

Ballangen Sjøfarm AS C-undersøkelse 31297 Tortenneset, 2019



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 Ballangen Sjøfarm AS. C-undersøkelse 31297 Tortenneset, 2019.	
Forfatter(e) / Author(s) Hans-Petter Mannvik Thomas Heggem	Akvaplan-niva rapport nr / report no 61358.02
	Dato / Date 03.12.2019
	Antall sider / No. of pages 20 + Vedlegg
	Distribusjon / Distribution Gjennom oppdragsgiver
Oppdragsgiver / Client Ballangen Sjøfarm AS, Hekkelstrand, 8540 Ballangen	Oppdragsg. referanse / Client's reference Ottar Bakke
Sammendrag / Summary Resultatene fra overvåkingen ved oppdrettslokaliteten Tortenneset i 2019 viste at sedimentene ikke var belastet med organisk karbon i klasse I "Svært god" på alle stasjonene. Kobber- og kadmiumkonsentrasjonen var lav og i klasse I på C1. Det ble registrert belastningseffekt på stasjon C1, men ikke i noen av de andre undersøkte bløtbunnsamfunnene. Økologisk tilstandsklassifisering ga klasse III "Moderat" på stasjonen i anleggssonen (C1) og klasse I "Svært god" og II "God" på de andre stasjonene. Forurensningsindikatoren <i>Capitella capitata</i> var mest dominant på C1 og blant topp-10 på C3. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på de tre andre stasjonene. Oksygenmetningen i juli var god i hele vannsøylen med 70 % i bunnvannet. Ettersom den samlede klassifiseringen av stasjonene i overgangssonen (C3, C4 og C7.1) ga tilstand II "God" skal C-undersøkelse utføres ved hver tredje produksjonssyklus iht. kapt. 8.7 i NS 9410.	
Prosjektleder / Project manager  Steinar Dalheim Eriksen	Kvalitetskontroll / Quality control  Roger Velvin

© 2019 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	3
1 OPPSUMMERINGSTABELL C-UNDERSØKELSE	4
1.1 Oppsummering av C-undersøkelse.....	4
1.2 Summary of the C survey	5
2 INNLEDNING	6
2.1 Bakgrunn og formål.....	6
2.2 Drift og fôrforbruk.....	6
2.3 Tidligere undersøkelser	7
3 MATERIALE OG METODE.....	8
3.1 Faglig program	8
3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering	8
3.3 Hydrografi og oksygen	10
3.4 Sedimentundersøkelse	10
3.4.1 Feltinnsamlinger	10
3.4.2 Total organisk materiale (TOM).....	10
3.4.3 Total nitrogen (TN)	10
3.4.4 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	10
3.4.5 Metallanalyse - kobber (Cu) og kadmium (Cd).....	10
3.4.6 Redoks- og pH målinger.....	11
3.5 Undersøkelse av bløtbunnfauna.....	11
3.5.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	11
3.5.2 Innsamling og fiksering	11
3.5.3 Kvantitative bunndyrsanalyser	11
4 RESULTATER.....	13
4.1 Hydrografi og oksygen	13
4.2 Sediment	13
4.2.1 TOM, TOC, TN, kornfordeling og pH/Eh	13
4.2.2 Kobber og kadmium	14
4.3 Bløtbunnfauna	14
4.3.1 Faunaindeksler og økologisk tilstandsklassifisering	14
4.3.2 NS 9410 vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen.	15
4.3.3 Geometriske klasser.....	15
4.3.4 Clusteranalyser	16
4.3.5 Artssammensetning	16
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
Vedlegg 1 Bunndyrsstatistikk og artslistene	22
Vedlegg 2. Analysebeviser	40
Vedlegg 3 - Bilder av prøver ved Tortenneset	43

Forord

Akvaplan-niva AS har gjennomført en miljøundersøkelse type C ved oppdrettslokaliteten Tortenneset ut fra lokalitetens MTB på 3120 tonn. I tillegg at det er innhentet egen prøvestasjon gitt som vilkår av fylkesmannen i lokalitetens tillatelse. Oppdragsgiver har vært Ballangen Sjøfarm AS. Undersøkelsen inngår i selskapets miljøovervåking av bunnpåvirkningen fra anlegget.


Følgende personer har deltatt:

Steinar Dalheim Eriksen	Akvaplan-niva	Prosjektleder.
Thomas Heggem	Akvaplan-niva	Feltarbeid, rapport
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Andrey Sikorski	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan-niva AS vil takke Ballangen Sjøfarm AS for godt samarbeid tilnyttet undersøkelsene.

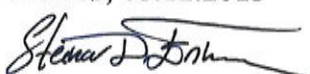
Akkreditert virksomhet:

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

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

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

Tromsø, 03.12.2019



Steinar Dalheim Eriksen


Prosjektleder

1 Oppsummeringstabell C-undersøkelse

1.1 Oppsummering av C-undersøkelse

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse Tortenneset, 2019.		
Rapport nr.	61358.02	Lokalitet:	Tortenneset
Lokalitet nr.	31297	Kartkoordinater (anlegg):	68°29.155 N 17°20.320 Ø
Fylke:	Nordland	Kommune:	Narvik
MTB-tillatelse:	3120 tonn	Driftsleder:	Ottar Bakke
Oppdragsgiver:	Ballangen Sjøfarm AS		


Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 17-18.07. 2019			
Fiskegruppe:	Laks	Biomasse ved undersøkelse:	0 tonn
Utføret mengde:	2800 tonn	Produsert mengde:	2900 tonn
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	x
Brakklegging:		Ny lokalitet:	

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2018)		Økologisk tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018)	
Fauna C1 (innerst)	0,503	Fauna C1 (innerst)	Klasse III
Fauna C2 (ytterst)	0,870	Fauna C2 (ytterst)	Klasse I
Fauna C3	0,673	Fauna C3	Klasse II
Fauna C4 (dypområde)	0,857	Fauna C4 (dypområde)	Klasse I
Fauna C7.1	0,810	Fauna C7.1	Klasse I
Fauna C3, C4, C7.1	0,780	Fauna C3, C4, C7.1	Klasse II
Dato feltarbeid:	17. og 18.07.2019	Dato rapport:	03.12.2019
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)		TOC i klasse I (alle st.) Kobber i klasse I (C1) Kadmium i klasse I (C1) pH/Eh poeng 0 (C1) O ₂ -forholdene var gode i hele vannsøylen.	
Ansvarlig feltarbeid:	Thomas Heggem	Signatur:	

1.2 Summary of the C survey

Client information			
Title :	C-undersøkelse Tortenneset, 2019.		
Report number	61358.02	Site:	Tortenneset
Site number.	31297	Coordinates (site):	68°29.155 N 17°20.320 Ø
County:	Nordland	Municipality:	Narvik
MTB-licence:	3120 tonnes	Contact:	Ottar Bakke
Client:	Ballangen Sjøfarm AS		

Biomass/production status at date of investigation 17-18.07.2019			
Fish group:	Salmon	Biomass on site during examination:	0 tonnes
Feed input:	2800 tonnes	Produced quantity:	2900 tonnes
Type/time of survey			
Maximum biomass		Follow up study:	X
Fallow:		New location:	

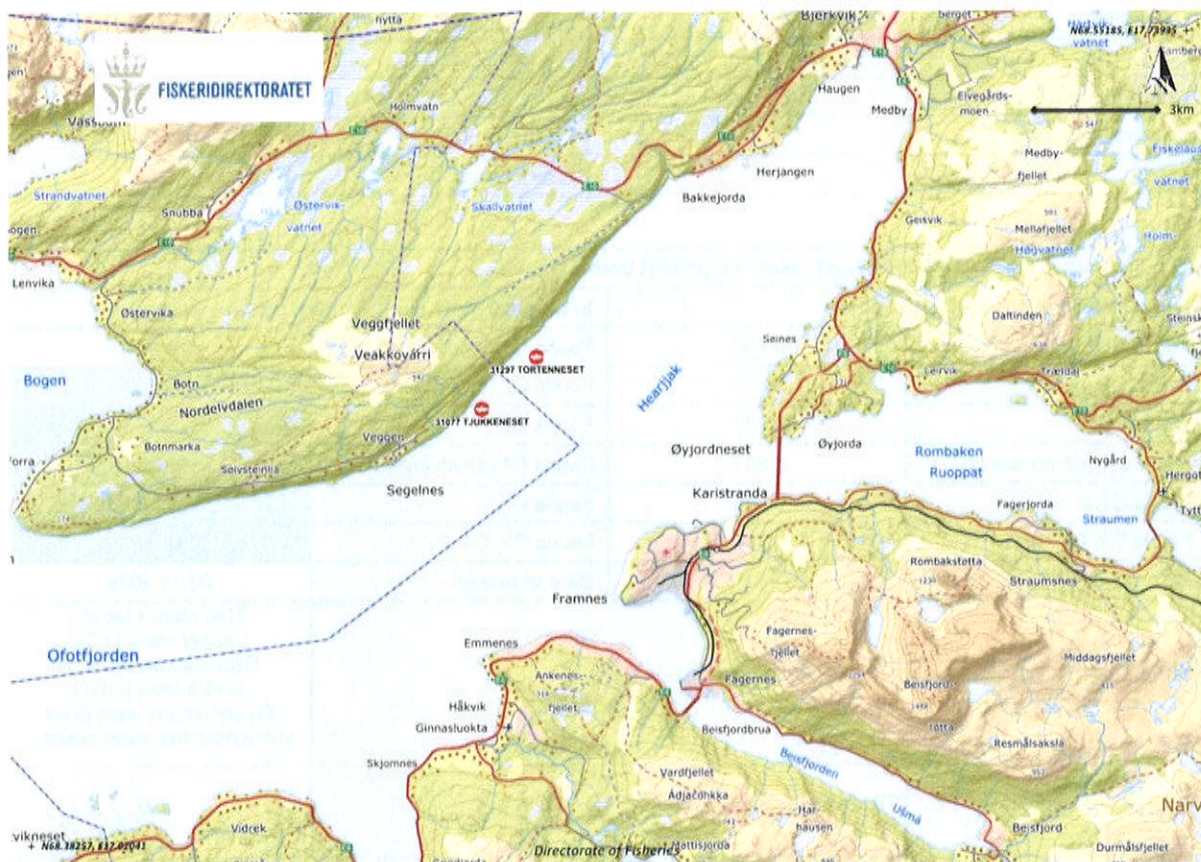
Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2018)		Ecological state classification (Veileder 02:2018)	
Fauna C1 (inner)	0.503	Fauna C1 (inner)	Class III
Fauna C2 (outer)	0.870	Fauna C2 (outer)	Class I
Fauna C3	0.673	Fauna C3	Class II
Fauna C4 (depth layers)	0.857	Fauna C4 (depth layers)	Class I
Fauna C7.1	0.810	Fauna C7.1	Class I
Fauna C3, C4, C7.1	0.780	Fauna C3, C4, C7.1	Class II
Date fieldwork:	17. og 18.07.2019	Date of report:	03.12.2019
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)			TOC class I (all st.) Copper class I (C1) Cadmium class I (C1) pH/Eh level 0 (C1) O ₂ -conditions were good throughout the water column.
Responsible for fieldwork:	Thomas Heggem	Signature:	

2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Denne undersøkelsen skal oppfylle vilkår for ordinær C-undersøkelse iht NS 9410 for en MTB på 3120 tonn. Dette er lokalitetens tillatelse på nåværende tidspunkt. I denne foreligger et eget vilkår fra fylkesmannen om å følge opp eget prøvepunkt innenfor anlegget. Dette ekstra undersøkelsespunktet fremkommer i denne rapporten som stasjon C7.1.

