6	4,4	93,5	7,5/ 155
Ey 2	Leire/skjellsand	10,8	20,5	27,8	4,9	4,2	59,4	7,7/ 162
Ey 3	Leire/silt	14,5	28,3	29,1	6,0	4,7	95,6	7,8/ 156
Ey 4	Leire/silt	14,0	28,1	30,2	6,2	4,5	88,3	7,8/ 151
Ey 5	Leire/silt	14,9	29,2	29,8	6,8	4,3	96,4	7,8/ 156
Ey 6	Leire/silt	15,0	29,7	30,7	6,5	4,6	94,5	7,8 155
Ey 7	Leire/silt/skjellsand	9,2	22,1	30,3	5,3	4,2	54,6	7,7/ 161

* Tilstandsklassifisering (Veileder 02:2013 rev 2015) 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

Kobbernivået i sedimentet på stasjon Ey 1 er presentert i Tabell 11. Nivået var 33,6 mg/kg TS.

Tabell 11. Sedimentanalyser. Kobber (Cu) i mg/kg TS. C-stasjon ved Eyri, 2018.

St.	Cu
Ey 1	33,6

5.3.4 Bløtbunnfauna

5.3.4.1 Faunaindeks og økologisk tilstandsklassifisering

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene på C-stasjonene er presentert i Tabell 12. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individer varierte fra 125 (Ey 5) til 545 (Ey 4) og antall arter fra 15 (Ey 15) til 51 (Ey 2). På Ey 2, Ey 4 og Ey 7 var den samlede indeksen nEQR over 0,6 som kan karakteriseres som god faunatilstand. På de fire andre stasjonene lå denne indeksen mellom 0,4 og 0,6 som indikerer moderat belastete samfunn. Diversitetsindeksen H' var god på Ey 2 og Ey 7 og moderate på de øvrige stasjonene

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. Indeksen varierte fra 0,63 til 0,81 noen som indikerer forholdsvis jevn fordeling.

Tabell 12. 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 Eyri, 2018.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQII	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
Ey 1	343	22	2,50	12,3	0,628	7,50	21,8	0,569	0,16	2,32	0,66
Ey 2	381	51	4,21	29,2	0,726	8,96	21,8	0,718	0,22	2,39	0,80
Ey 3	277	20	2,47	13,4	0,615	7,48	21,1	0,564	0,09	2,63	0,63
Ey 4	545	35	2,99	15,5	0,670	8,13	20,8	0,618	0,38	2,32	0,65
Ey 5	125	15	2,15	11,0	0,615	6,87	21,8	0,525	0,25	2,38	0,64
Ey 6	193	19	2,61	12,4	0,626	7,13	20,9	0,554	0,15	2,42	0,70
Ey 7	445	49	4,16	26,8	0,701	8,65	21,6	0,699	0,29	2,58	0,81

5.3.4.2 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet på Hr1 ved anlegget.

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

Bløtbunnsamfunnene på stasjon Ey 1 og Ey 5 ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god" for Ey1 og 2 "God" for Ey5. Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 65 %. På Ey5 var det 15 arter tilstede. (Tabell 13). Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonen er hentet fra Tabell 12 og Tabell 14.

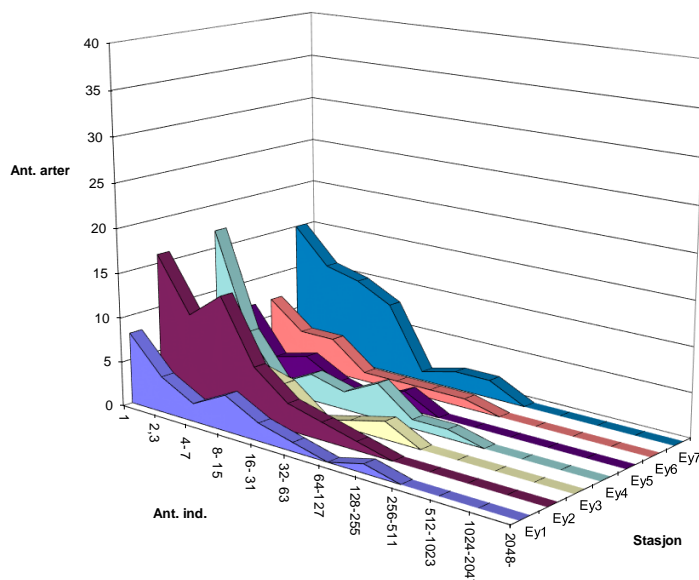
Tabell 13. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på Ey 1 og Ey 5 ved lokaliteten Eyri, 2018.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa	Miljøtilstand-NS 9410
Ey 1	Eyri	22	Ennucula tenuis – 49 %	1 – Meget god
Ey 5	Eyri	15	Ennucula tenuis – 37 %	2 - 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.

