



2018

C-undersøkelse ved Skålsvika i Meløy kommune, februar 2018

Nova Sea AS

Etter Norsk Standard NS 9410: 2016

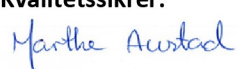
AQUA KOMPETANSE AS



Aqua Kompetanse AS
Storlavika 7
7770 Flatanger

Mobil: 905 16 947
E-post: post@aqua-kompetanse.no
Internett: www.aqua-kompetanse.no
Bankgiro: 4400.07.25541
Org. Nr.: 982 226 163



Rapportens tittel: C-undersøkelse ved Skålsvika i Meløy kommune, februar 2018		
Forfatter: Christine Klykken		
Feltdato: 02.02.2018 Toktleder: Nasir El Shaikh	Rapportdato: 17.09.2018 Rapportnummer: 16-1-18C	Antall sider uten vedlegg: 19 Antall sider totalt: 50
Oppdragsgiver: Nova Sea AS		Kontaktperson: Samuel Anderson
Lokalitet: Skålsvika	Lokalitetsnummer: 11138	Driftsleder: Willy Kildahl
Koordinater: 66°42.876N 13°33.691Ø	Fylke: Nordland Kommune: Meløy	MTB-tillatelse: 3600 tonn Antall merder: 2 x 5 Merdomkrets: 120 m
Bakgrunn for undersøkelse: maks belastning		
Sammendrag Aqua Kompetanse AS har gjennomført en akkreditert C-undersøkelse etter metodikk beskrevet i Norsk Standard NS9410:2016. Akvaplan-niva har utført akkreditert opparbeiding og akkrediterte og uakkrediterte analyser av prøvematerialet. ALS Laboratory Group har utført akkrediterte kobberanalyser. C-undersøkelsen ved lokalitet Skålsvika februar 2018 viste at sedimentet anleggssonen var tydelig belastet med organisk karbon (tilstandsklasse V), mens sedimentene i overgangssonen ikke var belastet (tilstandsklasse I). Bløtbunnsamfunnet i anleggssonen ble klassifisert til økologisk tilstandsklasse IV og fikk miljøtilstand 3 etter NS9410, med funn av kun 5 arter, der én art dominerte med 99% av individmengden. De øvrige bløtbunnsamfunnene ble klassifisert til økologisk tilstandsklasse II. Undersøkelsesfrekvensen ved Skålsvika skal derfor være mellom hver tredje produksjonssyklus.		
Summary Aqua Kompetanse AS has completed an accredited C-survey according to the methodology described in Norwegian Standard NS9410: 2016. Akvaplan-niva has conducted accredited workup of the sample material, and accredited and non-accredited analyses of the sample material. ALS Laboratory Group has conducted accredited analyses of copper. The presented C-survey at Skålsvika shows a sediment below the fish cages clearly affected by the production, with high amounts of organic carbon (class V) and a very low biodiversity (ecological class IV and environmental state 3). Only five species were found, and one specie dominated with 99% of the total amount of individuals. Outside the farm area, in the transition zone, the sediments were less affected. There was no organic carbon loading (class I), and the fauna was less disturbed than below the cages. Although, the effects of the production could be seen through the fauna composition, where tolerant and opportunistic species were the most abundant, the ecological classification gave Skålsvika class II. The survey frequency shall therefore be between every third production cycle.		
Emneord: C-undersøkelse; miljøtilstand; miljøanalyse; miljøovervåking; sediment; prøvetaking; tilstand; elektrokjemi; sensoriske registreringer; makrofauna		ID 401-16 Rapporten er tilgjengelig ved forespørsel
Rapportansvarlig:  Christine Klykken		Kvalitetssikrer:  Marthe Austad

© 2018 Aqua Kompetanse AS. Kopiering av rapporten kan kun skje i sin helhet. Dersom deler av rapporten (konklusjoner, figurer, tabeller, bilder eller annen gjengivelse) er ønskelig, er dette kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Aqua Kompetanse AS.

Forord

Aqua Kompetanse AS har gjennomført akkreditert feltarbeid for å innhente prøvemateriale for oppdragsgiver Nova Sea AS. Akkrediterte analyser av dette prøvematerialet er utført av Akvaplan-niva AS for TOM, TOC, N-Kjeldahl, kornstørrelse og makrofauna, og av ALS Laboratory Group for kobberanalyser (**Vedlegg A**). Det er Akvaplan-niva som står for faglig vurdering og fortolkning i sin rapport, og av analysene av det materialet Aqua Kompetanse har samlet inn. Denne rapporten sammenfatter analyserapportene fra underleverandør sammen med hydrografiske, elektrokjemiske og sensoriske vurderinger gjort av Aqua Kompetanse. Innhenting av prøvemateriale er gjort i henhold til NS 9410:2016, og standarder og veiledere som er benyttet i denne undersøkelsen er listet i **Tabell 1**.

Tabell 1: Standarder og veiledere benyttet for denne undersøkelsen.

Standard/Veileder	Tittel	Bruksområde
NS 9410: 2016	Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg	Stasjonsplassering, prøvetakning, rapport
Veileder 02:2013	Klassifisering av miljøtilstand i vann	Klassifiseringstabeller til analyser
NS-EN ISO 16665: 2013	Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna	Prøvetaking
NS-EN ISO 5667: 2004	Vannundersøkelse – Prøvetaking- Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder	Prøvetaking
Veileder 97:03	Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.	Klassifisering av N-TOC
Veileder M-608	Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota.	Klassifisering av kobber

Formålet med denne undersøkelsen var å studere de marine miljøforholdene i nærområdet til oppdrettslokaliteten. Undersøkelsen skal gi en tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vise trender i utviklingen av miljøforholdene ved at det opprettes faste prøvetakingsstasjoner. Resultatene fra undersøkelsen vil være med på å vise påvirkningstrenden ved lokaliteten over tid.



Aqua Kompetanse AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking bunnsediment, akkrediteringsnummer TEST 303, og tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Innholdsfortegnelse

Produksjonsdata og tidligere undersøkelser	6
1. Materiale og metode	7
1.1 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering	7
1.2 Makrofauna og kjemisk/geologisk sedimentsammensetning	10
1.2.1 Elektrokjemiske målinger	10
1.2.2 Hydrografi	11
1.3 Undersøkelsesfrekvens	12
2. Resultat	13
2.1 Makrofauna og kjemiske analyser	13
2.2 Elektrokjemiske målinger og sensoriske registreringer	13
2.3 Hydrografi.....	13
2.4 Bilder av sediment.....	15
3. Oppsummering	18
4. Referanser	19
Vedlegg A – Akvaplan-niva rapport	20

Tabell 2: Hovedresultater fra C-undersøkelsen. Aqua Kompetanse AS (AQK) har stått for akkreditert prøveuttak, samt oksygen- og pH/Eh-målinger. Akvaplan-niva AS (APN) har utført akkreditert analyse av makrofauna, TOC, TOM og pelitt, samt uakkreditert analyse av N-TOC, TN og C/N. Deres underleverandør ALS Laboratory Group har utført akkreditert analyse av kobber (Cu). Se **Vedlegg A** for rapport med tegnforklaring. Redokspotensial (E_h) bestemmes ut fra observert hvilepotensial i prøven (målt verdi; E_{obs}) og referansepotensial (E_{ref}): $E_h = E_{obs} + E_{ref}$. Faunaklassifiseringer og økologisk tilstandsklassifisering er gjort av APN etter Veileder 02:2013, og miljøtilstand på C1 er beregnet av APN etter NS9410:2016. Klassifisering av organisk innhold er gjort av APN etter SFT 97:03, og klassifisering av oksygentilstand i dypvann er gjort av AQK etter Veileder 02:2013. Kobberklassifisering er gjort av APN etter Veileder M-608.

Stasjonsplassering etter NS 9410:2016		Anleggssone	Ytre sone	Overgangssone		
Parameter:	Stasjoner:	C1	C2	C3	C4	C5
Elektrokjemi:	pH:	7,06	7,48	7,19	7,30	7,53
	E_h :	-91	284	9	109	179
Oksygen:	Målt verdi (mL): O ₂ , tilstandsklasse:		5,6ml I			
Makrofauna Bunndyrsanalyser	Antall arter (S):	5	42	117	38	75
	Antall ind. (N):	399	1438	1139	601	2790
	J, Jevnhet (0-1):	0,06	0,50	0,76	0,56	0,59
	DI:	0,22	0,78	0,70	0,42	1,08
	NQI1:	0,30	0,60	0,72	0,59	0,61
	Shann.Wien. (H')	0,10	2,47	4,88	2,66	3,42
	Hurl.ind. (ES _{n=100}):	2,1	15,1	37,7	17,2	19,2
	AMBI:	4,481	3,361	3,102	3,571	3,790
	ISI:	6,62	9,71	9,40	9,95	8,36
	NSI:	14,12	19,75	21,13	18,94	18,37
	nEQR:	0,227	0,600	0,757	0,612	0,611
	Økologisk tilstand:	IV	II	II	II	II
	Miljøtilstand:	3				
Kjemi Kobber, organisk karbon, organisk materiale og nitrogen	Cu (mg/kg): Cu, tilstandsklasse:	15,9 I				
	N-TOC (mg/g): N-TOC, tilstandsklasse:	42,1 V	17,3 I	18,8 I	19,0 I	19,0 I
	TN (mg/g): Kommentar:	1,7 Lavt	2,2 Lavt	1,3 Lavt	2,4 Lavt	1,9 Lavt
	TOM (%): Kommentar:	4,1 Lavt	4,9 Lavt	2,8 Lavt	5,0 Lavt	3,2 Lavt
	C/N: Kommentar:	17,3 Høyt	7,6 Lavt	6,0 Lavt	7,7 Lavt	7,3 Lavt
Geologi	Pelittandel (%)	24	95	38	95	71

Tabell 3: Tabell som viser fargekoder for de ulike tilstandsklassifiseringene vist i **Tabell 2**, hvor tilstand I er best. Etter Veileder 02:2013.

I	II	III	IV	V
---	----	-----	----	---

Produksjonsdata og tidligere undersøkelser

Skålsvika startet produksjon i 2008, og **Tabell 4** viser produksjon og fôrforbruk ved anlegget for inneværende generasjon og de tre foregående generasjonene. Tidligere C-undersøkelser og deres resultat er presentert i **Tabell 5**.

Tabell 4: Produksjonsdata og fôrforbruk for inneværende og de tre foregående generasjonene ved Skålsvika (Produksjonsdata hentet fra Nova Sea v/S. Anderson).

Utsett	Generasjon:	Produsert mengde (tonn)	Utfôret mengde (tonn)	Utslakt
10.05.08	08V+H	5019	5195	03.02.10
11.08.14	14H	3850	4189	18.12.15
23.09.16	16H	4054	4404	31.01.18

Tabell 5: Tidligere C-undersøkelser og foreliggende C-undersøkelse ved Skålsvika (Brokke m. fl., 2016). Det er tatt en C-undersøkelse ved Skålsvika tidligere (2016), men stasjonsplasseringen er endret i henhold til føringer gitt i gjeldende standard NS9410:2016. Nederste rad viser resultatene fra denne undersøkelsen.