Lokaliteten ligger i Ofotfjorden, Ballangen kommune i Nordland. Et oversiktskart med Tortenneset er vist i Figur 1.



Figur 1. Oversiktskart ved Tortenneset. Oppdrettsanleggene er markert med lokalitetsnummer og navn. Kart fra www.fiskeridir.no Fiskeridirektoratet, målestokk 1:100 000.

2.2 Drift og fôrforbruk

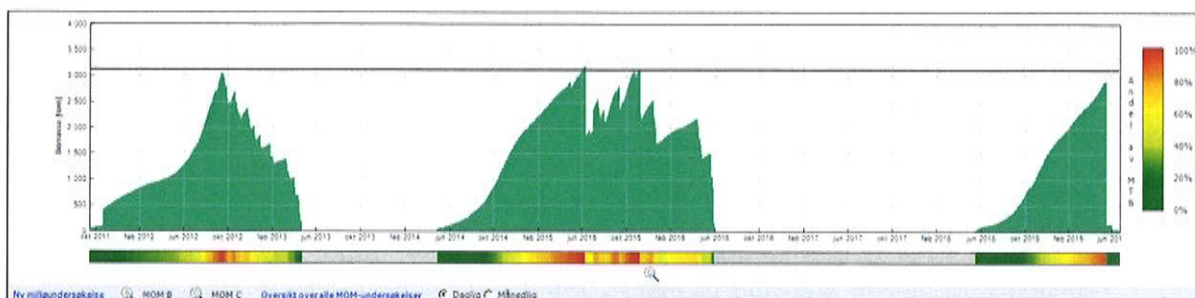
Anlegget består av en dobbeltramme på 2 x 7 bur. I denne produksjonssyklusen er det benyttet 13 bur, 6 flytekrager med omkrets på 160 meter, og 7 med omkrets på 120 meter. Tortenneset var en av lokalitetene i Nord-Norge som ble utsatt for total massedød av laks som følge av giftalgeoppblomstring, våren 2019. Dette skjedde mot midten av mai, og anlegget var derfor tomt på undersøkelsestidspunktet. Snittvekt var 1451 gram da hendelsen fant sted. Neste utsett er planlagt i november/desember 2020.

Produksjon ved Tortenneset er vist i Tabell 1.

Biomasse i forhold til MTB for lokaliteten gjennom hele driftsperioden er vist i Figur 2

Tabell 1: Produksjon ved Tortenneset.

Utsett tidspunkt	Produsert i tonn	Fôrforbruk i tonn
Inneværende generasjon	2900	2800
Forutgående generasjon 1 (14G)	5500	6000
Forutgående generasjon 2 (11G)	5100	5300



Figur 2. Stående biomasse og utnyttet maksimal tillatt biomasse (MTB) ved lokaliteten Tortenneset. Figuren er innhentet fra oppdragsgiver.

2.3 Tidligere undersøkelser

Det er tidligere gjort en C-undersøkelse før drift i 2017. Undersøkelsen viste ingen belastningseffekter på lokaliteten eller i overgangssonen (Mannvik & Remen, 2017).

Tabell 2. Tidligere gjennomførte undersøkelser ved Tortenneset.

Dato prøvetaking	Rapportnummer (Forfatter, 2019)	Produksjon inneværende generasjon (tonn)	Type undersøkelse og evt. tilstand
18.07.2019	Apn-61358.01 (2019) Heggem, 2019	2900	B-undersøkelse Tilstand 1 – "Meget god"
20.02.2018	Apn-60107.01 (2018) Eriksen, 2018	0	B-undersøkelse Tilstand 1 – "Meget god"
10.12.2015	Apn-8019.01 (2016) Eriksen & Velvin, 2016	6793	C--undersøkelse
03.07.2015	Apn-7771.02 (2015) Steffensen, 2015	2371	B-undersøkelse Tilstand 1 – "Meget god"
28.03.2014	Apn-6977.01 (2014) Bye, 2014	0	B-undersøkelse Tilstand 2 – "God"
10.07.2013	Apn-6554.01 (2013) Bye, 2013 b	0	B-undersøkelse Tilstand 2 – "God"
31.01.2013	Apn-6308.01 (2013) Bye, 2013 a	1440	B-undersøkelse Tilstand 3 – "Dårlig"
05.08.2012	Apn-6036.01 (2012) Bye, 2012	2230	B-undersøkelse Tilstand 3 – "Dårlig"

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

Tabell 3. Faglig program på stasjonene ved Tortenneset, 2019. TOM = totalt organisk materiale, TOC = total organisk karbon, TN = totalt 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. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Hydrografi/O ₂ .
C7.1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN.

Prøvene bestod i hovedsak av unifom grå leire, med innslag av stein og skjellsand. Prøven C7.1 ble tatt nærmere land enn resterende prøver, og denne bestod hovedsakelig av sand. Ved stasjonene C2 og C4 var det henholdsvis brun/sort misfarge i sedimentet med et tynt brunt lag på topp. C4 hadde kun det tynnere topplaget, men for denne stasjonen var det mer olivengrønn farge. Begge lagene var under 1 cm tykk. På grunn av svikt med minnekort ble ikke bildene lagret. Sedimentet var generelt lik B-prøvene som ble tatt dagen dagen før. Disse er vist i Vedlegg 3.

Feltarbeidet ble gjennomført 17.07-18.07.2019 og 26.07.2019.

3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering

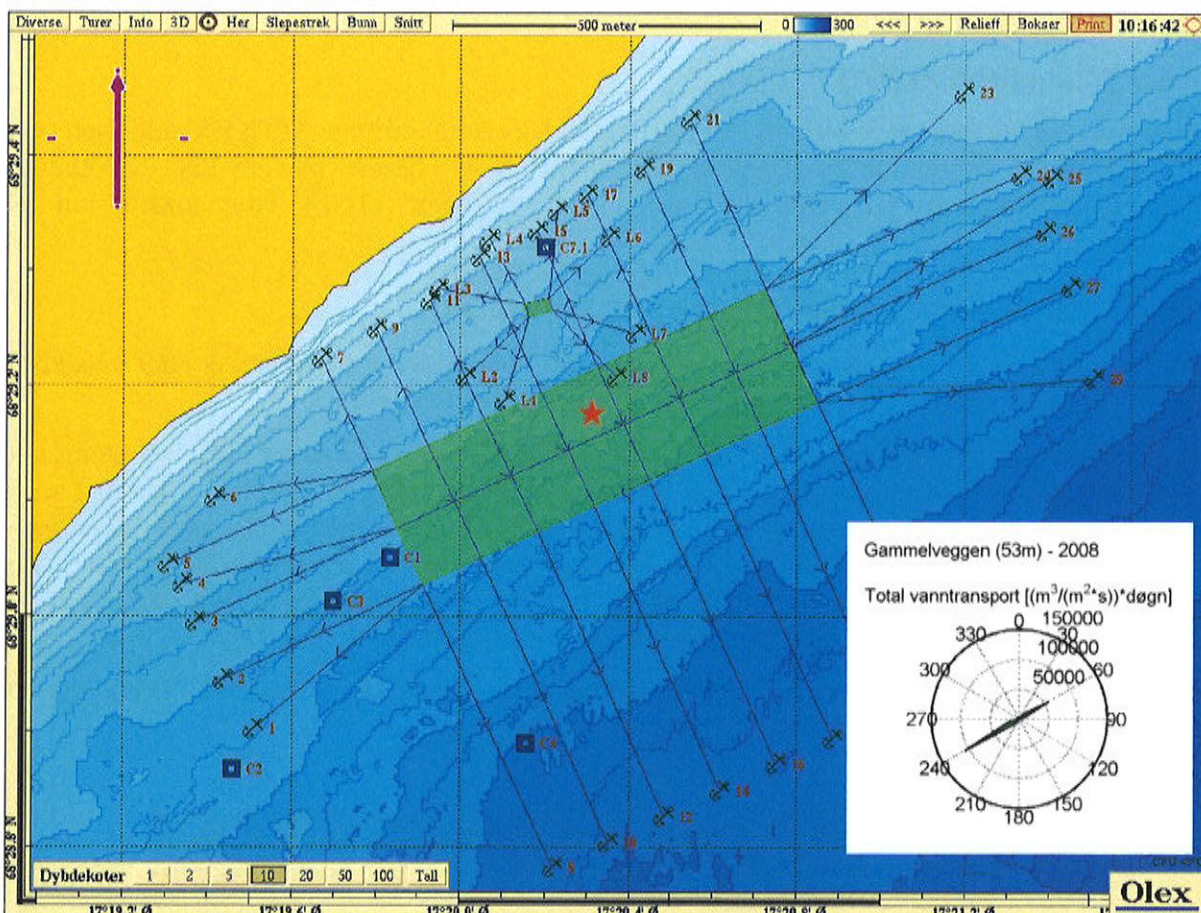
Det ble utført strømmålinger på spredningsdyp på lokaliteten Gammelveggen (tidligere anlegg på samme lokalitet) i 2008, rapportert i Steffensen 2017. Denne viste en hovedstrømsretning mot sørvest, og derfor er det sannsynlig at det er i denne retningen organisk materiale fra

oppdrettsvirksomheten vil sedimenteres. I henhold til NS 9410:2016 og anleggets MTB har det blitt tatt prøver på fire stasjoner. I forhold til krav i utslippstillatelsen for Tortenneset har det også blitt tatt en ekstra prøvestasjon. C7.1, "på innsiden av anlegget i strømmens retning mot land". På bakgrunn av lite presis setning i vilkåret, ble stasjon C7.1 satt etter dialog med Fylkesmannen i Nordland. C1 ble plassert i østlig ende av anlegget, i hovedstrømsretning. C2 ble plassert i overgangssonen, 430 meter fra anlegget. Mellom C2 og C1 ble stasjon C3 plassert. C4 ble plassert i dypområdet ut mot midten av fjorden. Her var dypet 161 meter.