Alle kurvene startet forholdsvis lavt (< 20 arter med ett individ) og strakk seg forholdsvis kort ut mot høyere klasser. Disse ga ingen klare indikasjoner på faunatilstanden.

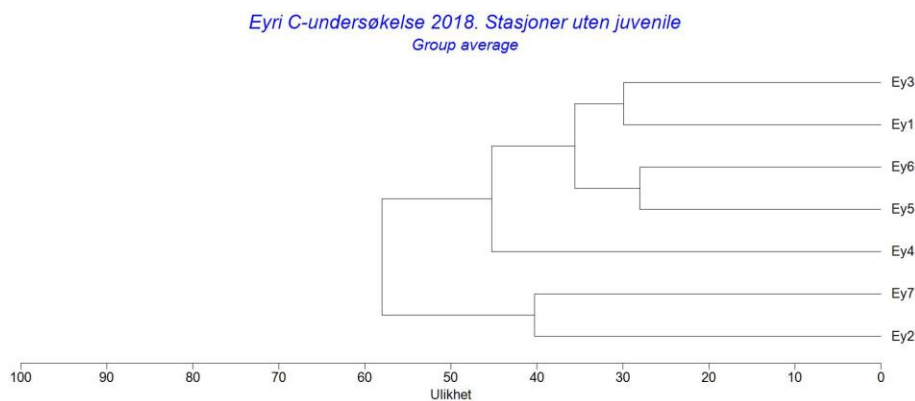


Figur 5. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser. Eyri, 2018.

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 Ey 2 og Ey 7 i den ene gruppen og resten av stasjonene i den andre. Faunasammensetningen på Ey 5 og Ey 6 var 72 % lik og på Ey 1 og Ey 3 70 % lik. Disse fire stasjonene var 65 % lik hverandre. Faunasammensetningen på Ey 2 og Ey 7 var 60 % lik og de to hovedgruppene var 43 % lik hverandre.



Figur 6. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen. C-stasjoner Eyri, 2018.

5.3.4.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en topp ti artsliste fra hver stasjon i Tabell 14. I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i fem økologiske grupper (Ecological groups; EG) basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Disse gruppene går fra sensitive arter (gruppe I) til forurensningsindikatorer (pollution indicator species; gruppe V).

På Ey1, Ey4, Ey5 og Ey6 dominerte den nøytrale muslingen *Ennucula tenuis* med hhv. 49, 32, 37 og 40 % av individene. De andre mest dominante artene på stasjonen var hovedsakelig en blanding av nøytrale, tolerante og opportunistiske arter.

På Ey2 og Ey7 dominerte den opportunistiske børstemarken *Maldane sarsi* med hhv. 21 og 18 % av individene. De andre mest dominante artene på stasjonen var hovedsakelig en blanding av nøytrale, tolerante og opportunistiske arter.

På Ey3 dominerte den tolerante børstemarken *Galathowenia oculata* med 33 % av individene. De andre mest dominante artene på stasjonen var hovedsakelig en blanding av nøytrale, tolerante og opportunistiske arter.

Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer på noen av stasjonene.

Tabell 14. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på C stasjonene. Eyri, 2018.