Dato feltarbeid	Generasjon	Biomasse ved undersøkelse (t)	Utfôret mengde (t)	Produsert mengde (t)	Økologisk tilstand:	Miljøtilstand for stasjon C1
19.01.2016	H14	0	4189	3850	Skål1: IV Skål2 og Skål3: II	3
02.02.2018	H16	0	4404	4054	C1: IV C2: II C3 - C5: II	3

1. Materiale og metode

Akkreditert prøveinnsamling ble gjort den 02.02.2018. Undersøkelsen ble gjennomført i henhold til NS9410:2016 av Nasir El Shaikh fra Aqua Kompetanse AS. Akvaplan-niva AS har stått for akkrediterte analyser av prøvematerialet og akkreditert faglige vurderinger og fortolkninger (**Vedlegg A**). En oversikt over stasjonene og det faglige programmet for hver stasjon er gitt i **Tabell 6**.

Tabell 6: Oversikt over stasjoner, plassering av stasjoner etter NS9410:2016 med koordinater, dybde ved prøvestasjon, avstand mellom prøvestasjon og anlegg, og målte parametere ved Skålsvika. Bio = kvantitativ opparbeiding av makrofaunaprøver; Geo = geologiske analyser av kornfordeling (pelitt); Kjemi = kjemiske analyser av TOC, TOM og TN; EK = elektrokjemiske målinger av pH og E_h; Cu = kobberanalyse; CTD = hydrografisk måling av salinitet, temperatur og oksygen.

Stasjoner	C1	C2	C3	C4	C5
Plassering etter NS9410	Anleggssone	Ytre sone	Overgangssone		
Parametere	Bio – Geo – Kjemi – EK – Cu	Bio – Geo – Kjemi – EK – CTD	Bio – Geo – Kjemi – EK	Bio – Geo – Kjemi – EK	Bio – Geo – Kjemi – EK
Koordinater	66°42.964N 13°33.480Ø	66°42.415N 13°33.551Ø	66°42.642N 13°34.146Ø	66°42.532N 13°33.674Ø	66°42.818N 13°33.801Ø
Dybde (m)	103	174	85	172	109
Avstand til anlegg (m)	30*	500	165	260	330/80

*Avstand fra prøvestasjon til nærmeste merd iht. til NS9410:2016: «Prøvestasjon C1: Stasjonen skal ligge fra 25 til 30 meter fra merdkant. Den skal legges mot den delen av anlegget der B-undersøkelsen viser at påvirkningen er størst.» Avstand for C5 målt fra ramme 1 og ramme 2 hhv.

Skålsvika er vurdert etter en C-undersøkelse i henhold til NS 9410:2016. Økende maksimal tillatt biomasse (MTB) gir økende antall prøvestasjoner, og med en MTB på 3600 tonn ved Skålsvika er veiledende antall prøvestasjoner 5, jamfør **Tabell 7**.

Tabell 7: Veiledende antall prøvestasjoner som skal tas per anlegg ut fra MTB og veiledende avstand fra anlegg til ytre sone, stasjon C2. Gjengitt etter NS 9410:2016.

MTB på lokaliteten (tonn)	Veiledende avstand fra anlegg til C2	Veiledende antall prøvestasjoner
≤ 1999	300	3
2000 til 3599	400	4
3600 til 5999	500	5
≥ 6000	500	6

1.1 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering

Undersøkelsesområdet ligger i Meløy kommune, Nordland (**Figur 1**), og lokaliteten ligger fordelt på to rammer med fem merder i hver. Anlegget ligger i Holandsfjorden som er skilt fra Skarsfjorden med en terskel på 45 meters dybde. Anlegget er delt i to separate anleggsrammer som ligger fortøyd på tvers over to vik, med fem merder i hver vik. (**Figur 3**). Sedimentet under anlegget besto hovedsakelig av leire med innslag av stein, silt, grus og sand. Det ble registrert noe fjellbunn (Brokke, 2017).



Figur 1: Oversiktskart som viser anleggsplassering og undersøkelsesområdet. Målestokk vises i venstre hjørne, kartkilde i 1:80 000. Kilde: Fiskeridirektoratets karttjeneste.

Det er målt strøm ved begge anleggsrammene. Ved den nordlige rammen er det målt på 5 og 15 m dyp, mens ved den sørlige rammen er det målt strøm i flere dyp ved flere anledninger. Hovedstrømretningen for spredningsstrømmen på 60 meters dybde (målt ved den sørlige rammen) er mot sørøst og de fire retningene strømmen beveger seg hyppigst mot, er 135, 105, 120, 150 grader (jf. interne strømrappporter fra Nova Sea). Strømshastighetene er vist i **Tabell 8**, og retningen spredningsstrømmen går mot er markert i **Figur 2**.

Tabell 8: Strømmålinger ved nordlig ramme, Målingene er utført med SD6000 rotormålere i perioden 03.08.-03.09.2012 av Nova Sea (66°42.998N, 13°33.458Ø; interne rapporter). Strømretningen er mot sørøst på 5 meter, og mot sørøst og nordøst på 15 m.

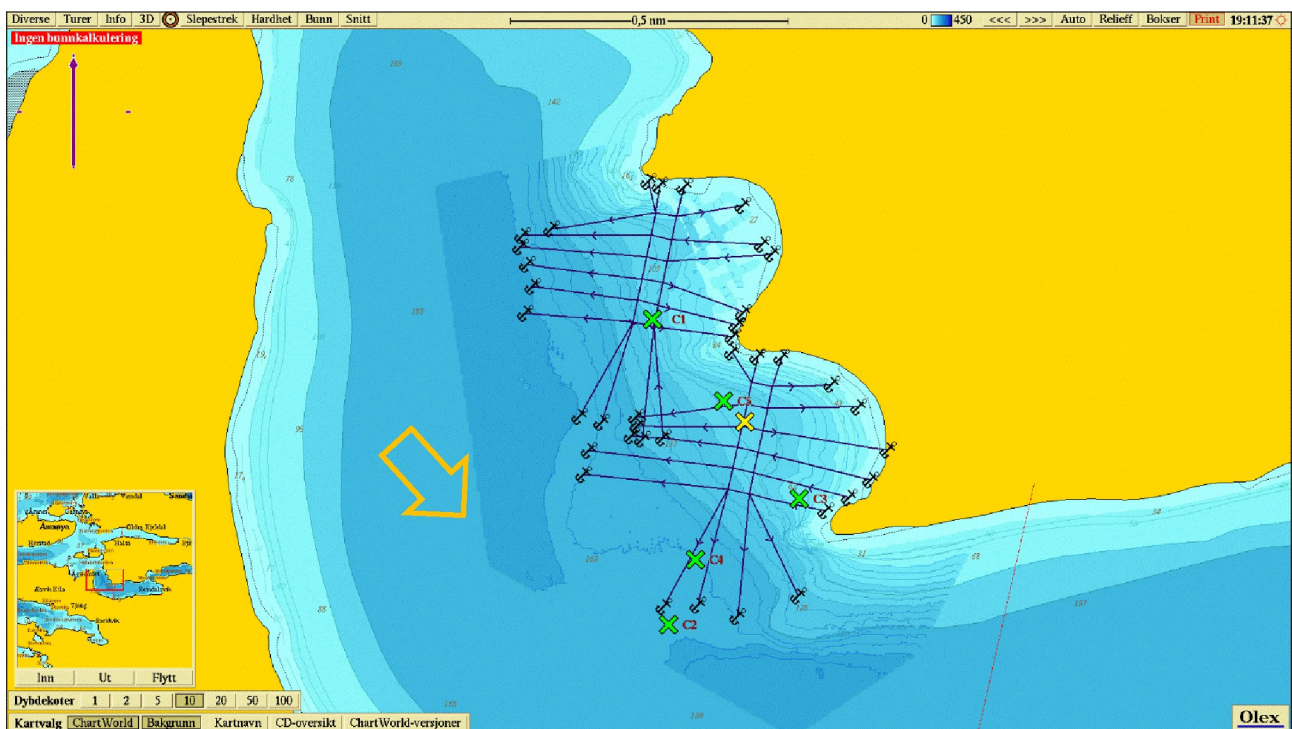
Dyp (m)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Maksimalhastighet (cm/s)	Signifikant maksimalhastighet (cm/s)	Nullstrøm (% mellom 0-1 cm/s)
5m	8,2	44,2	17,2	25,0
15m	2,9	14,8	6,3	50,4

Tabell 9: Strømmålinger ved sørlig ramme. Målinger på 5, 15 og 25 m (stjernemerket) ble utført med Nortek profilerende doppler i perioden 14.11-21.12.2012 (66°42.768N, 13°33.788Ø). Det er også foretatt målinger med SD6000 rotormålere på 5 m (66°42.696N, 13°33.889Ø) og 15 m (66°42.694N, 13°33.891Ø) i perioden 01.08.-03.09.2012 (Moe, 2013) og på 60 og 90 m i perioden 23.02.-27.03.2012 (66°42.780N, 13°33.900Ø; interne strømrappporter fra Nova Sea).

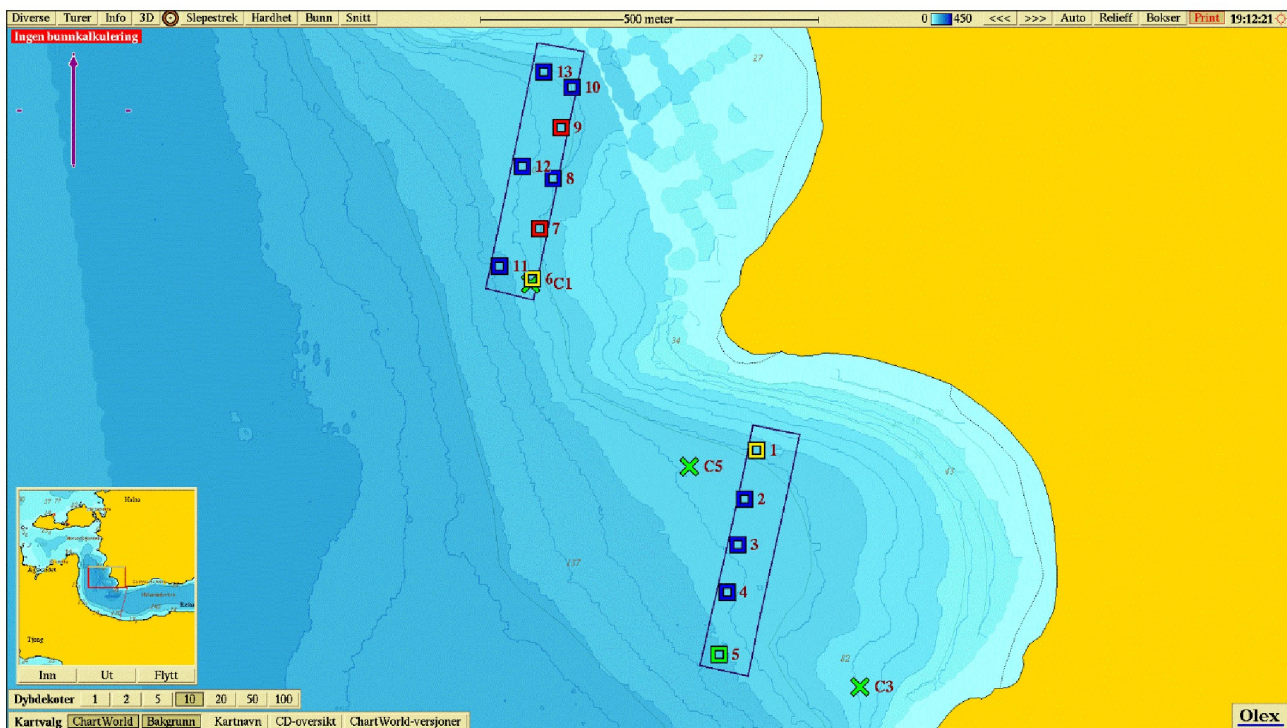
Dyp (m)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Maksimalhastighet (cm/s)	Signifikant maksimalhastighet (cm/s)	Nullstrøm (% mellom 0-1 cm/s)
5m*	5,0	30,0	9,0	3,1
15m*	5,0	22,0	9,0	2,9
25m *	5,0	24	8,0	3,7
5m	6,0	37,2	12,9	24,6
15m	4,3	20,4	8,6	32,6
60m	1,6	10,0	2,8	56,5
90m	1,8	7,8	3,1	49,6