En oversikt over stasjonsdyp og GPS-koordinater er gitt i Tabell 4. Stasjonsplasseringene er vist i Figur 3.

Tabell 4. Stasjonsdyp, avstand til merd og koordinater, Tortenneset, 2019.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon	
			N	Ø
C1	108	30	68°29,050	17°19,835
C2	113	430	68°28,867	17°19,458
C3	103	150	68°29,013	17°19,699
C4	161	300	68°28,890	17°20,157
C7.1	49	211	68°29,320	17°20,200



Figur 3. Stasjonskart C-undersøkelse, Tortenneset, 2019. ★ viser punkt for spredningsstrøm hentet fra strømrapport (Steffensen, 2017).

3.3 Hydrografi og oksygen

På stasjon C4 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 m² bunngrabb (van Veen). Prøvematerialet ble tatt ut gjennom inspeksjonsluker etter at sedimentoverflaten var godkjent. Prøver for TOC, TOM, TN og Cu ble tatt av fra øverste 1 cm av sedimentet, og for kornfordelingsanalyser fra de øverste 5 cm ved hjelp av rør. Kun prøver med uforstyrret overflate ble godkjent, og prøvematerialet ble frosset for videre bearbeidelse i laboratorium.

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 husstandsediment 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 (Vannundersøkelse – 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 (TOC₄₀₀, ROC, TIC₉₀₀)). 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) ble bestemt ved hjelp av ICP-SFMS.

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

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 stasjon C1 ble det utført en kvantitativ kjemisk undersøkelse av sedimentet. Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (ORP) 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) for å få Eh-verdien.

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 bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyranalyser. 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 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 m² van Veen grabb. Kun grabbskudd hvor grabben var fullstendig lukket og overflaten uforstyrret ble godkjent. Etter godkjenning ble innholdet vasket i en 1 mm sikt og gjenværende materiale fiksert med 4 % formalin tilsatt fargestoffet bengalrosa og nøytralisert med boraks. På laboratoriet ble dyrene sortert ut fra gjenværende sediment.

3.5.3 Kvantitative bunndyranalyser

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 (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

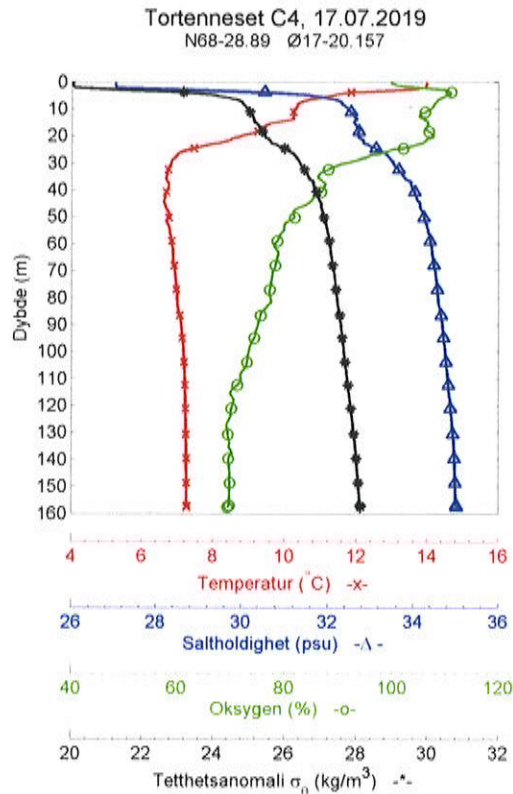
Det er også utført en samlet tilstandsklassifisering for stasjonene i overgangssonen iht. kapt. 8.7 i NS 9410:2016. Stasjonene C1 og C2 er ikke med i denne beregningen.

4 Resultater

4.1 Hydrografi og oksygen

Vertikalprofilene for temperatur, salinitet, tetthet og oksygenmetning ved Tortenneset i juli 2019 er vist i Figur 4.

Temperaturen sank fra 14°C i overflaten til omtrent 7°C fra 30 m og ned til bunnen. Oksygenmetningen sank fra over 100 % i overflatelaget til 70 % i bunnvannet.



Figur 4. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjonene ved Tortenneset, 2019.

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 mellom 2,2 og 3,2 %. TN-nivåene var også lave (0,7 - 1,5 mg/g) og det samme var C/N-forholdene. TOC var lavt på alle stasjonene og i tilstandsklasse I "Svært god". Sedimentene var moderat grov- til finkornet med pelittandel mellom 24,3 og 87,6 %.

Redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 0 iht. Tillegg D i NS 9410:2016 for stasjon C1.

Tabell 5. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC (mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Tortenneset, 2019.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Uniform grå leire. Ingen lukt. Sjømus.	2,8	7,5	14,2	I	1,3	5,7	62,6	7,4/ 354
C2	Grå leire med < 1cm brunt topplag. Ingen lukt.	3,1	8,3	13,2	I	1,3	6,5	72,5	-
C3	Uniform grå leire med innslag av stein. Ingen lukt. Sjømus.	2,5	6,8	14,0	I	1,0	6,7	59,8	-
C4	Grå hard leire med 1cm olivengrønt topplag. Ingen lukt.	3,2	9,5	11,7	I	1,5	6,6	87,6	-
C7.1	Uniform sand. Ingen lukt	2,2	3,9	17,5	I	0,7	6,0	24,3	-

* 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

Nivået av kobber og kadmium i sedimentet på C1 er presentert i Tabell 6. Nivåene var lave og i klasse I.

Tabell 6. Metallanalyse for kobber (Cu) og kadmium (Cd), i mg/kg TS. Tortenneset, 2019. Tilstandsklassifisering iht. M-608/2016.

St.	Cu	Tilst.klasse Cu	Cd	Tilst.klasse Cd
C1	16,5	I	0,14	I

4.3 Bløtbunnfauna

4.3.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

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

Antall individ varierte fra 343 (C4) til 1888 (C1) og antall arter fra 50 (C1) til 96 (C2). På C1 viste de fleste faunaindeksene, inklusiv nEQR, tilstandsklasse III "Moderat" og på C3 klasse II "God". På de tre andre stasjonene viste de fleste indeksene, inklusiv nEQR, klasse I "Svært god".

En samlet klassifisering av stasjonene i overgangssonen viste 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. Fordelingen var noe ujevn på C1 og C3 (hhv. 0,53 og 0,61) og jevnere på de andre stasjonene (0,76 - 0,82).

Tabell 7. 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. Tortenneset, 2019. 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	1888	50	2,76	14,02	0,514	7,82	13,94	0,503	4,62	0,53
C2	884	96	5,07	37,99	0,774	10,01	23,76	0,870	2,24	0,82
C3	1494	71	3,44	20,44	0,609	8,50	19,37	0,673	3,77	0,61
C4	343	64	4,50	35,00	0,790	9,85	24,09	0,857	1,86	0,81
C7.1	426	65	4,14	29,54	0,728	9,53	22,54	0,810	2,52	0,76

Samlet klassifisering for overgangssonen (C1 og C2 ikke med)

C3, C4, C7.1	-	-	4,03	28,33	0,709	9,29	22,00	0,780	2,72	0,73
--------------	---	---	------	-------	-------	------	-------	-------	------	------

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

4.3.2 NS 9410 vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen.

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kapt. 8.6.2. i NS 9410:2016). Tabell 8 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på anleggssonestasjonen C1.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god". Kriteriet for tilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter/0,2 m² og at ingen av disse utgjør mer enn 65 % av individene. Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonene er hentet fra Tabell 7 og Tabell 9.

Tabell 8. NS 9410:2016. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnene på innerste stasjon C1, Tortenneset, 2019.

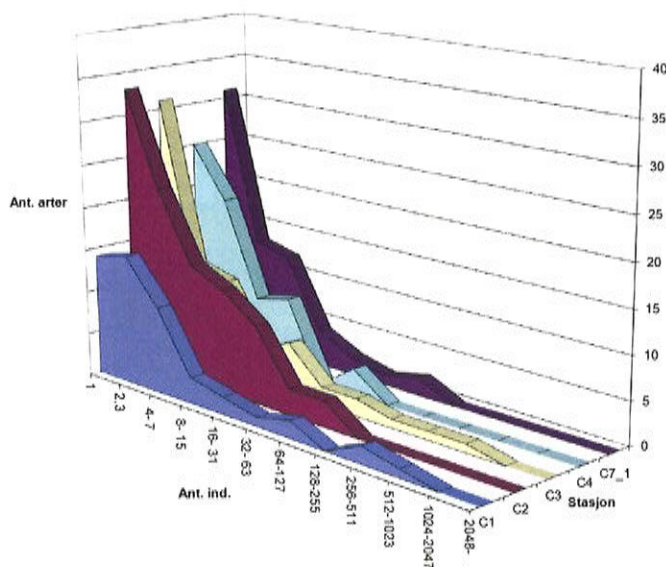
Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa -%	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Tortenneset	50	Capitella capitata - 42 %	1 - Meget god

4.3.3 Geometriske klasser

Figur 5 viser antall arter plottet mot antall individer, der antallet individer er delt inn i geometriske klasser.

Det vises til Vedlegg 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 stasjon C1 startet lavest og strakk seg forholdsvis langt ut mot høyere klasser. Dette kan indikere faunaforstyrrelse på stasjonen. For de andre stasjonene startet kurvene høyere og strakk seg i varierende grad ut mot høyere klasser. Disse ga ingen klare indikasjoner på faunatilstanden.

