

C-undersøkelse

NS9410:2016

for

Havsundet



Tilstandsklasse I (Svært god)

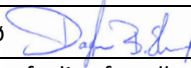
Feltarbeid
Oppdragsgiver

27.08.2019
MOWI Norway AS

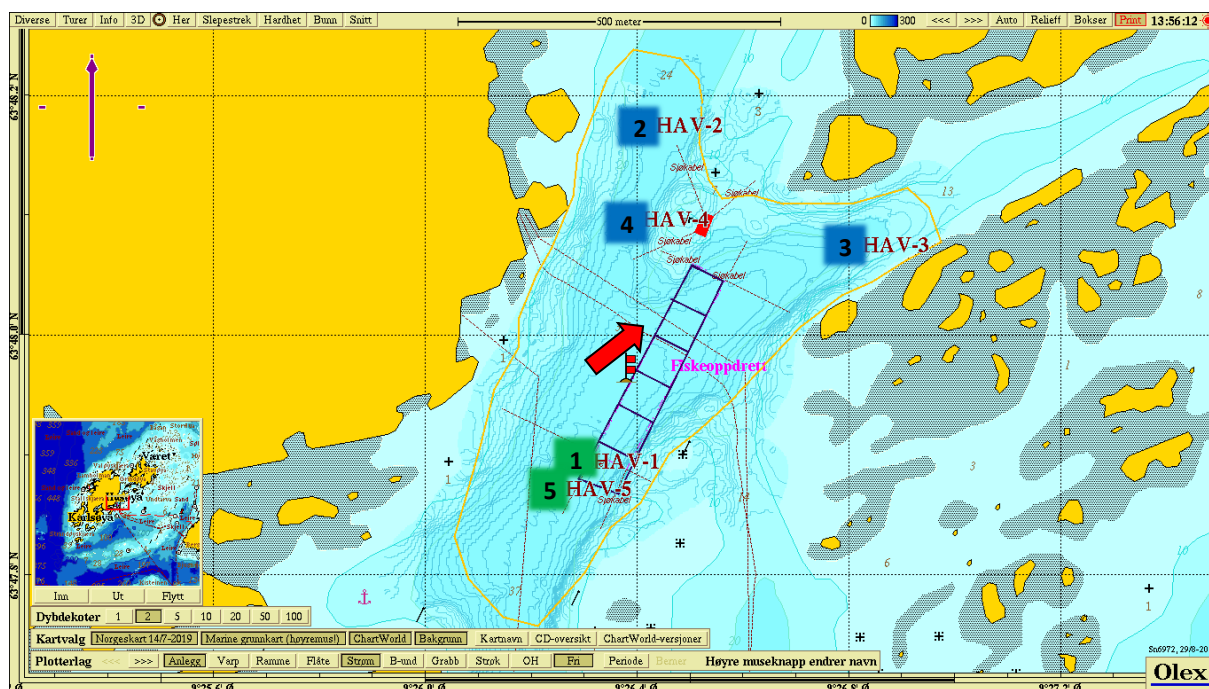
Åkerblå AS Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda Organisasjonsnummer 916 763 816
C-undersøkelse for Havsundet

Generell informasjon:			
Rapporttittel:	C-undersøkelse for Havsundet		
Rapportnummer:	MCR-M-19109 Havsundet	Lokalitetsnavn:	Havsundet
Lokalitetsnummer:	30897	GPS, senter i anlegg:	63° 47.972 'N/009° 26.440 'Ø
Fylke:	Sør-Trøndelag	Kommune:	Bjugn
MTB-tillatelse:	1560 tonn	Driftsleder:	Martin Harsvik
Dato undersøkelse:	27.08.2019	Dato rapport:	30.10.2019
Oppdragsgiver:	Marine Harvest Norway ST Stamfisk AS		
Akkreditering:	Feltarbeid, fauna og faglige fortolkninger: Ja, Åkerblå AS, Test 252 (NS-EN ISO/IEC 17025). Kjemi: Ja, Kystlab Prebio AS, Nummer 361 (DS/EN ISO/IEC 17025:2005)		

Hovedresultater fra C-undersøkelse (NS 9410:2016)							
		Stasjon C1 (Nærsone)	Stasjon C2 (over/fjem)	Stasjon C3 (overgang)	Stasjon C4 (overgang)	Stasjon C5 (overgang)	Referanse -stasjon (iht ASC)
Fauna Fauna tilstandsklasse (Veileder: 02:2013, rev. 2015)	Antall arter (S)	37	125	129	122	101	
	Antall ind. (N)	1518	2038	1349	1722	1820	
	nEQR		0,882 (Svært god)	0,881 (Svært god)	0,805 (Svært god)	0,774 (God)	
	NQI1		0,770 (Svært god)	0,774 (Svært god)	0,709 (God)	0,707 (God)	
	SW (H ⁺) indeks: SW, tilstand:		5,478 (Svært god)	5,555 (Svært god)	4,846 (Svært god)	4,698 (Svært god)	
	MOM-tilstand:	Tilstand 2 (God)					
Fauna, ASC	≥ 2 highly abund. Taxa (2.1.3.)						
	Fauna ift fotnote 7 (side 20)						
Element	Cu (mg/kg TS) Cu, tilst.klasse:	49 (God)	5,1 (Svært god)	7,9 (Svært god)	4,7 (Svært god)	6,2 (Svært god)	

C-undersøkelse for Havsundet		
Rapportnummer / Rapportdato	MCR-M-19109-Havsundet /30.10.19	
Revisjonsnummer	Revisjonsbeskrivelse	Signatur
-	-	-
Lokalitet		
Lokalitet	Havsundet	
	1560 tonn	
	Bjugn kommune, Trøndelag fylke	
	Økoregion Norskehavet sør (H) og vanntype Moderat eksponert kyst (2)	
Lokalitetsnummer	30897	
Oppdragsgiver		
Selskap	MOWI Norway AS	
Kontaktperson	Martin Harsvik	
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS, Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda, Org.nr.: 916 763 816	
Prosjektansvarlig	Jan-Kristoffer Landro	
Forfattere	Annika Liungman, Jan-Kristoffer Landro, Embla O. Østebrøt	
Godkjent av	Dagfinn B. Skomsø 	
Akkreditering	Feltarbeid, fauna og faglige fortolkninger: Ja, Åkerblå AS, Test 252 (NS-EN ISO/IEC 17025). Kjemi: Ja, Kystlab AS, TEST 070 (NS/EN ISO/IEC 17025)	
Vilkår og betingelser	<i>Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis. Resultatene i denne undersøkelsen gjelder kun for beskrevne prøvestasjoner som representerer et definert og begrenset område ved et spesifikt prøvetidspunkt.</i>	
Sammendrag		
Denne rapporten omhandler en C- undersøkelse ved lokaliteten Havsundet i Bjugn kommune, Trøndelag fylke. På bakgrunn av undersøkelser som har dokumentert høy belastning over tid, besluttet Fiskeridirektoratet i eget skriv (gitt Åkerblå innsyn av Martin Harsvik) at lokaliteten har god bæreevne for en produksjon på 780 tonn, men ikke 1560 tonn. C-undersøkelse som følger stasjonsplasseringer med en tilleggstasjon (totalt 5 stasjoner) som plasseres rett sørvest for anlegget, da ingen stasjoner tidligere har dekket dette området. Samlet viser undersøkelsen svært gode forhold i overgangssonen med biodiversitet innenfor beste tilstandsklasse (svært god; tabell 1; figur 1). I overgangssonen viser resultatene på at biodiversiteten er god og bunnfaunaen ser ut til å være upåvirket. Stasjonene var noe ulike i biodiversitet hvor det var en gradient hvor hyppighet av forurensningstolerante og opportunistiske arter (NSI-gruppe 3 og 4) avtok med økende avstand til anlegget. Siden 2009 er det gjennomført fem C-undersøkelser. I hovedsak viser resultatene at forholdene har vært stabilt gode i overgangssonen med et relativt høyt artsantall. De kjemiske støtteparameterne har variert, men det er ikke indikasjoner på akkumulering av organisk materiale over tid. Krav til undersøkelsesfrekvens er iht. NS9410 (2016) hver tredje produksjonssyklus, forutsatt at undersøkelsen ble tatt på maks produksjonsbelastning.		

Forsidefoto: Charlotte Hallerud



Figur 1. Plassering av anleggsramme med bunntopografi, målepunkt for strømundersøkelse (flagg), hovedstrømsretning (rød pil), antatt utstrekning av overgangssonen (gul linje) og prøvestasjon med faunatilstand: blå = Svært/meget god tilstand, grønn = god tilstand, gul = moderat tilstand, oransje = dårlig tilstand og rød = svært/meget dårlig tilstand. Tall representerer stasjonsnummer (1 = HAV-1 osv). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

Tabell 1. Hovedresultater. Antallet arter og individer er oppgitt per prøvestasjon og Shannon-wiener indeks (H'), Tilstandsverdi (økologisk kvalitetsratio: nEQR), vurdering av overgangssonen og klassifisering av kobber (Cu) er oppgitt med klassifisering (NS9410 (2016) og Veileder 02:2018 (2018)).

Stasjon/ Parameter	HAV-2	HAV-3	HAV-4	HAV-5
Antall arter	125	129	122	101
Antall individ	2038	1349	1722	1820
H'	Svært god (I)	Svært god (I)	Svært god (I)	God (II)
nEQR	Svært god (I)	Svært god (I)	Svært god (I)	God (II)
Cu	Svært god (I)	Svært god (I)	Svært god (I)	Svært god (I)
Samlet vurdering (Snitt nEQR)	Svært god (I)	Neste undersøkelse	Hver tredje produksjonssyklus	

Forord

Denne rapporten omhandler en C-undersøkelse av lokalitet Havsundet. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser.

For C-undersøkelser er Åkerblå AS er akkreditert for vurdering og fortolkning av resultater etter TEST 252; SFT-Veileder 97:03 og Norsk Standard NS9410 (2016), samt NIVA- rapport 4548 (Berge 2002) og Veileder 02:2018 (2018). Åkerblå AS sitt laboratorium tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Innhold

FORORD	4
INNHold.....	5
1 INNLEDNING.....	6
2 MATERIALE OG METODE	9
2.1 OMRÅDE OG PRØVESTASJONER	9
2.2 PRØVETAKING OG ANALYSER	13
2.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER.....	16
2.4 PRODUKSJON	17
3 RESULTATER	18
3.1 BUNNDYRSANALYSER	18
3.1.1 HAV-1.....	18
3.1.2 HAV-2.....	20
3.1.3 HAV-3.....	22
3.1.4 HAV-4.....	24
3.1.5 HAV-5.....	26
3.1.9 Samlet tilstandsverdi	28
3.2 HYDROGRAFI.....	29
3.3 SEDIMENTANALYSER	30
3.3.1 Sensoriske vurderinger	30
3.3.2 Kornfordeling.....	30
3.3.3 Kjemiske parametere.....	30
3.4 TIDLIGERE UNDERSØKELSER.....	31
3.4.1 Bunnfauna	31
3.4.2 Sediment.....	33
3.4.3 Kjemiske parametere.....	34
4 DISKUSJON	35
5 LITTERATURLISTE.....	37
6 VEDLEGG	40
VEDLEGG 1 - FELTLOGG (B-PARAMETERE)	40
VEDLEGG 2 - ANALYSEBEVIS.....	42
VEDLEGG 3 - KLASSIFISERING AV FORURENSNINGSGRAD	48
VEDLEGG 4 - INDEKSBEKRIVELSER	50
VEDLEGG 5 - REFERANSETILSTANDER	53
VEDLEGG 6 - ARTSLISTE	57
VEDLEGG 7 – CTD RÅDATA	62
VEDLEGG 8 – BILDER AV SEDIMENT	63

1 Innledning

En C-undersøkelse er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget og utover i resipienten. Denne består av omfattende utforskning av makrofauna i bløtbunn samt målinger av fysiske og kjemiske støtteparametere (hydrografi, sediment, miljøgifter; NS9410 2016). Bløtbunnsfauna domineres i hovedsak av flerbørstemark, krepsdyr og muslinger. Artssammensetningen i sedimentet kan gi viktige opplysninger om miljøforholdene ved en lokalitet da de fleste marine bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile (ISO 16665 2014).

Miljøforholdene er avgjørende for antallet arter og antallet individer innenfor hver art i et bunndyrsamfunn. Ved naturlige forhold vil et bunndyrsamfunn inneholde mange ulike arter med en relativt jevn fordeling av et moderat antall individer blant disse artene (ISO 16665 2014; Veileder 02:2018 2018). Moderat organisk belastning kan stimulere bunndyrsamfunnet slik at artsantallet øker, mens ved en større organisk belastning i et område vil antallet arter reduseres. Opportunistiske arter, slik som de forurensningsindikerende flerbørstemarkene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, vil da øke i antall individer mens mer sensitive arter vil forsvinne (Veileder 02:2018 2018).

De fleste former for dyreliv i sjøen er avhengig av tilstrekkelig oksygeninnhold i vannmassene. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene som regel tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygenet forbrukes ved nedbrytning. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Ved utilstrekkelig tilførsel av oksygen kan det ved nedbrytning av organisk materiale dannes hydrogensulfid (H_2S) som er giftig for mange arter. I tillegg til bunndyrsanalyser kan surhetsgraden (pH) og redokspotensial (E_h) måles for å avgjøre om sedimentet er belastet av organisk materiale. Sure tilstander (lav pH) og høyt reduksjonspotensiale (lav E_h) reflekterer lite oksygen i sedimentet og kan indikere en signifikant grad av organisk belastning. Mengden organisk materiale i sedimentet måles som totalt organisk karbon (TOC) og som totalt organisk materiale (TOM; glødetap). I tillegg måles tungmetaller (sink og kobber), fosfor og nitrogen i sedimentene for å vurdere i hvilken grad området er belastet (Veileder 02:2018 2018). C:N forholdet viser i hvilken grad det organiske materialet gir grunnlag for biologisk aktivitet (NS9410 2016), hvor en lav ratio antyder en større mengde tilgjengelig nitrogen og dermed muligheten for høyere biologisk aktivitet.

Miljøundersøkelser i forbindelse med oppdrett skal gjøres med utgangspunkt i NS9410 (2016). Standarden definerer at stasjonen for overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen (C1) skal klassifiseres ut ifra arts- og individantall. Stasjoner i overgangssonen (C3, C4.. osv.) og i ytterkant av overgangssonen (C2) skal vurderes ut ifra diversitets og sensitivtetsindekser som beskrevet i Veileder 02:2018 (2018).

Når bløtbunnsfauna brukes i klassifisering, benyttes diversitets og sensitivitetsindeksene; Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), den sammensatte indeksen NQI1 (diversitet og sensitivitet), ES100 (diversitet), International sensitivity index (ISI) og Norwegian sensitivity indeks (NSI). Hver indeks er tildelt referanseverdier som deler funnene inn i ulike tilstandsklasser. Bunnfauna vurderes etter gjennomsnittsverdier av indeksene fra de to prøvene. Tilstandsklasser vil ofte kunne gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de vurderes i sammenheng med artssammensetningen i prøvene for øvrig. Slike tilstandsklasser må like fullt brukes med forsiktighet og inngå i en helhetlig vurdering sammen med de andre resultatene. Klima og forurensningsdirektoratet legger imidlertid vekt på indekser når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bløtbunnsfauna. Veilederen har delt norskekysten i seks økoregioner og definert åtte forskjellige vanntyper, hvorav fem av vanntypene er aktuelle for marine undersøkelser. En del kombinasjoner er slått sammen og det er definert totalt 11 sett med klassifiseringer. Hvert sett har egne grenseverdier for de ulike indeksene. Forskjellen på disse er stor fra Skagerak til BarentsHAV-et, men gradvis varierer langs kysten ellers. Dette medfører at en gitt prøve for eksempel kan klassifiseres som god i Skagerak, men svært god etter indeksene definert for BarentsHAV-et i nord. Grensene er dermed i større grad tilpasset naturlige variasjoner langs kysten (Veileder 02:2018).

Antall stasjoner i en C-undersøkelse og plassering av disse styres av maksimal tillatt biomasse (MTB), strømforhold og bunntopografi (batymetri) på lokaliteten (NS9410 2016). Prøvestasjonene plasseres slik at C1 angir overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen, oftest 25 til 30 meter fra merdkanten. I ytterkanten av overgangssonen plasseres prøvestasjon C2 i et representativt område, mens øvrige prøvestasjoner (C3, C4 osv.) plasseres inne i overgangssone der det forventes størst påvirkning ut i fra strømmetning og bunntopografi. Om bunnen i overgangssonen er sterkt skrånende så plasseres det en prøvestasjon ved foten av skråningen. Antall stasjoner avhenger av MTB, men dersom tillatelsen ikke utnyttes fullt ut, kan antallet prøvestasjoner reduseres etter faktisk produksjon (NS9410 2016).

Tidspunkt for prøvetaking skal være i løpet av de to siste månedene med maksimal belastning og frem til to måneder etter utslakting. C-undersøkelser ved maksimal belastning skal også utføres etter første generasjon på en ny lokalitet eller ved utvidelse av MTB, mens minimumskravet til frekvensen for fremtidige undersøkelser bestemmes av tilstandsklassen som ble gitt ved foregående undersøkelse (tabell 1.1.1). Dersom frekvensene ikke sammenfaller, gjelder den som gir hyppigst frekvens (NS9410 2016). I tillegg kan fylkesmannen sette spesifikke krav i utslippstillatelsen.