C1 ble plassert rett på innsiden av anleggsrammen på den nordligste ramma, i den sørlige enden av ramma der det ble påvist størst belastning ved forrige B-undersøkelse (Brokke, 2017). C2 ble plassert ca. 500 m sør for begge rammene, i den ytre sonen, mens C3 og C4 ble plassert hhv. 165 m øst-sørøst og 260 m sør-sørvest for den sørlige anleggsrammen. C5 ble plassert 80 m nordvest for den sørlige anleggsrammen, og 330 m sørøst for den nordlige rammen.

Alle stasjoner er avmerket på kartet i **Figur 2**. Posisjonen for stasjonene leses av i **Tabell 6**, slik at seinere prøver kan legges til de samme koordinat som ved denne undersøkelsen. Det er tatt en C-undersøkelse ved Skålsvika tidligere (2016), men stasjonsplasseringen er endret i henhold til føringer gitt i gjeldende standard NS9410:2016.



Figur 2: Kartet viser anleggsplassering sammen med C-stasjoner og fortøyningslinjer. Lilla pil viser orientering av kart, gul pil viser hovedstrømretning i spredningsdypet på 60 meter, og gult kryss markerer posisjon for strømmålingene i 2012 66°42.780N, 13°33.900Ø; interne strømrapporter fra Nova Sea). Målestokk vises øverst i figuren. Kilde: Olex.



Figur 3: Sjøkart som viser anleggsplassering sammen med prøvestasjoner fra forrige B-forundersøkelse (Brokke, 2017) og C-undersøkelsens innerste stasjon (grønt kryss; C1). Målestokk vises øverst i figuren. Kilde: Olex.

1.2 Makrofauna og kjemisk/geologisk sedimentsammensetning

Makrofauna (bunndyr) og sedimentprøver ble samlet inn ved hjelp av en 0.1 m² Van Veen-grabb, og på hver prøvestasjon ble det foretatt tre grabbhugg. Makrofaunaprøver tas ut av to av huggene, og 100-300 ml geologi- og kjemiprøver tas ut av ett. For makrofauna ble sedimentet skylt over en 1 mm sikt, gjenværende innhold i sikt lagt på glass og tilsatt 4% formalin bufret med borax og iblandet bengalrose. Geologi- og kjemiprøvene fryses ned frem til analyse. Prøvene ble tatt i henhold til metodikk beskrevet i Norsk Standard NS:9410 av Aqua Kompetanse, og Akvaplan-niva AS har stått for akkrediterte analyser og tolkning av innsamlet materiale. For videre beskrivelse av metodikk og indekser for analyser av makrofauna, geologi og kjemi se rapport fra Akvaplan-niva AS i **Vedlegg A**.

1.2.1 Elektrokjemiske målinger

pH (syre-baselikevekter) og E_h (redokspotensial; reduksjons-oksidasjonslikevekter) ble målt i overflatesedimentet (ca. 1 cm ned) ved bruk av HQ40d multimeter og tilhørende pH- og redokselektroder (hhv. PHC201 og MTC101). Det ble også målt pH og E_{obs} i overflatevannet ved lokaliteten.

pH varierer vanligvis mellom 8,0 og 8,1 i atmosfærisk ekvilibrent overflatevann, noe lavere i dypvann, og i anoksiske vannmasser og sedimenter kan pH være ned mot 7 (NS9410:2016). I atmosfærisk ekvilibrent overflatevann ligger E_h på rundt 400 mV, mens anoksiske vannmasser og sedimenter vil ha E_h ned mot -200 mV. E_h (redokspotensial) bestemmes ut fra det observerte hvilepotensialet i prøven (målt verdi; E_{obs}) og standardpotensialet til referanselektroden (E_{ref} ; **Tabell 10**):

$$E_h = E_{obs} + E_{ref}$$

Tabell 9: Standardpotensiale til referanseelektrode. Tilpasset fra MTC101 brukermanual (Hach Company, 2014).

Temperatur (°C)	Standardpotensiale i mV (E _{ref})
0,0 – 4,9	224
5,0 – 9,9	221
10,0 – 14,9	217
15,0 – 19,9	214

1.2.2 Hydrografi

Hydrografi angår de kjemiske og fysiske havforholdene, slik som salinitet (saltinnhold), temperatur, sirkulasjon og løste gasser. Ekvilibrering med atmosfæren sørger for at overflatevannet i sjø holder en oksygenmetning på nært 100%, og gjerne overmettet (> 100%) på grunn av bølgebrytning, luftbobler og produksjon av oksygen gjennom fotosyntese. Under overflatevannet faller oksygeninnholdet som en følge av biologisk aktivitet, i hovedsak respirasjon fra bakterier som spiser organisk materiale som synker ned igjennom vannsøyla, så mengden løst gass varierer i tid og rom avhengig av biologisk aktivitet.

Mengden oppløst oksygen i vann blir formidlet på to hovedmåter – konsentrasjon i enten milligram eller milliliter, og metningsgrad i %. Oksygenkonsentrasjonen gir hvor mange mg/ml/mikromol oksygen som er løst i en liter av den aktuelle vannmassen. Metningsgraden gir forholdet mellom den aktuelle konsentrasjonen og den konsentrasjonen som ville blitt målt ved 100% metning, det vil si når konsentrasjonen oppløst oksygen er lik oksygenets løslighet. Videre er oksygenets løselighet avhengig av vannmassenes temperatur, salinitet og trykk. Med økende trykk øker løseligheten, og med økende temperatur og salinitet synker løseligheten. En vannmasse med høyere temperatur og salinitet vil derfor nå 100% metning ved lavere oksygenkonsentrasjon enn en vannmasse på samme dyp med lavere temperatur og salinitet. Oksygenkonsentrasjonen i dypvann er viktig for den helhetlige tilstanden i et område, og klassifiseringen av oksygenet i slike vannmasser er gitt i **Tabell 11**.

Tabell 10: Klassifisering av tilstand for oksygen i dypvannet ved salinitet over 20‰ (gjengitt etter Veileder 02:2013).

				Tilstandsklasser				
				I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat/ Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
Parameter	Veileder	Måleenhet						
Dypvann	Oksygen	97:03	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygenmetning*	97:03	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20

*Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6°C.

Vannets tetthet, masse per volumdel (kg/m³, eventuelt g/cm³), er i hovedsak avhengig av temperatur og salinitet. Tettheten kontrollerer vannkolonnens vertikale struktur, med tettere vannmasser dypere i vannkolonnen. Ved å øke saliniteten og senke temperaturen øker tettheten, og ved å senke saliniteten og øke temperaturen minsker tettheten. Hvis en vannprofil viser at tettheten endres raskt med økende dybde har man en pyknoklin – et delingslag mellom to vannlag som har ulik tetthet, enten på grunn av forskjell i temperatur eller salinitet (hhv. termoklin og haloklin), eller en kombinasjon av de to.

Det ble utført målinger av salinitet, temperatur og oksygen ved dypeste prøvestasjon (C2, sør for lokaliteten; **Figur 2**) av Aqua Kompetanse AS. Målingene ble utført med en CTD av typen SAIV SD204 påmontert en SAIV205 oksygensensor. Instrumentet målte annethvert sekund ned og opp igjennom vannsøyla. Registrerte data ble bearbeidet ved bruk av SAIV AS eget dataprogram for instrumentet, MiniSoft SD200W

og figurer er fremstilt med samme program. Data presentert i figurer er hentet fra overflaten og ned til bunnen (down-cast). All rådata er lagret hos Aqua Kompetanse AS.

1.3 Undersøkelsesfrekvens

I følge NS 9410:2016 er det satt forskjellige frekvenser for prøvestasjon C2 og overgangssonestasjonene (C3, C4, osv.) (**Tabell 12**). Hvis frekvensene på C2 og overgangssonestasjonene ikke er like skal lokaliteten bli undersøkt etter den tilstandsklassen som gir hyppigst undersøkelsesfrekvens. Miljøtilstanden til anleggssonestasjon C1 inngår ikke i fastsettingen av undersøkelsesfrekvens, men får en egen vurdering etter resultatene fra makrofauna-undersøkelsen. Ved første produksjonssyklus skal det tas C-undersøkelse uavhengig av forundersøkelsens resultat på C-undersøkelsen.

Tabell 11: Undersøkelsesfrekvens ved ulike tilstandsklasser for hver av stasjonsklassene. Gjengitt etter NS9410:2016.

Stasjon	Tilstandsklasse	Hver annen produksjonssyklus	Hver tredje produksjonssyklus
C2	Svært god eller god		X
Samlet for C3, C4, osv.	Moderat	X	
	Svært god eller god		X

2. Resultat

2.1 Makrofauna og kjemiske analyser

For fullstendig rapport på resultatene fra analysene av makrofauna og geologi/kjemi, se rapport fra Akvaplan-niva i **Vedlegg A**.

2.2 Elektrokjemiske målinger og sensoriske registreringer

Det ble målt gode pH- og E_h -verdier ved C2-C5, mens ved anleggsstasjonen, C1, ble det målt noe lav pH og negativ E_h . **Tabell 13** viser pH, observert hvilepotensiale (målt verdi; E_{obs}) og redokspotensiale (E_h) basert på E_{obs} og E_{ref} ved alle stasjonene, og **Tabell 14** viser resultater fra elektrokjemiske målinger i overflatevannet, buffertemperatur, sedimenttemperatur og standardpotensiale (E_{ref}) basert på sedimenttemperatur (jamfør **Tabell 10**).

Tabell 12: Resultater fra elektrokjemiske målinger av pH og E_h ved Skålsvika. E_{obs} = observert hvilepotensial i prøven (målt verdi); E_h = redokspotensial, bestemt ut fra E_{obs} og E_{ref} ($E_h = E_{obs} + E_{ref}$).