Ey 1	Ant.	Kum.	EG	Ey 2	Ant.	Kum.	EG
<i>Ennucula tenuis</i>	174	49 %	II	<i>Maldane sarsi</i>	84	21 %	IV
<i>Galathowenia oculata</i>	54	65 %	III	<i>Galathowenia oculata</i>	34	30 %	III
<i>Sternaspis scutata</i>	26	72 %	Ik	<i>Levinsenia gracilis</i>	32	38 %	II
<i>Cossura longocirrata</i>	23	79 %	IV	<i>Abra nitida</i>	30	46 %	III
<i>Chaetozone</i> sp.	13	82 %	III	<i>Prionospio steenstrupi</i>	25	52 %	II
<i>Nephtys ciliata</i>	11	86 %	III	<i>Praxillella gracilis</i>	20	57 %	IV
<i>Prionospio steenstrupi</i>	8	88 %	II	<i>Ennucula tenuis</i>	10	60 %	II
<i>Thyasira sarsii</i>	8	90 %	IV	<i>Caudofoveata</i> indet.	9	62 %	II
<i>Nuculana</i> sp. juv.	7	92 %	Ik	<i>Crenella decussata</i>	9	65 %	I
<i>Leucon</i> sp.	4	93 %	Ik	<i>Nuculana</i> sp. juv.	9	67 %	Ik
Ey 3	Ant.	Kum.	EG	Ey 4	Ant.	Kum.	EG
<i>Galathowenia oculata</i>	92	33 %	III	<i>Ennucula tenuis</i>	181	32 %	II
<i>Ennucula tenuis</i>	89	65 %	II	<i>Macoma calcarea</i>	75	45 %	IV
<i>Cossura longocirrata</i>	38	78 %	IV	<i>Galathowenia oculata</i>	58	55 %	III
<i>Chaetozone</i> sp.	9	82 %	III	<i>Prionospio steenstrupi</i>	49	64 %	II
<i>Prionospio steenstrupi</i>	8	85 %	II	<i>Eteone flava/longa</i>	43	71 %	Ik
<i>Sternaspis scutata</i>	8	87 %	Ik	<i>Thyasira sarsii</i>	34	77 %	IV
<i>Nephtys ciliata</i>	7	90 %	III	<i>Nuculana</i> sp. juv.	26	82 %	Ik
<i>Maldane sarsi</i>	5	92 %	IV	<i>Microphthalmus szcelkowi</i>	20	85 %	Ik
<i>Thyasira sarsii</i>	5	94 %	IV	<i>Chaetozone</i> sp.	18	88 %	III
<i>Nuculana pernula</i>	4	95 %	II	<i>Cossura longocirrata</i>	12	90 %	IV
Ey 5	Ant.	Kum.	EG	Ey 6	Ant.	Kum.	EG
<i>Ennucula tenuis</i>	47	37 %	II	<i>Ennucula tenuis</i>	78	40 %	II
<i>Galathowenia oculata</i>	44	72 %	III	<i>Galathowenia oculata</i>	49	64 %	III
<i>Sternaspis scutata</i>	8	79 %	Ik	<i>Thyasira sarsii</i>	22	76 %	IV
<i>Nephtys ciliata</i>	5	83 %	III	<i>Prionospio steenstrupi</i>	10	81 %	II
<i>Prionospio steenstrupi</i>	5	87 %	II	<i>Nephtys ciliata</i>	5	83 %	III
<i>Thyasira sarsii</i>	4	90 %	IV	<i>Protodorvillea kefersteini</i>	5	86 %	IV
<i>Yoldia hyperborea</i>	3	92 %	Ik	<i>Cossura longocirrata</i>	4	88 %	IV
<i>Cossura longocirrata</i>	2	94 %	IV	<i>Nemertea</i> indet.	4	90 %	III
<i>Aricidea</i> sp.	1	94 %	I	<i>Nuculana</i> sp. juv.	3	91 %	Ik
<i>Chaetozone</i> sp.	1	95 %	III	<i>Sternaspis scutata</i>	3	93 %	Ik
Ey 7	Ant.	Kum.	EG				
<i>Maldane sarsi</i>	82	18 %	IV				
<i>Sternaspis scutata</i>	66	33 %	Ik				
<i>Galathowenia oculata</i>	44	43 %	III				
<i>Levinsenia gracilis</i>	37	51 %	II				
<i>Prionospio steenstrupi</i>	27	57 %	II				
<i>Abra nitida</i>	14	60 %	III				
<i>Aricidea</i> sp.	13	63 %	I				
<i>Cossura longocirrata</i>	13	66 %	IV				
<i>Eteone flava/longa</i>	12	68 %	Ik				
<i>Euchone</i> sp.	11	71 %	II				

*Økologiske grupper: EG I = sensitive arter. EG II = nøytrale arter. EG III = tolerante arter. EG IV = opportunistiske arter. EG V = forurensningsindikatorer (pollution indicator species). Fra Rygg og Norling, 2013. Ik = ikke kjent gruppe.