Dersom resultatene fra C1 gir tilstand 4, skal det vurderes spesifikke tiltak av myndighetene. I tillegg til krav om C-undersøkelse som stilles i NS9410 (2016) kan det for den enkelte lokalitet finnes andre pålegg om C-undersøkelse, som for eksempel i utslippstillatelsen.

Tabell 1.1.1 Undersøkelsesfrekvenser for C-undersøkelsen inne i overgangssonen (C3, C4 osv.) og ved ytre grense av overgangssonen (C2) ved ulike tilstandsklasser. Fritt etter NS9410 (2016).

Stasjon	Tilstandsklasse	Neste produksjonssyklus	Hver annen produksjonssyklus	Hver tredje produksjonssyklus
C2	Moderat (III) eller dårligere*	X		
	Svært god (I) eller god (II)			X
Samlet for C3, C4, osv.	Dårligere enn Moderat (III)*	X		
	Moderat (III)		X	
	Svært god (I) eller god (II)			X

* Krever alternativ undersøkelse for å kartlegge utbredelsen av redusert tilstand. Dette avklares med myndighetene.

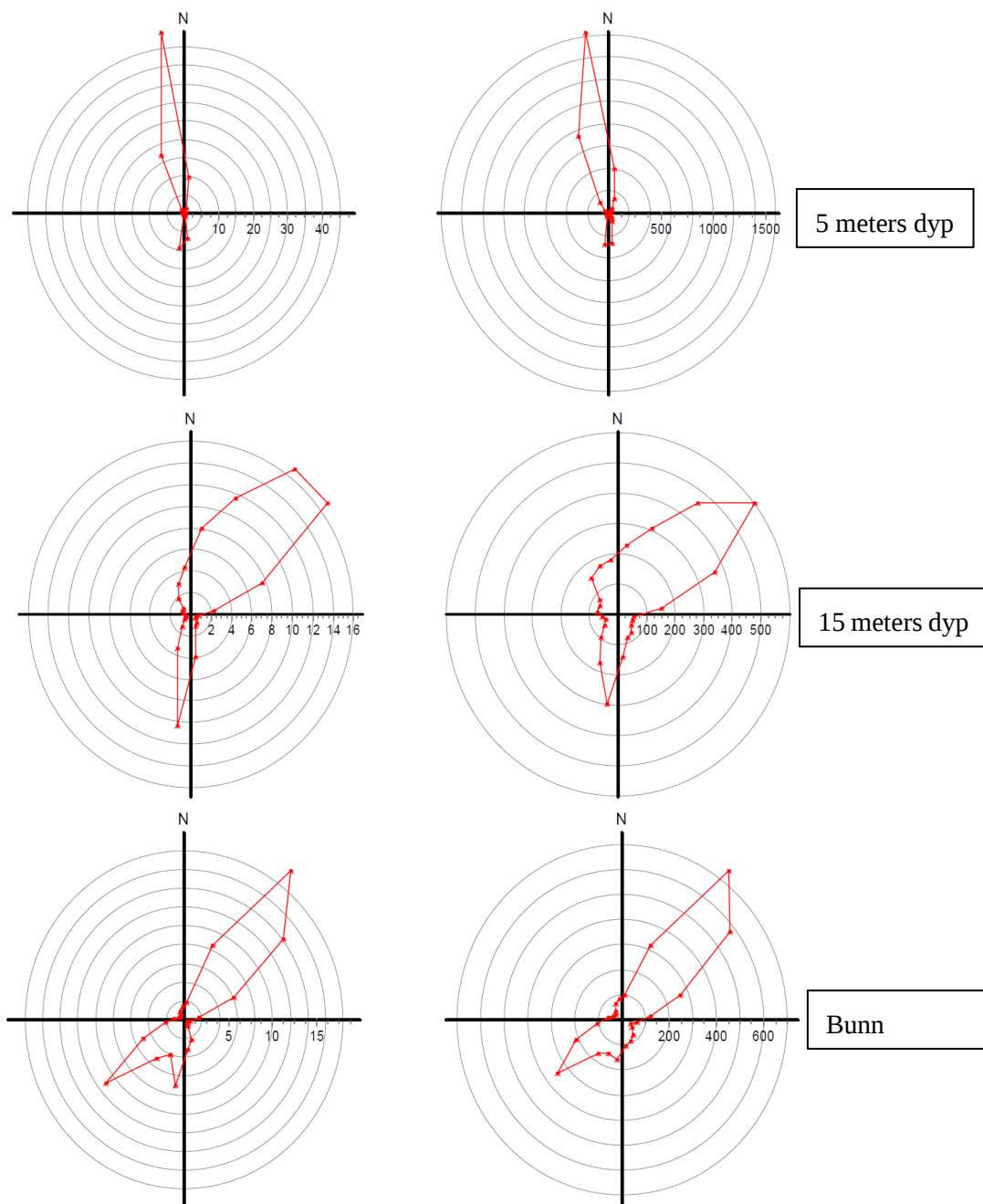
2 Materiale og metode

2.1 Område og prøvestasjoner

Oppdrettslokaliteten Havsundet ligger i Tarvafjorden i Bjugn Kommune, Trøndelag Fylke. Anlegget ligger plassert i økoregion Norskehavet sør (H) med vanntype moderat eksponert kyst (2). Lokaliteten ligger nærmere bestemt i Havsundet, som ligger øst for Tarva (figur 2.1.1). Området hvor anlegget er plassert er grunt og varierer mellom 20 og 35 meter. Det er ikke foretatt målinger av spredningsstrømmen, men målinger på 5, 15 og bunn viser vannfluks som varierer mellom øst nordøst og sørlig retning. På bunn ble det registrert en dominerende vannfluks mot nordøst (figur 2.1.2; *Havbrukstjensten, 2009*). Det er brukt kobberimpregnerte nøter i denne produksjonssyklusen.



Figur 2.1.1 Geografisk plassering av lokaliteten (blå sirkel). Nærliggende anlegg er markert med røde sirkler. Kartet har nordlig orientering. Kartdatum WGS84.

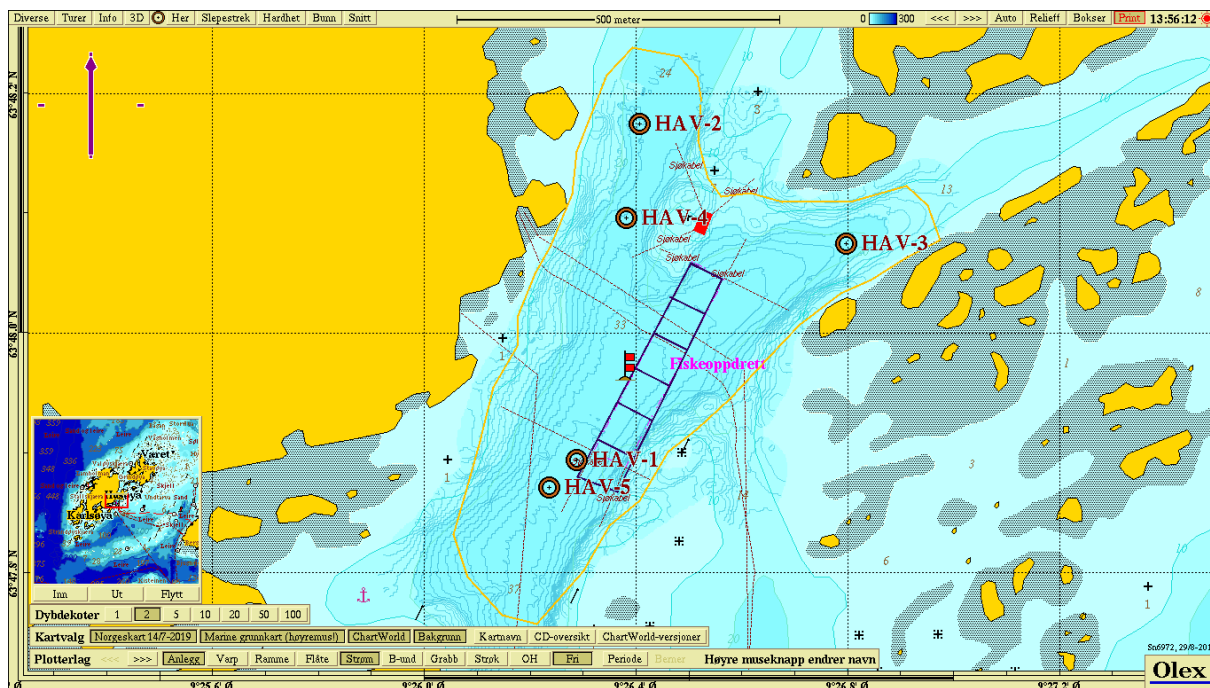


Figur 2.1.2 Strømforhold. Fordelingsdiagrammene til høyre angir antallet målepunkter (frekvens) i ulike himmelretninger. Figurer til venstre viser relativ vannfluks som angir hvor stor prosent av vannmassene (mengde) som fordeler seg i de ulike himmelretningene. Målingene er utført på 5m, 15m og bunn. Kartdatum WGS84 (Havbruketstjensten, 2009).

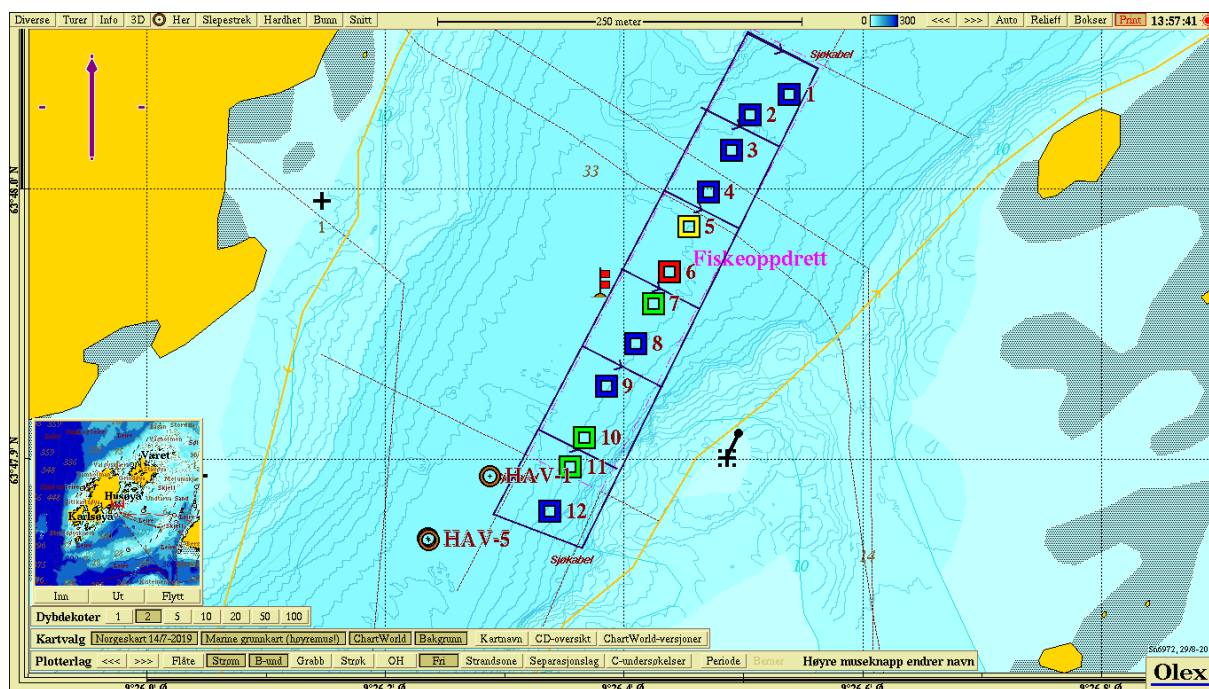
Valg av stasjoner ble gjort på bakgrunn av krav i NS9410 (2016) og miljøovervåkingsplanen (Åkerblå AS, 2017). Grunnet tidligere B-undersøkelser er det krevd et mer omfattende overvåkingsregime på lokaliteten, og det er derfor opprettet fem istedenfor tre stasjoner, som er et minimumskrav i NS9410. Stasjonene er plassert i de delene av overgangssonen hvor det er registrert vannforflytning for å gi et bedre vurderingsgrunnlag av påvirkningen fra produksjonen. I denne undersøkelsen ble det tatt utgangspunkt i stasjonsplasseringen fra forrige undersøkelse som ble utført i 2017.

Nærstasjonen skal normalt sett bli plassert i området hvor B-undersøkelsen dokumenterte høyest belastning. Grunnet hindringer og utfordringer med å hente opp godkjente grabbskudd i det aktuelle området, ble stasjonen flyttet til sørlige deler av anlegget, omtrent 25-30 meter fra merdkant. Generelt er prøveområdet både ved anlegget og ellers i resipienten i nærheten preget av relativt harde sediment, stein og bergforekomster som gjorde det utfordrende med å innhente prøvemateriale.

I foregående undersøkelse ble C2-stasjonen oppkalt HAV-3 og C3-stasjonen HAV-2, navnene er nå skiftet plass med hverandre for å minimere feiloppfatninger. Det er antatt at vannforflytningen i hovedsak vil bli spredt mot nor og nordøst nord for anlegget, hvor topografi og batymetriske attributter vil føre vannmassene i retning mot nor og nordøst. Stasjon HAV-3 er derfor plassert i en renneformasjon som blir gradvis grunnere nordøst for anlegget. På grunn av batymetrisk utforming er det her forventet et akkumuleringspotensiale som vil bli overvåket av stasjonen. Stasjonen er plassert omtrent 200 meter nordøst for merdkant. Stasjon HAV-4 ble plassert mellom anlegget og C2-stasjonen for å danne en belastningsgradient mot nord. Stasjonen er plassert 115 meter vest-nordvest for anleggsrammen. Da det er målt vannforflytning mot sør ble det etablert en stasjon sør for anlegget som skal overvåke denne delen av resipienten. Stasjon HAV-5 ble plassert 50 meter sør for merdkant (figur 2.1.3-2.1.4; tabell 2.1.1).



Figur 2.1.3 Plassering av anleggsramme og fortøyningslinjer med bunntopografi, prøvestasjonsplassering (brun runding), målepunkt for strømundersøkelse (flagg) og antatt utstrekning av overgangssonen (gul linje). Rød pil angir hovedretning for spredningsstrøm (relativ fluks). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



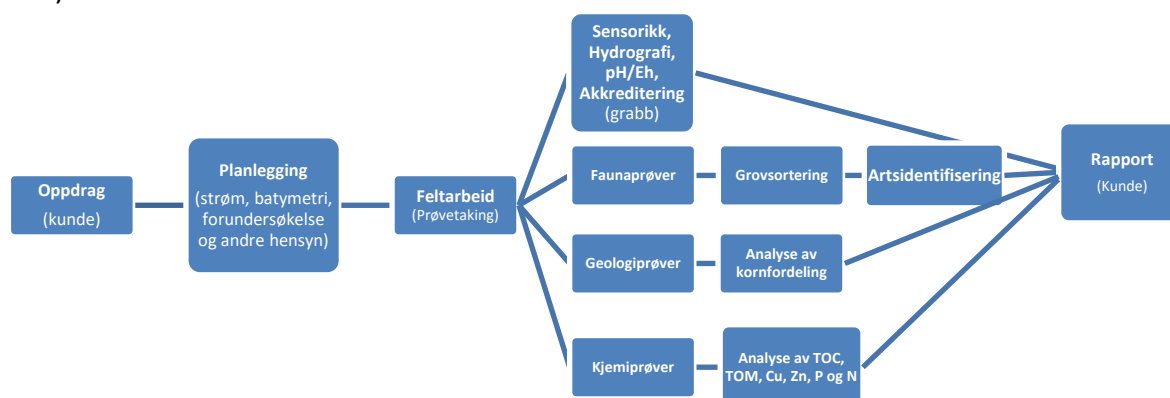
Figur 2.1.4 Anleggsplassering og fortøyningslinjer, B-undersøksstasjoner (kryss) og C-stasjonens innerste prøvestasjon (brune rundinger). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

Tabell 2.1.1 Stasjonsbeskrivelser. Stasjonsplasseringen beskrives i NS9410 (2016) som overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen (C1), ytterkant av overgangssone (C2) og som overgangssone (C3, C4 osv.). Undersøkelsen omfatter kvalitative faunaprøver (FAU), pH- og Eh målinger (PE), kjemiske parametre (KJE), geologiske parametre (GEO) og hydrografiske målinger (CTD). Koordinater er oppgitt med datum WGS84 og avstand fra merdkant og dyp (meter) på prøvestasjonen er oppgitt.