	C1	C2	C3	C4	C5
pH	7,06	7,48	7,19	7,30	7,53
E_{obs} (mV)	-312	63	-212	-112	-42
E_h ($E_{obs} + E_{ref}$)	-91	284	9	109	179

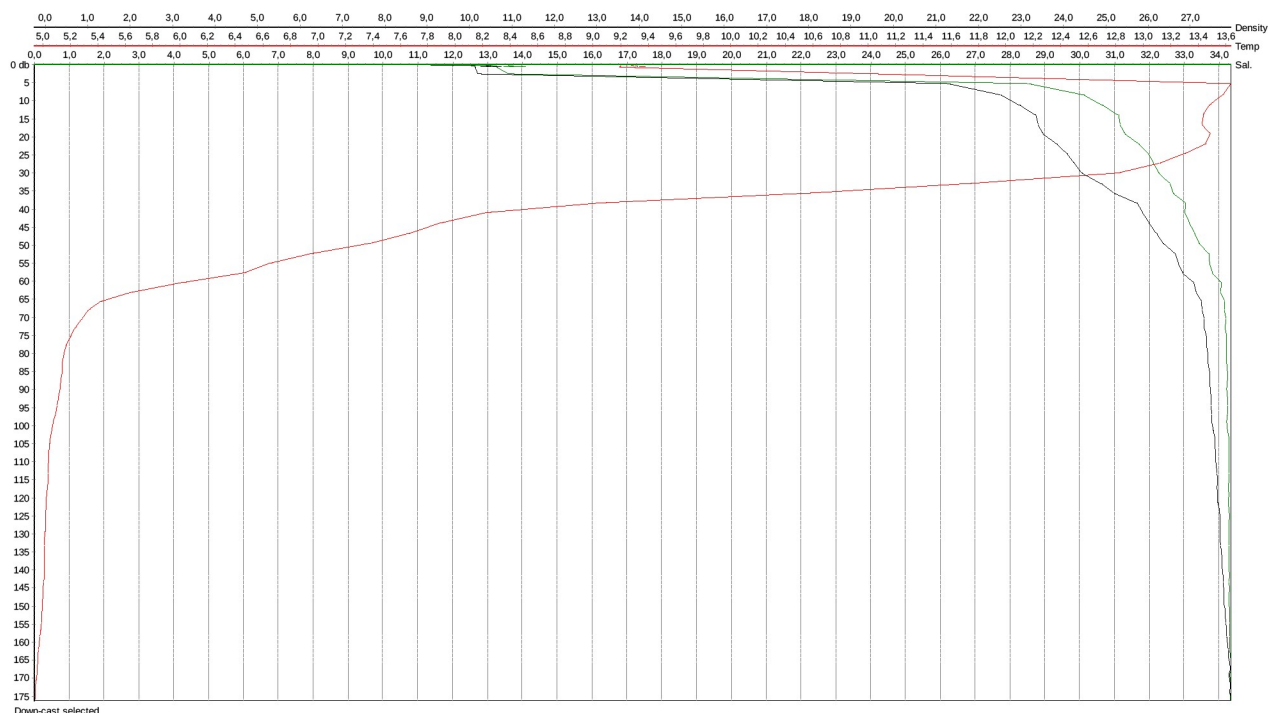
Tabell 13: Resultater fra elektrokjemiske målinger av pH og E_{obs} i overflatevannet, buffertemperatur, sedimenttemperatur og standardpotensiale (E_{ref}) basert på sedimenttemperatur ved Skålsvika. E_h i sjø er ikke kalkulert.

Buffertemperatur:	5,8°C	pH sjø:	7,98
Sjøtemperatur:	4,2°C	E_{obs} sjø:	10
Sedimenttemperatur:	5,2°C	E_{ref} sediment:	221

I anleggssonen (stasjon C1) ble det registrert misfarget sediment og lukt, samt fôrrester ved et hugg. Ved de øvrige stasjonene ble det registrert normal farge og lukt, samt fauna fra flere klasser (muslinger, børstemark, pigghuder). På C1 og C3 bestod sedimentet av silt og sand, mens på C2, C4 og C5 bestod sedimentet av silt og leire, og geologiske analyser utført av Akvaplan-niva viste pelittandeler (kornfordeling, % < 0,063µmm) mellom 24 og 95% (se rapport fra Akvaplan-niva i **Vedlegg A**). Alle grabbene var fulle (fyllingsgrad > ¾), med unntak av stasjon C3, der fyllingsgraden var mellom ½ - ¾.

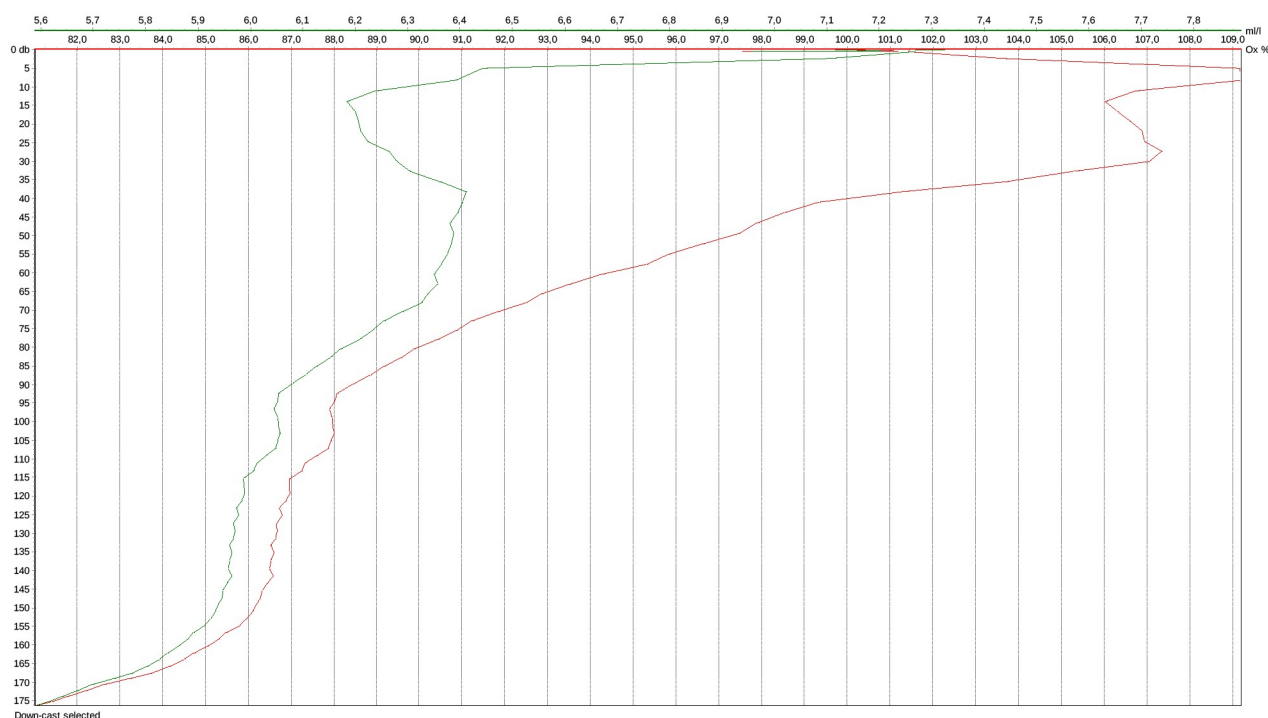
2.3 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) i dypområdet ved lokaliteten (C2; **Figur 3**). Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i **Figur 4** og **5**.



Figur 4: Sjøtemperatur (°C ; rød), salinitet (‰ ; grønn) og tetthet (-1000 kg/m^3) fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) på 176 meters dyp ved stasjon C2 den 27.08.2018.

I overflaten lå temperaturen på om lag $9,2^{\circ}\text{C}$. Ned mot 10 m dyp økte temperaturen til $13,6^{\circ}\text{C}$, og ved ca. 30 meters dyp sank temperaturen rask til ca. $5,4^{\circ}\text{C}$ ved 65 meters dyp. Videre ned mot bunnen sank temperaturen noe, og lå på i underkant av $5,0^{\circ}\text{C}$ i bunnvannet på 176 meters dyp. Overflatevannet var ferskere og mindre salint enn underliggende masser, og saliniteten stiger nedover vannsøyla. Bunnvannet hadde en salinitet på $34,32\text{‰}$ (Figur 4).



Figur 5: Oksygenmetning (%) ; rød) og oksygenkonsentrasjon (ml/l; grønn) fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) på 176 meters dyp ved stasjon C2 den 27.08.2018.

I overflatevannet lå oksygenkonsentrasjonen på 7,3 ml/l (102% metning). Konsentrasjonen sank nedover mot bunn, og bunnvannet hadde en oksygenkonsentrasjon på 5,6 ml O²/l, som svarer til tilstand I «Svært god» etter klassifiseringen for oksygen i dypvann, gjengitt i **Tabell 11**.

2.4 Bilder av sediment



Figur 6: Bilde av sedimentet ved C1. Sedimentet besto av silt og sand, og hadde en pelittandel på 24% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 7: Bilde av sedimentet ved C2. Sedimentet besto av silt og leire, og hadde en pelittandel på 95% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 8: Bilde av sedimentet ved C3. Sedimentet besto av silt og sand og stein, og hadde en pelittandel på 38% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 9: Bilde av sedimentet ved C4. Sedimentet besto av silt og leire, og hadde en pelittandel på 95% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 10: Bilde av sedimentet ved C5. Sedimentet besto av silt og leire og hadde en pelittandel på 71% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.

3. Oppsummering

Ved anleggsstasjonen C1 ble det funnet kun 5 arter, og individfordelingen var svært ujevn ($J = 0,06$). Halvparten av faunaindeksene viste tilstandsklasse V – svært dårlig, men nEQR ga økologisk tilstandsklasse IV – dårlig. Av de 5 artene som ble funnet dominerte den opportunistiske børstemarken *Ophryotrocha lobifera* 99% av individmengden. Etter NS9410 *Vurdering av bløtbunnsamfunn i anleggssonen*, gir 5 arter tilstand 3 – dårlig.

I den ytre sonen (C2) og ved overgangsstasjonene (C4 og C5) var det først og fremst opportunistiske og tolerante arter blant topp ti, og de fleste faunaindeksene ga økologisk tilstandsklasse II (god) eller III (moderat), mens nEQR ga tilstandsklasse II – god for alle tre stasjonene. Ved overgangsstasjon C3 var det en naturlig blanding av representanter fra de fleste økologiske gruppene, og de fleste faunaindeksene ga tilstandsklasse II – god. Forurensningsindikatoren *Capitella Capitata* ble funnet ved C3 og C5, men ikke ved de øvrige stasjonene.

Nivåene av TOM og TN var lave ved samtlige stasjoner, mens TOC var tydelig forhøyet ved C1 og lavt ved de øvrige stasjonene. Forholdet C/N var naturlig lavt ved C2-C5, mens det var høyt ved C1. Anleggsstasjonen (C1) var ikke belastet med kobber. Sedimentet ved stasjon C1 og C3 var moderat grovkornet (hhv. 24 og 38%), mens de øvrige stasjonene hadde finkornet sediment (71-95%)

Det ble registrert misfarging og lukt ved anleggsstasjonen, C1. Ved samme stasjon ble det også målt noe lav pH (<7,1) og negative redoksmålinger. De øvrige stasjonene hadde gode pH- og Eh-målinger og normal farge og lukt.