5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse

5.4.1 Sammenfatning

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Eyri, 2018, kan sammenholdes som følger:

- Hydrografimålingen viste gode oksygenforhold i hele vannsøylen i mai 2018..
- TOC var litt forhøyet på alle stasjonene og nTOC lå rundt 30 mg/g TS. TOM-nivåene var høye mens TN var lave i sedimentene fra alle stasjonene og det samme var C/N-forholdet. Kobbernivået på Ey1 var høyest (33,6 mg/kg). Sedimentene var moderat fin til meget finkornet med pelittandel mellom 54,6 og 96,4 %. Redoks-verdiene i sedimentet var positive for alle stasjonene.
- Antall individ varierte fra 125 (Ey 5) til 545 (Ey 4) og antall arter fra 15 (Ey 15) til 51 (Ey 2). På Ey 2, Ey 4 og Ey 7 var den samlede indeksen nEQR over 0,6 som kan karakteriseres som god faunatilstand. På de fire andre stasjonene lå denne indeksen mellom 0,4 og 0,6 som indikerer moderat belastete samfunn. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 1 (Meget god) for Ey1 og tilstand 2 (God) for Ey5. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene.

5.4.2 Konklusjon

Resultatene fra overvåkingen ved oppdrettslokaliteten Eyri i 2018 viste at sedimentene var noe belastet med organisk karbon og kobberkonsentrasjonen var noe forhøyet på Ey1. Det ble registrert belastningseffekt på stasjon Ey1, Ey3, Ey5 og Ey6 og samlet faunaindeks nEQR viste moderat påvirkning her. For de andre stasjonene viste nEQR god faunatilstand. Diversiteten H' var over 4 på Ey2 og Ey7 og under 3 på de andre stasjonene. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 1 (Meget god) for Ey1 og tilstand 2 (God) for Ey5. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene. Redoks-verdiene i sedimentet var positive for alle stasjonene.

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. Langtidsobservasjon av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsobservasjon. *Rapport 510/93*.

Direktoratgruppen, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013 rev 2015. 263 s.

Heggen, T. 2017. Arnarlax. Lokalitetsrapport Eyri. APN-rapport 8999.01.

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

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

NS 9410, 2016. Norsk standard for miljøobservasjon 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. Reproduerbarheten 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 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 Veileder 02:2013 rev. 2015.

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment.

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

Kobber (Cu)

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

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

Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) i marine sedimenter.

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

Redoks- og pH målinger

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. I hht. manual for instrumentet ble 200 mV lagt til den målte ORP-verdien (Oxydation Reduction Potential).

Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

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

Innsamling og fiksering

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

Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle stasjonene innsamles det to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) og ASC standarden. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunndyrene ble identifisert til fortrinnsvis artsnivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative artslistene inngikk i statistiske analyser. Se 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 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 rev. 2015).

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. 8.7 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 rev 2015. 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.

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

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

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

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

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

Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

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

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

Hurlberts diversitetskurver

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

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

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

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

Plott av antall arter i forhold til antall individer

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

Ved moderat 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 Eyri, 2018:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	Ey1	Ey2	Ey3	Ey4	Ey5	Ey6	Ey7
no. ind.	2309	343	381	277	545	125	193	445
no. spe.	82	22	51	20	35	15	19	49

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.		Ey1_01	Ey1_02	Ey2_01	Ey2_02	Ey3_01	Ey3_02	Ey4_01	Ey4_02
no. ind.		112	231	158	223	116	161	303	242
no. spe.		10	21	37	39	13	17	25	23
Shannon-Wiener:		2,4	2,6	4,4	4,0	2,2	2,8	2,8	3,1
Pielou		0,73	0,58	0,85	0,76	0,58	0,68	0,61	0,70
ES100		10	15	31	27	12	14	15	16
SN		1,48	1,80	2,23	2,17	1,65	1,74	1,85	1,84
ISI-2012		7,07	7,94	8,91	9,01	7,18	7,78	8,64	7,62
AMBI		2,397	2,25	2,562	2,218	2,379	2,886	2,44	2,2
NQI1		0,59	0,67	0,72	0,73	0,62	0,61	0,66	0,68
NSI		21,6	22,1	22,0	21,5	21,6	20,6	21,7	19,9
DI		0,001	0,314	0,149	0,298	0,014	0,157	0,431	0,334