Stasjon	Koordinater	Avstand	Dyp	Parametre	Plassering
HAV-1	63°47.893'N / 09°26.290'Ø	25-30	35	FAU, KJE, GEO, PE	C1
HAV-2	63°48.173'N / 09°26.400'Ø	230	23	FAU, KJE, GEO, PE	C2
HAV-3	63°48.073'N / 09°26.799'Ø	200	22	FAU, KJE, GEO, PE	C3
HAV-4	63°48.091'N / 09°26.385'Ø	115	26	FAU, KJE, GEO, PE	C4
HAV-5	63°47.870'N / 09°26.236'Ø	50	35	FAU, KJE, GEO, PE, CTD	C5

2.2 Prøvetaking og analyser

Uttak av prøver og vurdering av akkrediteringsstatus per grabbhugg ble gjennomført av feltpersonell i henhold til NS9410 (2016) og NS-EN ISO 16665 (2014). Det ble tatt tre grabbhugg på hver prøvestasjon hvor to ble tatt ut til faunaundersøkelse og én til geologiske- og kjemiske undersøkelser. I felt vurderes prøvene for sensoriske parametere, pH og Eh og om huggene er akkrediterte eller ikke. Vurderingen av akkreditering baseres på om overflaten var tilnærmet uforstyrret og om det ble hentet opp minimum mengde av sediment som er avhengig av type (stein, sand, mudder osv.). For kjemianalyser ble det tatt prøver fra øverste 1 cm av overflaten, mens for de geologiske prøvene (kornfordeling) fra de øverste 5 cm. Kornfordelingen illustrerer mikroklimaet i en mindre prøve, mens de sensoriske dataene for sedimentsammensetningen gjelder hele grabbinnholdet. For faunaundersøkelsen ble de to grabbprøvene i sin helhet vasket i en sikt, fiksert med formalin tilsatt farge (bengalrosa) og nøytralisert med boraks (tabell 2.2.1; vedlegg 1). For kjemiske parameterne ble det tatt ut prøve til analyse av totalt organisk karbon (TOC), totalt organisk materiale (TOM; glødetap), nitrogen (N), fosfor (P), kobber (Cu) og sink (Zn) fra samme hugget som det ble tatt ut prøve for kornfordeling (tabell 2.2.2; vedlegg 2) som alle ble analysert av underleverandøren (figur 2.2.1).



Figur 2.2. 1 Arbeidsflyt.

Grunnet stor mengde sediment etter vasking ble det foretatt «subsampling» av prøvematerialet hvor ¼ av materialet er tatt ut for grovsortering i henhold til intern prosedyre ved grabb 2 på stasjon HAV-2.

Tabell 2.2.1 Prøvetakingsutstyr.

Utstyr	Beskrivelse
Sedimentprøvetaker	«Van Veen» grabb (Størksen) på 0,1 m ²
pH-måler	YSI Professional Plus/YSI 1003 pH/ORP Probe kit (#605103)
Eh-måler	YSI Professional Plus/YSI 1003 pH/ORP Probe kit (#605103)
Sikt	Runde hull, 1 mm diameter (KC-Denmark)
GPS og kart	Olex, GPS og kart fra Kartverket, Datum WGS84
Konservering	Boraks og formalin (4% bufret i sjøvann)
CTD	SAIV AS
Annet	Linjal, prøveglass, skje, hevert og hvit plastbalje, kamera

Tabell 2.2.2 Oversikt over arbeid utført av Åkerblå AS (ÅB AS) og underleverandører (LEV) som er benyttet. AK = Akkreditering, K-AS = Kystlab AS, Cu = kobber, Zn = sink og P = fosfor.

	LEV	Personell	AK	Standard
Sidemannskontroll	ÅB-AS	OHT	-	Intern metode
Feltarbeid	ÅB AS	JKL/JN	TEST 252	NS-EN ISO 16665:2014
Grovsortering	ÅB AS	Jolanta Ziliukiene	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Artsidentifisering	ÅB AS	N.S./M.S./M.H./A.L.	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Statistiske utregninger	ÅB AS	Annika Liungman/Embla Østebrøt	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Vurdering og tolkning av bunnfauna	ÅB AS	Annika Liungman/Embla Østebrøt	TEST 252: P32	V02:2013 (2015), SFT 97:03, NS 9410:2016
Cu, Zn og P	K-AS	K-AS	TEST 070	NS-EN ISO 17294-2
Total organisk karbon (TOC)*	K-AS	K-AS*	-	ISO 10694 mod./EN13137A
Kornfordeling	K-AS	K-AS	-	DIN 18123
Nitrogen	K-AS	K-AS	TEST 070	Intern metode

* Utført av underleverandør til Kystlab AS

Målinger for hydrografi ble gjennomført ved at CTD-sonden med et påmontert lodd ble firt til loddet traff bunnen og deretter hevet til overflaten. Sonden gjorde én registrering hvert 2. sekund og målte salinitet, temperatur og oksygeninnhold. Data fra senkning av sonden ble benyttet (intern prosedyre). Uthenting av data og behandling av disse ble gjort med programvaren Minisoft SD200w versjon 3.18.7.172 og Microsoft Excel (2007/2010/2013).

Faunaprøver er sortert og identifisert (Horton et al. 2016) av personell i avdelingen for Marine Bunndyr i Åkerblå AS.

Utrekningen av artsmangfold (ES_{100}) ble utført med programpakken PRIMER (versjon 6.1.6/7, Plymouth Laboratories). Sensitivitetsindeksen AMBI (komponent i NQI1) ble utregnet ved hjelp av programpakken AMBI (versjon 5.0, AZTI-Tecnalia). Alle øvrige utregninger ble utført i Microsoft Excel. Shannon-Wiener diversitetsindeks og Jevnhetsindeksen (J) ble regnet ut i henhold til Shannon & Weaver (1949) og Veileder 02:2018 (2018). ISI- og NSI-indeksene ble beregnet i henhold til Rygg & Norling (2013). AMBI-indeks og NQI1-indeks ble beregnet etter Veileder 02:2018 (Anon 2013). Vurderinger og fortolkninger ble foretatt ut fra Veileder 02:2018 (2018; vedlegg 5).

Artenes toleranse til forurensning er angitt av de fem økologiske gruppene som NSI-indeksen faller under (vedlegg 3 og 5). På grunn av lokal påvirkning helt opp til utslippskilden kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser for å angi miljøtilstand. I denne rapporten ble vurdering av stasjonen i overgangen anleggssone/overgangssone (HAV-1) gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning i henhold til NS 9410 (2016), mens øvrige stasjoner bedømmes på bakgrunn av en tilstandsverdi (nEQR) av indeksene: NQI1, Shannon Wiener diversitetsindeks (H'), ES_{100} , ISI og NSI (tabell 2.2.3; vedlegg 4). Det er i tillegg beregnet indekser for nærstasjonen.

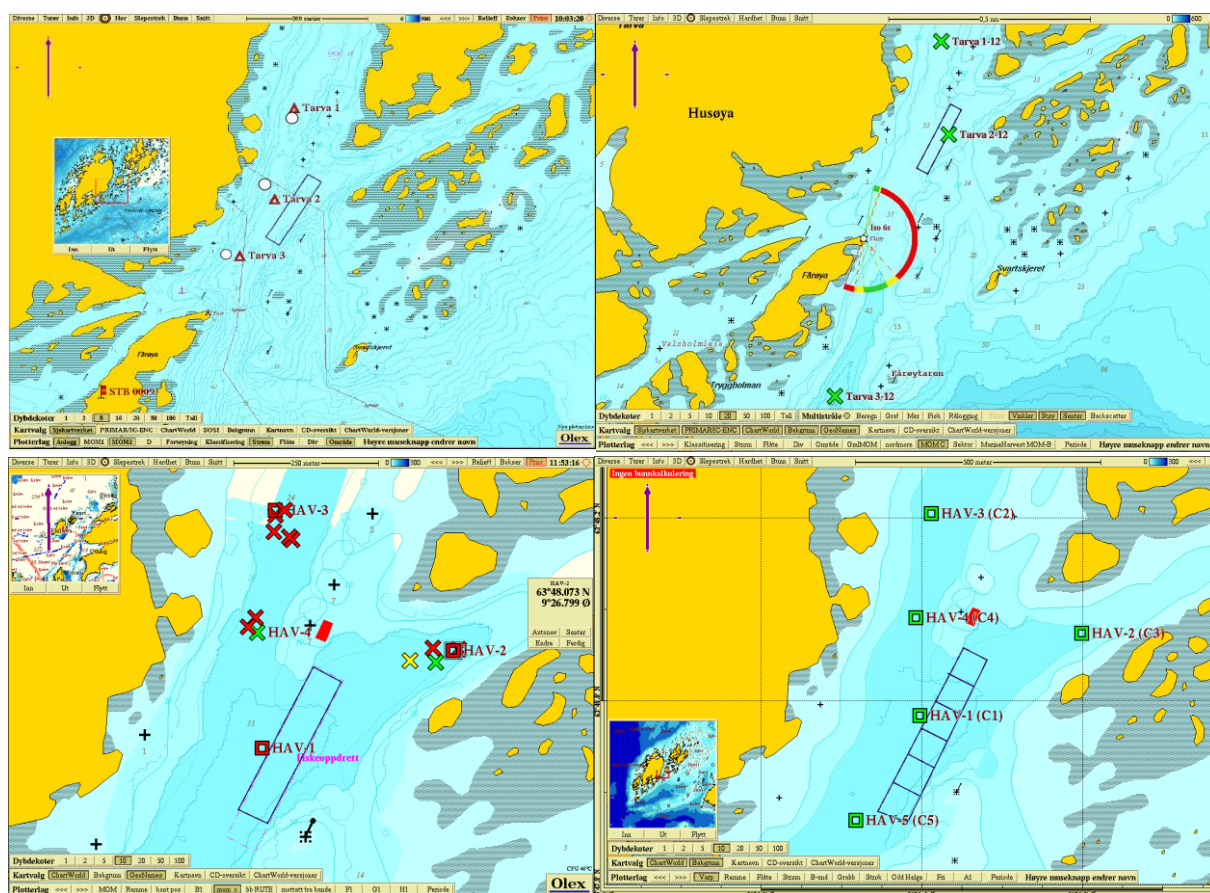
Veileder 02:2018 (2018) omtaler alle tilstander som *tilstandsklasser*, mens NS9410 (2016) omtaler det som *miljøtilstand*. I denne rapporten brukes *tilstand* om alle tilfeller hvor det for veilederen beskrives som tilstandsklasse og for NS9410 (2016) beskrives som miljøtilstand. Øvrige uttrykk er beholdt som skrevet i de respektive standarder og veiledere. I veileder 02:2018 brukes gjennomsnittlig nEQR-verdi som klassifiseringsgrunnlag per prøvestasjon. I NS9410 (2016) klassifiseres overgangssonen på bakgrunn av samlet stasjonsverdi. Åkerblå omtaler begge resultatformer for tilstandsverdi for enkelhetens skyld (Tabell 2.2.3).

Tabell 2.2.3 Indekser og forkortelser.

Indeks	Beskrivelse
S	Antall arter i prøven
N	Antall individer i prøven
NQ11	Sammensatt indeks av artsmangfold og ømfintlighet
H'	Shannon-Wiener artsmangfoldindeks
H' _{max}	Maksimal diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter (= $\log_2 S$)
ES ₁₀₀	Hurlberts diversitetsindeks (Kun oppgitt dersom $N \geq 100$)
J	Jevnhetsindeks
ISI	Sensitivitetsindeks (Indicator Species Index)
NSI	Norsk sensitivitetsindeks som angir artenes forurensningsgrad
$\bar{G}$	Grabbverdi: Gjennomsnitt for grabb 1 og 2
$\bar{S}$	Stasjonsverdi: kombinert verdi for grabb 1 og 2
nEQR	Normalisert ratio ("Normalised Ecological Quality Ratio")
Tilstand	Generalisert uttrykk som omfatter tilstandsklasse og miljøtilstand
Tilstandsverdi	Verdigrunnlaget for tilstandsvurdering

2.3 Tidligere undersøkelser

Det har tidligere blitt utført C-undersøkelser ved lokaliteten i 2009 og 2012 (Aqua Kompetanse), 2014 (Havbruketstjenesten AS) og 2017 (Åkerblå AS); figur 2.3.1 og tabell 2.3.1). Både undersøkelsen fra 2012 og 2019 ble gjort ved maksimal belastning ved lokaliteten. Før undersøkelsen i 2019 hadde anlegget vært brakklagt i ett halvt år (juni 2017 – mars 2018). Siden 2009 har stasjonsplasseringer endret seg, noe som skyldes endringer i krav av stasjonsplassering i standarden (NS:9410) som ble revidert i 2016. Det ble derfor ansett som lite hensiktsmessig å gjenta enkelte av de tidligere stasjonene. Basert på funksjon blir stasjonene i anleggssonen sammenlignet, der stasjon Tarva-2 2009 er litt langt fra merdkanten med hensyn tatt til NS:9410. Andre stasjoner sammenlignes grunnet dybde og geografisk plassering i forhold til hverandre. Fullstendig oversikt er gitt i tabell 2.3.1.



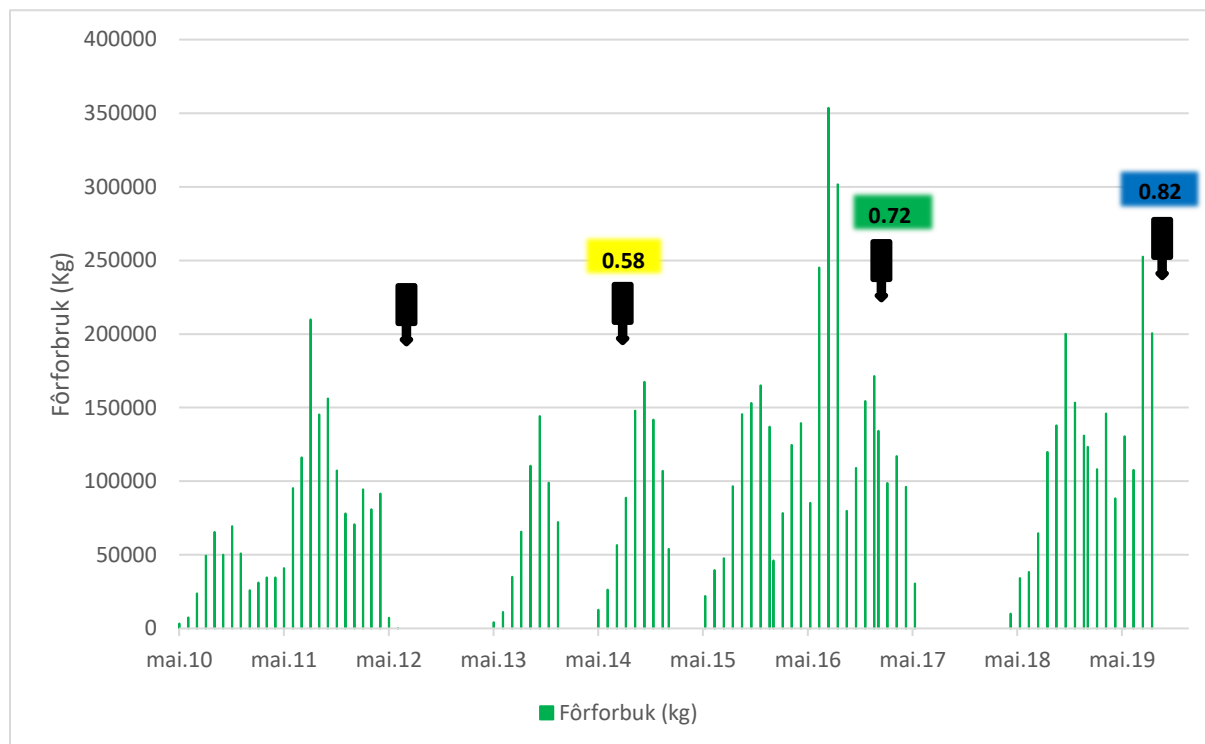
Figur 2.3.1 Plassering av prøvestasjoner for C-undersøkelser utført i 2009 (øvre venstre), 2012 (øvre høyre), 2014 (nedre venstre) og 2017 (nedre høyre). Kartene har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

Tabell 2.3.1. Oversikt over stasjonene som sammenlignes. Plasseringen angir innværende undersøkelse, og er ikke nødvendigvis definert slik i tidligere undersøkelse, tross lik plassering – grunnet endringer i NS9410.

Plassering/År	2009	2012	2014	2017	2019
Anleggssone	-	Tarva 2-12	HAV-1	HAV-1	HAV-1
Ytterkant overgangssone	Tarva 1	Tarva 1-12	HAV-3	HAV-3	HAV-2
Overgangssone	-	-	HAV-2	HAV-2	HAV-3
	-	-	HAV-4	HAV-4	HAV-4
	-	-	-	HAV-5	HAV-5

2.4 Produksjon

Fisk på lokalitet ble siste gang satt ut i april 2018. Ved tidspunkt for undersøkelsen var biomassen på lokaliteten omtrent 1377 tonn. Totalt fôrforbruk på lokaliteten de siste ni årene er 8305 tonn (figur 2.4.1; Harsvik, pers. med.).



Figur 2.4.1 Produksjonsinformasjon ved Havsundet for de siste generasjoner og frem til tidspunkt for undersøkelsen. Stolper indikerer fôrforbruk per måned. Pil angir prøvetidspunkt med bestemmende tilstandsverdi (nEQR) for undersøkelsen med: blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = Svært dårlig.

Tabell 2.4.1 Oppsummering av produksjonsdata. For hver undersøkelse angis dato for undersøkelsen, generasjonen av fisk (Gen), utfôret mengde ved tidspunkt for undersøkelsen samt budsjettert utfôret mengde på generasjonen. Tilvekst er oppgitt som fôrmengde delt på økonomisk fôrfaktor. Alt oppgitt i tonn.