Ved forrige undersøkelse i 2016, ble stasjonene tatt ved andre posisjoner enn ved dagens undersøkelse, og disse stasjonene er derfor ikke sammenliknbare med stasjonene fra denne undersøkelsen. Men, hovedtrekkene fra begge undersøkelsene viser et forstyrret bløtbunnsamfunn under anlegget, hvor samfunnet var dominert av den opportunistiske børstemarkfamilien *Ophryotrocha* sp. i både 2016 og 2018 (artsbestemt som *O. lobifera* i foreliggende undersøkelse). Begge årene hadde denne familien hhv. 96 og 99 % av individene i anleggssonen, og det var veldig lave individtall og få arter (seks arter og 536 individer i 2016, 5 arter og 399 individer i 2018). Foreliggende undersøkelse viste også et sediment som var svært belastet med organisk karbon (nTOC tilstandsklasse V), en betraktelig økning fra 2016 (tilstandsklasse I). Men, undersøkelsen viser at belastningen stort sett er begrenset til anleggssonen med tegn til faunaforstyrrelser i overgangssonen med i hovedsak tolerante og opportunistiske arter. Det er produsert tilnærmet samme mengde fisk ved denne produksjonssyklusen som ved den forrige, og det var en lengre brakkleggingsperiode mellom utslakt av høst-16 generasjonen og utsett av høst-18 generasjonen. B-undersøkelser utført ved Skålsvika viser at bunnforholdene restituerer seg godt i brakkleggingsperiodene mellom slakt og utsett, og C-undersøkelsene viser at anlegget har en akseptabel påvirkning på overgangssonen. Men, produksjonen ligger i grensenland av hva lokaliteten tåler, så en økning i biomasse er ikke å anbefale.

Den ytre sonen ved Skålsvika er klassifisert til å være god, det samme ble overgangssonen og undersøkelsesfrekvensen skal derfor være mellom hver tredje produksjonssyklus (jmfør **Tabell 12**).

4. Referanser

Brokke, K. (2017) B-undersøkelse ved Skålsvika i Meløy kommune, oktober 2017. Rapportnummer 264-10-17B, levert av Aqua Kompetanse AS.

Hach Company (2014) User Manual gel filled ORP/Redox Probe: Model MTC10101, MTC10103, MTC10105, MTC10110, MTC10115 or MTC10130. doc022.53.80033. Edition 4.

Moe, A. (2013) Strømundersøkelse Skålsvik Desember 2012. Helgeland Havbruksstasjon AS.

Molvær, J. et al. (1997) Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03.

Norsk Standard 5667-19 (2004). Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (ISO 5667:2004). Standard Norge. NS-EN ISO 5667-19: 2004.

Norsk Standard 16665 (2013) Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665: 2014). Standard Norge. NS-EN ISO 16665:2013.

Norsk standard 9410 (2016) Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge. NS 9410:2016.

Strømrappporter levert av Nova Sea.

Strøm, V., Brokke, K. & Klykken, C. (2016) MOM C ved Skålsvika, Meløy kommune, januar 2016. Rapportnummer 1-1-16C levert av Aqua Kompetanse AS.

Veileder 02:2013 (2013) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Norsk klassifiseringssystem i henhold til vannforskriften. Revidert 2015. Vannportalen.no

Veileder TA 2229/2207 (2007) Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann - Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensningstilsyn.

Aqua Kompetanse AS
C-undersøkelse Skålsvika, 2018.
Bløtbunn.



Akvaplan-niva AS Rapport: 60189.01

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 Aqua Kompetanse. C-undersøkelse Skålsvika, 2018. Bløtbunn.	
Forfatter(e) / Author(s) Roger Velvin	Akvaplan-niva rapport nr / report no 60189.01
	Dato / Date 09.08.2018
	Antall sider / No. of pages 11 + Vedlegg
	Distribusjon / Distribution Gjennom oppdragsgiver
Oppdragsgiver / Client Aqua Kompetanse AS. 7770 Flatanger	Oppdragsg. referanse / Client's reference Nasir El Shaikh og Kristine Brokke
Sammendrag / Summary Det er gjennomført en C-undersøkelse ved lokaliteten Skålsvika. Foreliggende delrapport presenterer resultatene fra bløtbunnundersøkelsen og inkluderer økologisk tilstandsklassifisering av bløtbunnsfunn, samt geokjemiske analyser og klassifisering av sedimenter.	
Prosjektleder / Project manager  Roger Velvin	Kvalitetskontroll / Quality control  Hans-Petter Mannvik

© 2018 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 MATERIALE OG METODE.....	3
1.1 Bløtbunn – geokjemiske analyser og bunndyr	3
1.2 Geokjemiske analyser.....	3
1.2.1 Total organisk materiale (TOM).....	3
1.2.2 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	4
1.2.3 Total nitrogen (TN) - Kjeldahl nitrogenbestemmelse	4
1.2.4 Metallanalyse - kobber (Cu)	4
1.3 Bunndyr	4
1.3.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	4
1.3.2 Kvantitative bunndyrsanalyser	5
2 RESULTATER.....	6
2.1 Geokjemiske analyser.....	6
2.1.1 TOC, TOM, TN, C/N og kornfordeling	6
2.1.2 Kobber i sediment, C1	6
2.2 Bunndyr	6
2.2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser	6
3 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	10
3.1 Sammenfatning.....	10
3.2 Konklusjon og miljøutvikling.....	10
4 REFERANSER.....	11
5 VEDLEGG	12
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister	12
Vedlegg 2. Analysebeviser	25

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunn-samfunnene ved lokaliteten Skålsvika. Oppdragsgiver har vært Aqua Kompetanse AS. Resultatene inngår i selskapets rapportering fra en C-undersøkelse ved lokaliteten.

Følgende personer har deltatt:

Roger Velvin	Akvaplan-niva	Prosjektleder (Akvaplan-niva). Identifisering bunndyr (Varia). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr og polychaeta).
Kamila Szybor	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Kristine H. Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Aqua Kompetanse har gjennomført alle feltinnsamlingene.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med ALS Laboratory Group (Tjekkia) som underleverandør.

 NORSK AKKREDITERING TEST 079	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.

Tromsø, 09.08.2018



Prosjektansvarlig ved Akvaplan-niva

1 Materiale og metode

1.1 Bløtbunn – geokjemiske analyser og bunndyr

En oversikt over det faglige programmet for bløtbunnundersøkelsen er gitt i Tabell 1.

Tabell 1. Faglig program for bløtbunnundersøkelsen ved Skålsvika, 2018. TOM = total organisk materiale. TOC = total organisk karbon, Cu = kobber. TN = total nitrogen, Korn = kornfordeling.

Stasjon	Type analyse/parametere
C1 anleggssone	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.
C2 overgangssone ytre	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C3 overgangssone	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C4 overgangssone	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C5 overgangssone	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.

For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 5667-19. *Guidance on sampling of marine sediments.*
- ISO 16665:2014. *Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft bottom macro fauna.*
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Prosedyreark. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva.*
- M-608/2016. *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota.* Miljødirektoratet, 2016.
- Veileder 02:2013 (rev. 2015). *Klassifisering av miljøtilstand i vann.* Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.

Posisjoner og dyp for stasjonene ved Skålsvika er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Skålsvika 2018.

Stasjon	Dyp, m	Posisjon
C1	103	N 66°42,964 – Ø 13°33,480
C2	174	N 66°42,415 – Ø 13°33,551
C3	85	N 66°42,642 – Ø 13°33,146
C4	172	N 66°42,532 – Ø 13°33,674
C5	109	N 66°42,818 – Ø 13°33,801

1.2 Geokjemiske analyser

1.2.1 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 husstandardsediment som inneholder TOM med kjent

C-undersøkelse Skålsvika, 2018.
Akvaplan-niva AS Rapport nr. 60189.01

3

nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen.

1.2.2 Total 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 total 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 02:2015 (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
-----------	---------------------	-------------------	------------------------	----------------------	------------------------

1.2.3 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.

1.2.4 Metallanalyse - kobber (Cu)

Prøven for metallanalyse ble frysetørket før den ble oppsluttet i mikrobølgeovn i lukket teflonbeholder med konsentrert ultraren salpetersyre og hydrogenperoksid. Konsentrasjonen 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.

Cu mg/kg	< 20 Klasse I	20 - 84 Klasse II	84 - 147 Klasse III	147 - 200 Klasse IV	> 200 Klasse V
----------	------------------	----------------------	------------------------	------------------------	-------------------

1.3 Bunndyr

1.3.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fårrester/fekalier) fra 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 kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold i sedimentet.

1.3.2 Kvantitative bunndyrsanalyser

Det ble innsamlet to prøver (replikater) på hver av stasjonene iht. retningslinjene i NS 9410:2016. 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 1 for beskrivelse av analysemetoder. For økologisk tilstandsklassifisering 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 (ES_{100}) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI_{2012}), uegnet ved lavt individ/artstall
- Indeks for individtetthet (DI), benyttes ved lavt individtall
- 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).

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 iht. kap. 8.6.3 i NS 9410:2016. Stasjonene C1 og C2 er ikke med i denne beregningen.

2 Resultater

2.1 Geokjemiske analyser

2.1.1 TOC, TOM, TN, C/N og kornfordeling

Nivåer av total organisk materiale (TOM), total organisk karbon (TOC), total nitrogen (TN), C/N-forholdet og kornfordeling i sedimentene er presentert i Tabell 3.

TOM-nivåene var lave og varierte mellom 2,8 og 5,0 %. TN-nivåene var også lave (1,3 – 2,4 mg/g). TOC-nivået var tydelig forhøyet i sediment fra C1 med tilstandsklasse V "Svært dårlig". På de øvrige stasjonene var TOC-nivåene lave med tilstandsklasse I "Svært god". C/N-forholdet var høyt på C1 og naturlig lavt på de andre stasjonene. Sedimentene var moderat grovkornet på C1 og C3 med pelittandeler på hhv. 24 og 38 %. På de øvrige stasjonene var sedimentene finkornet med pelittandeler på 71 og 95 %.

Tabell 3. Sedimentanalyser, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N og kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm). Skålsvika, 2018.

St.	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt
C1	4,1	28,5	42,1	V	1,7	17,3	24
C2	4,9	16,4	17,3	I	2,2	7,6	95
C3	2,8	7,7	18,8	I	1,3	6,0	38
C4	5,0	18,0	19,0	I	2,4	7,7	95
C5	3,2	13,8	19,0	I	1,9	7,3	71

* Tilstandsklassifisering (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).

2.1.2 Kobber i sediment, C1

Nivået av kobber er presentert i Tabell 4. Kobbernivået var lavt i sediment fra C1 i anleggssonen (klasse I).