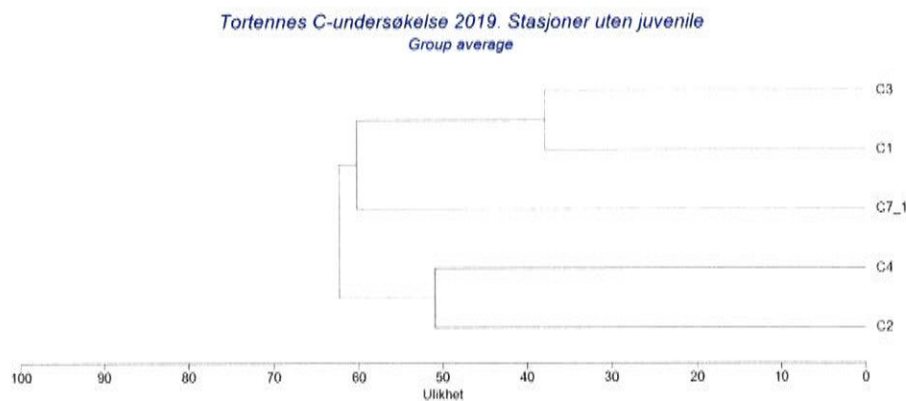


Figur 5. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Tortenneset, 2019 (pr. 0,2 m²).

4.3.4 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 6. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale akse. 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.

Stasjonene ble skilt ut i tre hovedgrupper. Faunasammensetningen på C1 og C3 var 62 % lik og C2 og C4 var 49 % lik hverandre. C7.1 var omtrent 40 % lik de andre stasjonene.



Figur 6. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Tortenneset, 2019.

4.3.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en "topp ti" artsliste fra hver stasjon i Tabell 9. 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).

Tabell 9. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Tortenneset, 2019.

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
<i>Capitella capitata</i>	797	42 %	V	<i>Prionospio cirrifera</i>	112	13 %	III
<i>Heteromastus filiformis</i>	379	62 %	IV	<i>Galathowenia oculata</i>	93	23 %	III
<i>Thyasira sarsii</i>	299	78 %	IV	<i>Heteromastus filiformis</i>	74	31 %	IV
<i>Notomastus latericeus</i>	86	83 %	I	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	51	37 %	IV
<i>Chaetozone</i> sp.	84	87 %	III	<i>Chirimia biceps</i>	35	41 %	II
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	56	90 %	IV	<i>Proclea graffii</i>	32	44 %	II
<i>Abra nitida</i>	31	92 %	III	<i>Diplocirrus glaucus</i>	30	48 %	II
<i>Prionospio cirrifera</i>	23	93 %	III	<i>Abra nitida</i>	28	51 %	III
<i>Galathowenia oculata</i>	14	94 %	III	<i>Amythasides macroglossus</i>	28	54 %	I
<i>Parathyasira equalis</i>	8	94 %	III	<i>Eriopisa elongata</i>	23	57 %	II
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
<i>Heteromastus filiformis</i>	523	35 %	IV	<i>Heteromastus filiformis</i>	62	18 %	IV
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	272	53 %	IV	<i>Lanassa venusta</i>	46	31 %	II
<i>Thyasira sarsii</i>	160	64 %	IV	<i>Parathyasira equalis</i>	33	41 %	III
<i>Notomastus latericeus</i>	95	70 %	I	<i>Abra nitida</i>	15	45 %	III
<i>Prionospio cirrifera</i>	66	74 %	III	<i>Pista cristata</i>	15	49 %	II
<i>Chaetozone</i> sp.	55	78 %	III	<i>Nemertea</i> indet.	10	52 %	III
<i>Galathowenia oculata</i>	44	81 %	III	<i>Ostracoda</i> indet.	10	55 %	II
<i>Tharyx killariensis</i>	24	83 %	II	<i>Streblosoma bairdi</i>	10	58 %	II
<i>Abra nitida</i>	23	84 %	III	<i>Eriopisa elongata</i>	9	60 %	II
<i>Capitella capitata</i>	21	86 %	V	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	9	63 %	I
C7.1	Ant.	Kum.	EG				
<i>Galathowenia oculata</i>	93	21 %	III				
<i>Prionospio cirrifera</i>	70	37 %	III				
<i>Chaetozone</i> sp.	47	48 %	III				
<i>Jasmineira caudata</i>	29	54 %	II				
<i>Owenia</i> sp.	24	60 %	II				
<i>Macoma calcarea</i>	13	63 %	IV				
<i>Ophiuroidea</i> indet. juv.	10	65 %	II				
<i>Scoloplos</i> sp.	10	67 %	Ik				
<i>Ennucula tenuis</i>	8	69 %	II				
<i>Paguridae</i> indet.	8	71 %	I				

*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.

På C1 dominerte forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark) med 42 % av individene. De andre mest dominante artene på stasjonen var hovedsakelig tolerante og opportunistiske arter sammen med en sensitiv art.

På C2 dominerte den tolerante børstemarken *Prionospio cirrifera* med 13 % av individene. De andre mest dominante på stasjonen var en blanding av sensitive, nøytrale, tolerante og opportunistiske taksa.

På C3 og C4 dominerte den opportunistiske børstemarken *Heteromastus filiformis* med hhv. 35 og 18 % av individene. De andre mest dominante på stasjonene var en blanding av sensitive, nøytrale, tolerante og opportunistiske taksa. På C3 var også forurensningsindikatoren *C. capitata* blant de mest dominante.

På C7.1 dominerte den tolerante børstemarken *Galathowenia oculata* med 21 % av individene. De andre mest dominante på stasjonen var en blanding av sensitive, nøytrale, tolerante og opportunistiske taksa.

Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på C2, C4 eller C7.1.

5 Sammenfattende vurderinger

5.1 Sammendrag

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Tortenneset, 2019, kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkrisiske forhold i vannsøylen på dypstasjonen C4. Oksygenmetningen i bunnvannet var 70 % i juli 2019.
- TOC-nivået var lavt på alle stasjonene (klasse I). TOM og TN var lave i sedimentene fra alle stasjonene og det samme var C/N-forholdet. Kobber- og kadmiumnivået på C1 var lavt og i klasse I. Sedimentene var moderat grov- til finkornet med pelittandel mellom 24,3 og 87,6 %. Redoksmålingene i sedimentet ga poeng 0 på stasjon C1.
- Klassifisering av økologisk tilstand, basert på faunaindeksene i veileder 02.2018, viste klasse III "Moderat" for bløtbunnsamfunnet i anleggssonen (C1), klasse II "God" for C3 og klasse I "Svært god" for de øvrige undersøkte bløtbunnsamfunnene. En samlet økologisk klassifisering for stasjon C3, C4 og C47.1 i overgangssonen ga klasse II. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 1 (Meget god). Det ble registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på C1 og C3, men ikke på de andre stasjonene.

5.2 Konklusjoner

Resultatene fra overvåkingen ved oppdrettslokaliteten Tortenneset i 2019 viste at sedimentene ikke var belastet med organisk karbon i klasse I "Svært god" på alle stasjonene. Kobber- og kadmiumkonsentrasjonen var lav og i klasse I på C1. Det ble registrert belastningseffekt på stasjon C1, men ikke i noen av de andre undersøkte bløtbunnsamfunnene. Økologisk tilstandsklassifisering ga klasse III "Moderat" på stasjonen i anleggssonen (C1) og klasse I "Svært god" og II "God" på de andre stasjonene. Forurensningsindikatoren *Capitella capitata* var mest dominant på C1 og blant topp-10 på C3. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på de tre andre stasjonene. Oksygenmetningen i juli var god i hele vannsøylen med 70 % i bunnvannet.

Ettersom den samlede klassifiseringen av stasjonene i overgangssonen (C3, C4 og C7.1) ga tilstand II "God" skal C-undersøkelse utføres ved hver tredje produksjonssyklus iht. kapt. 8.7 i NS 9410.

5.2.1 Miljøutvikling siden forrige C-undersøkelse

Det ble utført en forundersøkelse ved lokaliteten i juli 2017 (Mannvik & Remen, 2017). Konklusjonen i den undersøkelsen var: "Oksygenforholdene var på det tidspunktet gode i hele vannsøylen. Nivåene av TOM og TN var lave og det samme var C/N-forholdene på stasjonene. Nivået av TOC var lavt på alle stasjonene (klasse I). Kobbernivået var lavt i anleggssonen (klasse I). Redoksmålingene ga poeng 0 iht. NS 9410:2016 for alle stasjonene. Bløtbunnsamfunnene var uforstyrret (økologisk tilstandsklasse I og II) på stasjonene. Høye forekomster av opportunister, kombinert med høye individtall, tydet imidlertid på at samfunnene befant seg i en berikingsfase preget av god tilgang på organisk materiale. På C1 og C3 ble det også registrert en forurensningsindikator blant topp-10."

Vurdert mot dagens resultater (juli 2019) er det ikke påvist vesentlige miljøendringer i sedimenter. TOC er fremdeles lavt og i klasse I på alle stasjonene. Det samme gjelder for kobber i sedimentet på C1. Faunaen er blitt påvirket på stasjon C1 i anleggsonen og er nå i tilstandsklasse III "Moderat". På de øvrige stasjonene er faunaen upåvirket og i klasse I og II.

