Akvaplan-niva AS Rapport: 2020 62343.02

Cermaq Norway AS

C-undersøkelse ved Dyping (13191), 2020

NORSK AKKREDITERING TEST 079

Akvaplan niva

Blank side

Akvaplan-niva AS
Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur
Org.nr: NO 937 375 158 MVA
Framsenteret, Postboks 6066 Langnes, 9296 Tromsø
Tlf: 77 75 03 00
www.akvaplan.niva.no

Rapporttittel / Report title
Cermaq Norway AS. C-undersøkelse ved Dyping (13191), 2020.

Forfatter(e)
Kamila Sztybor
Lars Birkeland Sjetne

Akvaplan-niva Rapport
2020 62343.02

Dato
06.10.2020

Antall sider
35

Distribusjon
Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver
Cermaq Norway AS

8286 Nordfold

Oppdragsg. referanse
Ingunn S. Johnsen

Sammendrag
Resultatene fra miljøundersøkelsen ved settefiskanlegget Dyping i 2020 viste at faunaen var påvirket og i tilstandsklasse III "Moderat" på C3 og C4 og ikke påvirket med klasse I "Svært god" på de andre stasjonene. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene. Blant støtteparameterne var sedimentene belastet med organisk karbon i klasse V "Svært dårlig" på stasjon C4 og klasse IV "Dårlig" på C3 og ikke belastet med klasse I "Svært god" på de to andre stasjonene. Kobber- og kadmiumkonsentrasjonene var litt forhøyet på C3 og C4 og i klasse II/III (Cu) og II (Cd) og lav og i klasse I på de andre stasjonene. Oksygenmetningen i juli var god i hele vannsøylen på alle stasjonene med 70 – 92 % i bunnvannet.

Prosjektleder

Ann-Cecilie Henriksen

Kvalitetskontroll

Digitally signed by Hans-Petter Mannvik
Date: 2020.10.06 14:18:59 +02'00'

© 2020 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 5

1 OPPSUMMERINGSTABELL C-UNDERSØKELSE 6

1.1 Oppsummering av C-undersøkelse 6
1.2 Summary of the C survey 7

2 INNLEDNING 8

2.1 Bakgrunn og formål 8
2.2 Drift og fôrforbruk 8
2.3 Tidligere undersøkelser 9

3 MATERIALE OG METODE 10

3.1 Faglig program 10
3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering 10
3.3 Hydrografi og oksygen 11
3.4 Sedimentundersøkelse 11
3.4.1 Feltinnsamlinger 11
3.4.2 Total organisk materiale (TOM) 11
3.4.3 Total nitrogen (TN) 12
3.4.4 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling 12
3.4.5 Metallanalyse - kobber (Cu) og kadmium Cd 12
3.4.6 Redoks- og pH målinger 12
3.5 Undersøkelse av bløtbunnfauna 12
3.5.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn 12
3.5.2 Innsamling og fiksering 13
3.5.3 Kvantitative bunndyrsanalyser 13

4 RESULTATER 14

4.1 Hydrografi og oksygen 14
4.2 Sediment 15
4.2.1 TOM, TOC, TN, kornfordeling og pH/Eh 15
4.2.2 Kobber og kadmium i sediment 15
4.3 Bløtbunnfauna 15
4.3.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering 15
4.3.2 Geometriske klasser 16
4.3.3 Clusteranalyser 16
4.3.4 Artssammensetning 17

5 SAMMENFATTENDE VURDERINGER 19

5.1 Sammendrag 19
5.2 Konklusjoner 19
5.2.1 Miljøutvikling siden forrige C-undersøkelse 19

6 REFERANSER 21

7 VEDLEGG 22

7.1 Bunndyrsstatistikk og artslister 22
7.2 Analysebeviser 32
7.3 Bilder av prøver ved Dyping 35

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type C ved settefiskanlegget Dyping. Oppdragsgiver har vært Cermaq Norway AS. Undersøkelsen inngår i selskapets miljøovervåking av bunnpåvirkningen fra anlegget.

Følgende personer har deltatt:

Ann-Cecilie Henriksen	Akvaplan-niva	Prosjektleder.
Vera Remen	Akvaplan-niva	Feltarbeid.
Lars Birkeland Sjetne	Akvaplan-niva	Rapport.
Kamila Sztybor	Akvaplan-niva	Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger. Eller KS!!
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia).
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia og bløtdyr).
Charlotte Pedersen Ugelstad	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Stine Hermansen	Akvaplan-niva	Sondegrafikk CTDO.
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan-niva vil takke Cermaq Norway AS, ved Ingunn S. Johnsen, for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med ALS Laboratory Group (Tsjekkia) 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.

Ikke-akkrediterte tjenester: Hydrografimålinger og dybdekartlegginger (Olex).

Tromsø, 06.10.2020

Ann-Cecilie Henriksen

Ann-Cecilie Henriksen

Prosjektleder

1 Oppsummeringstabell C-undersøkelse

1.1 Oppsummering av C-undersøkelse

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse Dyping, 2020.		
Rapport nr.	2020 62343.02	Lokalitet:	Dyping
Lokalitet nr.	13191	Kartkoordinater (anlegg):	67°55.099' N 15°21.196' Ø
Nordland:	Nordland	Kommune:	Steigen
MTB-tillatelse:	3,5 mill. fisk	Driftsleder/kontakt:	Ingunn S. Johnsen
Oppdragsgiver:	Cermaq Norway AS		

Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato (17.07.2020)			
Fiskegruppe:	Laks	Biomasse ved undersøkelse:	84,3 tonn
Utfôret mengde:	151 tonn	Produsert mengde:	-
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	x
Brakklegging:		Ny lokalitet:	

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2018)		**Økologisk tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018)**	
Fauna C1 (innerst)	0,913	Fauna C1 (innerst)	Klasse I
Fauna C2 (ytterst)	0,904	Fauna C2 (ytterst)	Klasse I
Fauna C3	0,458	Fauna C3	Klasse III
Fauna C4	0,444	Fauna C4	Klasse III
Dato feltarbeid:	17.07.2020	**Dato rapport:**	06.10.2020
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			TOC i klasse V (C4), IV (C3) og I (C1, C2) Kobber i klasse II/III (C3,C4) og I (C1, C2) Kadmium i klasse II (C3, C4) og I (C1, C2) pH/Eh poeng 0 (alle st.) O_2-forholdene var gode i hele vannsøylen.
Ansvarlig feltarbeid:	Vera Remen	Signatur:	Vera Remen

1.2 Summary of the C survey

Client information			
Title :	C-survey Dyping, 2020.		
Report nr.	2020 62343.02	Site:	Dyping
Site nr.	13191	Coordinates (site):	67°55.099' N 15°21.196' Ø
County:	Nordland	Municipality:	Steigen
MTB-licence:	3,5 mill. fish	Operations manager:	Ingunn S. Johnsen
Client:	Cermaq Norway AS		

Biomass/production status at date of investigation 17.07.2020			
Fish group:	Salmon	Biomass on examination:	84,3 tonn
Feed input		Produced quantity	-
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maximum biomass		Follow up study:	X
Fallow:		New location:	

Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2018)		**Ecological state classification (Veileder 02:2018)**	
Fauna C1 (inner)	0,913	Fauna C1 (inner)	Class I
Fauna C2 (outer)	0,904	Fauna C2 (outer)	Class I
Fauna C3	0,458	Fauna C3	Class III
Fauna C4	0,444	Fauna C4	Class III
Date fieldwork:	17.07.2020	**Date of report:**	06.10.2020
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)			TOC class V (C4), IV (C3) and I (C1, C2) Copper class II/III (C3, C4) and I (C1, C2) Cadmium class II (C3, C4) and I (C1, C2) pH/Eh level 0 (all st.) O_2-conditions were good throughout the water column.
Responsible for fieldwork:	Vera Remen	Signature:	Vera Remen

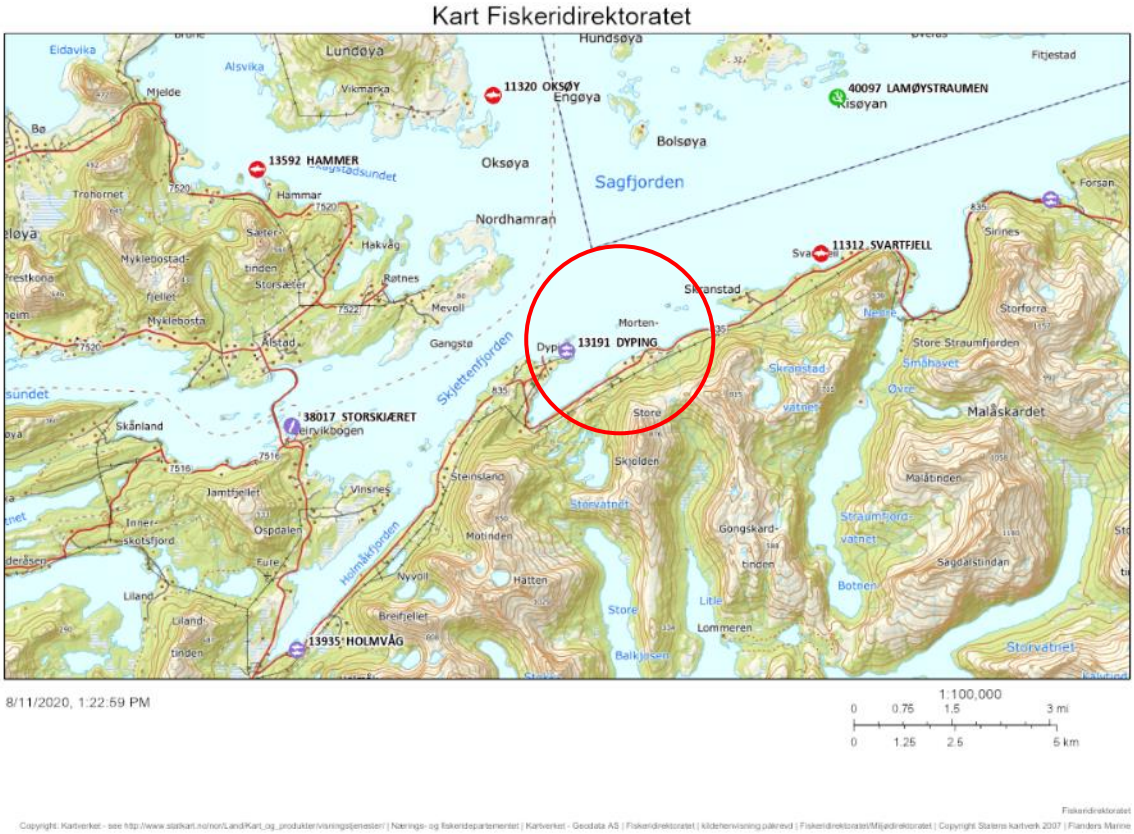
2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Foreliggende undersøkelse er gjennomført etter krav gitt i utslippstillatelsen for settefiskanlegget Dyping, som innebærer at det skal gjennomføres en C-undersøkelse i resipienten rundt utslippspunktet minst hvert fjerde år.

C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget/utslippspunktet og utover i overgangssonen. Hoveddelen er en undersøkelse av bunnfaunaen på bløtbunn, som gjennomføres i henhold til ISO 5667-19:2004 og ISO 16665:2014. De obligatoriske parametere som skal undersøkes er gitt i en oversikt i NS 9410:2016.

Et oversiktskart med Dyping er vist i Figur 1.



Figur 1. Oversiktskart over Sagfjorden med plassering av Dyping.

2.2 Drift og fôrforbruk

Lokaliteten har tillatelse for produksjon på 3,5 mill smolt. Årlig tillatelse til fôrforbruk er 450 tonn. På undersøkelsestidspunktet sto det ca. 84 tonn i anlegget. Fiskens snittstørrelse var ca. 37 gram. Fôrbruk for inneværende generasjon på undersøkelsestidspunktet var 151 tonn. Forutgående produksjon (2019) var forbruket ca. 346 tonn fôr. Lokaliteten er et gjennomstrømmingsanlegg med en maks innstrømming av ferskvann på 8 m^3/min. Utslipp av produksjonsvann var i 2018 13,84 m^3/min og i 2019 = 12,57 m3/min (pers. medd. Lorentsen).

Produksjon ved Dyping er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Produksjon ved Dyping.

Utsett tidspunkt	Produsert i tonn	Fôrforbruk i tonn
Inneværende generasjon (2020)	Tillatelse 3,5 mill	P.d 151
Forutgående generasjon 1 (2019)	Tillatelse 3,5 mill	346
Forutgående generasjon 2 (2018)	Tillatelse 2,5 mill	315
Forutgående generasjon 3 (2017)	Tillatelse 2,5 mill	241

2.3 Tidligere undersøkelser

I desember 2010 ble det gjennomført en resipientundersøkelse i Dypingspollen (Stokland, 2011). Akvapan-niva gjorde i 2016 en ny undersøkelse med tilsvarende stasjonsnett (Velvin & Eriksen, 2016). Foreliggende undersøkelse benytter to av de tidligere stasjonene, men har i tillegg to stasjoner med nye plasseringer. Disse er nærmere beskrevet i kap. 3.2.

En oversikt over tidligere gjennomførte undersøkelser på Dyping er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Tidligere gjennomførte undersøkelser ved Dyping.

Dato prøvetaking	Rapportnummer (forfatter, år)	Produksjon inneværende generasjon (tonn)	Type undersøkelse og evt. tilstand
07.2016	APN-8382.01 (Velvin & Eriksen, 2016)	-	Se rapport
12.2010	Marine Bunndyr A/S-No.R-20-11. (Stokland, 2011)	-	Se rapport

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 NS 9410:2016. Etter ønske fra fylkesmannen i Nordland ble det gjort hydrografimålinger ved samtlige stasjoner for å kartlegge oksygennivået i størst mulig del av resipienten. En oversikt over det faglige programmet er gitt i Tabell 3.

Akvaplan-niva er akkreditert for feltinnsamlinger, opparbeiding og faglige vurderinger i henhold til gjeldende standarder og veiledere. For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 5667-19:2004: *Guidance on sampling of marine sediments.*
- ISO 16665:2014. *Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna.*
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Interne prosedyrer. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva.*
- Veileder 02:2018. *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.