Tabell 4. Sedimentanalyser. Kobber (Cu), i mg/kg TS, Skålsvika 2018

St.	Cu	Tilst.klassif. Cu
C1	15,9	Klasse I

2.2 Bunndyr

2.2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser

2.2.1.1 Artsmangfold, ømfintlighet og jevnhet

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene er presentert i Tabell 5. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individer varierte fra 399 (C1) til 2790 (C5) og antall arter fra 5 (C1) til 117 (C3). På C1 viste de fleste faunaindeksene klasse V "Svært dårlig", men samlet indeks nEQR ga økologisk tilstandsklasse IV "Dårlig". På C2 og C4 lå de fleste indeksene innenfor klasse III "Moderat", men nEQR ga tilstandsklasse II "God". Det må bemerkes at nEQR på C2 lå på grenseverdien for tilstandsklasse III. På C3 og C5 viste de fleste faunaindeksene, inklusiv nEQR, tilstandsklasse II "God".

Samlet klassifisering for C3, C4 og C5 i overgangssonen ga økologisk tilstandsklasse II.

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. Individfordelingen var meget ujevn på C1 med indeks 0,06. På de øvrige stasjonene var fordelingen jevnere med indekser mellom 0,50 og 0,76.

Tabell 5. 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. Skålsvika 2018. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2013.

St.	Individer	Ant arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1	399	5	0,10	2,1	0,30	6,62	14,12	0,227	0,22	4,481	0,06
C2	1438	42	2,47	15,1	0,60	9,71	19,75	0,600	0,78	3,361	0,50
C3	1139	117	4,88	37,7	0,72	9,40	21,13	0,757	0,70	3,102	0,76
C4	601	38	2,66	17,2	0,59	9,95	18,94	0,612	0,42	3,571	0,56
C5	2790	75	3,42	19,2	0,61	8,36	18,37	0,611	1,08	3,790	0,59

Samlet klassifisering for overgangssonen (C1, C2 er ikke med)

C3, C4, C5	-	-	3,65	24,7	0,64	9,24	19,48	0,660	0,73	3,488	0,64
------------	---	---	------	------	------	------	-------	-------	------	-------	------

I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
-------------	--------	-------------	-----------	----------------

2.2.1.1 NS 9410 Vurdering av bløtbunnsamfunnet på C1 i anleggssonen.

I følge NS 9410:2016 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bløtbunnsamfunnet. Tabell 6 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på stasjon C1. Data for antall arter og dominerende taksa er hentet fra Tabell 5 og Tabell 7.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 3 "Dårlig". Kriteriet for miljøtilstand 2 er tilstedeværelse av 5 - 19 arter, hvorav ingen utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet. Her utgjorde børstemarken *Ophryotrocha lobifera* 99 %, som bidro til nedklassifisering.

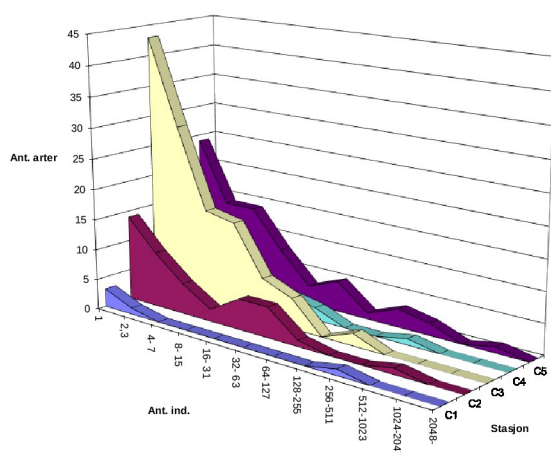
Tabell 6. NS 9410:2016 Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet i anleggssonen C1, Skålsvika, 2018.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand - NS 9410
C1	Skålsvika	5	Ophryotrocha lobifera – 99 %	3 Dårlig

2.2.1.2 Geometriske klasser

Figur 1 viser antall arter plottet mot antall individer, der antallet individer er delt inn i geometriske klasser. Det vises til Vedlegg 1 for en forklaring av begrepet geometriske klasser og beskrivelse av metoden. Bakgrunnen for analysen er at et upåvirket samfunn består av mange arter med lavt individtall, slik at kurven starter høyt på y-aksen. Et forstyrret samfunn har færre arter og noen få av dem svært tallrike, slik at kurven flater ut og strekker seg mot høyere klasser.

Kurven for C1 hadde utpreget lavt startpunkt og strakk seg noe ut mot høyere klasser. Kurveforløpet indikerer faunaforstyrrelse. C3 hadde høyest startpunkt og kort utstrekning som tyder på uforstyrret fauna. De andre kurvene hadde varierende høye startpunkter og noen strakk seg relativt langt ut. Ingen av disse kurveforløpene ga entydige indikasjoner på faunatilstanden.

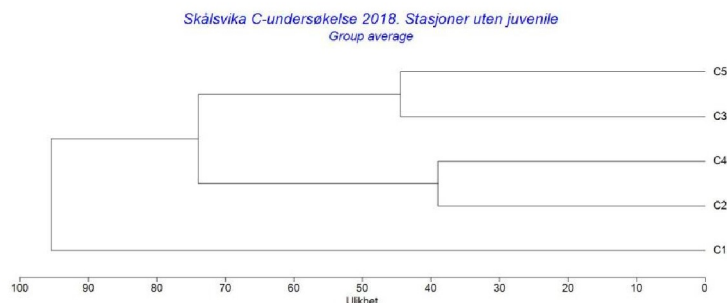


Figur 1. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bløtbunnstasjonene ved Skålsvika, 2018 (pr. 0,2 m²).

2.2.1.3 Clusteranalyser

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble den multivariate teknikken clusteranalyse benyttet (se metodebeskrivelse i Vedlegg 1). Resultatene fra denne er presentert i dendrogram i Figur 2. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale akse. To stasjoner med identisk arts- og individfordeling vil få 0 % ulikhet, mens to stasjoner uten like arter, vil få 100 % ulikhet. Metoden gjør det dermed mulig å identifisere grupper av stasjoner med like arts- og individforhold. I tillegg gjør den det lettere å synliggjøre eventuelle avvik som for eksempel kan knyttes til antropogene påvirkninger av bunndyrssamfunnet.

Clusterplottet viser at C2 og C4 var 61 % lik, mens C3 og C5 var 55 % lik. De to gruppene var 26 % lik, mens C1 bare var 5 % lik de øvrige stasjonene.



Figur 2. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Skålsvika, 2018.

2.2.1.4 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en ”topp-ti” artsliste fra hver stasjon i Tabell 7. 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 C1 dominerte den opportunistiske børstemarken *Ophryotrocha lobifera*, hvor den utgjorde nesten 100 % av individmengden. Ellers var det hovedsakelig enkeltindivider av tolerante børstemark, samt en nøytral art (krepsdyr).

På C2 og C4 toppet den opportunistiske børstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* listen med hhv. 66 og 57 % av individene. De andre artene, med kjent økologisk gruppering, var hovedsakelig tolerante eller opportunistiske. Det ble registrert én sensitiv art på C2, og én nøytral art på C4.

På C3 var den tolerante børstemarken *Chaetozone* sp. mest tallrik (20 %). Her ble det også registrert en forekomst av forurensningsindikatoren *C. capitata*. Ellers var det en naturlig blanding av representanter fra de fleste økologisk gruppene.

På C5 lå den opportunistiske børstemarken *Heteromastus filiformis* øverst med 38 %. De fleste andre artene var enten tolerante eller opportuniste, men også her ble *C. capitata* (forurensningsindikator) funnet blant topp-ti artene.

Tabell 7. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Skålsvika, 2018.

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
Ophryotrocha lobifera	394	99 %	IV	Pseudopolydora paucibranchiata	945	66 %	IV
Thyasira sarsii	2	99 %	III	Spiophanes kroyeri	93	72 %	III
Mediomastus fragilis	1	99 %	III	Kelliella miliaris	56	76 %	III
Paraphoxus oculatus	1	100 %	II	Batharca pectunculoides	46	79 %	I
Spiophanes kroyeri	1	100 %	III	Heteromastus filiformis	39	82 %	IV
				Galathowenia oculata	36	84 %	III
				Mendicula sp.	33	87 %	ik
				Lumbrineris mixochaeta	31	89 %	IV
				Abra nitida	25	91 %	III
				Terebellides sp.	18	92 %	ik
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
Chaetozone sp.	225	20 %	III	Pseudopolydora paucibranchiata	341	57 %	IV
Heteromastus filiformis	181	35 %	IV	Galathowenia oculata	54	66 %	III
Melinna elisabethae	62	41 %	II	Mendicula sp.	34	71 %	ik
Galathowenia oculata	52	45 %	III	Lumbrineris mixochaeta	29	76 %	IV
Chaetozone setosa	38	49 %	IV	Heteromastus filiformis	25	80 %	IV
Nothria hyperborea	38	52 %	ik	Spiophanes kroyeri	23	84 %	III
Eudorella sp.	32	55 %	I	Yoldiella solidula	12	86 %	ik
Capitella capitata	30	57 %	V	Terebellides sp.	11	88 %	ik
Nereimyra punctata	28	60 %	IV	Yoldiella lucida	8	89 %	II
Owenia sp.	26	62 %	II	Nephtys ciliata	7	90 %	III
C5	Ant.	Kum.	EG				
Heteromastus filiformis	1073	38 %	IV				
Chaetozone sp.	348	51 %	III				
Chaetozone setosa	264	60 %	IV				
Thyasira sarsii	213	68 %	IV				
Galathowenia oculata	183	74 %	III				
Abra nitida	142	79 %	III				
Owenia sp.	66	82 %	II				
Capitella capitata	55	84 %	V				
Maldane sarsi	42	85 %	IV				
Leitoscoloplos mammosus	40	87 %	ik				

*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.

3 Sammenfattende vurderinger

3.1 Sammenfatning

Resultatene fra bløtbunnundersøkelsen ved lokaliteten Skålsvika i 2018 kan sammenholdes som følger:

- TOM- og TN-nivåene var lave. TOC-nivået var forhøyet i sediment fra C1 i anleggssonen (tilstandsklasse V) og lavt på de øvrige stasjonene (tilstandsklasse I). C/N-forholdet var forhøyet i anleggssonen og naturlig lavt på de andre stasjonene. Kobbernivået var lavt i sediment fra anleggssonen (klasse I). Sedimentene var moderat grovkornet på C1 og C3 og finkornet på de tre øvrige stasjonene.
- Økologisk tilstandsklassifisering, basert på faunaindeksene i Veileder 02:2013, ga tilstandsklasse IV "Dårlig" for bløtbunnsamfunnet på C1 i anleggssonen, og klasse II "God" for de øvrige undersøkte samfunnene. Det ble imidlertid registrert forekomster av forurensningsindikatoren *Capitella capitata* på C3 og C5. En 9410:2016 vurdering av bløtbunnsamfunnet på C1 ga miljøtilstand 3 "Dårlig".

3.2 Konklusjon og miljøutvikling

C-undersøkelsen ved lokalitet Skålsvika høsten 2018 viste at sedimentet i anleggssonen var tydelig belastet med organisk karbon (tilstandsklasse V). Sedimentene på stasjonene i overgangssonen var ikke organisk anriket (klasse I). Det ble ikke registrert kobberbelastning på C1 i anleggssonen (klasse I). Bløtbunnsamfunnet i anleggssonen hadde belastningseffekter og lå i økologisk tilstandsklasse IV. Tilsvarende effekter ble ikke funnet i bløtbunnsamfunnene i overgangssonen, som fikk økologisk tilstandsklasse II. Mange opportunistar og forekomster av forurensningsindikator på enkelte stasjoner kan imidlertid tyde på noe faunaforstyrrelse.