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*.
- Bye, B.E, 2014. Miljøundersøkelse type B, Gammelveggen mars 2014. APN-rapport 6977.01
- Bye, B.E, 2013.a. Utvidet miljøundersøkelse type B, Gammelveggen januar 2013. APN-rapport 6308.01.
- Bye, B.E, 2013.b. Miljøundersøkelse type B, Gammelveggen juli 2013. APN-rapport 6554.01.
- Bye, B.E, 2012. Miljøundersøkelse type B, Gammelveggen august 2012. APN-rapport 6036.01
- Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.
- Eriksen, S. D, 2018. Ballangen Sjøfarm AS. B-undersøkelse, februar 2018. Nye Tortenneset APN 60107.01
- Eriksen, S. D & Velvin, R., 2016. Cermaq Norway AS/Ballangen Sjøfarm AS. C-undersøkelse på oppdrettslokaliteten Gammelveggen, 2015. APN 8019.01
- Mannvik, H-P & Heggem, T. 2019. Ballangen Sjøfarm AS. Forundersøkelse type C, 31297 Tortenneset, 2019. Apn-61358.03
- 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.
- Mannvik, H.-P. & V. Remen, 2017. Cermaq Norway AS. Forundersøkelse på oppdrettslokaliteten Tortenneset, 2017. Apn-rapport 9019.01.
- 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. & 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.
- Steffensen, K, 2015. Cermaq Norway AS. Gammelveggen, B-undersøkelse, juli 2015. Drift. APN 7771.02
- Steffensen, K, 2017. Cermaq Norway AS. Strømmålinger Gammelveggen . 5m, 15m, spredning (53m) og bunn (90m). APN 9019.03
- Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven Ballangen Sjøfarm AS lokalitet Tortenneset ref: 2006/284 gitt Fylkesmannen i Nordland 22.3.2018.
- Pers medd. Knut Inge Nicolaysen, driftsleder, Ballangen Sjøfarm AS

7 Vedlegg

Vedlegg 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 , $x=0,1,2, \dots$. En slik følge kalles en geometrisk følge, derfor kalles klassene for geometriske klasser. Hvis antall arter innenfor hver klasse plottes mot klasseverdien på en lineær skala, vil det fremkomme en kurve som uttrykker individfordelingen mellom artene i

samfunnet. Det har vist seg at i prøver fra upåvirkede samfunn vil det være mange arter med lavt individantall og få arter med høyt individantall, slik at vi får en entoppet, asymmetrisk kurve med lang "hale" mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

Ved moderat forurensning 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/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 tredigram (dendrogram).

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

Ømfintligheten bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante arter, EG-IV: opportunistiske arter, EG-V: forurensningsindikerende arter. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av en forurensningspåvirkning.

NSI er en sensitivitetsindeks som ligner AMBI, men er utviklet med basis i norske faunadata og ved bruk av en objektiv statistisk metode. En prøves NSI verdi beregnes ved gjennomsnittet av sensitivitetsverdiene av alle individene i prøven.

Sammensatte indekser (NQI1 og NQI2)

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes både ut fra artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI1 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

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

Referanser:

- Bray, R.T. & J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.
- Hurlbert, S.N., 1971. The non-concept of the species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.
- Pielou, E. C., 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, 370-383.
- Rygg, B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine water of Norway. *NIVA report SNO 4548-2002*. 32 p.
- Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. *Univ Illinois Press*, Urbana 117 s.

Statistikk resultater Tortenneset, 2019:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C7_1
no. ind.	7704	1888	884	1494	343	426
no. spe.	214	50	96	71	64	65

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02	C7_1_01	C7_1_02
no. ind.	7704	710	1178	446	438	849	645	179	164	233	193
no. spe.	214	43	30	71	74	42	56	50	44	42	46
Shannon-Wiener:		3,2	2,4	5,0	5,2	3,2	3,6	4,4	4,6	3,9	4,4
Pielou		0,58	0,48	0,81	0,83	0,60	0,63	0,78	0,84	0,72	0,79
ES100		17	11	37	39	19	22	36	34	26	33
SN		2,00	1,74	2,36	2,38	1,96	2,16	2,38	2,32	2,20	2,31
ISI-2012		8,42	7,23	10,25	9,77	8,37	8,63	10,10	9,60	9,76	9,30
AMBI		4,535	4,707	2,324	2,164	3,856	3,675	1,693	2,032	2,602	2,439
NQI1		0,54	0,48	0,77	0,78	0,59	0,63	0,81	0,77	0,71	0,74
NSI		14,5	13,4	23,6	23,9	19,4	19,3	24,4	23,8	22,1	23,0
DI		0,801	1,021	0,599	0,591	0,879	0,760	0,203	0,165	0,317	0,236

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4	C7_1
Shannon-Wiener:	2,76	5,07	3,44	4,50	4,14
Pielou	0,53	0,82	0,61	0,81	0,76
ES100	14,0	38,0	20,4	35,0	29,5
SN	1,87	2,37	2,06	2,35	2,25
ISI-2012	7,82	10,01	8,50	9,85	9,53
AMBI	4,621	2,244	3,766	1,863	2,521
NQI1	0,51	0,77	0,61	0,79	0,73
NSI	13,94	23,76	19,37	24,09	22,54
Tilstandsklasse nEQR ³⁾	0,503	0,870	0,673	0,857	0,810

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C7_1
1	14	33	31	25	31
2,3	15	22	12	19	13
4- 7	10	14	11	8	12
8- 15	3	12	4	9	4
16- 31	2	9	6	0	2
32- 63	1	3	2	3	1
64-127	2	3	2	0	2
128-255	0	0	1	0	0
256-511	2	0	1	0	0
512-1023	1	0	1	0	0
1024-2047	0	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0

Artliste

Tortennes for- og C-undersøkelse

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1					
NEMERTINI					
		Nemertea indet.		3	3
SIPUNCULIDA					
		Phascolion strombus	4	1	5
ANNELIDA					
	Polychaeta	Amaeana trilobata	1		1
		Aphelochaeta sp.	1		1
		Capitella capitata	297	500	797
		Chaetozone sp.	47	37	84
		Cirratulus cirratus	1	2	3
		Diplocirrus glaucus	5	1	6
		Diplocirrus sp.	2		2
		Exogone verugera	6	1	7
		Galathowenia oculata	10	4	14
		Glycera capitata		1	1
		Heteromastus filiformis	73	306	379
		Hydroides norvegica		1	1
		Jasmineira candela	2		2
		Jasmineira caudata	2		2
		Lanassa venusta	1		1
		Leaena ebranchiata	1		1
		Lysilla loveni	1		1
		Notomastus latericeus	48	38	86
		Ophelina acuminata	2	1	3
		Ophelina cylindricaudata	2		2
		Ophelina sp.	2		2
		Paramphinome jeffreysii	1	6	7
		Pholoe baltica	1		1
		Pista cristata	2		2
		Polyphysia crassa	1		1
		Praxillella praetermissa	1	1	2
		Prionospio cirrifera	17	6	23
		Pseudopolydora paucibranchiata	37	19	56
		Scalibregma inflatum	3	1	4
		Scoloplos sp.	2	2	4
		Streblosoma bairdi		1	1
		Syllis cornuta		2	2
		Tharyx killariensis	1		1
		Trichobranchus roseus	1		1
CRUSTACEA					
	Malacostraca	Caprellidae indet.		6	6
		Eudorella sp.	2		2
		Hippomedon sp.	1		1
MOLLUSCA					
	Caudofoveata	Caudofoveata indet.	3	2	5
	Bivalvia	Abra nitida	19	12	31

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Ennucula tenuis	1	5	6
		Kurtiella tumidula	2		2
		Macoma calcarea	1	5	6
		Mya sp. juv.	1		1
		Nuculana sp. juv.	1		1
		Parathyasira equalis	4	4	8
		Thyasira sarsii	91	208	299
		Yoldiella nana	2		2
		Yoldiella propinqua	8		8
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Ophiuroidea indet. juv.	1		1
	Echinoidea				
		Echinocardium cordatum	1	1	2
		Echinocardium flavescens		1	1
		Maks:	297	500	797
		Antall:	46	30	53
		Sum:			1891
Stasjonsnr.: C2					
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	4	4	8
SIPUNCULIDA					
		Phascolion strombus		2	2
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Amaeana trilobata	2	2	4
		Ampharete octocirrata	7	10	17
		Amythasides macroglossus	14	14	28
		Anobothrus laubieri	3		3
		Aphelochaeta sp.	3	2	5
		Aphrodita aculeata		1	1
		Apistobanchus tullbergi	2		2
		Aricidea catherinae	2	2	4
		Aricidea quadrilobata	1		1
		Chaetozone sp.	2	1	3
		Chirimia biceps	16	19	35
		Chone duneri	7	6	13
		Chone sp.	8	4	12
		Diplocirrus glaucus	15	15	30
		Diplocirrus sp.		1	1
		Eclysippe vanelli	1	1	2
		Euchone analis		1	1
		Euchone papillosa		2	2
		Euchone sp.		1	1
		Euclymeninae indet.	6	1	7
		Exogone verugera		1	1
		Galathowenia oculata	65	28	93
		Glycera capitata	5	6	11
		Glyphanostomum pallescens	1	9	10
		Heteromastus filiformis	32	42	74
		Jasmineira candela	3	1	4
		Lanassa nordenskioldi	2	1	3
		Lanassa venusta	14	9	23