Tabell 3. Faglig program på stasjonene ved Dyping, 2020. TOM = totalt organisk materiale, TOC = total organisk karbon, TN = total nitrogen, Cu = kobber, Cd = kadmium, Korn = kornfordeling. pH/Eh = Surhetsgrad og redokspotensial.

Stasjon	Type analyse/parametere
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd. Hydrografi/O_2. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd Hydrografi/O_2. pH/Eh.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd Hydrografi/O_2. pH/Eh.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd Hydrografi/O_2. pH/Eh.

Grabbprøver ved stasjon C1 og C2 viste sediment i varierende størrelse fra silt til grus. Ved stasjon C3 og C4 besto sedimentet i hovedsak av leire (jfr Tabell 5 og bildedokumentasjon av prøver i Vedlegg 3). Det ble ikke registrert noen avvikende særpreg

Feltarbeidet ble gjennomført 17.07.2020.

3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering

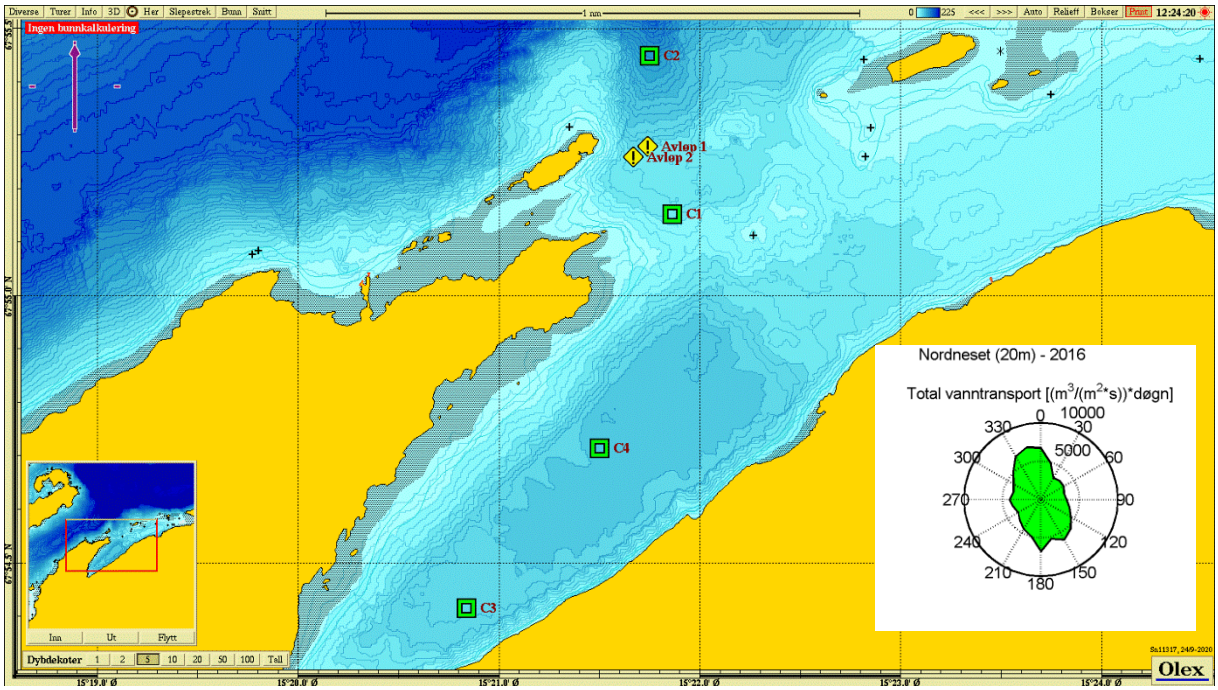
Dyping ligger tilknyttet Dypingpollen, i Steigen kommune i Nordland. Lokaliteten ligger i Sagfjorden i overgang mot Skjettenfjorden. Utslippspunktene er plassert på utsiden av terskelen som danner Dypingpollen.

Stasjonsplasseringen i foreliggende undersøkelse er bestemt i samråd med Fylkesmannen i Nordland (pers. medd. Fahle). To stasjoner (C4 og C3) har samme posisjon som i tidligere undersøkelser i resipienten (Stokland 2011; Velvin & Eriksen, 2016), i tillegg til to nye (C1 og C2) som ble bestemt ut fra strømmålinger som har blitt gjort i ettertid (Eriksen, 2016).

En oversikt over stasjonsdyp og GPS-koordinater er gitt i Tabell 4. Stasjonsplasseringene er vist i Figur 2.

Tabell 4. Stasjonsdyp, avstand til merd og koordinater, Dyping, 2020.

Stasjon	Dyp, m	Posisjon	
		N	Ø
C1	28	67-55,152	15-21,865
C2	106	67-55,448	15-21,751
C3	57	67-54,416	15-20,838
C4	63	67-54,715	15-21,504



Figur 2. Stasjonskart, Dyping, 2020.

3.3 Hydrografi og oksygen

På alle stasjonene ble det gjennomført hydrografiske registreringer for vertikalprofiler med hensyn til saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygenmetning fra overflate til bunn. Disse ble gjennomført ved hjelp av en Sensordata CTDO 204 sonde.

3.4 Sedimentundersøkelse

3.4.1 Feltinnsamlinger

Prøvene ble hentet med en 0,1 m^2 bunngrabb (van Veen). Prøvematerialet ble tatt ut gjennom inspeksjonsluker etter at sedimentoverflaten var godkjent. Prøver for TOC, TN, Cd og Cu ble tatt av fra øverste 1 cm av sedimentet, og for TOM og kornfordelingsanalyser fra de øverste 5 cm ved hjelp av rør. Prøvematerialet ble frosset for videre bearbeidelse i laboratorium. Ved to stasjoner (C3 og C4) lyktes det ikke å innhente prøver med uforstyrret overflate, på grunn av sedimentets konsistens og høy fyllingsgrad i grabben.

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

3.4.3 Total nitrogen (TN)

Etter tørking av prøvene ved 40 °C ble innhold av total nitrogen (TN) kvantifisert ved elektrokjemisk bestemmelse. Den interne metoden er basert på NS-EN 12260:2003 (Vann-undersøkelse – Bestemmelse av bundet nitrogen (TNb) etter oksidasjon til nitrogenoksider).

3.4.4 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 av prøvene ved 40 °C ble innhold av total organisk karbon (TOC) bestemt ved NDIR-deteksjon i henhold til DIN19539:2016 (Investigation of solids – Temperature-dependent differentiation of total carbon (TOC_{400}, ROC, TIC_{900})). 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 02:2018.

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

3.4.5 Metallanalyse - kobber (Cu) og kadmium Cd

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

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Cu og Cd ble gjennomført i henhold til Veileder 02:2018.

Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) og kadmium (Cd) i marine sedimenter.