Dato	Gen	Utfôret	Budsjett	Tilvekst	Merknader
27.08.2019	V-19	2389	-	-	Ved endt produksjon
31.01.2017	V-17	3593	-	-	
08.07.2014	V-14	577	-	-	
24.05.2012	V-12	1740	-	-	Ved endt produksjon

3 Resultater

3.1 Bunndyrsanalyser

Bunndyrsdata er klassifisert etter økoregion Norskehavet Sør (H) og vanntype moderat eksponert kyst (2).

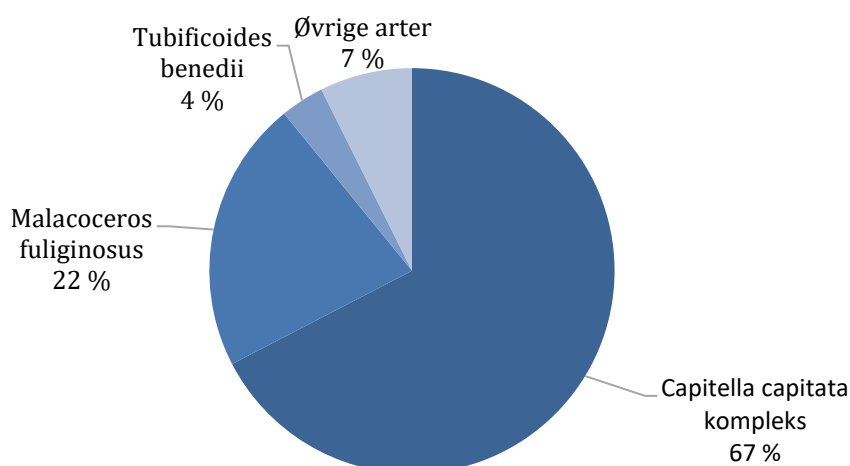
3.1.1 HAV-1

Ved HAV-1 ble det registrert 1518 individer fordelt på 37 arter (tabell 3.1.1.1 og figur 3.1.1.1). Den forurensningsindikerende børstemarken *Capitella capitata* var dominerende ved stasjonen, og den ble etter NS9410 (2016) klassifisert med **tilstand 2 (god)**, da ingen enkeltarter utgjorde ≥ 90 % av totalt individantall.

Tabell 3.1.1.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAV-1 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Capitella capitata</i> kompleks	5	1 023	67,4
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	5	330	21,7
<i>Tubificoides benedii</i>	5	53	3,5
<i>Idotea neglecta</i>		20	1,3
<i>Scoloplos armiger</i> kompleks	3	14	0,9
<i>Galathowenia oculata</i>	3	13	0,9
<i>Cirriformia tentaculata</i>		8	0,5
<i>Mediomastus fragilis</i>	4	8	0,5
<i>Thyasira sarsii</i>	4	7	0,5
<i>Thyasira flexuosa</i>	3	5	0,3
Øvrige arter	-	37	2,4

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



Figur 3.1.1.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAV-1.

På grunn av lokal påvirkning helt opp til utslippet/anlegget kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser for å angi miljøtilstand. Vurdering av disse stasjonene er i utgangspunktet gjort med bakgrunn i beskrivelse fra NS9410 (2016), men som tilleggsinformasjon er indekser for stasjonen i anleggssonen likevel beregnet (tabell 3.1.1.2).

Tabell 3.1.1.2 Faunaresultater fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individantall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de to grabbene ($\bar{G}$), og bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR $\bar{G}$). Gjennomsnittet av nEQR $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (ihht tabell V5.2).

Indeks	HAV-1-1	HAV-1-2	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	13	29	21	
N	1360	158	759	
NQI1	0,318	0,567	0,442	0,347
H'	1,068	3,590	2,329	0,496
J	0,289	0,739	0,514	
$H'_{\max}$	3,700	4,858	4,279	
ES100	4,199	22,710	13,455	0,527
ISI	4,358	6,619	5,488	0,293
NSI	6,451	13,225	9,838	0,197
Grabbverdi				0,372

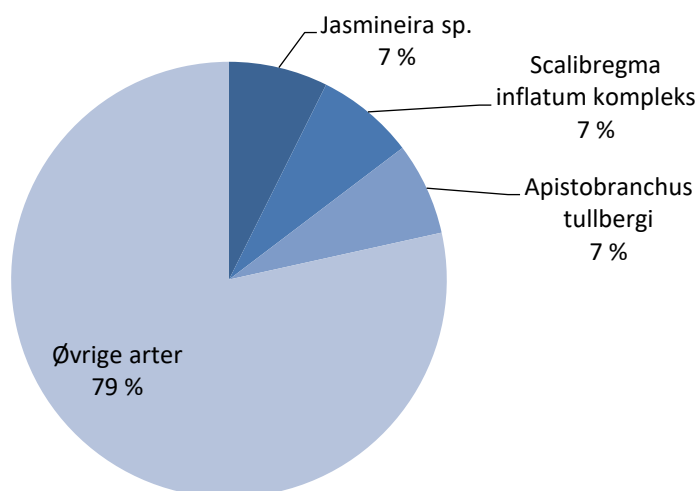
3.1.2 HAV-2

Ved HAV-2 ble det registrert 2038 individer fordelt på 125 arter (tabell 3.1.2.1, tabell 3.1.2.2 og figur 3.1.2.1). Forurensningstolerante og -nøytrale arter var vanligst ved stasjonen som ble klassifisert i midtre del av intervallet for **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2018.

Tabell 3.1.2.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAV-2 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Jasmineira</i> sp.	2	150	7,4
<i>Scalibregma inflatum</i> kompleks	3	149	7,3
<i>Apistobanchus tullbergi</i>	2	140	6,9
<i>Thyasira flexuosa</i>	3	131	6,4
<i>Paradoneis lyra</i>	2	130	6,4
<i>Aonides paucibranchiata</i>	1	92	4,5
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	76	3,7
<i>Tharyx killariensis</i>	2	63	3,1
<i>Lumbrineridae</i>	2	55	2,7
<i>Sabellidae</i>	2	51	2,5
Øvrige arter	-	1 001	49,1

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



Figur 3.1.2.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAV-2.

Tabell 3.1.2.2 Faunaresultater fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de to grabbene ($\bar{G}$), og bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR $\bar{G}$). Gjennomsnittet av nEQR $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (ihht tabell V5.2).

Indeks	HAV-2-1	HAV-2-2	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	104	81	93	
N	682	1356	1019	
NQI1	0,775	0,766	0,770	0,856
H'	5,622	5,334	5,478	0,998
J	0,839	0,841	0,840	
$H'_{\max}$	6,700	6,340	6,520	
ES100	44,260	39,640	41,950	0,965
ISI	9,292	9,814	9,553	0,836
NSI	23,191	24,527	23,859	0,754
Grabbverdi				0,882

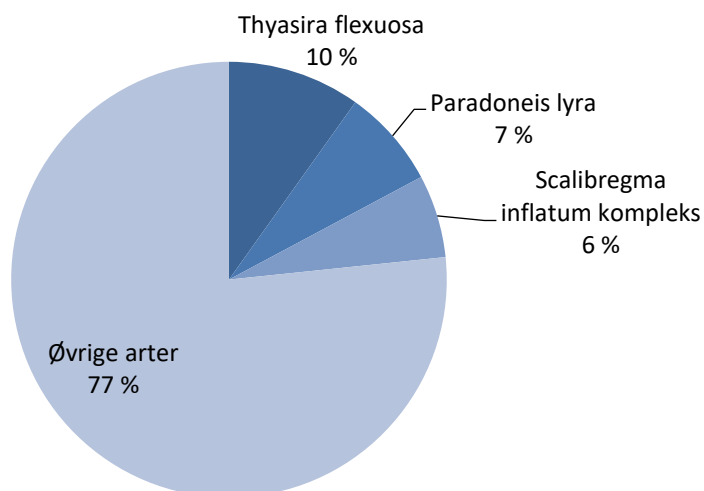
3.1.3 HAV-3

Ved HAV-3 ble det registrert 1349 individer fordelt på 129 arter (tabell 3.1.3.1, tabell 3.1.3.2 og figur 3.1.3.1). Forurensningstolerante arter var vanligst ved stasjonen som ble klassifisert i midtre del av intervallet for **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2018.

Tabell 3.1.3.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAV-3 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Thyasira flexuosa</i>	3	133	9,9
<i>Paradoneis lyra</i>	2	99	7,3
<i>Scalibregma inflatum kompleks</i>	3	83	6,2
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	71	5,3
<i>Melinna elisabethae</i>	2	64	4,7
<i>Syllis cornuta</i>	3	54	4,0
<i>Galathowenia oculata</i>	3	52	3,9
<i>Scoloplos armiger kompleks</i>	3	49	3,6
<i>Myriochele danielsseni</i>		48	3,6
<i>Leptochiton asellus</i>	1	36	2,7
Øvrige arter	-	660	48,9

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



Figur 3.1.3.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAV-3.

Tabell 3.1.3.2 Faunaresultater fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de to grabbene ($\bar{G}$), og bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR $\bar{G}$). Gjennomsnittet av nEQR $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (ihht tabell V5.2).

Indeks	HAV-3-1	HAV-3-2	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	104	96	100	
N	793	556	675	
NQI1	0,773	0,774	0,774	0,860
H'	5,542	5,567	5,555	1,000
J	0,827	0,845	0,836	
$H'_{\max}$	6,700	6,585	6,643	
ES100	43,370	44,360	43,865	0,981
ISI	9,311	9,343	9,327	0,827
NSI	23,665	23,319	23,492	0,740
Grabbverdi				0,881

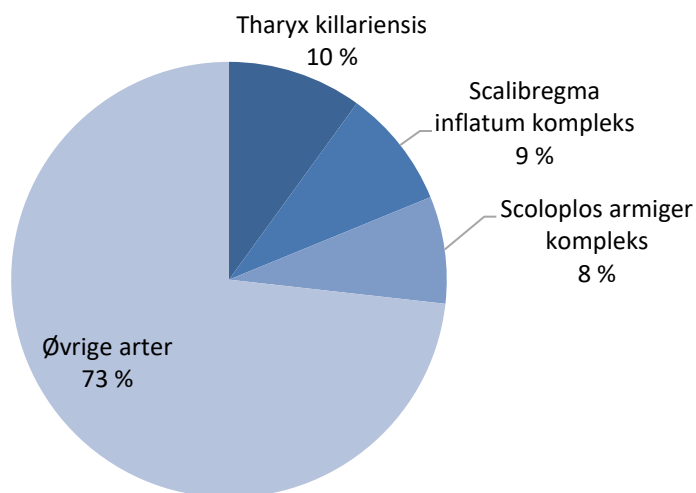
3.1.4 HAV-4

Ved HAV-4 ble det registrert individer 1722 fordelt på 122 arter (tabell 3.1.4.1, tabell 3.1.4.2 og figur 3.1.4.1). Forurensningstolerante og -nøytrale arter var vanligst ved stasjonen, som ble klassifisert i nedre del av intervallet **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2018.

Tabell 3.1.4.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAV-4 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Tharyx killariensis</i>	2	172	10,0
<i>Scalibregma inflatum</i> kompleks	3	152	8,8
<i>Scoloplos armiger</i> kompleks	3	137	8,0
<i>Chaetozone</i> sp.	3	128	7,4
<i>Paradoneis lyra</i>	2	126	7,3
<i>Thyasira flexuosa</i>	3	116	6,7
<i>Ampharete</i> sp.	1	66	3,8
<i>Galathowenia oculata</i>	3	52	3,0
<i>Mediomastus fragilis</i>	4	51	3,0
<i>Chaetozone zetlandica</i>		48	2,8
Øvrige arter	-	674	39,1

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensnings- indikerende (NSI-5)
----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	--	---------------------------------------



Figur 3.1.4.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAV-4.

Tabell 3.1.4.2 Faunaresultater fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de to grabbene ($\bar{G}$), og bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR $\bar{G}$). Gjennomsnittet av nEQR $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (ihht tabell V5.2).

Indeks	HAV-4-1	HAV-4-2	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	70	99	85	
N	568	1154	861	
NQI1	0,697	0,721	0,709	0,776
H'	4,513	5,179	4,846	0,927
J	0,736	0,781	0,759	
$H'_{\max}$	6,129	6,629	6,379	
ES100	28,880	35,860	32,370	0,881
ISI	8,685	8,347	8,516	0,759
NSI	21,843	22,177	22,010	0,680
Grabbverdi				0,805

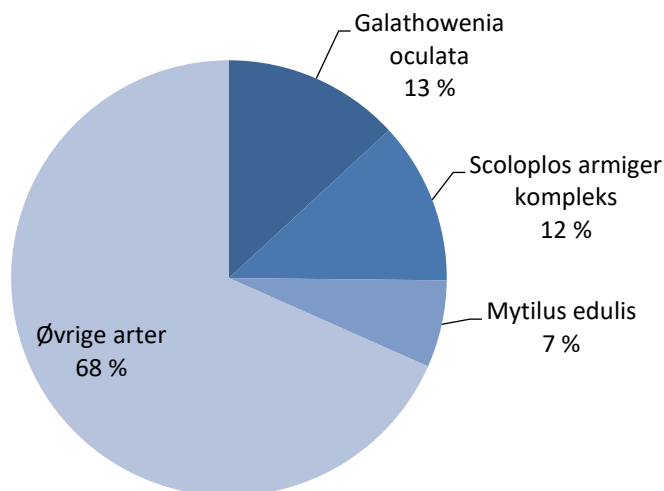
3.1.5 HAV-5

Ved HAV-5 ble det registrert 1820 individer fordelt på 101 arter (tabell 3.1.5.1, tabell 3.1.5.2 og figur 3.1.5.1). Forurensningstolerante arter var vanligst ved stasjonen, som ble klassifisert i øvre del av intervallet for **god tilstand** ut fra veileder 02:2018.

Tabell 3.1.5.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAV-5 oppgitt i antall og prosent, samt fargekodning for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Galathowenia oculata</i>	3	239	13,1
<i>Scoloplos armiger kompleks</i>	3	219	12,0
<i>Mytilus edulis</i>	4	118	6,5
<i>Ampharete sp.</i>	1	112	6,2
<i>Spio filicornis</i>	3	111	6,1
<i>Thyasira flexuosa</i>	3	100	5,5
<i>Eteone flava/longa</i>		91	5,0
<i>Capitella capitata kompleks</i>	5	76	4,2
<i>Ampharete baltica</i>		65	3,6
<i>Pseudopolydora aff. paucibranchiata</i>	4	38	2,1
Øvrige arter	-	651	35,8

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensnings- indikerende (NSI-5)
----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	--	---------------------------------------



Figur 3.1.5.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAV-5.

Tabell 3.1.5.2 Faunaresultater fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individantall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de to grabbene ($\bar{G}$), og bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR $\bar{G}$). Gjennomsnittet av nEQR $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (ihht tabell V5.2).

Indeks	HAV-5-1	HAV-5-2	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	62	81	72	
N	765	1055	910	
NQI1	0,689	0,725	0,707	0,771
H'	4,669	4,726	4,698	0,911
J	0,784	0,746	0,765	
$H'_{\max}$	5,954	6,340	6,147	
ES100	30,310	31,890	31,100	0,870
ISI	8,141	8,581	8,361	0,725
NSI	18,773	20,786	19,779	0,591
Grabbverdi				0,774

3.1.9 Samlet tilstandsverdi

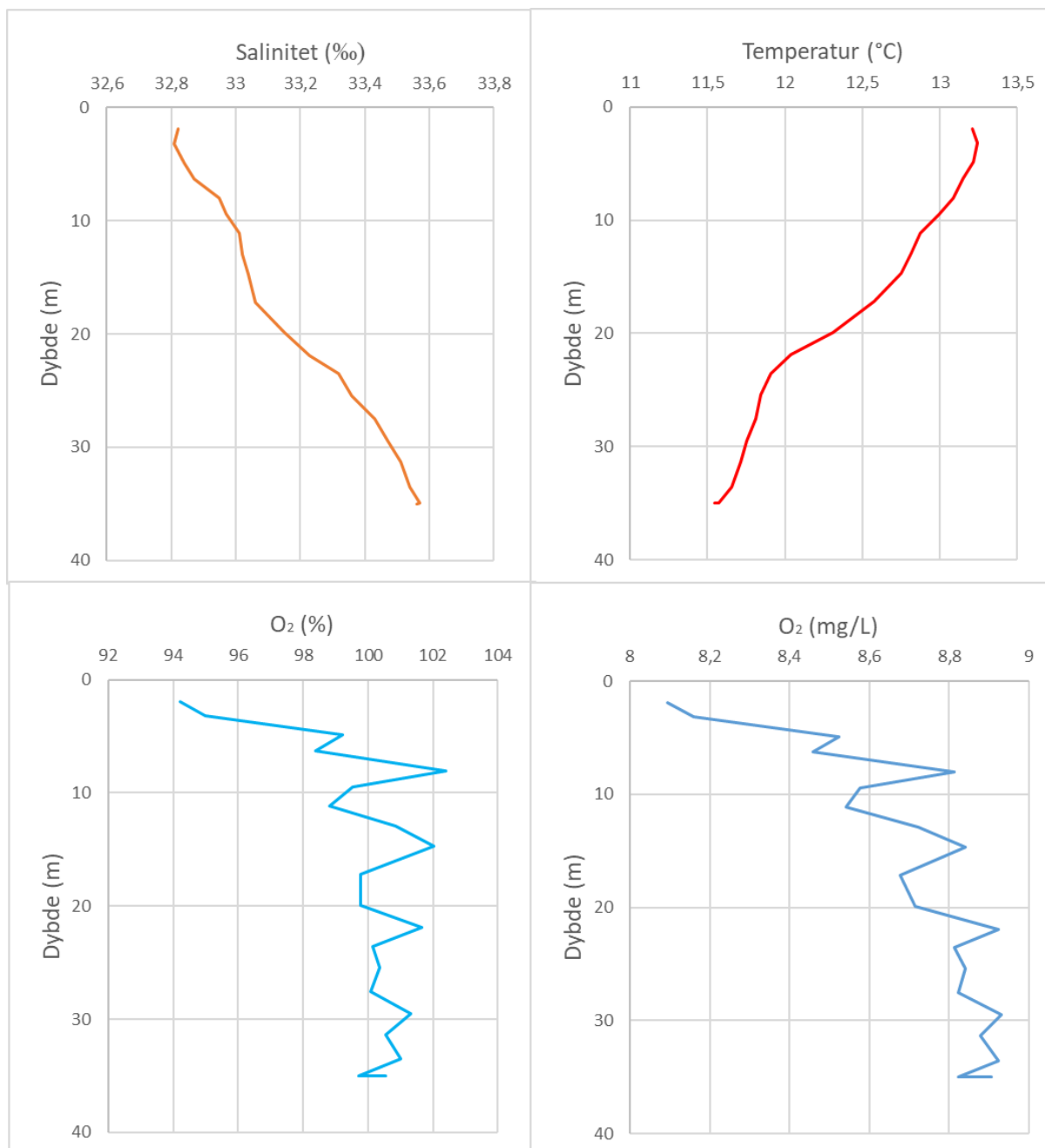
Undersøkelsesfrekvens for C-undersøkelser er bestemt av stasjonsverdien til C2-stasjon eller gjennomsnittet fra C3, C4, og C5 (tabell 3.1.9.1).