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Leaena ebranchiata		1	1
		Levinsenia gracilis	2	1	3
		Lumbriclymene minor		1	1
		Lumbrineris aniara	1		1
		Nephtys ciliata	2		2
		Notomastus latericeus	2	8	10
		Ophelina cylindricaudata	1		1
		Owenia sp.	11	12	23
		Paramphitrite birulai	2		2
		Pherusa falcata		1	1
		Pholoe assimilis	2	2	4
		Pholoe pallida	1	2	3
		Pista cristata	2	6	8
		Polycirrus medusa		1	1
		Praxillura longissima	1		1
		Prionospio cirrifera	54	58	112
		Proclea graffii	14	18	32
		Pseudopolydora paucibranchiata	35	16	51
		Rhodine loveni	1		1
		Samytha sexcirrata		2	2
		Scolecopsis korsuni		1	1
		Scoloplos sp.	2		2
		Sige oliveri		1	1
		Sosane wahrbergi	8	7	15
		Sosane wireni	4	2	6
		Spiophanes kroyeri		1	1
		Streblosoma bairdi	9	8	17
		Terebellides sp.	1	5	6
		Tharyx killariensis	6	6	12
		Trichobranchus roseus	2		2
		Zatsepinia rittichae		1	1
CRUSTACEA					
	Ostracoda				
		Ostracoda indet.	1		1
	Malacostraca				
		Ampelisca sp.		1	1
		Caprellidae indet.		2	2
		Diastylis rathkei	1		1
		Diastylodes biplicatus	1		1
		Eriopisa elongata	10	13	23
		Eudorella sp.	1		1
		Gnathia sp.	4		4
		Haploops sp.		1	1
		Harpinia pectinata		3	3
		Hemilamprops roseus	1		1
		Paroediceros propinquus		1	1
		Tanaidacea indet.	3	3	6
		Westwoodilla caecula		1	1
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	3	5	8
	Prosobranchia				
		Euspira pallida	1		1
	Opisthobranchia				
		Pseudoclychna magna	2		2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Bivalvia				
		Abra nitida	10	18	28
		Bathyarca pectunculoides	1	1	2
		Ennucula tenuis	4	1	5
		Macoma calcarea	1	3	4
		Mendicula ferruginosa	2	1	3
		Mendicula pygmaea	1		1
		Parathyasira equalis	5	12	17
		Parvicardium minimum	1	1	2
		Thyasira flexuosa	1		1
		Thyasira gouldi		1	1
		Thyasira sarsii	3	4	7
		Tropidomya abbreviata	1	4	5
		Yoldiella lucida	3	7	10
		Yoldiella philippiana		1	1
		Yoldiella propinqua	4	4	8
	ECHINODERMATA				
	Ophiuroidea				
		Ophiura robusta		2	2
		Ophiuroidea indet. juv.	1	9	10
	Echinoidea				
		Echinocardium flavescens	1		1
	Holothuroidea				
		Labidoplax buskii	2	1	3
		Maks:	65	58	112
		Antall:	72	75	97
		Sum:			894
	Stasjonsnr.: C3				
	NEMERTINI				
		Nemertea indet.	3		3
	SIPUNCULIDA				
		Phascolion strombus		1	1
	ANNELIDA				
	Polychaeta				
		Amaeana trilobata	4	1	5
		Ampharete octocirrata		1	1
		Amphictene auricoma	3		3
		Aphelochaeta sp.	2		2
		Bylgides elegans	2	2	4
		Capitella capitata	9	12	21
		Chaetozone sp.	23	32	55
		Chone sp.		4	4
		Cirratulus cirratus		4	4
		Cistenides hyperborea		1	1
		Diplocirrus glaucus	8	9	17
		Dipolydora sp.	5	1	6
		Eteone flava/longa		1	1
		Euchone papillosa	1	1	2
		Galathowenia oculata	32	12	44
		Glyphanostomum pallescens	1		1
		Goniada maculata	1		1
		Heteromastus filiformis	333	190	523
		Hydroides norvegica	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Jasmineira candela		2	2
		Jasmineira caudata		1	1
		Lipobranchius jeffreysii		2	2
		Nephtys ciliata		1	1
		Notomastus latericeus	49	46	95
		Ophryotrocha sp.		1	1
		Paramphinome jeffreysii	8	3	11
		Pherusa falcata		1	1
		Pista cristata		1	1
		Praxillella praetermissa	1		1
		Prionospio cirrifera	39	27	66
		Proclea graffii	1	3	4
		Pseudopolydora paucibranchiata	171	101	272
		Scalibregma inflatum		1	1
		Scoloplos sp.	12	6	18
		Sosane wahrbergi		1	1
		Streblosoma bairdi		1	1
		Syllis cornuta		2	2
		Terebellides sp.		1	1
		Tharyx killariensis	12	12	24
		Trichobranchus roseus		1	1
	Hirudinea				
		Hirudinea indet.		1	1
	CRUSTACEA				
	Malacostraca				
		Caprellidae indet.		4	4
		Diastylis rathkei	1	1	2
		Diastylodes biplicatus		1	1
		Eriopisa elongata	6		6
		Eudorella sp.	1	3	4
		Gnathia sp.		1	1
		Paroediceros propinquus	1		1
		Westwoodilla caecula		1	1
		Crustacea indet. juv.	1		1
	MOLLUSCA				
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	2	1	3
	Prosobranchia				
		Cryptonatica affinis	2		2
		Euspira montagui		1	1
		Euspira pallida		1	1
	Opisthobranchia				
		Cylichna alba	1		1
	Bivalvia				
		Abra nitida	12	11	23
		Ennucula tenuis	7	13	20
		Macoma calcarea	7	4	11
		Mya sp. juv.		1	1
		Nuculana minuta		1	1
		Parathyasira equalis	6	3	9
		Thyasira flexuosa	2		2
		Thyasira gouldi	12	2	14
		Thyasira sarsii	58	102	160
		Thyasiridae indet.	2	5	7
		Yoldiella lucida	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Yoldiella nana		1	1
		Yoldiella propinqua	4		4
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	Ophiura robusta	1		1
		Ophiuroidea indet. juv.	1	2	3
	Echinoidea	Echinocardium cordatum		1	1
	Holothuroidea	Labidoplax buskii	2	1	3
		Maks:	333	190	523
		Antall:	44	58	74
		Sum:			1499

Stasjonsnr.: C4

NEMERTINI

		Nemertea indet.	5	5	10
SIPUNCULIDA		Onchnesoma steenstrupii	3	6	9
		Phascolion strombus	1	1	2
ANNELIDA	Polychaeta	Aglaophamus pulcher	1		1
		Amphicteis gunneri		1	1
		Amythasides macroglossus	5	1	6
		Anobothrus laubieri		1	1
		Augeneria algida		1	1
		Augeneria tentaculata	1		1
		Bylgides elegans	1		1
		Chirimia biceps	1	3	4
		Chone sp.	5		5
		Clymenura borealis	1	1	2
		Diplocirrus glaucus	4	3	7
		Euchone sp.	1	2	3
		Euclymeninae indet.	2	4	6
		Glycera capitata	2	2	4
		Heteromastus filiformis	31	31	62
		Jasmineira candela	2		2
		Kirkegaardia sp.	1	1	2
		Lanassa nordenskioldi		1	1
		Lanassa venusta	41	5	46
		Levinsenia gracilis	2		2
		Microclymene tricirrata	1		1
		Notomastus latericeus	1	7	8
		Paradiopatra fiordica	1		1
		Paramphinome jeffreysii		1	1
		Phylo norvegicus	1	1	2
		Pista cristata	5	10	15
		Prionospio cirrifera	1		1
		Proclea graffii	2	6	8
		Samytha sexcirrata	1	1	2
		Scalibregma inflatum		1	1
		Siboglinum sp.		1	1
		Sige oliveri		2	2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Sosane wahrbergi	1	1	2
		Sosane wireni	1		1
		Streblosoma bairdi	4	6	10
		Zatsepinia rittichae	1		1
CRUSTACEA					
	Ostracoda				
		Ostracoda indet.	6	4	10
	Malacostraca				
		Diastylis rathkei	1	1	2
		Eriopisa elongata	3	6	9
		Eudorella sp.	2		2
		Harpinia sp.	1		1
		Tanaidacea indet.	1		1
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	1	1	2
	Prosobranchia				
		Taranis moerchii	1		1
	Opisthobranchia				
		Cylichna alba		1	1
		Laona quadrata		1	1
	Bivalvia				
		Abra nitida	7	8	15
		Limatula sp.	1		1
		Mendicula ferruginosa	1	6	7
		Nucula tumidula		1	1
		Parathyasira equalis	14	19	33
		Parvicardium minimum		3	3
		Thyasira gouldi	1		1
		Thyasira obsoleta	1	1	2
		Thyasiridae indet.	2		2
		Tropidomya abbreviata		2	2
		Yoldiella lucida	2		2
		Yoldiella philippiana		1	1
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Ophiura sarsii	1	1	2
		Ophiuroidea indet. juv.	3	2	5
	Holothuroidea				
		Labidoplax buskii	2	2	4
		Myriotrochus vitreus	1		1
		Maks:	41	31	62
		Antall:	51	45	65
		Sum:			348
Stasjonsnr.:	C7.1				
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	2	3	5
SIPUNCULIDA					
		Golfingiidae indet.		1	1
		Phascolion strombus		3	3
		Sipuncula indet.		1	1
		Sipuncula indet. juv.		1	1
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Amphictene auricoma		6	6

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Aphrodita aculeata	1		1
		Aricidea sp.	1		1
		Chaetozone sp.	30	17	47
		Chone duneri		1	1
		Chone sp.	2	1	3
		Diplocirrus glaucus	2	4	6
		Ditrupa arietina	1	2	3
		Eteone flava/longa	1		1
		Eupolymnia nesidensis	1		1
		Exogone verugera	6		6
		Galathowenia oculata	56	37	93
		Gattyana amondseni		1	1
		Glycera alba	2		2
		Heteromastus filiformis		2	2
		Jasmineira candela	1	1	2
		Jasmineira caudata	18	11	29
		Lanassa venusta		1	1
		Laonice cirrata	1		1
		Lumbriclymene cylindricauda	1		1
		Nephtys ciliata		1	1
		Nereimyra punctata		1	1
		Nothria hyperborea	3	2	5
		Notomastus latericeus		1	1
		Ophelina cylindricauda	1		1
		Ophelina modesta	1		1
		Owenia sp.	23	1	24
		Petaloproctus tenuis		4	4
		Pholoe assimilis		5	5
		Pholoe baltica	1		1
		Prionospio cirrifera	35	35	70
		Scoloplos sp.	4	6	10
		Sosane wahrbergi	1		1
		Spio limicola	2	3	5
		Sthenelais limicola	1	4	5
		Tharyx killariensis	2	1	3
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Diastylis rathkei	1	1	2
		Eriopisa elongata		1	1
		Gammaridea indet.	1		1
		Hippomedon sp.		1	1
		Paguridae indet.	2	6	8
		Protomeдея fasciata	1		1
		Tryphosites longipes		1	1
		Westwoodilla caecula	1	1	2
		Crustacea indet. juv.	2		2
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	2		2
	Polyplacophora				
		Leptochiton asellus		1	1
	Opisthobranchia				
		Laona quadrata		1	1
	Bivalvia				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Abra nitida		1	1
		Ennucula tenuis	4	4	8
		Heteranomia squamula		1	1
		Macoma calcarea	10	3	13
		Mya sp. juv.		1	1
		Parvicardium minimum	1	6	7
		Similipecten similis	1	3	4
		Thyasira flexuosa	1		1
		Thyasira gouldi	3		3
		Thyasira sarsii	2	2	4
		Thyasiridae indet.	2		2
		Yoldiella philippiana	1		1
BRACHIOPODA					
	Articulata	Macandrevia cranium		1	1
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea	Ophiuroidea indet. juv.	2	8	10
	Echinoidea	Echinocardium flavescens		2	2
	Holothuroidea	Labidoplax buskii		1	1
		Maks:	56	37	93
		Antall:	44	49	69
		Sum:			440
Stasjonsnr.:	Cref				
NEMERTINI		Nemertea indet.	4	2	6
SIPUNCULIDA					
		Golfingiidae indet.		3	3
		Onchnesoma steenstrupii	4		4
		Phascolion strombus		1	1
		Sipuncula indet.	8	5	13
		Sipuncula indet. juv.	1	1	2
ANNELIDA					
	Polychaeta	Ampharete octocirrata	2	4	6
		Amphictene auricoma		1	1
		Anobothrus laubieri		1	1
		Aphelochaeta sp.	2	2	4
		Asclerocheilus intermedius	2		2
		Chirimia biceps	59	29	88
		Chone sp.	11	28	39
		Diplocirrus glaucus		2	2
		Ditrupe arietina	1		1
		Drilonereis filum	2	3	5
		Eunice pennata	1		1
		Galathowenia fragilis	35		35
		Galathowenia oculata	3	2	5
		Glycera capitata	4		4
		Glyphanostomum pallescens	1		1
		Heteromastus filiformis	28	37	65
		Lanassa venusta	8	12	20