Cu mg/kg	< 20 Klasse I	20 - 84 Klasse II	20 - 84 Klasse III	84 - 147 Klasse IV	> 147 Klasse V
Cd mg/kg	< 0,2 Klasse I	0,2 – 2,5 Klasse II	2,5 - 16 Klasse III	16 - 157 Klasse IV	> 157 Klasse V

3.4.6 Redoks- og pH målinger

På alle stasjonene ble det 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).

3.5 Undersøkelse av bløtbunnfauna

3.5.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale fra oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnlevende organismene. Negative effekter i bunndyrsamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyranalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnede 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 i nærheten av utslippspunkt kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

3.5.2 Innsamling og fiksering

Alle bunndyrprøvene ble tatt med en 0,1 m^2 van Veen grabb. Ved to stasjoner (C3 og C4) lyktes det ikke å innhente prøver med uforstyrret overflate, grunnet sedimentets konsistens og høy fyllingsgrad i grabben. 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.

3.5.3 Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle stasjonene ble det innsamlet to prøver (replikater) 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 å klassifisere miljøtilstanden er Direktoratgruppens veileder 02:2018 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
- 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-ti)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

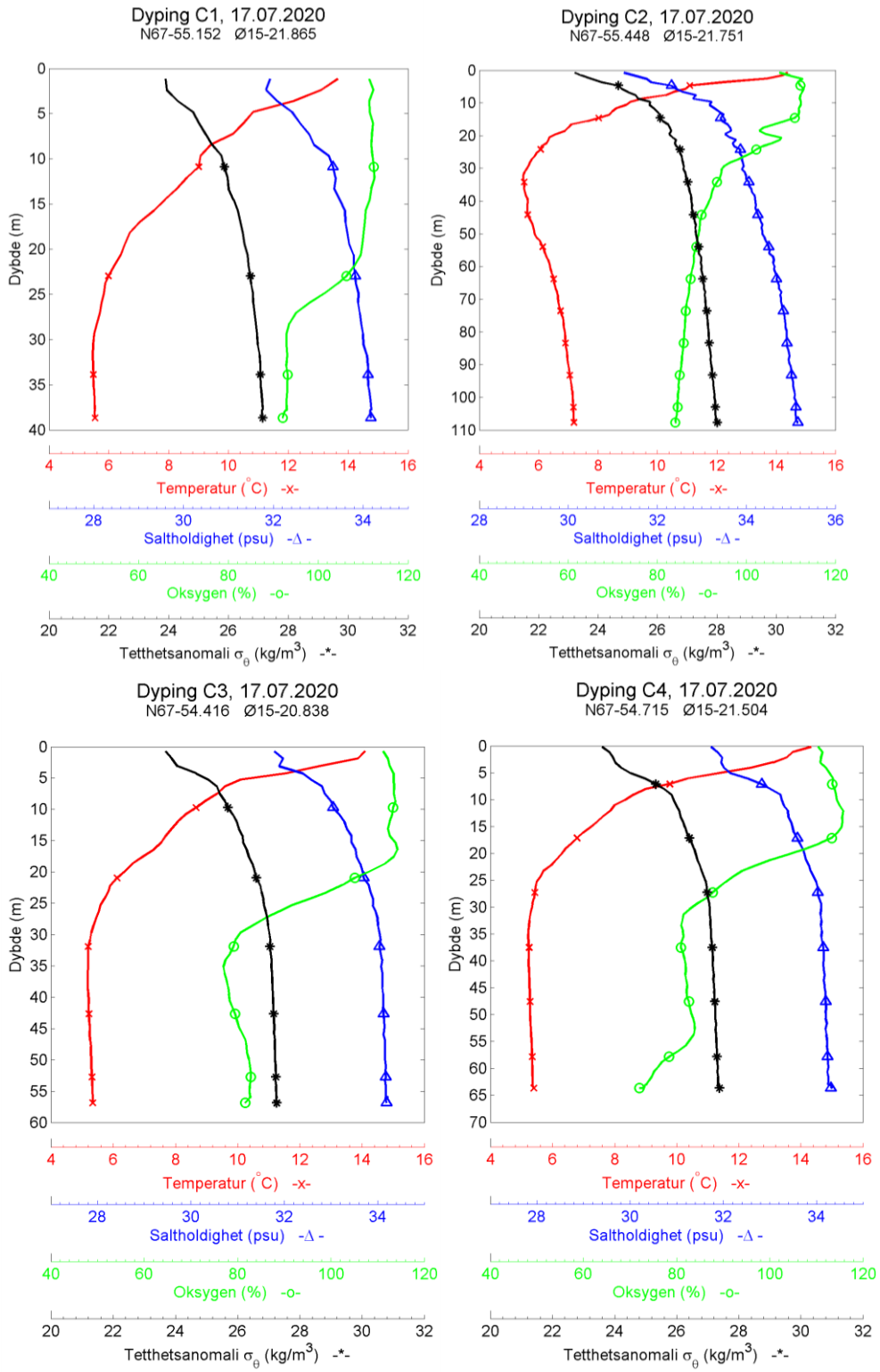
Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (fra Veileder 02:2018 vanntype G3).

Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
NQI1	0,9 - 0,72	0,72 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H´	5,5 – 3,7	3,7 – 2,9	2,9 – 1,8	1,8 - 0,9	0,9 - 0
ES_{100}	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
ISI_{2012}	13,4 – 8,7	8,7 - 7,8	7,8 - 6,4	6,4 - 4,7	4,7 - 0
NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
nEQR	1,0 – 0,8	0,8 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,2	0,2 – 0,0

4 Resultater

4.1 Hydrografi og oksygen

Vertikalprofilene for temperatur, salinitet, tetthet og oksygenmetning ved Dyping i juli 2020 er vist i Figur 3. Temperaturen i overflaten på alle stasjonene var 14 °C og sank til omtrent 5,5 °C på C2, C3 og C4 og til 7 °C på C2. Oksygenmetningen sank fra 110 % i overflatelaget til 70 % på C4, 82 % på C3, 84% på C2 og 92 % på C1.



Figur 3. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjonene ved Dyping, 2020.

4.2 Sediment

4.2.1 TOM, TOC, TN, 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 5.

TOM-nivåene var lave med verdier på 1,0 og 2,1 % på C1 og C2 og noe høyere med 9,2 og 11,0 % på C3 og C4. TN-nivåene var lave (0,4 – 4,2 mg/g) på alle stasjonene og det samme var C/N-forholdene på C1, C2 og C3. C/N forholdet på C4 var høyt. TOC var tydelig forhøyet på stasjon C4 og i tilstandsklasse V "Svært dårlig" og på stasjon C3 med tilstandsklasse IV "Dårlig" og lav på C1 og C2 med klasse I "Svært god". Sedimentene var grov - til finkornet med pelittandel mellom 5,9 og 86,1 %.