Tabell 3.1.9.2 Grabbverdi fra nEQR for stasjoner C2 og C3, C4 og C5.

Stasjonsbeskrivelse	Stasjon	Grabbverdi	Tilstand
Ytterkant av overgangsstasjonen (C2)	HAV-2	0,882	I (Svært god)
Overgangssonen (C3, C4, og C5)	HAV-3	0,881	I (Svært god)
	HAV-4	0,805	
	HAV-5	0,774	
	Gjennomsnitt	0,820	

3.2 Hydrografi

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved stasjon HAV-5 (figur 3.2.1). Resultatene fra oksygendata indikerer et stabilt høyt oksygeninnhold. Det var imidlertid noe variasjon i datagrunnlaget som gir usikkerhet på målingene og problemer med oksygensensoren har blitt avdekket i ettertid. Det forventes at oksygennivået var høyt og at tilstanden gjenspeiles i målingen, men det vil ikke bli gjort vurdering av tilstand i henhold til tabell V.5.3.



Figur 3.2.1 Temperatur (°C), salinitet (‰), oksygeninnhold (mg/l) og oksygenmetning (%) fra overflaten og ned til bunnen for prøvepunktet.

3.3 Sedimentanalyser

3.3.1 Sensoriske vurderinger

I hovedsak hadde sedimentet lys farge, bestod av skjellsand samtidig som det ikke ble registrert noe lukt eller mykere konsistens. Det ble ikke registrert forekomster av naturlig organisk materiale (planter, blader, kvister, tang, annet), fôr eller fekalier, gassdannelse eller beggiatoa. Et prøvehugg var godkjent for volum, mens samtlige prøvehugg var godkjent for overflate (Vedlegg 1).

3.3.2 Kornfordeling

Kornfordelingen viser at prøvene i hovedsak bestod av sand med en del innblanding av leire/silt og grus. (Tabell 3.3.2.1).

Tabell 3.3.2.1 Kornfordeling. Leire og silt er definert med kornstørrelser < 0,063 mm, sand er definert med kornstørrelser fra 0,063 – 2 mm, og grus er definert med kornstørrelser > 2 mm. Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	Leire og Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
HAV-1	3,1	96	<1
HAV-2	2,8	69	28
HAV-3	7,2	81	12
HAV-4	3,6	88	8,3
HAV-5	4,5	95	<1

3.3.3 Kjemiske parametere

Verdiene for pH og E_h ble klassifisert med tilstand (meget god) ved alle stasjonene utenom ved HAV-1 som ble klassifisert med tilstand II (god) (Tabell 3.3.3.1).

Tabell 3.3.3.1 pH- og E_h -verdier fra sedimentoverflaten. Beregnet poengverdi går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er meget god, og 4 er meget dårlig (NS 9410 2016). Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand
HAV-1	7,1	280	2	2
HAV-2	7,8	252	0	1
HAV-3	7,93	250	0	1
HAV-4	7,7	223	0	1
HAV-5	7,7	202	0	1

I hovedsak viste resultatene en moderat tilstand for nTOC på grunn av noe forhøyede konsentrasjoner av karbon i området. Innholdet av kobber og sink var lave og ble klassifisert med tilstand I (bakgrunn) ved alle stasjoner utenom en (HAV-1) der ble klassifisert med tilstand II (god). For fosfor og nitrogen er det ikke utarbeidet klassifiseringssystem, men innholdet av begge var høyest ved HAV-1 (Tabell 3.3.3.2).

Tabell 3.3.3.2 Innhold av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og etter innholdet av tørrstoff (TS). Tilstand (TS) er oppgitt etter FT Veileder 97:03 for normalisert TOC (nTOC; mg/g) og totalt organisk materiale (TOM; glødetap i % av TS). Sink (Zn; mg/kg TS) og kobber (Cu; mg/kg TS) klassifiseres etter Veileder 02:2018. Fosfor (P; mg/kg TS) og nitrogen (N; mg/kg TS) har ikke tildelt tilstand og karbon-nitrogenforholdet (C:N) er oppgitt som ratio mellom de to enhetene. Måleusikkerhet er oppgitt for kobber, sink, fosfor og nitrogen. Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	TOM	nTOC	TS	N	±	C:N	P	±	Zn	±	TS	Cu	±	TS
HAV-1	5	40,4	IV	2600	393	8,8	4000	1000	71	14	I	49	15	II
HAV-2	3	27,2	III	1200	180	8,1	560	140	13	2,5	I	5,1	1,5	I
HAV-3	4,2	33,7	III	1600	233	10,6	530	130	24	4,7	I	7,9	2,4	I
HAV-4	3,3	26,7	II	1200	177	7,8	430	110	14	2,9	I	4,7	1,4	I
HAV-5	4,3	29,2	III	1900	275	6,3	650	160	24	4,8	I	6,2	1,9	I

3.4 Tidligere undersøkelser

3.4.1 Bunnfauna

Stasjonen i anleggssonen (HAV-1) har fått tilstand 1 (meget god) eller 2 (god) i undersøkelsene fra 2012 til 2019. Mengden *Capitella capitata* har minsket fra 87 % til 67 % og i tillegg har også antall arter har gått betraktelig opp. Individantall og dominerende art har variert noe mellom undersøkelsene (tabell 3.4.1.1).

For de fleste stasjonene i overgangssonen var både arts- og individantallet høyere i 2019 sammenlignet med undersøkelsene tidligere år. Hyppigst forekommende art var forskjellig mellom stasjonene, men graden av dominans var omtrent likt. Ved stasjonene i ytterkanten av overgangssonen har forholdene holdt seg stabile, unntatt resultatene fra 2014 da vanskelig prøvetaking gav en dårlig grabbeprøve.

Tabell 3.4.1.1 Sammenligning av resultater og Shannon-Wiener-klassifisering (H') fra bunnfaunaundersøkelsene i 2009, 2012, 2014, 2017 og i 2019. Tekst i kursiv er tatt med for sammenligningsgrunnlag, men inngår ikke vurderingene for stasjonen. i.a. = ikke aktuelt, *= vurderingen er gjort etter SFT-veileder. Verdiene er farget etter klassifisering og er oppdatert etter gjeldende veileder.

Stasjon	Antall arter/individer	Hyppigst forekommende art	Miljøtilstand (NS9410)	H' og klassifisering	NQI1 og klassifisering
Anleggssone/C1					
Tarva 2 2012	12/2698	<i>Capitella capitata</i> (87 %)	2 (god)	i.a	i.a
HAV-1 2014	30/264	<i>Scoloplos armiger</i> (57 %)	1 (meget god)	i.a	i.a
HAV-1 2017	17/3083	<i>Capitella capitata</i> (78 %)	2 (god)	i.a	i.a
HAV-1 2019	37/1518	<i>Capitella capitata</i> (67 %)	2 (god)	i.a	i.a
Overgangssone/C3, C4 og C5.					
HAV-2 2014	81/503	<i>Galathowenia oculata</i> (18 %)	i.a	4,603 (svært god)	0,793 (god)
HAV-2 2017	99/1198	<i>Scoloplos armiger</i> (13 %)	i.a	4,773 (svært god)	0,735 (svært god)
HAV-3 2019	129/1349	<i>Thyasira flexuosa</i> (10 %)	i.a	5,555 (svært god)	0,773 (Svært god)
HAV-4 2014	39/99	<i>Melinna elisabethae</i> (14 %)	i.a	4,836 (svært god)	0,775 (svært god)
HAV-4 2017	121/1651	<i>Capitella capitata</i> (32 %)	i.a	4,212 (svært god)	0,684 (god)
HAV-4 2019	122/1722	<i>Tharyx killariensis</i> (10 %)	i.a	4,846 (svært god)	0,709 (god)
HAV-5 2017	112/2071	<i>Galathowenia oculata</i> (16 %)	i.a	4,056 (svært god)	0,702 (god)
HAV-5 2019	101/1820	<i>Galathowenia oculata</i> (13 %)	i.a	4,698 (svært god)	0,707 (god)
Ytterkant av overgangssone/C2					
Tarva 1 2009	100/1219	<i>Polydora</i> sp. (16 %)	1 * (meget god)	4,870 (svært god)	i.a
HAV-3 2014	35/112	<i>Leptochiton asellus</i> (32 %)	i.a	4,039 (god)	0,852 (svært god)
HAV-3 2017	97/708	<i>Leptochiton asellus</i> (8 %)	i.a	5,301 (svært god)	0,803 (svært god)
HAV-2 2019	125/2038	<i>Jasmineira</i> sp. (7 %)	i.a	5,478 (svært god)	0,770 (svært god)

3.4.2 Sediment

Sedimentresultatene har endret seg lite mellom undersøkelsene; ingen lukt eller sverting ble registrert noen av årene (tabell 3.4.2.1).

Tabell 3.4.2.1 Sammenlikning av sensoriske vurderinger ved de ulike stasjonene ved de ulike prøvetidspunktene (- = manglende data). Volum/overflate henviser til om dette er i henhold til akkrediteringskrav eller ikke.

Stasjon og år	Dyp	Lukt	Farge	pH/EH-TS	Volum/overflate
Anleggssone/C1					
Tarva 2 2012	29	Ingen	Grå	-	OK/-
HAV-1 2014	33	Ingen	Naturlig	1/Meget god	Nei/OK
HAV-1 2017	33	Ingen	Lys	1/Meget god	OK/OK
HAV-1 2019	35	Ingen	Lys	2/God	Nei/OK
Overgangssone/C3, C4 og C5.					
HAV-2 2014	22	Ingen	Naturlig	1/Meget god	Nei/OK
HAV-2 2017	23	Ingen	Lys	1/Meget god	OK/OK
HAV-3 2019	22	Ingen	Lys	1/Meget god	Nei/OK
HAV-4 2014	25	Ingen	Naturlig	1/Meget god	Nei/OK
HAV-4 2017	27	Ingen	Lys	1/Meget god	Nei/OK
HAV-4 2019	26	Ingen	Lys	1/Meget god	Nei/OK
HAV-5 2017	36	Ingen	Lys	1/Meget god	OK/OK
HAV-5 2019	35	Ingen	Lys	1/Meget god	Nei/OK
Ytterkant av overgangssone/C2					
Tarva 1 2009	24	Ingen	Grå	2/God	-/-
HAV-3 2014	24	Ingen	Naturlig	1/Meget god	Nei/OK
HAV-3 2017	23	Ingen	Lys	1/Meget god	Nei/OK
HAV-2 2019	23	Ingen	Lys	1/Meget god	Nei/OK

3.4.3 Kjemiske parametere

De kjemiske parameterne viser i hovedsak uendrede tilstandsklasser, med unntak av karbon ved HAV-4 som var lavere i 2019 sammenlignet med undersøkelsen i 2017. Mengden fosfor har økt for hver undersøkelse ved stasjon C1. Fosfor og nitrogen har også økt til en viss grad på de andre stasjonene (tabell 3.4.3.1).

Tabell 3.4.3.1 Sammenlikning av undersøkte kjemiske parametere og etter innholdet av tørrstoff (TS) ved de ulike prøvetidspunktene. Tilstand (TS) er oppdatert etter gjeldende veileder for sink (Zn; mg/kg TS), kobber (Cu; mg/kg TS), normalisert TOC (nTOC; mg/g). Fosfor (P; mg/kg TS) har ikke tilstandsklasser (- = manglende data).

Stasjon og år	nTOC	TS	P	N	Zn	TS	Cu	TS
Anleggssone/C1								
Tarva 2 2012	76	V	190	-	67	I	50	II
HAV-1 2014	35,33	IV	818	-	23	I	8,31	I
HAV-1 2017	30,2	III	1300	1610	36	I	19	I
HAV-1 2019	40,4	IV	4000	2600	71	I	49	I
Overgangssone/C3, C4 og C5.								
HAV-2 2014	35,58	IV	424	-	12,8	I	3,97	I
HAV-2 2017	34,3	IV	400	1020	20	I	4,1	I
HAV-3 2019	33,7	III	530	1600	24	I	7,9	I
HAV-4 2014	-	-	-	-	-	-	-	-
HAV-4 2017	28,5	III	410	1030	13	I	3,9	I
HAV-4 2019	26,7	II	430	1200	14	I	4,7	I
HAV-5 2017	30,3	III	570	1490	21	I	5,6	I
HAV-5 2019	29,2	III	650	1900	24	I	6,2	I
Ytterkant av overgangssone/C2								
Tarva 1 2009	40,1	IV	330	-	19	I	6	I
HAV-3 2014	-	-	-	-	-	-	-	-
HAV-3 2017	28,8	III	330	658	13	I	3,3	I
HAV-2 2019	27,2	III	560	1200	13	I	5,1	I

4 Diskusjon

Samlet viser undersøkelsen gode faunaforhold i overgangssonen, der stasjonene ble klassifisert med beste eller nest beste tilstand. Hyppigst forekommende art var forskjellig mellom stasjonene, men de var alle forurensingsnøytrale eller -tolerante arter med lav dominans. Samlet sett viser støtteparametere tilsvarende gode forhold som bunnfaunaen viste, foruten om moderate konsentrasjoner av karbon. I overgangssonen indikerer området like sørvest for anlegget størst påvirkning med noen arter som forbindes med organisk belastning. Likevel var det høy biodiversitet og god samlet tilstandsvurdering. Da *Mytilus edulis* var en av de hyppigste forekommende artene ved denne stasjonen kan det tyde på innflytelsen fra merden, da blåskjell vokser på merder og lett faller av derfra. Man bør vurdere om det skal tas prøver litt lenger sør for anlegget som kan gi et bedre bilde av situasjonen i denne delen av overgangssonen.

Ved stasjonen plassert i anleggssonen, viste resultatene fra bunnfaunaen god tilstand i enighet med NS:9410 siden det var et høyere antall ulike arter, og ingen enkeltart dominerte (>90%). Det kan nevnes at de tre dominerende artene var alle forurensingsindikerende og stod for til sammen 93% av det totale individantallet. Vanligst forekommende art var den forurensingsindikerende børstemarken *Capitella capitata* som ofte forbindes med belastning fra oppdrett. Målt verdier for organisk karbon var forhøyede og ble klassifisert til dårlig tilstand. Resultatene fra måling av øvrige støtteparametere viste god tilstand.

Sammenlignet med tidligere undersøkelser ser det ut til at situasjonen har bedret seg noe i overgangssonen med hensyn til bunnfauna og organisk karbon. Artsantall har økt og individantall har minsket noe ved de fleste stasjonene og klassifiseres til beste eller nest beste tilstand. Konsentrasjonen av de fleste kjemiske støtteparametere har økt noe med årene, utenom karboninnholdet (nTOC) som har minsket noe, selv om den fortsatt er innenfor moderat tilstand I anleggssonen har faunaforholdene blitt klassifisert likt (god), bortsett fra i 2014 hvor stasjonen fikk beste tilstandsvurdering. Likevel viser resultatene at forholdene har bedret seg med økt biodiversitet siden 2017. Dette er i motsetning til at konsentrasjonen av kjemiske støtteparametere økt, uten at klassifiseringene har endret seg. Brakkleggingen mellom juni 2017 og mars 2018 ser ut til å ha forbedret levekårene for bunnfaunaen i anleggssonen og situasjonen i overgangssonen er relativt stabile.