Det ble gjort en tilsvarende C-undersøkelse på lokaliteten i januar 2016 (Strøm *m.fl.*, 2016), der plasseringene av stasjonene var noe ulike stasjonsplasseringene i 2018. En sammenligning av resultatene er derfor basert på generelt grunnlag.

I 2016 ble det ikke funnet organisk belastning i noen av de undersøkte sedimentene, som alle lå i klasse I. Siden da har den organiske belastningen i anleggssonen økt til klasse V. Bløtbunnsamfunnet i anleggssonen hadde nå de samme belastningseffektene som i 2016, med få arter og dominans av den opportunistiske børstemarken *Ophryotrocha* sp.. Samfunnet i anleggssonen fikk økologisk tilstandsklasse IV ved begge undersøkelsen. Bløtbunnsamfunnene i overgangssonen og i fjernssonen lå i klasse II i 2016, som var samme klasse som overgangssamfunnene fikk i foreliggende undersøkelse. I begge undersøkelsen ble det funnet mange opportunistar og tolerante arter som kunne indikere noe faunaforstyrrelse i overgangssonen.

Ettersom en samlet klassifisering av bløtbunnsamfunnene i overgangssonen i 2018 ga økologisk tilstandsklasse II "God", skal det iht. tabell 6 i NS 9410:2016 gjennomføres miljøovervåking ved hver tredje produksjonssyklus.

4 Referanser

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 (rev. 2015). 263 s.

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.

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.

Rygg, B. og K. Norling, 2013. Norwegian Sensitive Index (NSI) for marine macro invertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). *NI VA report SNO 6475-2013*. 48 p.

Strøm, V., Brokke, K og Klykken, C. 2016. MOM C ved Skålsvika, Meløy kommune, januar 2016. *Aqua Kompetanse rapport 1-1-16C*. 41 s

5 Vedlegg

Vedlegg 1. 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 = totalt antall individer

s = antall arter

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

Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

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

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

Hurlberts diversitetskurver

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

ES_n er forventet antall arter i en delprøve på n tilfeldig valgte individer fra en prøve som inneholder totalt 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 = totalt antall individ i prøven

N_i = antall individ av art i

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

s = totalt 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 en-toppet, asymmetrisk kurve med lang "hale" mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

Ved moderat forurensning forsvinner en del av de individfattige artene, mens noen som blir begünstiget, øker i antall. Slik flater kurven ut, og strekker seg mot høyere klasser eller den får ekstra topper. Under slike forhold mister kurven enhver likhet med den statistiske log-normalfordelingen. Derfor kan avvik fra log-normalfordelingen tolkes som et resultat av en påvirkning/forurensning. Det har vist seg at denne metoden tidlig gir utslag ved miljøforstyrrelse. Ved sterk forurensning blir det bare noen få, men ofte svært tallrike arter tilbake. Log-normalfordelingskurven vil da ofte gjenoppstå, men med en lavere topp og spredt over flere klasser enn for uforstyrrede samfunn.

Faunaens fordelingsmønster

Variasjoner i faunaens fordelingsmønster over området beskrives ved å sammenligne tettheten av artene på hver stasjon. Til dette brukes multivariate klassifikasjons- og ordinasjons-analyser (Cluster og MDS).

Analysene i denne undersøkelsen ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5. Inngangsdata er individantall pr. art, pr. prøve. Prøvene kan være replikater eller stasjoner. Det tas ikke hensyn til hvilke arter som opptrer. Forut for klassifikasjons- og ordinasjonsanalysene ble artslistene dobbelt 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 trediediagram (dendrogram).

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

Ømfintligheten bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marine 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:

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

Diversitetsindeksen $SN = \ln S / \ln(N)$, hvor S er antall arter og N er antall individer i prøven

Tetthetsindeks (Density index, DI)

DI er en indeks for individtetthet. DI er spesielt utviklet med tanke på tilstandsklassifisering av individfattig fauna. Indeksene for artsmangfold og ømfintlighet da av og til dårlig fordi de styres av tilfeldigheter i de små datasettene. Fattig fauna finnes særlig ved dårlige oksygenforhold eller ved svært kraftig industriforurensning. Ekstremt høye

individtettheter av tolerante arter tyder på påvirkning av organisk belastning vanlig nær renseanlegg og matfiskanlegg. DI signaliserer også dette. Indeksen beregnes ved:

$$DI = \text{abs} [\log_{10}(N_{0,1m^2}) - 2,05]$$

Hvor abs står for tallverdi, altså at negative verdier gjøres positive, $N_{0,1m^2}$ antall individer pr. 0,1 m².

Normalisert EQR (nEQR)

Observert indeksverdi omregnes til nEQR (normalised ecological quality ratio):

$$nEQR = (\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) / (\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) * 0,2 + \text{Klassens nEQR basisverdi}$$

Klassens nEQR basisverdi er den samme for alle indekser og er satt til:

Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (I)	= 0,8
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (II)	= 0,6
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (III)	= 0,4
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (IV)	= 0,2
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (V)	= 0,0

Klasseintervallet er 0,2 for alle klassene.

nEQR gir altså en tallverdi på en skala fra 0 til 1. Tallverdien viser ikke bare statusklassen, men også hvor lavt eller høyt i klassen tilstanden ligger fordi verdiene følger en kontinuerlig skala. F. eks. viser verdien 0,75 at tilstanden ligger tre firedeler opp i tilstand God (God = 0,6 – 0,8). nEQR muliggjør en harmonisert sammenligning av forskjellige indekser, både innenfor samme kvalitetselement og mellom ulike kvalitetselement.

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 Skålsvika, 2018:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	6367	399	1438	1139	601	2790
no. spe.	163	5	42	117	38	75

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02
no. ind.	6367	276	123	979	459	679	460
no. spe.	163	5	2	35	28	88	83
Shannon-Wiener:		0,1	0,1	1,5	3,4	4,8	4,9
Pielou		0,06	0,07	0,30	0,71	0,75	0,77
ES100		2	2	12	18	36	39
SN		0,93	0,44	1,84	1,84	2,39	2,44
ISI-2012		7,41	5,82	9,31	10,12	9,28	9,52
AMBI		4,473	4,488	4,07	2,651	3,135	3,068
NQI1		0,35	0,26	0,55	0,65	0,72	0,73
NSI		14,1	14,1	18,4	21,1	20,7	21,6
DI		0,391	0,040	0,941	0,612	0,782	0,613

st.nr.		C4_01	C4_02	C5_01	C5_02
no. ind.		365	236	1698	1092
no. spe.		24	30	60	54
Shannon-Wiener:		2,2	3,1	3,2	3,6
Pielou		0,49	0,63	0,55	0,63
ES100		15	19	18	20
SN		1,79	2,00	2,04	2,05
ISI-2012		9,82	10,08	8,48	8,24
AMBI		3,679	3,463	3,806	3,773
NQI1		0,56	0,62	0,60	0,61
NSI		18,6	19,2	18,7	18,0
DI		0,512	0,323	1,180	0,988

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.		C1	C2	C3	C4	C5
Shannon-Wiener:		0,10	2,47	4,88	2,66	3,42
Pielou		0,06	0,50	0,76	0,56	0,59
ES100		2,1	15,1	37,7	17,2	19,2
SN		0,69	1,84	2,41	1,90	2,05
ISI-2012		6,62	9,71	9,40	9,95	8,36
AMBI		4,481	3,361	3,102	3,571	3,790
NQI1		0,30	0,60	0,72	0,59	0,61
NSI		14,12	19,75	21,13	18,94	18,37
DI		0,22	0,78	0,70	0,42	1,08
Tilstandsklasse nEQR *)		0,227	0,600	0,757	0,612	0,611

*) 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.	C1	C2	C3	C4	C5
1	3	14	43	16	24
2,3	1	9	29	6	14
4- 7	0	5	16	7	14
8- 15	0	2	15	3	8
16- 31	0	5	7	3	3
32- 63	0	5	5	2	5
64-127	0	1	0	0	1
128-255	0	0	2	0	3
256-511	1	0	0	1	2
512-1023	0	1	0	0	0
1024-2047	0	0	0	0	1
2048-	0	0	0	0	0

Artsliste

Skålsvika C-undersøkelse 2018

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1						
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Spionida	Spiophanes kroyeri	1		1
		Capitellida	Mediomastus fragilis	1		1
		Eunicida	Ophryotrocha lobifera	272	122	394
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Amphipoda	Paraphoxus oculatus	1		1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Veneroida	Thyasira sarsii	1	1	2
				272	122	394
				5	2	5
						399
Stasjonsnr.: C2						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.		-1	-1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	2	3	5
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida	Levinsenia gracilis	5	7	12
		Spionida	Pseudopolydora paucibranchiata	784	161	945
			Spiophanes kroyeri	48	45	93
		Capitellida	Heteromastus filiformis	18	21	39
			Mediomastus fragilis	2		2
			Notoproctus sp.	1		1
			Chirimia biceps	6	3	9
			Maldane arctica		1	1
			Maldane sarsi	3		3
			Praxillella gracilis	4	3	7
			Maldanidae indet.	2		2
		Opheliida	Ophelina acuminata	1		1
		Phyllodocida	Bylgides groenlandicus		2	2
			Ceratocephale loveni		1	1
			Glycera lapidum	3	1	4
			Nephtys pente		1	1
			Nephtys sp.	1		1
		Eunicida	Lumbrineris mixochaeta	18	13	31
		Oweniida	Galathowenia oculata	13	23	36
		Terebellida	Proclea graffii	2		2
			Terebellides sp.	12	6	18
		Sabellida	Jasmineira candela	2	3	5
CRUSTACEA						
	Copepoda					