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

Tabell 5. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC (mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Dyping, 2020.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Fast, blandet sediment av sand, grus og skjellsand. Lys brun farge.	1,0	2,2	19,1	I	0,4	5,4	5,9	7,4/ 359
C2	Myk, sandig silt og noen større steiner i nedre lag. Olivengrønn farge, noen sorte felt og mer kompakt under overflatelag.	2,1	5,4	15,4	I	1,1	4,8	44,7	7,7/ 347
C3	Myk leire. Olivengrønn og porøs, homogen prøve. Overflate forstyrret på grunn av full grabb.	9,2	37	39,9	IV	4,2	8,7	83,5	7,5/ 357
C4	Myk leire. Mørkebrun overflate, grønn svart farge i nedre lag. Overflate forstyrret på grunn av full grabb.	11	52	54,6	V	3,1	16,9	86,1	7,4/ 395

∗ Tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018) 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).*

4.2.2 Kobber og kadmium i sediment

Kobber- og kadmiumnivåene på alle stasjonene er presentert i Tabell 6. Nivåene var lave og i klasse I for begge metallene på C1 og C2 og lett forhøyet og i klasse II/III (Cu) og II (Cd) på C3 og C4.

Tabell 6. Metallanalyse for kobber (Cu) og kadmium (Cd), i mg/kg TS. Dyping, 2020. Tilstandsklassifisering iht. Veileder 02:2018.

St.	Cu	Tilst.klassif. Cu	Cd	Tilst.klassif. Cd
C1	1,3	I	<0.10	I
C2	3,64	I	<0.10	I
C3	21,8	II / III	0,41	II
C4	24,2	II / III	0,7	II

4.3 Bløtbunnfauna

4.3.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene er presentert i Tabell 7. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individ varierte fra 86 (C4) til 518 (C2) og antall arter fra 12 (C4) til 92 (C2). På C1 og C2 viste alle faunaindeksene, inklusiv nEQR, tilstandsklasse I "Svært god". På de to andre stasjonene viste de fleste indeksene, inklusiv nEQR, klasse III "Moderat".

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en "skjev" individfordeling mellom artene, og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Fordelingen var ujevn på C3 og jevnere på de andre stasjonene.

Tabell 7. Antall arter og individer pr. 0,2 m^2, H´ = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES_{100} = Hurlberts diversitetsindeks. NQI1 = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI_{2012} = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQI1). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). Dyping, 2020. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2018 vanntype G3.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H´	ES_{100}	NQI1	ISI_{2012}	NSI	nEQR	AMBI	J
C1	406	78	5,02	40,88	0,829	10,40	26,71	0,913	1,47	0,87
C2	518	92	4,98	37,98	0,839	9,77	26,77	0,904	1,38	0,84
C3	180	14	1,59	9,36	0,557	6,44	20,57	0,458	2,88	0,49
C4	86	12	2,32	8,00	0,537	6,04	18,72	0,444	3,17	0,77

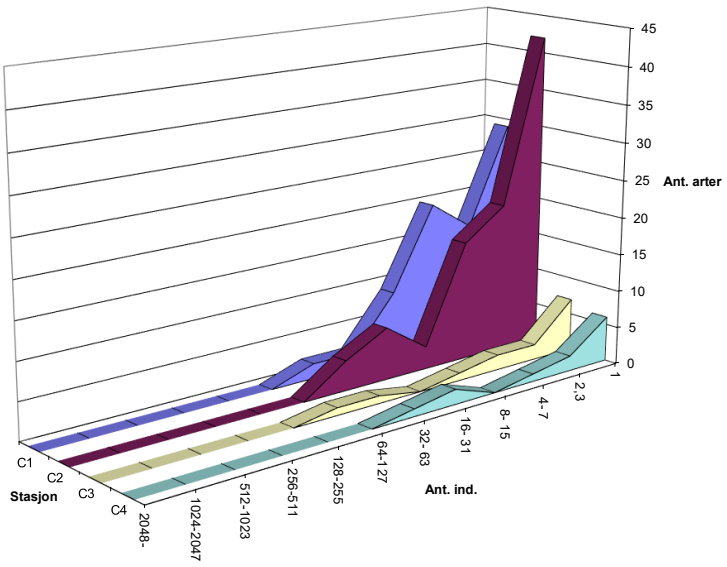
I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig

4.3.2 Geometriske klasser

Figur 4 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.

Kurvene for stasjoner C3 og C4 startet lavest og strakk seg forholdsvis langt ut mot høyere klasser. Dette kan indikere faunaforstyrrelse på stasjonene. For C1 og C2 startet kurvene høyere og strakk noe ut mot høyere klasser. Disse ga ingen klare indikasjoner på faunatilstanden.



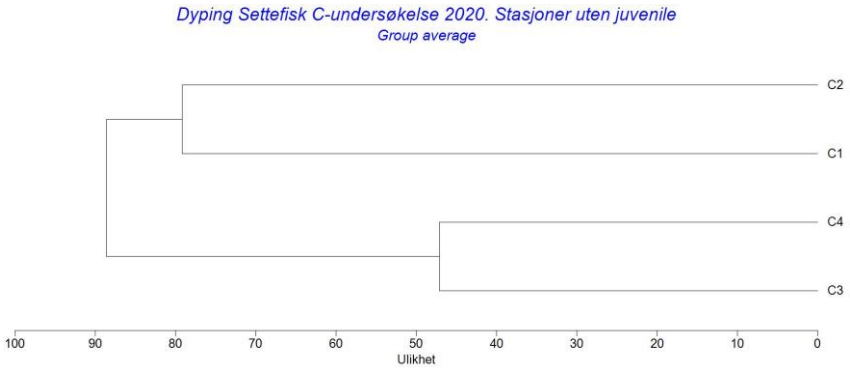
Figur 4. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrsstasjonene ved Dyping, 2020 (pr. 0,2 m^2).

4.3.3 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 5. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene

uttrykt langs den horisontale aksen. To stasjoner med identisk arts- og individfordeling vil få 0 (0 %) ulikhet, mens to stasjoner uten like arter, vil få 100 (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.

Faunasammensetningen på C3 og C4 var 52 % lik og kun 11 % lik C1 og C2 som var 21 % lik hverandre.



Figur 5. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Dyping, 2020.

4.3.4 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en ”topp ti” artsliste fra hver stasjon i Tabell 8. 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 sensitive leddsneglen *Leptochiton asellus* med 12 % av individene. De andre mest dominante på stasjonen var en blanding av andre sensitive og opportunistiske sammen med en nøytral art.

På C2 var den tolerante børstemarken *Paramphinome jeffreysii* mest dominant med 10 % av individantallet. For øvrig var det tilstedeværelse av sensitive, nøytrale og tolerante arter.

På C3 og C4 dominerte den tolerante børstemarken *Galathowenia oculata* med 60 og 43 % av individene. De andre mest dominante artene på stasjonene var hovedsakelig tolerante og opportunistiske arter.

Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene.