Den samlede tilstanden for undersøkelsen i 2019 blir svært god og krav til undersøkelsesfrekvens er iht. NS9410 (2016) hver tredje produksjonssyklus, forutsatt at undersøkelsen ble tatt på maks produksjonsbelastning.

Normalt krever C-undersøkelser målinger på spredningsdypet, men her foreligger det ikke. Det er likevel ikke sannsynlig at ytterligere målinger basert på flere dyp er nødvendig for denne undersøkelsen. Nåværende stasjonsplasser dekker sannsynligvis godt det grunne området

med renneformasjoner rundt anleggsplasseringen. Videre ble ingen av grabbhuggene ble godkjente med hensyn til volum, men overflaten var uforstyrret og huggene var trolig representative på grunn av et relativt høyt arts- og individantall. Større volum vil som regel gi utslag i bedre tilstandsklassifisering, men siden stasjonene hadde beste eller nest beste tilstand er det ikke forventet en endring i totalvurderingen for Havsundet. CTD-data for denne undersøkelsen ble ikke klassifisert grunnet varierende målinger, men det er ikke grunn til å tro at det er dårlig vannutskifting i dette området.

5 Litteraturliste

- Bakke et al. (2007). Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *Klif publisasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. (2002). Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Carpenter EJ and Capone DJ. 1983. *Nitrogen in the marine environment*. Stony Brook, Marine Science Research Center. 900p
- Faganelli J, Malej A, Pezdic J and Malacic V. 1988. *C:N:P ratios and stable C isotopic ratios as indicator of sources of organic matter in the Gulf of Trieste (northern Adriatic)*. *Oceanologia Acta* 11: 377-382.
- Gray JS, Mirza FB. (1979). A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Haugen R, Stokland Ø, Kjerstad I. 2015. C-Undersøkelse for Havsund. *Havbrukstjenesten AS*. 52 pp.
- Havbrukstjenesten (2009) *Strømrappport: strømmåling av lokalitet Havsundet, Bjugn commune*, 1-25
- Horton et al. (2016) World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2016-10-20. doi:10.14284/170 //www.marinespecies.org at VLIZ. Accessed 2016-10-20. doi:10.14284/170.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. (1997). *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- NS 4764 (1980). Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. Norges standardiseringsforbund.
- NS 9410 (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge.
- NS-EN ISO 16665 (2014). Vannundersøkelse, Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014). Standard Norge
- Pearson TH, Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. (1983). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.

- Pielou EC. (1966). The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B. & Nordling K. (2013). Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA-rapport 6475-2013.
- Rygg B, Thélín, I. (1993). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Shannon CE, Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Torrissen O, Hansen P. K., Aure J., Husa V., Andersen S., Strohmeier T., Olsen R.E. (2016) *Næringsutslipp fra HAV-bruk – nasjonale og regionale perspektiv*. Rapport fra HAV-forskningen, Nr.21-2016. HAV-forskningsinstituttet, Bergen. ISSN 1893-4536
- Veileder 02:2018 (2018) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanddirektivet/Miljøstandardprosjekt.
- Åkerblå AS (2017). C-Undersøkelse for Havsundet. 62 pp.

6 Vedlegg

Vedlegg 1 - Feltlogg (B-parametere)

				Dok.id: B.5.5.6	
Feltskjema / feltlogg C-undersøkelser				Skjema	
Utarbeidet av: AK / ANH		Godkjent av: Anette Narmo Hammervold		Version: 10.00	Gjelder fra: 14.12.2017
				Sider: 1 av 2	

Kunde	Mowi				Lokalitet/P.nr	Havsundet						
Dato	27/8-19				Toktfleder	JL						
Prøvetaking	START:		SLUTT:		Alt Personell	JL						
Vær					Sjøtemperatur	15						
Utsyr ID / Kalibrering	Grab; 101 Sil; 01 Eh; 33 pH: 7.1 pH-kalibrering: 01 Sjø; Eh: 77 pH: 8.1											
Stasjon nr/navn	1 HAV-1				2 HAV-2				3 HAV-3			
Posisjon N / Ø	63°47.893 / 19°26.287				63°48.179 / 19°26.406				63°48.074 / 19°26.397			
Dybde (meter)	34				25				22			
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Antall forsøk	4	3	5	4	4	3	4		3	2	1	
Akkreditert hugg overflate (ja/nei)	4	3	3		3	3	4		3	3	3	
Akkreditert hugg volum (ja/nei)	4	4	N		N	N	N		N	N	N	
Volum (cm)	11.9	12	14		14	13	14		13	12.5	13	
Antall flasker												
pH	7.1				7.8				7.9			
Eh (mV)	80				52				50			
Sediment	Skjellsand	1	1	1		2	2	2		1	1	1
	Sand	2	2	2		1	1	1		2	2	2
	Grus											
	Mudder											
	Silt											
	Leire											
	Steinbunn											
Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0		0	0	0		0	0	0
	Brun/Sort (2)											
Lukt	Ingen (0)	0	0	0		0	0	0		0	0	0
	Noe (2)											
	Sterk (4)											
Kons	Fast (0)	0	0	0		0	0	0		0	0	0
	Myk (2)											
	Løs (4)											
Merknader / avvik:												

				Dok. id.: B.5.5.6	
Feltskjema / feltlogg C-undersøkelser				Skjema	
Utarbeidet av: AK / ANH		Godkjent av: Anette Narmo Hammervold		Versjon: 10.00	Gjelder fra: 14.12.2017
				Sider: 1 av 2	

Kunde	Mowji				Lokalitet/P.nr							
Dato	27/8				Toktleder							
Prøvetaking	START:		SLUTT:		Alt Personell							
Vær					Sjøtemperatur							
Utsyr ID / Kalibrering	Grab;	Sil;	Eh;	pH:	pH- kalibrering:	Sjø; Eh:	pH:					
Stasjon nr/navn	1 HAV-9				2 HAV-5	3						
Posisjon N / Ø	65°48.085' / 9°26.581'				65°17.870' / 9°26.235'	/						
Dybde (meter)	35 26				35							
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Antall forsøk	3	2	3		2	2	2					
Akkreditert hugg overflate (ja/nei)	3	3	3		3	3	3					
Akkreditert hugg volum (ja/nei)	3	3	3		3	3	3					
Volum (cm)	14	14	14		10	10	11					
Antall flasker												
pH	7.7				7.7							
Eh (mV)	23				3.4							
Sediment	Skjellsand	1	1	1		1	1	1				
	Sand					2	2	2				
	Grus											
	Mudder											
	Silt											
	Leire											
	Steinbunn											
Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0		0	0	0				
	Brun/Sort (2)											
Lukt	Ingen (0)	0	0	0		0	0	0				
	Noe (2)											
	Sterk (4)											
Kons	Fast (0)	0	0	0		0	0	0				
	Myk (2)											
	Løs (4)											
Merknader / avvik:												

Vedlegg 2 - Analysebevis



Prøvsrapport



Åkerblå AS
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA

Dato 2019-09-25
Prøve nr P1906432
Versjon 1
Analyseperiode 2019-09-05 - 2019-09-25
PO.nr/Ref.nr 19109

P1906432-01

Prøvetaking	Analyse start	Analyse slutt	Prøvetaker	Objekt
2019-08-27	2019-09-05	2019-09-25	Kunde	Sediment
Prøvested, navn	Prøvetype	Merkning		
0054, Havsund	Sedimenter fra saltvann	HAV-1 19109		

Parameter	Metode	P1906432-01	Enhet	Måleusikkerhet	Grenseverdi
Fosfor	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	4000	mg/kg TS	±1000	
Kobber	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	49	mg/kg TS	±15	
Sink	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	71	mg/kg TS	±14	
Totalnitrogen (Kjeldahl)	Intern /Kjeldahl-N	2600	mg N/kg TS	±392.857142857	43
Tørrestoff	NS 4764	56	g/100 g	±3.9	
Glødetap	NS 4764	5.0	% av TS	±0.20	
Kornstørrelse <63 µm	DIN 18123	3.1*	%		
Kornstørrelse 63-2000 µm	DIN 18123	96*	%		
Kornstørrelse >2000 µm	DIN 18123	<1.0*	%		
Normalisert TOC	TOC 63	40.4*			
Totalt organisk karbon, TOC, ^a	ISO 10694, mod./EN13137A	23000	mg/kg TS	±5800	

^a Utført av Fjellab, TEST 081

CFU = Koloni dannende enhet | > = Større enn | < = Mindre enn
* = ikke akkreditert resultat

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og fortolkning av prøveresultater.
Måleusikkerhet fåes ved henvendelse laboratoriet.
Resultatet gjelder kun monnatt prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Hovedkontor:
Axel Selløgs veg 3
NO-7805 Namsos
post@kystlab.no
www.kystlab.no
tel: +47 74 21 24 40
NO 986 208 933 MVA

Side 1 av 6

Åkerblå AS
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA

Dato 2019-09-25
Prøve nr P1906432
Versjon 1
Analyseperiode 2019-09-05 - 2019-09-25
PO.nr/Ref.nr 19109

P1906432-02

Prøvetaking 2019-08-27	Analyse start 2019-09-05	Analyse slutt 2019-09-25	Prøvetaker Kunde	Objekt Sediment
Prøvested, navn 0054, Havsund	Prøvetype Sedimenter fra saltvann	Merking HAV-2 19109		

Parameter	Metode	P1906432-02	Enhet	Måleusikkerhet	Grenseverdi
Fosfor	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	560	mg/kg TS	±140	
Kobber	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	5.1	mg/kg TS	±1.5	
Sink	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	13	mg/kg TS	±2.5	
Totalnitrogen (Kjeldahl)	Intern /Kjeldahl-N	1200	mg N/kg TS	±180.327868852459	
Titerstoff	NS 4764	61	g/100 g	±4.3	
Glødetap	NS 4764	3.0	% av TS	±0.12	
Kornstørrelse <63 µm	DIN 18123	2.8*	%		
Kornstørrelse 63-2000 µm	DIN 18123	69*	%		
Kornstørrelse >2000 µm	DIN 18123	28*	%		
Normalisert TOC	TOC 63	27.2*			
Totalt organisk karbon, TOC, ^a	ISO 10694, mod./EN13137A	9700	mg/kg TS	±2900	

^a Utført av Fjellab, TEST 081

CFU = Koloni dannende enhet | > = Større enn | < = Mindre enn
* = ikke akkreditert resultat

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og fortolkning av prøveresultater.
Måleusikkerhet fåes ved henvendelse laboratoriet.
Resultatet gjelder kun mottatt prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Hovedkontor:
Axel Sellrøgs veg 3
NO-7805 Namsos
post@kystlab.no
www.kystlab.no
tel: +47 74 21 24 40
NO 986 208 933 MVA

Side 2 av 6

Åkerblå AS
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA

Dato 2019-09-25
Prøve nr P1906432
Versjon 1
Analyseperiode 2019-09-05 - 2019-09-25
PO.nr/Ref.nr 19109

P1906432-03

Prøvetaking 2019-08-27	Analyse start 2019-09-05	Analyse slutt 2019-09-25	Prøvetaker Kunde	Objekt Sediment
Prøvested, navn 0054, Havsund	Prøvetype Sedimenter fra saltvann	Merking HAV-3 19109		

Parameter	Metode	P1906432-03	Enhet	Måleusikkerhet	Grenseverdi
Fosfor	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	530	mg/kg TS	±130	
Kobber	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	7.9	mg/kg TS	±2.4	
Sink	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	24	mg/kg TS	±4.7	
Totalnitrogen (Kjeldahl)	Intern /Kjeldahl-N	1600	mg N/kg TS	± 233.333333333333	
Tjærestoff	NS 4764	60	g/100 g	±4.2	
Glødestap	NS 4764	4.2	% av TS	±0.17	
Kornstørrelse <63 µm	DIN 18123	7.2*	%		
Kornstørrelse 63-2000 µm	DIN 18123	81*	%		
Kornstørrelse >2000 µm	DIN 18123	12*	%		
Normalisert TOC	TOC 63	33.7*			
Totalt organisk karbon, TOC, ^a	ISO 10694, mod./EN13137A	17000	mg/kg TS	±4300	

^a Utført av Fjellab, TEST 081

CFU = Koloni dannende enhet | > = Større enn | < = Mindre enn
* = ikke akkreditert resultat

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og forolkning av prøveresultater.
Måleusikkerhet fåes ved henvendelse laboratoriet.
Resultatet gjelder kun mouant prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Hovedkontor:
Axel Sellægs veg 3
NO-7805 Namsos

post@kystlab.no
www.kystlab.no

tel: +47 74 21 24 40
NO 986 208 933 MVA

Side 3 av 6

Åkerblå AS
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA

Dato 2019-09-25
Prøve nr P1906432
Versjon 1
Analyseperiode 2019-09-05 - 2019-09-25
PO.nr/Ref.nr 19109

P1906432-04

Prøvetaking 2019-08-27	Analyse start 2019-09-05	Analyse slutt 2019-09-25	Prøvetaker Kunde	Objekt Sediment
Prøvested, navn 0054, Havsund	Prøvetype Sedimenter fra saltvann	Merking HAV-4 19109		

Parameter	Metode	P1906432-04	Enhet	Måleusikkerhet	Grenseverdi
Fosfor	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	430	mg/kg TS	±110	
Kobber	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	4.7	mg/kg TS	±1.4	
Sink	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	14	mg/kg TS	±2.9	
Totalnitrogen (Kjeldahl)	Intern /Kjeldahl-N	1200	mg N/kg TS	±177.41935483871	
Tjærestoff	NS 4764	62	g/100 g	±4.3	
Glødetap	NS 4764	3.3	% av TS	±0.13	
Kornstørrelse <63 µm	DIN 18123	3.6*	%		
Kornstørrelse 63-2000 µm	DIN 18123	88*	%		
Kornstørrelse >2000 µm	DIN 18123	8.3*	%		
Normalisert TOC	TOC 63	26.7*			
Totalt organisk karbon, TOC, ^a	ISO 10694, mod./EN13137A	9400	mg/kg TS	±2800	

^a Utført av Fjellab, TEST 081

CFU = Koloni dannende enhet | > = Større enn | < = Mindre enn
* = ikke akkreditert resultat

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og fortolkning av prøveresultater.
Måleusikkerhet fåes ved henvendelse laboratoriet.
Resultatet gjelder kun motatt prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Hovedkontor:
Axel Sellægs veg 3 post@kystlab.no tel: +47 74 21 24 40
NO-7805 Namsos www.kystlab.no NO 986 208 933 MVA

Side 4 av 6

Åkerblå AS
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA

Dato 2019-09-25
Prøve nr P1906432
Versjon 1
Analyseperiode 2019-09-05 - 2019-09-25
PO.nr/Ref.nr 19109

P1906432-05

Prøvetaking 2019-08-27	Analyse start 2019-09-05	Analyse slutt 2019-09-25	Prøvetaker Kunde	Objekt Sediment
Prøvested, navn 0054, Havsund	Prøvetype Sedimenter fra salvvann	Merking HAV-S 19109		

Parameter	Metode	P1906432-05	Enhet	Måleusikkerhet	Grenseverdi
Fosfor	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	650	mg/kg TS	±160	
Kobber	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	6.2	mg/kg TS	±1.9	
Sink	Intern basert på NS-EN ISO 17294-2	24	mg/kg TS	±4.8	
Totalnitrogen (Kjeldahl)	Intern /Kjeldahl-N	1900	mg N/kg TS	±275.862068965317	
Tørrestoff	NS 4764	58	g/100 g	±4.1	
Glødetap	NS 4764	4.3	% av TS	±0.17	
Kornstørrelse <63 µm	DIN 18123	4.5*	%		
Kornstørrelse 63-2000 µm	DIN 18123	95*	%		
Kornstørrelse >2000 µm	DIN 18123	<1.0*	%		
Normalisert TOC	TOC 63	29.2*			
Totalt organisk karbon, TOC, ^a	ISO 10694, mod./EN13137A	12000	mg/kg TS	±3000	

^a Utført av Fjellab, TEST 081

Informasjon vedr. forbehandlingsprosedyrer

Prøven tørkes ved 105°C før prøvene siktes for bestemmelse av korngradering.

For elementanalyser og TOC tas det ut prøver fra fraksjonen som er mindre enn 2000µ.

Elementer bestemmes i et salpetersyreuttrekk (løst opp i sterk salpetersyre og hydrogenperoksid under trykk).

Kjeldahl-N bestemmes i prøven før tørking for ikke å miste flyktige nitrogen-forbindelser. Resultatet korrigeres for stoffinnhold ved rapportering.

Normalisert TOC blir beregnet etter $(TOC(g/kg)) + (18 \cdot (1 - ((FINSTOFF)/100)))$

CFU = Koloni dannende enhet | > = Større enn | < = Mindre enn
* = Ikke akkreditert resultat

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og forolkning av prøveresultater.

Måleusikkerhet fåes ved henvendelse til laboratoriet.