st.nr.		Ey5_01	Ey5_02	Ey6_01	Ey6_02	Ey7_01	Ey7_02
no. ind.		63	62	129	64	172	273
no. spe.		14	8	13	13	34	38
Shannon-Wiener:		2,1	2,2	2,3	2,9	4,3	4,1
Pielou		0,56	0,72	0,61	0,80	0,84	0,77
ES100		14	8	12	13	27	27
SN		1,86	1,47	1,62	1,80	2,15	2,11
ISI-2012		7,33	6,42	6,62	7,64	8,59	8,71
AMBI		1,984	2,782	2,32	2,524	2,659	2,498
NQI1		0,68	0,55	0,62	0,63	0,70	0,71
NSI		22,7	20,9	21,7	20,1	21,6	21,6
DI		0,251	0,258	0,061	0,244	0,186	0,386

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.		Ey1	Ey2	Ey3	Ey4	Ey5	Ey6	Ey7
Shannon-Wiener:		2,50	4,21	2,47	2,99	2,15	2,61	4,16
Pielou		0,66	0,80	0,63	0,65	0,64	0,70	0,81
ES100		12,3	29,2	13,4	15,5	11,0	12,4	26,8
SN		1,64	2,20	1,69	1,84	1,66	1,71	2,13
ISI-2012		7,50	8,96	7,48	8,13	6,87	7,13	8,65
AMBI		2,324	2,390	2,633	2,320	2,383	2,422	2,579
NQI1		0,63	0,73	0,61	0,67	0,61	0,63	0,70
NSI		21,85	21,76	21,10	20,79	21,78	20,91	21,59
DI		0,16	0,22	0,09	0,38	0,25	0,15	0,29
Tilstandsklasse nEQR ^{*)}		0,569	0,718	0,564	0,618	0,525	0,554	0,699

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

EQR verdi = 0,999 er brukt når fauna indeks verdien er større enn maks indeks verdi i EQR formel.

Geometriske klasser

int.	Ey1	Ey2	Ey3	Ey4	Ey5	Ey6	Ey7
1	8	16	8	17	7	7	15
2,3	4	10	2	6	2	4	11
4- 7	2	13	4	1	3	4	10
8- 15	4	6	3	3	1	1	8
16- 31	2	3	0	2	0	1	1
32- 63	1	2	1	4	2	1	2
64-127	0	1	2	1	0	1	2
128-255	1	0	0	1	0	0	0
256-511	0	0	0	0	0	0	0
512-1023	0	0	0	0	0	0	0
1024-2047	0	0	0	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0	0	0

Artliste

Eyri ASC-C-undersøkelse 2018

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
<i>Stasjonsnr.: Ey1</i>							
NEMERTINI							
			Nemertea indet.		1	1	
ANNELIDA							
	Polychaeta						
		Orbiniida					
		Aricidea sp.			1	1	
		Cossurida					
		Cossura longocirrata		4	19	23	
		Spionida					
		Prionospio steenstrupi		3	5	8	
		Spiochaetopterus typicus			1	1	
		Chaetozone sp.		8	5	13	
		Phyllodocida					
		Eteone flava/longa		1	1	2	
		Microphthalmus szcelkowi		1		1	
		Nephtys ciliata		6	5	11	
		Sternaspida					
		Sternaspis scutata		10	16	26	
		Oweniida					
		Galathowenia oculata		19	35	54	
		Terebellida					
		Melinna cristata			1	1	
		Sabellida					
		Siboglinidae indet.			3	3	
CRUSTACEA							
	Malacostraca						
		Cumacea					
		Leucon sp.			4	4	
		Amphipoda					
		Oedicerotidae indet.			4	4	
		Crustacea indet. juv.			1	1	
MOLLUSCA							
	Prosobranchia						
		Mesogastropoda					
		Euspira pallida			1	1	
	Bivalvia						
		Nuculoida					
		Ennucula tenuis		53	121	174	
		Nuculana sp. juv.		1	6	7	
		Yoldia hyperborea			1	1	
		Veneroida					
		Thyasira sarsii		7	1	8	
		Macoma calcarea			2	2	
		Abra nitida			3	3	
ECHINODERMATA							
	Ophiuroidea						
		Ophiurida					
		Ophiocten affinis			1	1	
		Ophiuroidea indet. juv.			1	1	
				Maks:	53	121	174
				Antall:	11	24	25
				Sum:			352
<i>Stasjonsnr.: Ey2</i>							
NEMERTINI							
			Nemertea indet.	2	2	4	
SIPUNCULIDA							