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Lumbriclymene cylindricauda	1		1
		Maldane sarsi	7		7
		Maldanidae indet.	2	1	3
		Melinna albicincta	1		1
		Neoleanira tetragona	1		1
		Nothria hyperborea	2	1	3
		Notomastus latericeus	8	17	25
		Paradiopatra quadricuspis		1	1
		Paramphinome jeffreysii	3	2	5
		Pherusa plumosa	1		1
		Phylo norvegicus		1	1
		Pista cristata	1		1
		Polycirrus sp.	1		1
		Proclea graffii	2	2	4
		Pseudopolydora paucibranchiata		4	4
		Rhodine loveni	1		1
		Sabella pavonina		1	1
		Samytha sexcirrata	1		1
		Scalibregma inflatum		1	1
		Spiophanes kroyeri	29	35	64
		Streblosoma intestinale	5	24	29
		Terebellides sp.	3	9	12
		Zatsepinia rittichae	1		1
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Apseudes spinosus	14	2	16
		Diastylis rathkei	1		1
		Eriopisa elongata	6	5	11
		Haploops sp.	1		1
		Harpinia pectinata	2	3	5
		Janira maculosa	1		1
		Liljeborgia pallida		1	1
		Syrrhoe crenulata		1	1
		Crustacea indet. juv.		1	1
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	2	2	4
	Opisthobranchia				
		Cylichna alba	1	1	2
	Bivalvia				
		Abra nitida		5	5
		Astarte crebricostata	1	3	4
		Astarte sulcata	2		2
		Bathyarca pectunculoides		1	1
		Ennucula tenuis	2	1	3
		Heteranomia squamula	1		1
		Mendicula ferruginosa	5	2	7
		Mendicula sp.	2	3	5
		Nucula tumidula	1	1	2
		Parvicardium minimum	1	1	2
		Similipecten similis		1	1
		Thyasira obsoleta		1	1
		Thyasiridae indet.		1	1
		Yoldiella lucida	3	5	8

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
		Yoldiella nana		1	1	
		Yoldiella philippiana	4	12	16	
		Yoldiella solidula	1		1	
BRACHIOPODA	Articulata	Macandrevia cranium		3	3	
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	Ophiura sarsii		1	1	
		Ophiuroidea indet. juv.		7	7	
	Holothuroidea	Labidoplax buskii	1	2	3	
TUNICATA	Asciacea	Asciacea indet. (solit)	1		1	
			Maks:	59	37	88
			Antall:	57	55	79
			Sum:			598
Stasjonsnr.: FU2						
NEMERTINI		Nemertea indet.	8	6	14	
SIPUNCULIDA		Phascolion strombus		1	1	
		Sipuncula indet. juv.		1	1	
ANNELIDA	Polychaeta	Amaeana trilobata	1	1	2	
		Ampharete octocirrata		2	2	
		Amphictene auricoma		1	1	
		Amythasides macroglossus	6	9	15	
		Aphelochaeta sp.		1	1	
		Apistobranchnus tullbergi	6	6	12	
		Aricidea catherinae		1	1	
		Bispira crassicornis		1	1	
		Chaetozone sp.	22	18	40	
		Chirimia biceps	5	14	19	
		Chone duneri	4	2	6	
		Chone sp.	1	9	10	
		Clymenura borealis	1		1	
		Diplocirrus glaucus	17	8	25	
		Dipolydora sp.	3	2	5	
		Ditrupa arietina		1	1	
		Eteone flava/longa		1	1	
		Euchone analis		2	2	
		Euchone papillosa		3	3	
		Euchone sp.		1	1	
		Euclymeninae indet.	9	9	18	
		Exogone verugera	3	2	5	
		Galathowenia fragilis		1	1	
		Galathowenia oculata	153	102	255	
		Glycera capitata	1	1	2	
		Glyphanostomum pallescens		1	1	
		Heteromastus filliformis	69	54	123	

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Jasmineira candela	2	6	8
		Jasmineira caudata		1	1
		Lanassa venusta	6	4	10
		Levinsenia gracilis	1	1	2
		Lumbriclymene cylindricauda	1		1
		Microclymene acirrata	2	3	5
		Nephtys ciliata	2	1	3
		Nereiphylla lutea		1	1
		Nothria hyperborea		3	3
		Notomastus latericeus	16	34	50
		Ophelina cylindricaudata	4		4
		Owenia sp.	5	32	37
		Paradoneis eliasoni	9	2	11
		Paramphinome jeffreysii	4	1	5
		Pherusa falcata		2	2
		Phisidia aurea		2	2
		Pholoe assimilis	5	3	8
		Pholoe baltica	1	1	2
		Pholoe pallida	14	1	15
		Phylodoce groenlandica	1		1
		Polycirrus sp.		1	1
		Praxillella gracilis	1		1
		Prionospio cirrifera	50	63	113
		Proclea graffii	5	10	15
		Pseudomystides limbata		1	1
		Pseudopolydora paucibranchiata	8	4	12
		Scoletoma fragilis		1	1
		Scoloplos sp.	7	8	15
		Sosane wahrbergi	10	5	15
		Spio limicola	2		2
		Syllis cornuta		2	2
		Terebellides sp.	6	1	7
		Tharyx killariensis	9	15	24
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Caprellidae indet.		2	2
		Diastylis rathkei		2	2
		Diastylodes biplicatus	1		1
		Eriopisa elongata	9	1	10
		Eudorella sp.	3	6	9
		Gammaridea indet.		2	2
		Gnathia sp.		1	1
		Harpinia sp.	2		2
		Hippomedon sp.		1	1
		Tanaidacea indet.		1	1
		Unciola planipes		1	1
		Westwoodilla caecula	1	2	3
		Crustacea indet. juv.		1	1
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	3		3
	Prosobranchia				
		Euspira montagui		1	1
	Opisthobranchia				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Scaphander punctostriatus		1	1
	Bivalvia	Abra nitida	4	12	16
		Batharca pectunculoides		2	2
		Ennucula tenuis	1	6	7
		Kelliella miliaris	1		1
		Macoma calcarea	1		1
		Mendicula ferruginosa		1	1
		Parathyasira equalis	2	1	3
		Parvicardium minimum	5	2	7
		Thyasira gouldi	7	9	16
		Thyasira sarsii	4	1	5
		Tropidomya abbreviata	1		1
		Yoldiella nana	1		1
		Yoldiella philippiana	1	1	2
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea	Amphiura chiajei	4	3	7
		Ophiuroidea indet. juv.	2	2	4
	Holothuroidea	Labidoplax buskii	1		1
		Maks:	153	102	255
		Antall:	60	81	95
		Sum:			1066
Stasjonsnr.:	FU5				
NEMERTINI		Nemertea indet.	2	1	3
PRIAPULIDA		Priapulid caudatus	1		1
SIPUNCULIDA		Phascolion strombus	1	2	3
ANNELIDA					
	Polychaeta	Amaeana trilobata		2	2
		Amphictene auricoma	1		1
		Aphelochaeta sp.		1	1
		Aricidea hartmani	1		1
		Bispira crassicornis	1	2	3
		Capitella capitata	84	61	145
		Chaetozone sp.	23	18	41
		Chirimia biceps	2	2	4
		Cirratulus cirratus		4	4
		Diplocirrus glaucus	4	2	6
		Dipolydora sp.	6	5	11
		Eulalia viridis	1	1	2
		Exogone verugera	2	1	3
		Galathowenia oculata	87	89	176
		Heteromastus filiformis	263	150	413
		Lumbrineris aniara	1		1
		Nereimyra punctata		1	1
		Notomastus latericeus	4	1	5
		Ophelina acuminata	2	1	3
		Ophelina sp.		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Owenia sp.	12	5	17
		Paramphinome jeffreysii	2	3	5
		Pectinaria sp.		1	1
		Pholoe assimilis	1	1	2
		Pholoe baltica		3	3
		Pholoe pallida	2	4	6
		Polycirrus medusa		1	1
		Praxillella praetermissa		2	2
		Prionospio cirrifera	14	3	17
		Prionospio steenstrupi		1	1
		Pseudopolydora paucibranchiata	2	1	3
		Rhodine gracilior	9	5	14
		Schistomeringos sp.	1		1
		Scoletoma fragilis	1		1
		Scoloplos sp.	19	13	32
		Spio limicola	1		1
		Syllis cornuta		1	1
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Caprellidae indet.	1	4	5
		Eriopisa elongata	5		5
		Eudorella sp.	1	2	3
		Gammaridea indet.		1	1
		Gnathia sp.		1	1
		Phtisica marina	1		1
MOLLUSCA					
	Bivalvia				
		Abra nitida	1		1
		Ennucula tenuis	5	1	6
		Macoma calcarea	5		5
		Thyasira flexuosa	1		1
		Thyasira gouldi	8	6	14
		Thyasira sarsii	21	9	30
		Thyasiridae indet.	3	3	6
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Amphiura chiajei	1		1
		Amphiura filiformis		1	1
	Echinoidea				
		Brisaster fragilis	1		1
		Maks:	263	150	413
		Antall:	42	42	56
		Sum:			1021
		TOTAL:			Maks: 797
					Sum: 7757

Vedlegg 2. Analysebeviser



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



ANALYSERAPPORT Sedimentprøver

Kunde: Ballangen Sjøfarm AS
Kunde referanse: Tortenneset Forundersøkelse og BU 2019
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Steinar Dalheim Eriksen

Dato: 03.10.2019

Rapport nr.: 61358
Analyseparameter(e): Kom, TOM, TOC, TN, Cu, Cd
Kontaktperson: Anja Sjøvoll

Analyseansvarlig: *Anja Sjøvoll* (sign.)