Resultater gjelder kun montert prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Hovedkontor:

Axel Sellevs veg 3 post@kystlab.no tel: +47 74 21 24 40
NO-7805 Namsos www.kystlab.no NO 986 208 933 MVA

Side 5 av 6



Prøvingsrapport



Åkerblå AS
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA

Dato	2019-09-25
Prøve nr	P1906432
Versjon	1
Analyseperiode	2019-09-05 - 2019-09-25
PO.nr/Ref.nr	19109

Med vennlig hilsen

Johan Ahlin
Department manager
namdal@kystlab.no
Tlf: 74212440

Kopi til

dagfinn@akerbla.no, odd.helge@akerbla.no, jan.landro@akerbla.no,

CFU = Koloni dannende enhet | > = Større enn | < = Mindre enn
* = Ikke akkreditert resultat

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og fortolkning av prøveresultater.
Måleusikkerhet fåes ved henvendelse laboratoriet.
Resultatet gjelder kun monstret prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Hovedkontor:
Axel Selløgs veg 3
NO-7805 Namsos

post@kystlab.no
www.kystlab.no

tel: +47 74 21 24 40
NO 986 208 933 MVA

Side 6 av 6

Vedlegg 3 - Klassifisering av forurensningsgrad

Endringer i klassifisering av artenes forurensningsgrad; system (V3.1) og språkbruk (V3.2).

V3.1 System: Overgang fra AMBI til NSI

Med bakgrunn i rapporten «*Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI)*» (Rygg & Norling, 2013) har Åkerblå AS avd. Marine Bunndyr konkludert med å bruke artenes NSI-verdi istedet for AMBI-verdi for å angi forurensningsgrad (forurensingssensitiv, -tolerant osv). Ettersom Rygg & Norling konkluderte med at NSI viste bedre korrelasjon med norske resipienter enn hva AMBI gjorde velger vi å ta utgangspunkt i de økologiske gruppene som artenes NSI verdi faller under.

Ettersom NSI er laget med bakgrunn i å dekke samme bruksområde som AMBI i norske resipienter, er den økologiske gruppeinndelingen basert på utgangspunktet for AMBI-indeksen (Borja et al., 2000). Artene som har blitt klassifisert i AMBI-systemet er delt inn i fem økologiske grupper basert på toleransen ovenfor organisk tilførsel i sedimentene. Utgangstilstanden er beskrevet som ikke tilført organisk materiale (lett ubalanse er noe organisk tilførsel osv):

Gruppe 1 – Arter som er veldig sensitive til organisk tilførsel og arter som er tilstede ved ikke forurensede forhold (utgangstilstand). Denne gruppen inkluderer karnivore spesialister og noen rørbyggende flerbørstemarkers (Benevnelse - forurensningssensitive).

Gruppe 2 – Arter som er helt, eller til en viss grad, likegyldig til organisk tilførsel. Alltid tilstede i lave tettheter med ikke-betydelige variasjoner over tid (fra utgangstilstand til lett ubalanse). I denne gruppe inkluderes «suspension feeders», mindre selektive karnivorer og åtseletere (Benevnelse - forurensingsnøytrale).

Gruppe 3 – Arter som er tolerante ovenfor organisk tilførsel. Disse artene kan også forekomme under normale tilstander, men blir stimulert av organisk tilførsel. Denne gruppen inkluderer overflate «deposit feeders» som noen rørbyggende flerbørstemarkers (Benevnelse - forurensingstolerante).

Gruppe 4 – Andre orden opportunister (lett til markert ubalanserte situasjoner). I hovedsak små flerbørstemarkers; «subsurface deposit-feeders» som f.eks cirratulider (Benevnelse - Opportunistisk, forurensingstolerant)

Gruppe 5 – Første orden opportunister (markert ubalanserte situasjoner) (Benevnelse - Forurensingsindikerende art).

V3.2 Språkbruk: Endringer

Etter en re-tolkning av Borja et al. (2000) velger vi å endre noe på språkbruken ang. benevnelsen til de forskjellige økologiske gruppene. Nedenfor har vi satt opp en oversiktstabell fra tidligere benevnelse til den nye benevnelsen:

Tabell V3.1 Oversikt over reviderte benevnelser for inndeling av AMBI/NSI i økologiske grupper.

Økologisk gruppe	Gammel benevnelse	Ny benevnelse
1	Svært forurensingssensitiv	Forurensingssensitiv
2	Forurensingssensitiv	Forurensingsnøytral
3	Forurensingstolerant	Forurensingstolerant
4	Svært forurensingstolerant (opportunistisk)	Forurensingstolerant (opportunistisk)
5	Kraftig forurensingstolerant (opportunist)	Forurensingsindikerende art

V3.3 Endringer i NSI-grupper

Etter som ny informasjon blir tilgjengelig og arter splittes og bytter slekter har vi i noen tilfeller ansett det som nødvendig å endre arters tilhørende NSI-gruppe (tabell V3.2)

Tabell V3.2 Oversikt over endringer i NSI- og ISI-verdier gjort, hvor verdiene er hentet fra og kilder som viser til informasjonen avgjørelsen er basert på.

Art	Ny NSI/ISI hentet fra	Kilde
Tubificoides benedii	Oligochaeta (NSI 5)	Giere et. al. 1988; Giere et. al. 1999
Pista mediterranea	Pista cristata (NSI 2)	Jirkov & Leontovich 2017; Hutchings pers. med.
Pista cristata	Pista lornensis (NSI 2)	Jirkov & Leontovich 2017; Hutchings pers. med.
Owenia borealis	Oweina fusiformis	Koh et.al 2003
Terebellides sp.	Terebellides stroemii	Nygren et.al. 2018
Hermania sp.	Philine scabra (NSI 2)	Chaban et. al. 2015
Philinidae	Philine sp. (NSI 2)	Chaban & Lubin 2015

Bray JR, Curtis JT. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.

Chaban EM, Nekhaev IO, Lubin PA. (2015). *Hermania indistincta* comb. nov. (Gastropoda: Opisthobranchia: Cephalaspididae) from the Barents Sea – new species and genus for the fauna of the Russian Seas. *Zoosystematica Rossica* 24(2): 148-154.

Giere O, Rhode B, Dubilier N. (1987). Structural peculiarities of the body wall of *Tubificoides benedii* (Oligochaeta) and possible relations to its life in sulphidic sediments. *Zoomorphology* 108:29-39.

Giere O, Preusse J-H, Dubilier N. (1999). *Tubificoides benedii* (Tubificidae, Oligochaeta) — a pioneer in hypoxic and sulfidic environments. An overview of adaptive pathways. *Hydrobiologia* 406: 235-241.

Jirkov IA, Leontovich MK. (2017). Review of genera within the Axionice/Pista complex (Polychaeta, Terebellidae), with discussion of the taxonomic definition of other Terebellidae with large lateral lobes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 97(5): 911-934

Koh BS, Bhaud MR, Jirkov IA. (2003). Two new species of *Owenia* (Annelida: Polychaeta) in the northern part of the North Atlantic Ocean and remarks on previously erected species from the same area. *Sarsia* 88:175-188.

Nygren A, Parapar J, Pons J, Meißner K, Bakken T, et al. (2018). A mega-cryptic species complex hidden among one of the most common annelids in the North East Atlantic. *PLOS ONE* 13(6): e0198356.

Vedlegg 4 - Indeksbeskrivelser

V4.1 Diversitet og jevnhet

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') beskrives ved artsmangfoldet (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer relatert til fordeling av individer mellom artene) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

hvor $p_i = N_i/N$, N_i = antall individer av art i , N = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og S = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter, $H'_{\max} (= \log_2 S)$, er det mulig å uttrykke jevnheten (J) i prøven på følgende måte (Pielou 1966)

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

hvor H' = Shannon Wiener indeks og $H'_{\max}$ = diversitet dersom alle arter er representert med ett individ. Dersom $H' = H'_{\max}$ er J maksimal og får verdien 1. J har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Hurlbert diversitetsindeks ES_{100} er beskrevet som

$$ES_{100} = \sum_i^S \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{100}}{\binom{N}{100}} \right]$$

hvor ES_{100} = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, S arter, og N_i individer av i -ende art.

V4.2 Sensitivitet og tetthet

Sensitivitet beskrives av indeksene ISI (Indicator Species Index), NSI og AMBI (Azti Marin Biotic Index).

Beregning av ISI er beskrevet av Rygg, 2002 og NIVA-rapport 4548-2002. Formelen for utregning av en prøves ISI-verdi er gitt ved

$$ISI = \sum_i^S \left[\frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

hvor ISI_i er verdien for arten i og S_{ISI} er antall arter tilordnet sensitivitetsverdier. Hver art er tilordnet en sensitivitetsverdi (ISI-verdi), og en prøves ISI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av artene i prøven.

NSI er utviklet med basis i norske faunadata. Her er også hver art tilordnet en sensitivitetsverdi (NSI-verdi) og individantall for hver art inngår i beregningen. Formelen for utregning av en prøves NSI-verdi er gitt ved

$$NSI = \sum_i^S \left[\frac{N_i \cdot NSI_i}{N_{NSI}} \right]$$

hvor N_i er antall individer og NSI_i er verdien for arten i , N_{NSI} er antall individer tilordnet sensitivitetsverdier.

Sensitivitetsindeksen AMBI tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-1: sensitive arter, EG-2: indifferente arter, EG-3: tolerante, EG-4: opportunistiske, EG-5: forurensningsindikerende arter, og hvor hver enkelt økologiske gruppe har en toleranseverdi (AMBI-verdi) (Borja et al., 2000). Formelen for beregning av en prøves AMBI-verdi er gitt ved

$$AMBI = \sum_i^S \left[\frac{N_i \cdot AMBI_i}{N_{AMBI}} \right]$$

hvor N_i er antall individer med innenfor økologisk gruppe i , $AMBI_i$ er toleranseverdien for de ulike økologiske gruppene (henholdsvis 0, 1.5, 3, 3.5 og 6, for gruppe 1- 5, respektivt) og N_{AMBI} er antall arter tilordnet en AMBI-verdi.

AMBI viser stigende verdi ved synkende (dårligere) tilstand, mens alle de andre indeksene viser synkende verdi ved synkende (dårligere) tilstand.

V4.3 Sammensatt indeks (NQI1)

Den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian quality status, version 1) bestemmes ut fra både artsmangfold og sensitivitet (AMBI).

NQI-indeksen er gitt ved formelen

$$NQI1 = \left[0,5 \cdot \left(\frac{1 - AMBI}{7} \right) + 0,5 \cdot \left(\frac{\left\lceil \frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right\rceil}{2,7} \right) \cdot \left(\frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

hvor *AMBI* er en sensitivitetsindeks, *S* er antall arter og *N* er antall individer i prøven.

V4.4 Normalisering

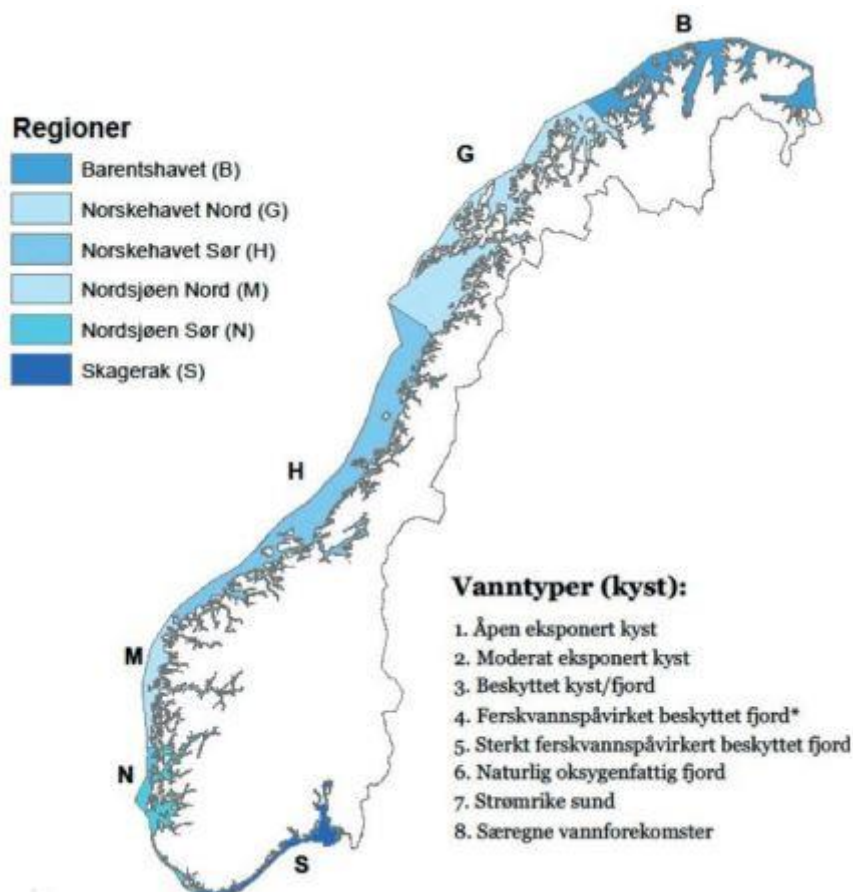
Ved å regne om alle indekser til nEQR (normalised Ecological Quality Ratio) får man normaliserte verdier som gjør det lettere å sammenligne dem. nEQR gir en tallverdi på en skala mellom 0 og 1, og hver tilstandsklasse spenner over nøyaktig 0,2 (tilstandsklasse «svært dårlig» tilsvarer verdier mellom 0 – 0,2, tilstandsklasse «dårlig» tilsvarer verdier mellom 0,2 – 0,4 osv.). I tillegg til å vise statusklassen viser nEQR-verdien også hvor høyt eller lavt verdien ligger innenfor sin tilstandsklasse. For eksempel viser en nEQR-verdi på 0,75 at indeksen ligger tre firedeler i tilstandsklassen «God» (Tabell V.2).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

$$nEQR = \frac{abs|Indeksverdi - Klassens nedre verdi|}{Klassens øvre indeksverdi - Klassens nedre grenseverdi + Klassens nEQR Basisverdi} \cdot 0,2$$

Vedlegg 5 - Referansetilstander

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (V5.1-V5.3) angir hvilken tilstand de ulike parameterne tilhører; blå tilsvarer tilstand «*svært god*», grønn → «*god*», gul → «*moderat*», oransje → «*dårlig*» og rød → «*svært dårlig*». Bunnfauna klassifiseres ut ifra NS 9410 (2016; tabell V5.4) ved stasjoner i anleggssonen, og i henhold til Veileder 02:2018 (2018) ved stasjoner utenfor anleggssonen.



Figur V5.1 Inndeling av økoregioner og forskjellige kystvanntyper langs norskekysten.

Tabell V5.1 Oversikt over klassegrenser og tilstand for de ulike indeksene i henhold til Veileder 02:2018 (2018)

Økoregion og vanntype	Indeks	Tilstand				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Skagerak	NQI	0.9 - 0.82	0.82 - 0.63	0.63 - 0.51	0.51 - 0.32	0.32 - 0
1-3	H	6.3 - 4.2	4.2 - 3.3	3.3 - 2.1	2.1 - 1	1 - 0
(S1-3)	ES100	58 - 29	29 - 20	20 - 12	12 - 6	6 - 0
	ISI2012	13.2 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.6	4.6 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Skagerak	NQI	0.86 - 0.69	0.69 - 0.6	0.6 - 0.47	0.47 - 0.3	0.3 - 0
5	H	6 - 4	4 - 3.1	3.1 - 2	2 - 0.9	0.9 - 0
(S5)	ES100	56 - 28	28 - 19	19 - 11	11 - 6	6 - 0
	ISI2012	11.8 - 7.6	7.6 - 6.8	6.8 - 5.6	5.6 - 4.1	4.1 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Nordsjøen S	NQI	0.94 - 0.75	0.75 - 0.66	0.66 - 0.51	0.51 - 0.32	0.32 - 0
1-2	H	6.3 - 4.2	4.2 - 3.3	3.3 - 2.1	2.1 - 1	1 - 0
(N1-2)	ES100	58 - 29	29 - 20	20 - 12	12 - 6	6 - 0
	ISI2012	13.2 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.6	4.6 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Nordsjøen S	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
3-5	H	5.9 - 3.9	3.9 - 3.1	3.1 - 2	2 - 0.9	0.9 - 0
(N3-5)	ES100	52 - 26	26 - 18	18 - 10	10 - 5	5 - 0
	ISI2012	13.1 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.5	4.5 - 0
	NSI	29 - 24	24 - 19	19 - 14	14 - 10	10 - 0
Nordsjøen N	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.51	0.51 - 0.32	0.32 - 0
1-2	H	6.3 - 4.2	4.2 - 3.3	3.3 - 2.1	2.1 - 1	1 - 0
(M1-2)	ES100	58 - 29	29 - 20	20 - 12	12 - 6	6 - 0
	ISI2012	13.2 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.6	4.6 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Nordsjøen N	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.51	0.51 - 0.32	0.32 - 0
3-5	H	5.9 - 3.9	3.9 - 3.1	3.1 - 2	2 - 0.9	0.9 - 0
(M3-5)	ES100	52 - 26	26 - 18	18 - 10	10 - 5	5 - 0
	ISI2012	13.1 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.5	4.5 - 0
	NSI	29 - 24	24 - 19	19 - 14	14 - 10	10 - 0
Norskehavet S	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
1-3	H	5.5 - 3.7	3.7 - 2.9	2.9 - 1.8	1.8 - 0.9	0.9 - 0
(H1-3)	ES100	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
	ISI2012	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
Norskehavet S	NQI	0.91 - 0.73	0.73 - 0.64	0.64 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
4-5	H	5.5 - 3.7	3.7 - 2.9	2.9 - 1.8	1.8 - 0.9	0.9 - 0
(H4-5)	ES100	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
	ISI2012	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

Økoregion og vanntype	Indeks	Tilstand				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Norskehavet N	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
1-3	H	5.5 - 3.7	3.7 - 2.9	2.9 - 1.8	1.8 - 0.9	0.9 - 0
(G1-3)	ES100	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
	ISI2012	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
Norskehavet N	NQI	0.91 - 0.73	0.73 - 0.64	0.64 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
4-5	H	5.5 - 3.7	3.7 - 2.9	2.9 - 1.8	1.8 - 0.9	0.9 - 0
(G4-5)	ES100	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
	ISI2012	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
BarentsHAV-et	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
1-5	H	4.8 - 3.2	3.2 - 2.5	2.5 - 1.6	1.6 - 0.8	0.8 - 0
(B1-5)	ES100	39 - 19	19 - 13	13 - 8	8 - 4	4 - 0
	ISI2012	13.5 - 8.7	8.7 - 7.8	7.8 - 6.5	6.5 - 4.7	4.7 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0

Tabell V5.2 nEQR-basisverdi for hver tilstand*.

nEQR basisverdi		Tilstand
Klasse I	0,8	Svært god
Klasse II	0,6	God
Klasse II	0,4	Moderat
Klasse IV	0,2	Dårlig
Klasse V	0	Svært dårlig

*Tilstandsklasse

Tabell V5.3 Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær et. al, 1997, Bakke et. al, 2007, Veileder 02:2018 (2018). Organisk karbon er total organisk karbon (TOC) korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

			Tilstand*				
Parameter	Måleenhet	I	II	III	IV	V	
		Svært god/ Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	
Dypvann	O ₂ innhold**	mg O ₂ / l	>6,39	6,39-4,97	4,97-3,55	3,55-2,13	<2,13
	O ₂ metning***	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
	TOC	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Sediment	Kobber	mg Cu/kg	<20	20-84		84-147	>147
	Sink	mg Zn/ kg	0-90	91-139	140-750	751-6690	>6690

* Tilstandsklasse

** Regnet fra ml O₂/L til mg O₂/L hvor omregningsfaktoren til mg O₂/L er 1,42

*** Oksygenmetningen er beregnet for salinitet 33 og temperatur 6°C

Tabell V5.4 Vurdering av faunaprøver for prøvestasjon C1 (NS 9410:2016).