Tabell 8. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Dyping, 2020.*

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
Leptochiton asellus	57	12 %	I	Paramphinome jeffreysii	51	10 %	III
Chaetopterus variopedatus	45	22 %	I	Mendicula ferruginosa	45	18 %	Ik
Actiniaria indet. juv.	41	31 %	I	Notomastus latericeus	37	25 %	I
Nereimyra punctata	18	35 %	IV	Eclysippe vanelli	33	31 %	I
Polycirrus norvegicus	18	39 %	IV	Amythasides macroglossus	31	37 %	I
Chaetozone setosa	15	42 %	IV	Caudofoveata indet.	27	42 %	II
Eupolymnia nesidensis	10	45 %	I	Amphiura chiajei	23	47 %	II
Hydroides norvegica	10	47 %	I	Thyasira obsoleta	22	51 %	I
Malmgrenia mcintoshi	9	49 %	Ik	Amphiura filiformis	18	54 %	III
Ophiuroidea indet. juv.	9	51 %	II	Eriopisa elongata	16	57 %	II
C3	**Ant.**	**Kum.**	**EG**	**C4**	**Ant.**	**Kum.**	**EG**
Galathowenia oculata	110	60 %	III	Galathowenia oculata	37	43 %	III
Paramphinome jeffreysii	39	82 %	III	Heteromastus filiformis	17	63 %	IV
Thyasira sarsii	9	87 %	IV	Thyasira sarsii	17	83 %	IV
Nemertea indet.	6	90 %	III	Nephtys ciliata	4	87 %	III
Nephtys ciliata	5	93 %	III	Euchone papillosa	3	91 %	III
Diastylis sp.	2	94 %	I	Chaetozone setosa	2	93 %	IV
Terebellides sp.	2	95 %	Ik	Diastylis sp.	1	94 %	I
Arrhis phyllonyx	1	96 %	II	Goniada maculata	1	95 %	II
Chaetozone setosa	1	96 %	IV	Mediomastus fragilis	1	97 %	IV
Cossura pygodactylata	1	97 %	Ik	Paramphinome jeffreysii	1	98 %	III

*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 Sammenfattende vurderinger

5.1 Sammendrag

Resultatene fra miljøundersøkelsen (type C) ved settefiskanlegget Dyping, 2020, kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkritiske forhold i vannsøylen på ingen av stasjonene. Oksygenmetningen i bunnvannet var over 70 % på alle stasjonene i juli 2020.
- Klassifisering av økologisk tilstand, basert på faunaindeksene i veileder 02:2018, viste klasse III "Moderat" for bløtbunnsamfunnet på C3 og C4 og klasse I "Svært god" for de øvrige undersøkte bløtbunnsamfunnene. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene.
- TOC-nivået var tydelig forhøyet i sediment fra C4 (tilstandsklasse V) og C3 (tilstandsklasse IV) og lav på C1 og C2 (klasse I). TOM-nivåene var lave på C1 og C2 og noe forhøyet med på C3 og C4. TN-nivåene var lave på alle stasjonene og det samme var C/N-forholdene på C1 og C2. C/N forholdene på C3 og C4 var høye. Kobber- og kadmiumnivåene var lave og i klasse I for begge metallene på C1 og C2 og lett forhøyet og i klasse II / III på C3 og C4. Sedimentene var grov- og moderat grovkornet til finkornet med pelittandel mellom 5,9 og 86,1 %. Redoksmålingene i sedimentet ga poeng 0 på alle stasjonene.
- TOM-nivåene var lave med verdier på 1,0 og 2,1 % på C1 og C2 og noe høyere med 9,2 og 11,0 % på C3 og C4. TN-nivåene var lave (0,4 – 4,2 mg/g) på alle stasjonene og det samme var C/N-forholdene på C1, C2 og C3. C/N-forholdet på C4 var høyt. Sedimentene var grov- til finkornet med pelittandel mellom 5,9 og 86,1 %.

5.2 Konklusjoner

Resultatene fra miljøundersøkelsen ved settefiskanlegget Dyping i 2020 viste at faunaen var påvirket og i tilstandsklasse III "Moderat" på C3 og C4 og ikke påvirket med klasse I "Svært god" på de andre stasjonene. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene. Blant støtteparameterne var sedimentene belastet med organisk karbon i klasse V "Svært dårlig" på stasjon C4 og klasse IV "Dårlig" på C3 og ikke belastet med klasse I "Svært god" på de to andre stasjonene. Kobber- og kadmiumkonsentrasjonene var litt forhøyet på C3 og C4 og i klasse II/III (Cu) og II (Cd) og lav og i klasse I på de andre stasjonene. Oksygenmetningen i juli var god i hele vannsøylen på alle stasjonene med 70 – 92 % i bunnvannet.

5.2.1 Miljøutvikling siden forrige C-undersøkelse

Det ble utført en C-undersøkelse på lokaliteten i 2016 (Velvin & Eriksen). Konklusjonen i undersøkelsen var: " *Resultatene fra overvåkingen i Dypingspollen viste at sedimentene på de to dypeste stasjonene (under terskeldypet) var belastet med TOC (klasse IV og V). Bløtbunnsamfunnene på begge dypstasjonene var moderat påvirket (klasse III). Det samme var D1, som lå på én meters dyp. De grunne forholdene og mulig ferskvannspåvirkning kan gi en viss grad av faunaforstyrrelse, som her vist ved dominans av fåbørstemark i prøvene. Faunasammensetningen var relativ jevn på alle stasjonene. C/N forholdene i sedimentene var lave og indikerte at det organiske innholdet på stasjonene hadde naturlig marin opprinnelse. Kobberkonsentrasjonene var på bakgrunnsnivå. Oksygenmetningen var god gjennom størstedelen av vannsøylen i terskelbassenget. Like over bunnen ble det registrert en oksygenreduksjon til om lag 60 % metning. Dette tilsvarer tilstandsklasse II, forutsatt at dette er oksygenminimum for året. Det kan imidlertid forventes en ytterligere oksygenreduksjon i bunnvannet*

utover sensommer og høst. Dypingspollen er sannsynligvis naturlig sårbar for økt organisk belastning, og bør derfor følges opp med regelmessige miljøovervåkinger. "

Stasjonsposisjonene for C1 og C2 er helt forskjellig i de to undersøkelsene, slik at en sammenligning av resultatene kun er gjort for stasjon C3 og C4, som har samme posisjon. Det er fremdeles dokumentert høy organisk belastning i sedimentet på de to stasjonene (klasse IV og V) og faunaen er fortsatt i tilstandsklasse III "Moderat". Grenseverdiene av kobber er endret siden 2016, men nivåene i sedimentet på de to stasjonene er forholdsvis like, selv om de nå er i klasse II/III mot klasse I i 2016. For stasjon C1 og C2, som nå er plassert ved utslippspunktene, er hverken sedimentet belastet med organisk karbon eller fauna påvirket.

6 Referanser

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson. J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B & 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, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.

Eriksen, S. D., 2016. Cermaq Norway AS Strømmålinger Nordneset. 7 meter, 20 meter og 35 meter. APN-8322.03

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 miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.

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

Stokland, Ø., 2011. Resipientundersøkelse i Dypingspollen, Steigen kommune i Nordland 2010. Rapport fra Marine Bunndyr A/S-No.R-20-11.

Velvin, R & Eriksen, S. D., 2016. Cermaq Norway AS. C-undersøkelse i Dypingspollen, Steigen kommune, juli 2016. APN-8322.01.

Pers. medd. Torgeir Fahle, Seniorrådgiver, Fylkesmannen i Nordland.

Pers. medd. Rita Lorentsen, driftsleder Dyping, Cermaq Norway AS.

7 Vedlegg

7.1 Bunndyrsstatistikk 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, … 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):

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n} \left| X_{ki} - X_{kj} \right|}{\sum_{k=1}^{n} (X_{ki} + X_{kj})}$$

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 trediagram (dendrogram).