Underskriftsberettiget: (sign.)

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

MERKNADER:

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

Side 1 av 3

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
61358/C1	61358/C1	Sediment	29.07.2019	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	31.07.-03.10.2019
61358/C2	61358/C2	Sediment	29.07.2019	Korn, TOM, TOC, TN	31.07.-03.10.2019
61358/C3	61358/C3	Sediment	29.07.2019	Korn, TOM, TOC, TN	31.07.-03.10.2019
61358/C4	61358/C4	Sediment	29.07.2019	Korn, TOM, TOC, TN	31.07.-03.10.2019
61358/Fu2	61358/Fu2	Sediment	29.07.2019	Korn, TOM, TOC, TN	31.07.-03.10.2019
61358/Fu5	61358/Fu5	Sediment	29.07.2019	Korn, TOM, TOC, TN	31.07.-03.10.2019
61358/C7.1	61358/C7.1	Sediment	29.07.2019	Korn, TOM, TOC, TN	31.07.-03.10.2019

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metoderreferanse
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. 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	
61358/C1	7.5	1.3	2.8	62.6	37.4	16.5	0.14	14.2	5.7
61358/C2	8.3	1.3	3.1	72.5	27.5	ia	ia	13.2	6.5
61358/C3	6.8	1.0	2.5	59.8	40.2	ia	ia	14.0	6.7
61358/C4	9.5	1.5	3.2	87.6	12.4	ia	ia	11.7	6.6
61358/Fu2	5.5	0.85	2.6	42.7	57.3	ia	ia	15.8	6.5
61358/Fu5	4.4	0.72	2.0	41.4	58.6	ia	ia	15.0	6.1
61358/C7.1	3.9	0.65	2.2	24.3	75.7	ia	ia	17.5	6.0

* 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 (pellitt) gitt ved %pellitt/100.

ia = ikke analysert

Tilstandsklassifisering for organisk innhold 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

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

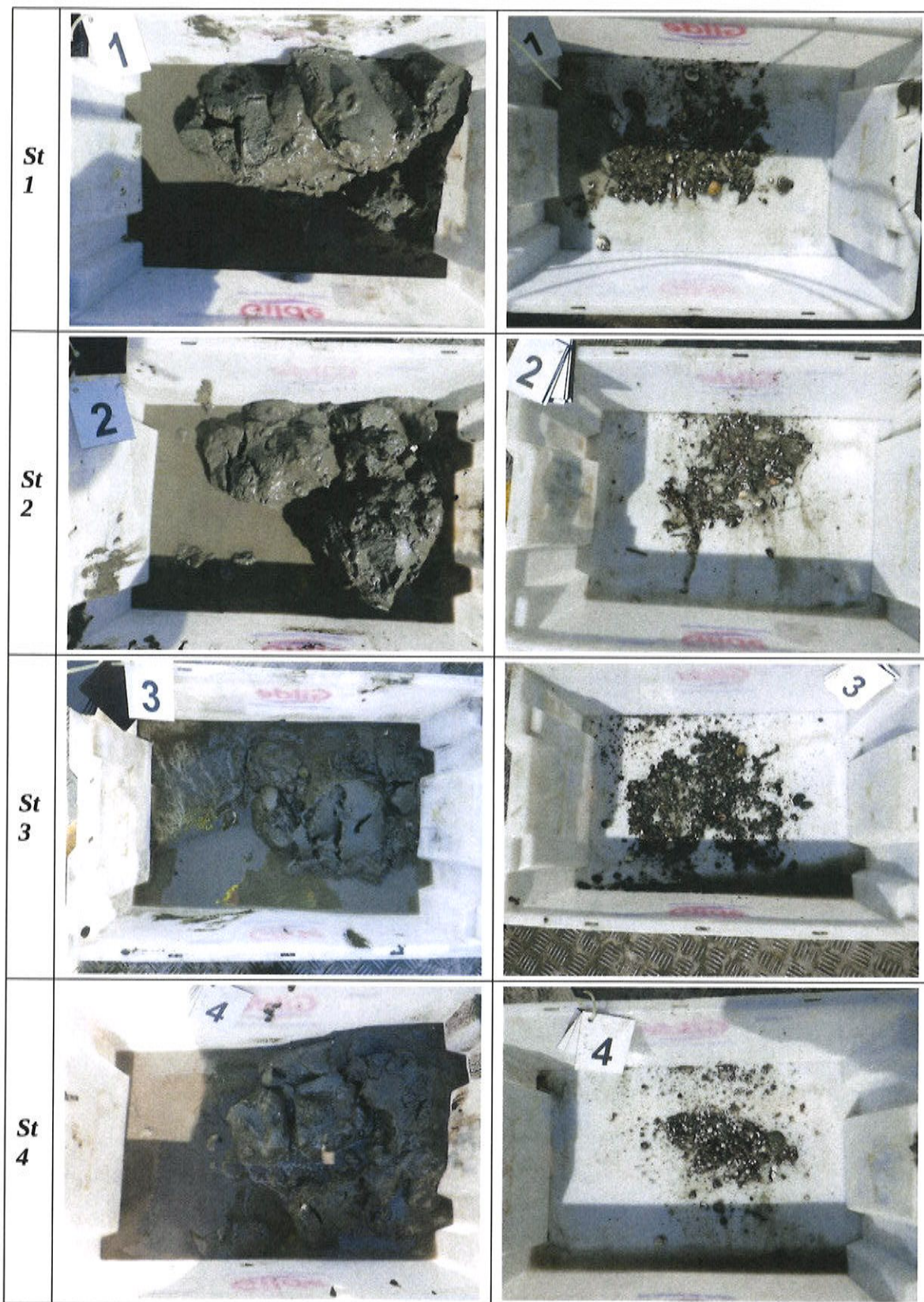
Cu, mg/kg TS	< 20	20-84	84 - 147	> 147
	Klasse I	Klasse II/III	Klasse IV	Klasse V

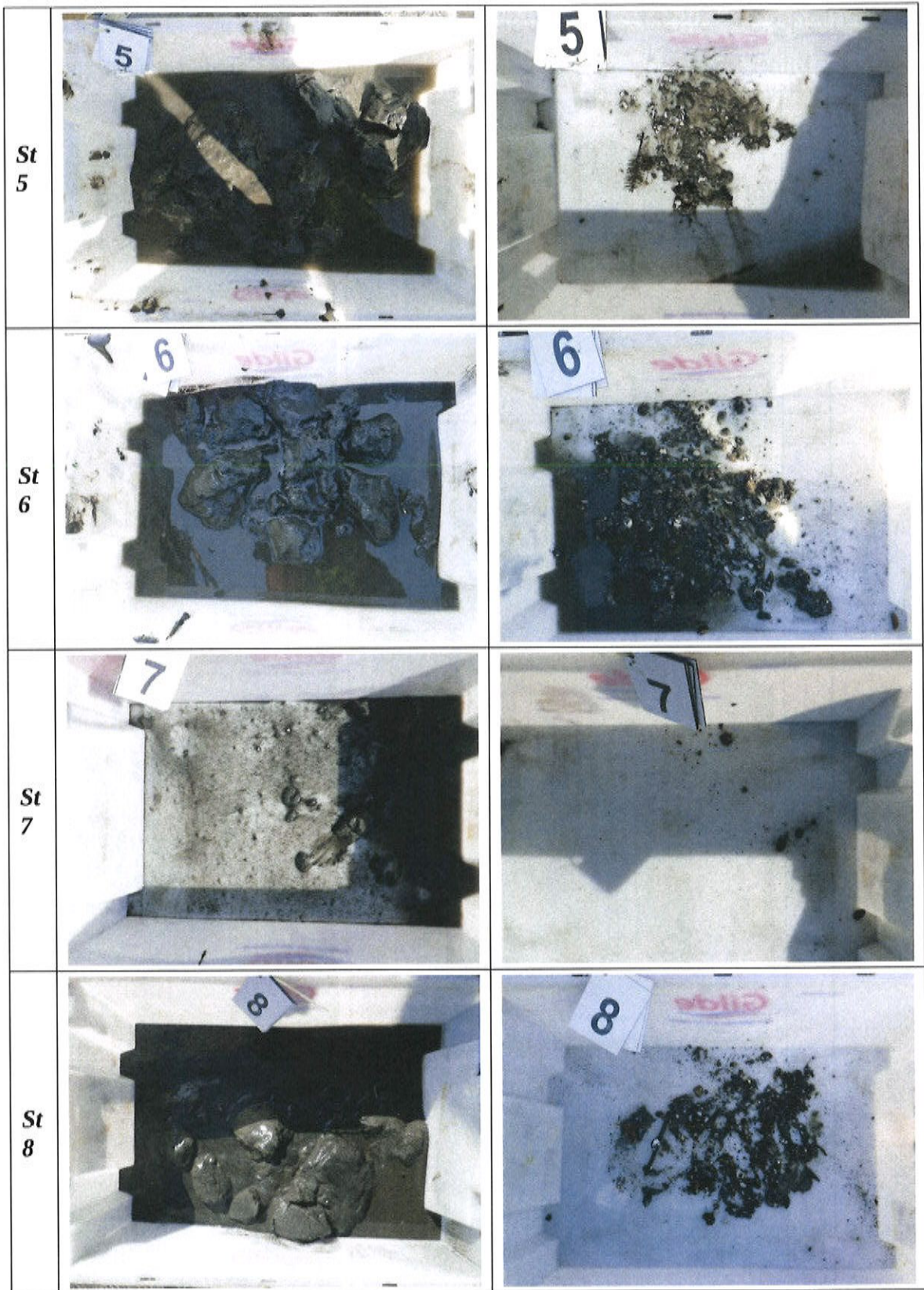
Tilstandsklassifisering for kadmium (Cd) i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016):






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

Vedlegg 3 - Bilder av prøver ved Tortenneset

Bilder fra B-undersøkelsen. Minnekortet sviktet under C undersøkelsen (jmf kap 3.1)





<p>St 9</p>		
<p>St 10</p>		
<p>St 11</p>		<p>For lite sediment</p>
<p>St 12</p>	