Stasjonsnr.: C3
NEMERTINI

18

Akvaplan-niva AS, 9296 Tromsø
www.akvaplan.niva.no

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
			Dodecaceria concharum	1		1
			Cirratulidae indet.	3		3
	Capitellida		Capitella capitata	25	5	30
			Heteromastus filiformis	102	79	181
			Notomastus latericeus	2	5	7
			Nicomache lumbricalis	2	1	3
			Petaloproctus tenuis		1	1
			Chirimia biceps	4	2	6
			Maldane arctica		1	1
			Maldane sarsi	6	5	11
			Praxillella gracilis	1		1
			Maldanidae indet.	4	1	5
	Opheliida		Ophelina acuminata	11	6	17
			Ophelina sp.		1	1
			Polyphysia crassa		1	1
			Scalibregma inflatum	2	1	3
	Phyllodocida		Eteone flava/longa	2	1	3
			Phyllodoce groenlandica	2		2
			Acanthiclepis asperrima	1		1
			Gattyana cirrhosa		2	2
			Harmothoe mariannae	1	1	2
			Malmgrenia mcintoshii	3		3
			Polynoidae indet.	1		1
			Pholoe assimilis	9	5	14
			Pholoe baltica	1	2	3
			Nereimyra punctata	21	7	28
			Exogone verugera		1	1
			Syllis cornuta	2	3	5
			Platynereis dumerilii	1		1
			Glycera lapidum	2		2
			Goniada maculata	1		1
			Nephtys ciliata	1	2	3
			Nephtys pente	1		1
			Nephtys sp.	1		1
	Amphinomida		Paramphionome jeffreysii	9	3	12
	Eunicida		Nothria hyperborea	25	13	38
			Eunice pennata	1		1
			Lumbrineris mixochaeta	6	4	10
			Scoletoma fragilis		1	1
	Oweniida		Galathowenia oculata	39	13	52
			Owenia sp.	12	14	26
	Flabelligerida		Brada granulosa	1		1
			Diplocirrus glaucus	2	2	4
	Terebellida		Cistenides hyperborea		1	1
			Amphictene auricoma	12	5	17
			Ampharete octocirrata	1	1	2
			Amage auricula		1	1
			Amphicteis gunneri	2		2
			Glyphanostomum pallescens	6	2	8
			Melinna elisabethae	38	24	62
			Amphitrite cirrata	1		1
			Eupolymnia nebulosa		3	3
			Eupolymnia nesidensis		2	2
			Laphania boeckii		4	4
			Nicolea venustula	2		2
			Phisidia aurea		1	1
			Polycirrus medusa		3	3
			Polycirrus norvegicus	1	1	2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Polycirrus sp.	2	2	4
			Proclea graffii	5	4	9
		Sabellida	Thelepus cinninatus		1	1
			Chone sp.	13	6	19
			Euchone papillosa		1	1
			Jasmineira candela		1	1
			Jasmineira caudata	3		3
			Sabella pavonina	1		1
			Sabellidae indet.	6		6
			Hydroides norvegica	4	10	14
	Oligochaeta					
			Oligochaeta indet.		1	1
CRUSTACEA						
	Ostracoda					
			Ostracoda indet.	3		3
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Eudorella sp.	16	16	32
			Diastylis sp.		1	1
		Tanaidacea				
			Tanaidacea indet.	1		1
		Amphipoda				
			Hippomedon sp.	1		1
			Tryphosites longipes		1	1
			Westwoodilla caecula	2	2	4
			Oedicerotidae indet.		2	2
			Gammaridea indet.	3	5	8
			Phtisica marina		2	2
		Isopoda				
			Janira maculosa	2	4	6
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	1	1	2
	Polyplacophora					
		Lepidopleurida				
			Leptochiton sp.	4	4	8
	Prosobranchia					
		Archaeogastropoda				
			Puncturella noachina	1	2	3
			Iothia fulva		1	1
			Lepeta caeca	4	9	13
			Margarites costalis		1	1
		Mesogastropoda				
			Euspira montagui	1		1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Diaphana minuta	1		1
			Cylichnina sp.		1	1
			Philine sp.	5	1	6
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula corticata		2	2
		Ostreoidea				
			Palliolium incomparabile	1		1
		Veneroida				
			Thyasira equalis		1	1
			Thyasira sarsii	1	2	3
			Astarte montagui	1		1
			Parvicardium minimum	2	2	4
			Abra nitida	4	2	6
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.		-1	-1
ECHINODERMATA						
	Asteroidea					

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Asteroidea indet. juv.		1	1
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphipholis squamata	1		1
			Amphiura chiajei		1	1
			Ophiura robusta		1	1
			Ophiuroidea indet. juv.	3		3
	Echinoidea					
		Spartangoida				
			Spartangoida indet. juv.	1		1
	Holothuroidea					
		Dendrochirotida				
			Psolus sp. juv.	1		1
		Apodida				
			Labidoplax buskii	14	4	18
			Holothuroidea indet. juv.	1		1
			Maks:	140	85	225
			Antall:	92	85	123
			Sum:			1145

Stasjonsnr.: C4
FORAMINIFERA

			Foraminifera indet.		-2	-2
PORIFERA						
			Porifera indet.		-1	-1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.		2	2
NEMATODA						
			Nematoda indet.	1		1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsonia gracilis	2	2	4
			Paraonidae indet.	1		1
		Spionida				
			Pseudopolydora paucibranchiata	239	102	341
			Scolecopsis korsun		1	1
			Spiophanes kroyeri	9	14	23
			Chaetozona sp.	3	2	5
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	4	21	25
			Chirimia biceps		1	1
			Praxillella gracilis	1	1	2
		Opheliida				
			Ophelina acuminata		2	2
		Phyllodocida				
			Ceratocephale loveni	3	2	5
			Nephtys ciliata	5	2	7
		Eunicida				
			Lumbrineris mixochaeta	15	14	29
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	18	36	54
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	1		1
		Terebellida				
			Glyphanostomum pallescens		1	1
			Melinna elisabethae		1	1
			Neoamphitrite grayi	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Proclea graffii		1	1
			Terebellides sp.	5	6	11
		Sabellida	Euchone papillosa		1	1
			Jasmineira candela		2	2
			Sabellidae indet.	1		1
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida	Calanoida indet.	1	4	5
	Malacostraca					
		Cumacea	Eudorella sp.	1		1
		Amphipoda	Eriopisa elongata		2	2
MOLLUSCA						
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Euspira pallida		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida	Yoldiella lucida	7	1	8
			Yoldiella solidula	12		12
		Arcoida	Bathyarca pectunculoides	2	2	4
		Ostreoida	Delectopecten vitreus		1	1
		Veneroida	Mendicula sp.	25	9	34
			Thyasira obsoleta	1		1
			Thyasira sarsii		1	1
			Astarte sp. juv.		1	1
			Astarte sulcata		1	1
			Abra nitida	4	2	6
			Kelliella miliaris	4		4
ECHINODERMATA						
	Asteroidea					
		Paxillosida	Ctenodiscus crispatus	1	2	3
			Asteroidea indet. juv.		1	1
			Maks:	239	102	341
			Antall:	26	35	44
			Sum:			606
Stasjonsnr.:	C5					
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.		-1	-1
PLATYHELMINTHES						
			Platyhelminthes indet.	1		1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.		5	5
PRIAPULIDA						
			Priapulus caudatus	3		3
SIPUNCULIDA						
			Golfingiidae indet.	1	1	2
			Phascolion strombus	15	6	21
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Leitoscoloplos mammosus	19	21	40
			Scoloplos armiger		1	1
		Spionida	Dipolydora sp.	9	17	26
			Prionospio cirrifera	32	6	38
			Pseudopolydora paucibranchiata		3	3
			Spio limicola	5	5	10
			Aphelocheata sp.	2		2
			Chaetozone setosa	158	106	264
			Chaetozone sp.	268	80	348
		Capitellida	Capitella capitata		55	55
			Heteromastus filiformis	693	380	1073
			Notomastus latericeus	1		1
			Maldane sarsi	26	16	42
			Praxillella gracilis	8	3	11
			Praxillella sp.		1	1
			Maldanidae indet.	4		4
		Opheliida	Ophelia acuminata	3		3
			Scalibregma inflatum	3	1	4
		Phyllodocida	Eteone flava/longa	2	3	5
			Eumida bahusensis	1		1
			Polynoidae indet.		1	1
			Pholoe assimilis	6	6	12
			Pholoe baltica	1		1
			Psamathe fusca	1		1
			Nereimyra punctata	3	1	4
			Hesionidae indet.	1		1
			Exogone verugera	1		1
			Syllis cornuta	3	3	6
			Ceratocephale loveni	2	1	3
			Goniada maculata	1		1
			Nephtys ciliata		2	2
			Nephtys pente	1	1	2
		Amphinomida	Paramphinoe jeffreysii	16	23	39
		Eunicida	Nothria hyperborea	5	5	10
			Lumbrineris mixochaeta	19	7	26
			Ophryotrocha sp.		1	1
		Oweniida	Galathowenia oculata	85	98	183
			Myriochele olgae	1		1
			Owenia sp.	43	23	66
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	6	1	7
		Terebellida	Cistenides hyperborea	1	3	4
			Amphictene auricoma	4	5	9
			Pectinaria belgica	1		1
			Ampharete octocirrata		4	4
			Glyphanostomum pallescens	3		3
			Melinna cristata		1	1
			Laphania boeckii	2	2	4
			Polycirrus sp.	1		1
			Proclea graffii	7	3	10
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.		1	1
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Eudorella sp.	1		1
		Amphipoda				
			Lysianassidae indet.	2	1	3

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Eriopisa elongata	5	2	7
			Westwoodilla caecula	2	2	4
			Oedicerotidae indet.	1	5	6
			Gammaridea indet.	1		1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.		1	1
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Euspira montagui		1	1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Diaphana minuta		1	1
			Cylichnina sp.	1	5	6
			Philine sp.	5	4	9
			Scaphander punctostriatus		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	2		2
		Veneroida				
			Thyasira equalis	2		2
			Thyasira sarsii	120	93	213
			Astarte montagui		1	1
			Macoma calcarea	7	7	14
			Abra nitida	77	65	142
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphiura filiformis	2	1	3
			Ophiocten affinis	1		1
			Ophiuroidea indet. juv.	2		2
	Echinoidea					
		Spartangoida				
			Spartangoida indet. juv.	4	7	11
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	1	1	2
			Maks:	693	380	1073
			Antall:	62	57	79
			Sum:			2803
			TOTAL:			Maks: 1073
						Sum: 6401

Vedlegg 2. Analysebeviser

60189 Kjemirapport C-undersøkelse m klassifisering.xlsx_070518

Rapport av 1709



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

ANALYSERAPPORT Sedimentprover

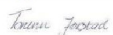
Kunde: Aqua Kompetanse
Kunde referanse: 16-1-18C (Skålsvika i Meløy kommune - Nordland)
Kontaktperson kunde: Nasir El-Shaikh
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Roger Velvin

Dato: 25.07.2018

Rapport nr.: 60189
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN og Cu
Kontaktperson: Torunn Jørstad

Analyseansvarlig:  (sign.)

Underskriftsberettiget:  (sign.)

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

MERKNADER:

Analysene gjelder bare for de prøver som er testet. De oppgitte analyseresultat omfatter ikke feil som måtte følge av prøvetagningen, inhomogenitet eller andre forhold som kan ha påvirket prøven før den ble mottatt av laboratoriet. Rapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. En eventuell klage skal leveres laboratoriet senest en måned etter mottak av analyseresultat. Nærmere informasjon om analysemetodene (måleusikkerhet, metodeprinsipp etc.) fås ved henvendelse til Akvaplan-Niva AS

Side 1 av 3

[illegible]

Følgende analysemetoder er benyttet

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 DIN 19539:2016
Totalt bundet nitrogen - Total-N	Elektrokjemisk deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 12260:2003
Kobber-Cu / Kadmium-Cd (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

Resultater

	TOM	TOC**	N TOC**	TN**	C/N**	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*
Kundens id.:	% TS	mg/g TS	mg/g TS	mg/g TS		vekt%	vekt%	mg/kg TS
C1	4,1	28,5	42,1	1,7	17,3	24,1	75,9	15,9
C2	4,9	16,4	17,3	2,2	7,6	95,1	5,0	ia
C3	2,8	7,7	18,8	1,3	6,0	38,2	61,8	ia
C4	5,0	18,0	19,0	2,4	7,7	94,6	5,4	ia
C5	3,2	13,8	19,0	1,9	7,3	71,0	29,0	ia

* Analysen er utført av ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harčě 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 iht. 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