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

Ømfintligheten bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-1: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante arter, EG-IV: opportunistiske arter, EG-V: forurensningsindikerende arter. Sammensetningen av makroevertebratsamfunnet 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 (Norwegian quality status, version 1) = [0.5* (1-AMBI/7) + 0.5*(SN/2.7)* (N/(N+5)]

Diversitetsindeksen SN = lnS/ln(lnN), 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-consept 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 Dyping, 2020:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4
no. ind.	1190	406	518	180	86
no. spe.	155	78	92	14	12

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02
no. ind.	1190	269	137	177	341	106	74	23	63
no. spe.	155	72	41	49	76	10	9	8	8
Shannon-Wiener:		5,38	4,65	4,79	5,16	1,88	1,31	2,46	2,19
Pielou		0,87	0,87	0,85	0,83	0,56	0,41	0,82	0,73
ES100		45,62	36,14	36,35	39,61	9,71	9,00	8,00	8,00
SN		2,48	2,33	2,37	2,46	1,50	1,51	1,82	1,46
ISI-2012		10,57	10,23	9,60	9,93	7,28	5,60	6,11	5,98
AMBI		1,442	1,489	1,353	1,407	2,958	2,795	3,205	3,143
NQI1		0,85	0,81	0,83	0,85	0,55	0,56	0,55	0,53
NSI		27,42	26,00	27,40	26,15	20,49	20,65	18,37	19,08
DI		0,380	0,087	0,198	0,483	0,025	0,181	0,688	0,251

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4
Shannon-Wiener:	5,02	4,98	1,59	2,32
Pielou	0,87	0,84	0,49	0,77
ES100	40,88	37,98	9,36	8,00
SN	2,41	2,41	1,50	1,64
ISI-2012	10,40	9,77	6,44	6,04
AMBI	1,466	1,380	2,877	3,174
NQI1	0,83	0,84	0,56	0,54
NSI	26,71	26,77	20,57	18,72
Tilstandsklasse nEQR *)	0,913	0,904	0,458	0,444

Geometriske klasser

int.	cla.	C1	C2	C3	C4
1	1	29	42	7	6
2,3	2	16	20	2	2
4- 7	3	20	16	2	1
8- 15	4	9	3	1	0
16- 31	5	2	7	0	2
32- 63	6	2	4	1	1
64-127	7	0	0	1	0
128-255	8	0	0	0	0
256-511	9	0	0	0	0
512-1023	10	0	0	0	0
1024-2047	11	0	0	0	0
2048-	12	0	0	0	0

Artsliste

Dyping settefisk C-undersøkelse

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1					
CNIDARIA					
	Anthozoa				
		Actiniaria indet. juv.	27	14	41
		Cerianthus lloydii	1	6	7
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	4	3	7
SIPUNCULIDA					
		Golfingiidae indet.		1	1
		Phascolion strombus	4		4
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Ampharete sp.	2	1	3
		Amphicteis gunneri	2		2
		Amphictene auricoma	1	1	2
		Aonides paucibranchiata	1		1
		Aphelochaeta sp.	1		1
		Aricidea catherinae	5		5
		Aricidea sp.	3		3
		Chaetopterus variopedatus	20	25	45
		Chaetozone setosa	8	7	15
		Cirratulus cirratus	1		1
		Eunice pennata	2		2
		Eunoe oerstedi	1		1
		Eupolymnia nesidensis	7	3	10
		Exogone verugera	1	1	2
		Glycera lapidum	3	2	5
		Goniada maculata	7		7
		Hydroides norvegica	8	2	10
		Jasmineira caudata	4	4	8
		Maldanidae indet.	1		1
		Malmgrenia mcintoshi	7	2	9
		Mediomastus fragilis	3	1	4
		Nephtys caeca	1		1
		Nephtys hombergii	1		1
		Nephtys pente	2		2
		Nereimyra punctata	13	5	18
		Nereis zonata	5	3	8
		Nicomache trispinata	4		4
		Nothria conchylega	5	3	8
		Notomastus latericeus	1		1
		Owenia sp.	7		7
		Parexogone longicirris	1		1
		Petta pusilla	1		1
		Pholoe assimilis	1		1
		Pholoe baltica	4	3	7
		Polycirrus norvegicus	8	10	18
		Polycirrus sp.	4	4	8
		Polynoidae indet.	1	2	3
		Prionospio cirrifera	2	1	3
		Pseudopolydora paucibranchiata	1		1

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
		Scalibregma inflatum	2	1	3
		Scoloplos armiger	1		1
		Sosane wireni	1		1
		Spio armata	5	3	8
		Spiophanes kroyeri	1		1
		Streblosoma bairdi	1		1
		Syllis cornuta	3	3	6
		Tharyx killariensis	2		2
CRUSTACEA					
	Ostracoda				
		Ostracoda indet.		2	2
	Malacostraca				
		Cheirocratus sp.	1	1	2
		Gammaridea indet.		1	1
		Janira maculosa	5	1	6
		Paguridae indet.	1		1
		Westwoodilla caecula	1		1
MOLLUSCA					
	Polyplacophora				
		Leptochiton asellus	42	15	57
		Stenosemus albus	4	3	7
	Prosobranchia				
		Clelandella miliaris	4	2	6
		Euspira montagui	5	2	7
		Gibbula tumida	5	1	6
		Lepeta caeca		1	1
		Puncturella noachina	1		1
	Opistobranchia				
		Laona quadrata	1		1
		Pyrgiscus rufescens	4		4
	Bivalvia				
		Astarte montagui	4		4
		Astarte sp. juv.	1		1
		Limaria sp.	1		1
		Parvicardium pinnulatum	1		1
		Similipecten similis	1		1
		Thyasira flexuosa	1	2	3
		Thyasira gouldi		1	1
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Amphipholis squamata	3	4	7
		Ophiopholis aculeata	1		1
		Ophiura robusta		2	2
		Ophiuroidea indet. juv.	5	4	9
	Echinoidea				
		Echinocyamus pusillus	2	1	3
	Holothuroidea				
		Labidoplax buskii	5	1	6
		Psolus phantapus	1		1
		Maks:	42	25	57
		Antall:	75	43	81
		Sum:			457