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Phascolion strombus		1	1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Leitoscoloplos mammosus	8		8
			Scoloplos armiger	4	2	6
			Levinsenia gracilis	25	7	32
			Aricidea sp.		1	1
		Spionida				
			Dipolydora sp.	2	1	3
			Prionospio steenstrupi	11	14	25
			Spio limicola	8		8
			Spionidae indet.		1	1
			Chaetozone sp.	2	2	4
		Capitellida				
			Capitella capitata	1		1
			Rhodine gracilior	1	3	4
			Maldane sarsi	21	63	84
			Praxillella gracilis	14	6	20
			Maldanidae indet.	1	3	4
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	1	1	2
			Gattyana amondseni	4		4
			Pholoe assimilis	3	1	4
			Pholoe baltica	2		2
			Pholoe inornata	2	1	3
			Goniada maculata		1	1
			Nephtys ciliata	2	5	7
			Nephtys paradoxa	1		1
		Eunicida				
			Nothria hyperborea		5	5
			Lumbrineris mixochaeta	2		2
			Scoletoma impatiens	2		2
			Lumbrineridae indet.		2	2
		Sternaspida				
			Sternaspis scutata	2	6	8
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	3	31	34
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	4	1	5
		Terebellida				
			Melinna cristata		5	5
			Melinna elisabethae	1		1
			Laphania boeckii	1	1	2
			Terebellides sp.	1		1
		Sabellida				
			Euchone analis		3	3
			Sabellidae indet.		1	1
CRUSTACEA						
	Ostracoda					
			Ostracoda indet.	1		1
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Leucon sp.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	3	6	9
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Euspira pallida		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	1	9	10
			Nuculana pernula	4	2	6
			Nuculana sp. juv.	5	4	9
		Mytiloida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Veneroida	Crenella decussata	2	7	9
			Axinopsida orbiculata		1	1
			Thyasira sarsii	3	3	6
			Thyasiridae indet.		1	1
			Astarte montagui	1		1
			Abra nitida	11	19	30
			Arctica islandica	1	2	3
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Ophiocten affinis		1	1
			Ophiuroidea indet. juv.	1	1	2
			Maks:	25	63	84
			Antall:	39	41	53
			Sum:			392

Stasjonsnr.: Ey3

ANNELIDA

Polychaeta

		Orbiniida				
			Aricidea sp.		2	2
		Cossurida				
			Cossura longocirrata	2	36	38
		Spionida				
			Prionospio steenstrupi	3	5	8
			Chaetozone sp.	1	8	9
		Capitellida				
			Maldane sarsi	3	2	5
			Praxillella praetermissa		1	1
		Opheliida				
			Ophelina sp.		1	1
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa		2	2
			Nephtys ciliata	2	5	7
		Sternaspida				
			Sternaspis scutata	5	3	8
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	51	41	92
		Terebellida				
			Melinna cristata	1		1
		Sabellida				
			Euchone sp.		1	1
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	3	2	5
	Malacostraca					
		Amphipoda				
			Lysianassidae indet.		1	1
			Crustacea indet. juv.		1	1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	42	47	89
			Nuculana pernula	2	2	4
			Nuculana sp. juv.	1		1
			Yoldia hyperborea	1		1
		Veneroida				
			Thyasira sarsii	2	3	5
			Macoma calcarea	1		1
			Abra nitida		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			<i>Maks:</i>	51	47	92
			<i>Antall:</i>	15	19	23
			<i>Sum:</i>			284
Stasjonsnr.: Ey4						
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
		Scoloplos armiger	1			1
		Levinsenia gracilis	1			1
		Aricidea sp.	1			1
		Cossurida				
		Cossura longocirrata	8	4		12
		Spionida				
		Prionospio steenstrupi	24	25		49
		Chaetozone sp.	12	6		18
		Capitellida				
		Capitella capitata		1		1
		Praxillella gracilis	1			1
		Phyllodocida				
		Eteone flava/longa	11	32		43
		Microphthalmus szcelkowi	12	8		20
		Nephtys ciliata	2	8		10
		Eunicida				
		Ophryotrocha sp.	3	2		5
		Sternaspida				
		Sternaspis scutata	3			3
		Oweniida				
		Galathowenia oculata	57	1		58
		Terebellida				
		Pectinariidae indet.		1		1
		Melinna cristata	1			1
		Sabellida				
		Chone sp.	1			1
		Euchone analis		2		2
		Euchone sp.		1		1
		Sabellidae indet.		1		1
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
		Calanoida indet.	1			1
	Malacostraca					
		Cumacea				
		Leucon sp.	1			1
		Amphipoda				
		Oedicerotidae indet.	1			1
MOLLUSCA						
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
		Euspira pallida	1			1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
		Ennucula tenuis	134	47		181
		Nuculana pernula	1	1		2
		Nuculana sp. juv.	6	20		26
		Yoldia hyperborea	2	7		9
		Mytiloida				
		Modiolula phaseolina		1		1
		Veneroida				
		Axinopsida orbiculata		1		1
		Thyasira gouldi		2		2
		Thyasira sarsii	20	14		34
		Thyasiridae indet.	1	1		2
		Parvicardium pinnulatum		1		1
		Macoma calcarea		75		75
		Abra nitida	3			3
BRYOZOA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
CHAETOGNATA			Bryozoa indet.	-1		-1
ECHINODERMATA			Chaetognatha indet.	1		1
	Asteroidea	Paxillosida	Ctenodiscus crispatus	1		1
			Maks:	134	75	181
			Antall:	29	24	39
			Sum:			572

Stasjonsnr.: Ey5

NEMERTINI

ANNELIDA			Nemertea indet.	1		1
	Polychaeta	Orbiniida	Leitoscoloplos mammosus	1		1
			Aricidea sp.	1		1
		Cossurida	Cossura longocirrata	1	1	2
		Spionida	Prionospio steenstrupi	1	4	5
			Spio limicola	1		1
			Chaetozone sp.	1		1
		Capitellida	Maldane sarsi	1		1
		Phyllodocida	Syllis cornuta	1		1
			Nephtys ciliata	2	3	5
		Sternaspida	Sternaspis scutata	1	7	8
		Oweniida	Galathowenia oculata	11	33	44
CRUSTACEA			Crustacea indet. juv.	1		1
MOLLUSCA						
	Bivalvia	Nuculoida	Ennucula tenuis	38	9	47
			Yoldia hyperborea	2	1	3
		Veneroida	Thyasira sarsii		4	4
BRYOZOA			Bryozoa indet.	-1		-1
			Maks:	38	33	47
			Antall:	16	8	17
			Sum:			125

Stasjonsnr.: Ey6

NEMERTINI

ANNELIDA			Nemertea indet.	4		4
	Polychaeta	Orbiniida	Aricidea sp.	1		1
		Cossurida	Cossura longocirrata	2	2	4

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Spionida	Prionospio steenstrupi	5	5	10
			Chaetozone sp.		1	1
		Phyllodocida	Eteone flava/longa		1	1
			Syllis cornuta	1		1
			Nephtys ciliata	3	2	5
		Eunicida	Ophryotrocha sp.		2	2
			Protodorvillea kefersteini		5	5
		Sternaspida	Sternaspis scutata	3		3
		Oweniida	Galathowenia oculata	41	8	49
		Terebellida	Melinna cristata		2	2
		Sabellida	Euchone sp.	1		1
CRUSTACEA						
	Copepoda	Calanoida	Calanoida indet.		1	1
	Malacostraca	Cumacea	Leucon sp.	1		1
		Decapoda	Paguridae indet.		1	1
			Crustacea indet. juv.		1	1
MOLLUSCA						
	Bivalvia	Nuculoida	Ennucula tenuis	57	21	78
			Nuculana sp. juv.	3		3
			Yoldia hyperborea	1	1	2
		Veneroida	Thyasira sarsii	9	13	22
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.	-1		-1
			Maks:	57	21	78
			Antall:	15	15	23
			Sum:			197