Stasjonsnr.: C2

CNIDARIA					
	Anthozoa				
		Edwardsia sp.		1	1

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
		Edwardsiidae indet.	1		1
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	4	5	9
SIPUNCULIDA					
		Golfingiidae indet.		1	1
		Onchnesoma steenstrupii		1	1
		Phascolion strombus		1	1
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Ampharetidae indet.	2	2	4
		Amphictene auricoma	1	3	4
		Amythasides macroglossus	24	7	31
		Aphelochaeta sp.	1		1
		Aricidea sp.	2		2
		Chaetozone setosa	1	3	4
		Chirimia biceps	1	3	4
		Chone sp.	9		9
		Diplocirrus glaucus	1	1	2
		Eclysippe vanelli	8	25	33
		Euchone sp.	5	1	6
		Galathowenia fragilis		4	4
		Galathowenia oculata		1	1
		Glycera lapidum	1		1
		Glyphanostomum pallescens		1	1
		Goniada maculata		1	1
		Harmothoe antilopes		1	1
		Heteromastus filiformis	1	5	6
		Isocirrus planiceps	1	4	5
		Lanassa venusta	1	1	2
		Lumbriclymene cylindricauda		2	2
		Lumbrineris mixochaeta		3	3
		Maldanidae indet.	1		1
		Mediomastus fragilis		1	1
		Nephtys ciliata		1	1
		Nereimyra sp.		1	1
		Notomastus latericeus	15	22	37
		Octobranchus floriceps		1	1
		Oxydromus flexuosus		1	1
		Paradiopatra fiordica	1		1
		Paramphinome jeffreysii	17	34	51
		Pectinaria belgica		2	2
		Pholoe baltica	3	1	4
		Pholoe pallida	3	4	7
		Phyllodoce groenlandica	1		1
		Phylo sp.		1	1
		Poecilochaetus serpens	1	2	3
		Polynoidae indet.		1	1
		Polyphysia crassa		1	1
		Prionospio cirrifera	3		3
		Prionospio dubia		2	2
		Scalibregma hanseni		1	1
		Scoloplos armiger		1	1
		Siboglinidae indet.		1	1

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
		Spio limicola		1	1
		Streblosoma intestinale	8	8	16
		Tharyx killariensis	1	1	2
		Zatsepinia rittichae	1		1
CRUSTACEA					
	Ostracoda				
		Ostracoda indet.	1	1	2
	Malacostraca				
		Ampelisca sp.	1	1	2
		Eriopisa elongata		16	16
		Eudorella sp.		1	1
		Gammaridea indet.	2		2
		Gnathia sp.	3		3
		Harpinia pectinata	2	5	7
		Hemilamprops roseus	1		1
		Tmetonyx sp.		3	3
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	3	24	27
	Solenogastres				
		Solenogastres indet.	1		1
	Prosobranchia				
		Euspira montagui		1	1
		Haliella stenostoma		1	1
	Opistobranchia				
		Cylichna cylindracea		1	1
		Hermania sp.	2		2
		Laona quadrata		1	1
		Volvulella acuminata		1	1
	Bivalvia				
		Abra nitida	1	6	7
		Adontorhina similis	1		1
		Astarte sulcata		2	2
		Axinulus croulinensis	1	8	9
		Cuspidaria rostrata		1	1
		Kurtiella bidentata		1	1
		Limatula gwyni		2	2
		Mendicula ferruginosa	11	34	45
		Mendicula pygmaea		1	1
		Parathyasira equalis	1	4	5
		Parvicardium minimum	2	5	7
		Thyasira obsoleta	6	16	22
		Thyasira sarsii	1	5	6
		Tropidomya abbreviata	2	3	5
		Yoldiella philippiana		2	2
	Scaphopoda				
		Entalina tetragona		1	1
		Pulsellum lofotense		1	1
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Amphiura chiajei	9	14	23
		Amphiura filiformis	7	11	18
		Ophiura carnea		2	2
		Ophiuroidea indet. juv.	4	9	13
TUNICATA					
	Ascidiacea				
		Ascidiacea indet. (solit)		1	1

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
		Maks:	24	34	51
		Antall:	50	77	93
		Sum:			531

Stasjonsnr.: C3

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	4	2	6
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Chaetozone setosa		1	1
		Cossura pygodactylata	1		1
		Galathowenia oculata	51	59	110
		Lumbrineris mixochaeta	1		1
		Nephtys ciliata	2	3	5
		Paramphinome jeffreysii	38	1	39
		Terebellides sp.		2	2
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Arrhis phyllonyx	1		1
		Diastylis sp.		2	2
		Crustacea indet. juv.	1		1
MOLLUSCA					
	Prosobranchia				
		Euspira montagui	1		1
	Bivalvia				
		Parathyasira equalis	1		1
		Thyasira sarsii	6	3	9
		Thyasiridae indet.		1	1
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Ophiuroidea indet. juv.	1		1
		Maks:	51	59	110
		Antall:	12	9	16
		Sum:			182

Stasjonsnr.: C4

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Chaetozone setosa		2	2
		Euchone papillosa		3	3
		Galathowenia oculata	8	29	37
		Goniada maculata		1	1
		Heteromastus filiformis	4	13	17
		Mediomastus fragilis	1		1
		Nephtys ciliata	1	3	4
		Paramphinome jeffreysii	1		1
		Polynoidae indet.	1		1
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Diastylis sp.		1	1
MOLLUSCA					
	Bivalvia				
		Parathyasira equalis	1		1
		Thyasira sarsii	6	11	17

Rekke	Klasse	Art/Taxa		01	02		Sum
			Maks:	8	29		37
			Antall:	8	8		12
			Sum:				86
					TOTAL:	Maks:	110
						Sum:	1256

7.2 Analysebeviser

Akvaplan niva

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

NORSK AKKREDITERING TEST 079

ANALYSERAPPORT
Sedimentprøver

Kunde:	**Cermaq Norway AS**
Kunde referanse:	**Dyping settefisk. B- og C-undersøkelse 2020**
Kontaktperson kunde:	
e-post:	
Kontaktperson Akvaplan-niva:	Ann-Cecilie Henriksen
	Dato: 08.09.2020

Rapport nr.:	**62343**	
Analyseparameter(e):	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	
Kontaktperson:	Oda S. B. Wilhelmsen	
Analyseansvarlig:	Oda Sofie Bye Wilhelmsen	(sign.)
Underskriftsberettiget:	Lisa Torske — Digitally signed by Lisa Torske Date: 2020.09.08 16:21:07 +02'00'	(sign.)

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

MERKNADER:

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

Lab-id.	Kundens id.	Beskaffenhet ved mottak	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
62343/C1	C1	Tint	04.08.2020	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	06.08.20 - 14.08.20
62343/C2	C2	Tint	04.08.2020	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	06.08.20 - 14.08.20
62343/C3	C3	Tint	04.08.2020	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	06.08.20 - 14.08.20
62343/C4	C4	Tint	04.08.2020	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	06.08.20 - 14.08.20

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 16168:2012. MERK: ved TOC-verdier større enn ca 60 mg/g TS kan TN-resultater bli underestimert
Kobber-Cu / Kadmium-Cd (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

Resultater

	TOC	TN	TOM	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*	Cd*	N TOC	C/N
Kundens id.:	mg/g TS	mg/g TS	% TS	vekt%	vekt%	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/g TS	
C1	2,2	0,40	1,0	5,9	94,1	1,30	<0.10	19,1	5,4
C2	5,4	1,1	2,1	44,7	55,3	3,64	<0.10	15,4	4,8
C3	37	4,2	9,2	83,5	16,5	21,8	0,41	39,9	8,7
C4	52	3,1	11	86,1	13,9	24,2	0,70	54,6	16,9

* 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

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

Tilstandsklassifisering for organisk innhold og metaller i marine sedimenter ihht. Veileder 02:2018:

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

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

Cd, mg/kg TS	< 0,2	0,2 - 2,5	2,5 - 16	16 - 157	> 157
	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V

7.3 Bilder av prøver ved Dyping

St 1	
St 2	
St 3	
St 4	