Stasjonsnr.: Ey7

ANNELIDA

Polychaeta

	Orbiniida	Leitoscoloplos mammosus	1	2	3
		Scoloplos armiger		3	3
		Levinsenia gracilis	8	29	37
		Aricidea sp.	11	2	13
		Paraonidae indet.	1		1
	Cossurida	Cossura longocirrata	10	3	13
	Spionida	Dipolydora sp.	2	3	5
		Prionospio cirrifera	5		5
		Prionospio steenstrupi	11	16	27
		Spio limicola		1	1
		Chaetozone sp.	8	2	10
	Capitellida	Mediomastus fragilis		3	3
		Rhodine gracilior		2	2
		Maldane sarsi	29	53	82
		Praxillella gracilis	2	3	5

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Praxillella praetermissa		7	7
			Maldanidae indet.	1		1
		Phyllococida				
			Eteone flava/longa	6	6	12
			Bylgides groenlandicus	1		1
			Pholoe assimilis	1	1	2
			Nephtys ciliata	6	3	9
		Sternaspida				
			Sternaspis scutata	13	53	66
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	22	22	44
		Terebellida				
			Lagis koreni		1	1
			Pectinariidae indet.	1		1
			Ampharete borealis	1		1
			Melinna cristata	1	1	2
			Laphania boeckii		2	2
		Sabellida				
			Chone sp.		1	1
			Euchone sp.	8	3	11
			Sabellidae indet.	5		5
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	2		2
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Leucon sp.		3	3
		Amphipoda				
			Byblis gaimardi		1	1
			Oedicerotidae indet.	1		1
			Tiron spiniferus		1	1
		Isopoda				
			Asellota indet.	1		1
		Decapoda				
			Paguridae indet.	1		1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	1	2	3
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis		6	6
			Nuculana pernula	2	1	3
			Nuculana sp. juv.		4	4
			Yoldia hyperborea	2	5	7
		Mytiloida				
			Crenella decussata		3	3
		Veneroida				
			Thyasira sarsii	1	5	6
			Kellia suborbicularis		1	1
			Astarte montagui	1	4	5
			Macoma calcarea	4	4	8
			Abra nitida	3	11	14
			Arctica islandica	1		1
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.		-1	-1
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Ophiocten affinis		4	4
			Ophiuroidea indet. juv.		1	1
			Maks:	29	53	82
			Antall:	35	41	53
			Sum:			451

Rekke Klasse Orden Art/Taxa

01 02

Sum

TOTAL:

Maks: 181

Sum: 2373

Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser

60033_Kjemirapport C-undersøkelse m klassifisering (Autosaved).xlsx_070518

Redigert av: LTD



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: Eyri ASC/C forundersøkelse
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Snorri Gunnarsson

Dato: 26.09.2018

Rapport nr.: 60033
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN, Cu
Kontaktperson: Ida Gæver Tveter

Analyseansvarlig: *Ida Gæver Tveter* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Anja Sjøvoll* (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:

Prøve 6 inneholder 2 stykk skjellbiter større enn 15mm som ikke er inkludert i kornanalysen. Steinene ville utgjøre 1,5 vekt% av den totale prøven.

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

Resultater

	TOM	TOC**	N TOC**	TN**	C/N**	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*	Cu*
Kundens id.:	% TS	mg/g TS	mg/g TS	mg/g TS		vekt%	vekt%	mg/kg TS	mg/kg TS
Ey-1	14,9	28,8	30,0	6,6	4,4	93,5	6,5	33,6	ia
Ey-2	10,8	20,5	27,8	4,9	4,2	59,4	40,6	28,8	35
Ey-3	14,5	28,3	29,1	6,0	4,7	95,6	4,4	32,3	38,1
Ey-4	14,0	28,1	30,2	6,2	4,5	88,3	11,7	34,7	30,2
Ey-5	14,9	29,2	29,8	6,8	4,3	96,4	3,6	ia	ia
Ey-6	15,0	29,7	30,7	6,5	4,6	94,5	5,5	ia	ia
Ey-7	9,2	22,1	30,3	5,3	4,2	54,6	45,4	40,0	33,4
Cu ref 2								35,4	35,2

* 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

$N TOC (Normalisert TOC) = målt TOC mg/g + 18*(1-F)$, der F=andel finstoff (pellitt) gitt ved %pellitt/100.

ia = ikke analysert

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

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

Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016):

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