Tilstand*	Krav
1 - Meget god	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
2 - God	5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
3 - Dårlig	1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .
4 - Meget dårlig	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .

**Miljøtilstand*

Vedlegg 6 - Artsliste

Tabell V6.1 Artsliste for bunnfauna. Arter markert i rødt er arter som er identifisert (og i enkelte tilfeller kvantifisert), men som ikke er statistisk gjeldende (i.e Foraminifera, phylum Bryozoa, koloniale Porifera, infraklasse Cirripedia, koloniale Cnidaria, phylum Nematoda og pelagiske arter, jf. NS-EN ISO 16665:2013. Symbolet «X» indikerer at arten eller taxaen er observert, men ikke kvantifisert.

TAXA	NSI (EG)	HAV -1-1	HAV -1-2	HAV- 2-1	HAV- 2-2	HAV- 3-1	HAV- 3-2	HAV- 4-1	HAV- 4-2	HAV- 5-1	HAV- 5-2
Ampharete baltica									1	65	
Ampharete lindstroemi kompleks						1					
Ampharete sp.	1						4	15	51		112
Ampharetidae	1			1		1					
Amphicteis gunneri	3			4	1	2	2			1	3
Amphictene auricoma	2			3	5	1	3	1	2	2	1
Anobothrus gracilis	2			1	1	3	4				
Aonides paucibranchiata	1			39	53	1	1				
Aphelochaeta sp.	2						2				
Apistobanchus tullbergi	2			48	92	5	7		7		
Aricidea catherinae	1			4	4	2					
Aricidea sp.	1					2	2				1
Capitella capitata kompleks	5	986	37	21					2	46	30
Caulleriella bioculata				7	12						
Chaetozone setosa kompleks	4		1	8	28	12	14	12	20	14	5
Chaetozone zetlandica				17	6	8	6	1	47		
Chaetozone sp.	3		1					60	68		10
Chone sp.	1			2	1						
Cirratulidae	4		1			6	2				
Cirratulus cirratus	4			1		3			10		
Cirratulus sp.	1								12	4	
Cirriformia tentaculata		1	7								12
Diplocirrus glaucus	2		1	2		3	2	2	3		5
Dipolydora quadrilobata										19	
Dipolydora sp.				1	4	2	1				7
Enipo kinbergi										1	
Eteone flava/longa				4	5	1	3	1	20	32	59
Eteone sp.	4		1			1					
Euchone papillosa	3			1							
Euchone sp.	2				4				1		
Eumida bahusiensis	1					3	3			1	1
Eumida sp.	1				4						
Eupolymnia sp.				3		3	1				
Exogone naidina	1				4						1
Exogoninae					4						
Exogoninae (Exogone/Parexogone)	2								11	1	
Flabelligeridae	2									6	1
Galathowenia oculata	3		13	15	13	26	26	4	48	115	124

Gattyana cirrhosa	2					1					
Glycera alba	2								1		
Glycera lapidum kompleks	1			3	29	4	2	1	1		1
Goniada maculata	2			1	1	1	3	2	1	3	2
Harmothoe sp.	2			1	4						
Hesionidae	2						1		1		
Hydroides norvegica	1						4	2			
Hypereteone foliosa									1		
Jasmineira caudata	2							1	5		
Jasmineira sp.	2			27	123	2			2		1
Lagis koreni	4		1				1		1	1	2
Laonice bahusiensis	1			1	8						
Lumbrineridae	2			13	42	17	8		2	1	4
Lysilla loveni	1					1					
Macrochaeta clavicornis	1			1		3	3				
Malacoceros fuliginosus	5	329	1	1							
Malacoceros jirkovi						1					
Maldane sarsi	4			2							4
Maldanidae	2									1	
Malmgrenia mcintoshi				1		2	2	1			
Mediomastus fragilis	4		8	26	16		10	29	22	18	9
Melinna elisabethae	2			7	21	41	23	1			
Myriochele danielsseni						38	10				
Nephtyidae									4		
Nephtys hombergii	2									1	4
Nereididae			1	4	1	3	1				
Nereimyra punctata	4			2		3	4		1		2
Notomastus latericeus	1			11	19	16	19	6	14	8	1
Ophelina acuminata	2			1		1			7	7	8
Owenia borealis	2		2	6	4	3	3		1	13	18
Oxydromus vittatus	3								1		
Paradoneis lyra	2			37	93	61	38	48	78		15
Paramphinome jeffreysii	3							1			1
Paramphitrite tetrabranchia	1			2							
Paraonidae							2	1			
Parexogone hebes	1		1	3	8	1	1				1
Parexogone sp.				1			1				
Pectinariidae (Pectinaria sp.)	1										5
Pholoe baltica	3		1	10	15	12	16	1	13	10	26
Pholoe pallida	1										1
Pholoe sp.	2							2	12	15	10
Phyllodoce groenlandica	3					2	2	1	1	5	4
Phyllodoce maculata	4										1
Phyllodoce mucosa	5								1	16	13
Phyllodocidae	2			1	4						
Pista mediterranea	2			2		1	2	1			
Pista sp.				16	28	5	2	11	15		
Polycirrus norvegicus	4			10		10	6	1			
Polycirrus plumosus	2								1	3	
Polycirrus sp.	1				9	11	6	3	13		4

Polynoidae	2			4	12	6	5	1	2		
Polynoidae 2									1		
Prionospio cirrifera	3			35	41	39	32	17	31	20	9
Prionospio fallax	2			1			2	9	34	5	7
Prionospio sp.	3					6					
Protodorvillea kefersteini	4			4	4	2	4	4	4	1	4
Psamathe fusca	2			1		1					
Pseudopolydora aff. paucibranchiata	4				4	6	8		1	38	
Pseudopolydora pulchra	4								1		
Rhodine gracilior	1								1		
Sabellidae	2				51		2		4		1
Scalibregma inflatum kompleks	3			55	94	51	32	78	74	1	4
Scoloplos armiger kompleks	3		14	8	12	32	17	46	91	88	131
Sosane sulcata	1				2	3			2	6	
Sosane wireni	1			1	16		2				
Sphaerodorum sp.	2				4		1				
Sphaerosyllis hystrix	1			6	16	9	2		1		
Spio filicornis	3			2	8	4	1	1	5	42	69
Spio sp.	2			2				5			
Spionidae	3			12							1
Spiophanes kroyeri	3			3	1	7	3	1			1
Spirobranchus triqueter				5		1					
Sthenelais limicola	1										1
Syllis armillaris				1		3					
Syllis cornuta	3			8	26	26	28	23	25	3	12
Terebellidae	1					1	2			1	
Terebellides sp.	2			1	3	4		2	3		
Tharyx killariensis	2			23	40	13	9	74	98		
Trichobranchus glacialis	1			4	4	14	9				
Trichobranchus roseus	1				2						
Trypanosyllis coeliaca						1					
Oligochaeta	5								2		
Tubificoides benedii	5	15	38	1						5	
Bivalvia	1			1					1		
Bivalvia sp 2									2		
Acanthocardia echinata	2				4			1	13	12	4
Aequipecten opercularis		1		3		1					
Arctica islandica	3		3	1	4		1	2	3		9
Astarte elliptica	1				8	2	1				
Astarte montagui	1			2	8	2					
Chamelea striatula	1						1	1			3
Clausinella fasciata	1		1								
Cochlodesma praetenuae				2	4			2			
Corbula gibba	4				4	2	2	2	5	7	7
Crenella decussata	1			1		4	4				
Devonia perrieri											1
Dosinia lupinus	3					7		5	27	2	11
Fabulina fabula			3	1					5		9
Gari sp.					8			3	3		2

Hiatella arctica	1			3	25	6	1	3	2	1	
Kurtiella bidentata	4			1		5		1		6	
Lucinoma borealis	1			3		2	1	1			3
Lyonsia norwegica				1							
Lyonsia arenosa					8	1					
Lyonsia sp.							3				
Macoma calcarea	4		3								
Modiolula phaseolina	1					3	2				
Mya sp.	3							8	16	1	2
Mytilus edulis	4			14	20	10	3	2	25	36	82
Palliolum tigerinum				7	12	9	6		1		
Parvicardium minimum	1			2						1	
Parvicardium pinnulatum	3			2	8	5	4		5		
Phaxas pellucidus	2							1			
Similipecten similis	1				4						
Spisula solida											1
Tellimya ferruginosa	2						1				
Thracia sp.	2			7	16	5	1		13		
Thyasira flexuosa	3		5	25	106	81	52	33	83	6	94
Thyasira sarsii	4		7						1	30	
Thyasira sp.	3								2		
Timoclea ovata	1			11	17	14	7	2	2	1	2
Acteon tornatilis	1			1				1			
Aporrhais pespelecani								1			3
Ariadnaria borealis						1					
Cylichna cylindracea	2			2			1	1	2	1	8
Diaphana minuta			1								
Euspira nitida	2					1	1				
Gibbula cineraria						1					
Hermania sp.	2									3	
Lacuna vincta		1									1
Littorina littorea		1									
Neogastropoda				1							
Opisthobranchia									1		
Philinidae	2			3			2	2	4		3
Prosobranchia	1								1		
Retusa umbilicata	4						1	2	2	13	7
Retusa sp.											1
Rissoidae		1	1								1
Testudinalia testudinalis				1				1			
Turritella communis	2								1		
Leptochiton asellus	1			1		21	15	1	1		
Stenosemus albus				1			1				
Entalina tetragona	1							1			
Caudofoveata	2					4			1		
Amphipoda	2								1		
Acidostoma obesum	1				4						
Ampelisca sp.	1					1					
Cheirocratus sp.	1			2							
Corophium sp.	3	1									
Harpinia sp.	3			3	22	10					
Hippomedon denticulatus	1								1		

Jassa falcata		1									
Lysianassidae	1									1	
Photidae								1			
Photis sp.							1				
Phtisica marina	2			1						1	
Stenothoidae		2									
Tryphosites longipes	1									11	5
Eudorella truncatula	2									1	
Idotea neglecta		20									
Idotea sp.										1	
Ostracoda	2					1	1				
Asteroidea	3	1			4		1		1		
Asterias rubens	3			1							
Crossaster papposus						1					
Henricia sp.											1
Ophiuroidea	2			2	8		2		1		
Amphipholis squamata	1					3	1	1			
Amphiura filiformis	3								1		
Ophiura sp.	2				12	3					
Regularia	1			2	1						
Echinocardium flavescens	1						2				1
Echinocyamus pusillus	1			1		2			1		
Holothuroidea	1										1
Echinocucumis hispida	1							1		1	4
Labidoplax buskii	2			4	14	9	5	1	5	5	8
Leptosynapta decaria						2	1	1		3	4
Leptosynapta inhaerens									2	1	4
Ascidacea	1					1					
Molgulidae				3	8	2	4				
Actiniaria	1								1		
Cerianthus lloydii	3		1	1	4	1		1	3		
Edwardsiidae	2		1	5	2	2	1	10	28		7
Paraedwardsia arenaria	3				1	1	1				
Nematoda		xxx	xxx	x	x	x	x	x	7	xx	x
Nemertea	3			8	5	5	6	4	1	1	2
Nemertea 2	3							1			
Phoronis muelleri	2			2		3			1		15
Priapulus caudatus	3						1		1		
Sipuncula	2		1			1	5		1		
Phascolion strombus											
strombus	2		2		9	3	1		1		
Cliona sp.				1							
Foraminifera					x	x			2		x

Vedlegg 7 – CTD rådata

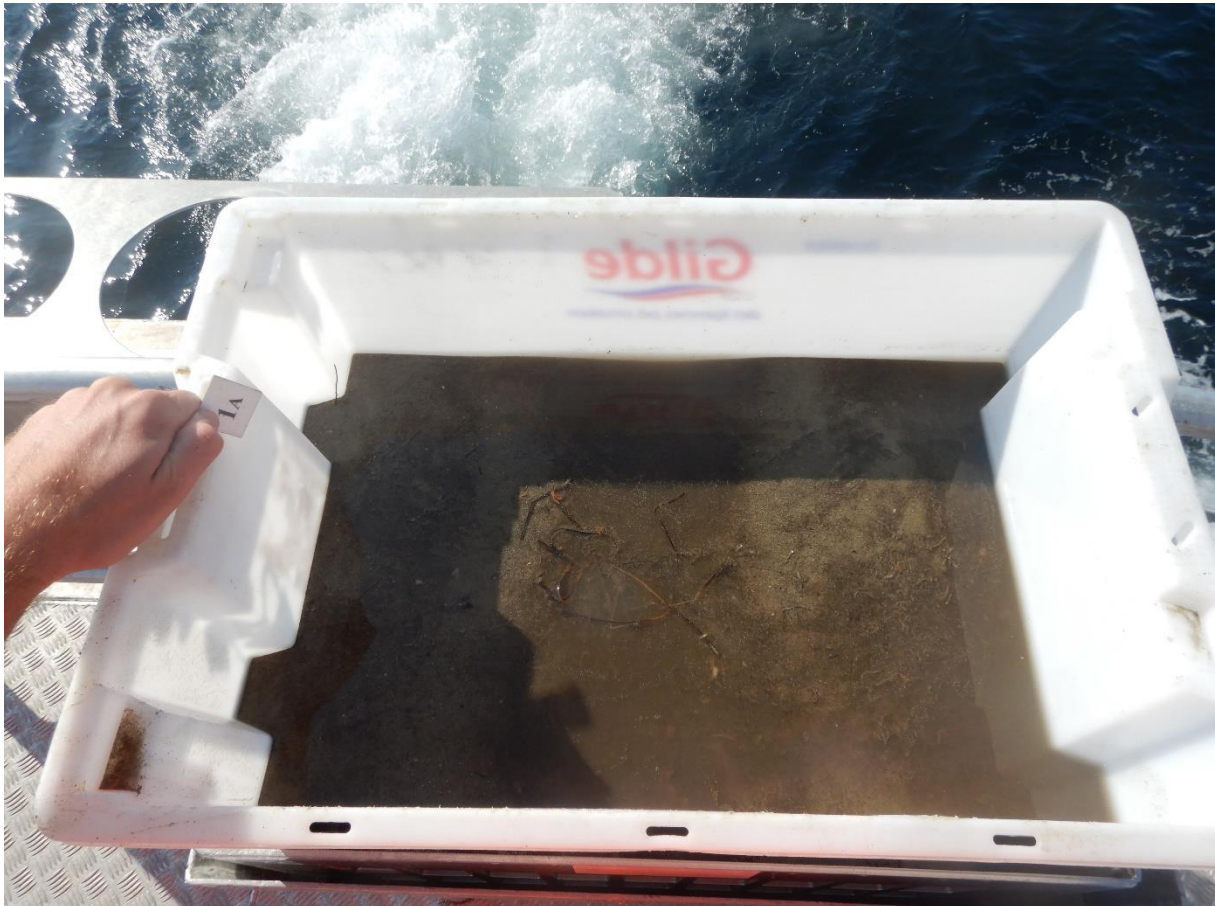
Rådata fra CTD-undersøkelsen ved er presentert fra overflaten til like over bunnen (Tabell V7.1).

Tabell V6.1 CTD data fra Havsundet

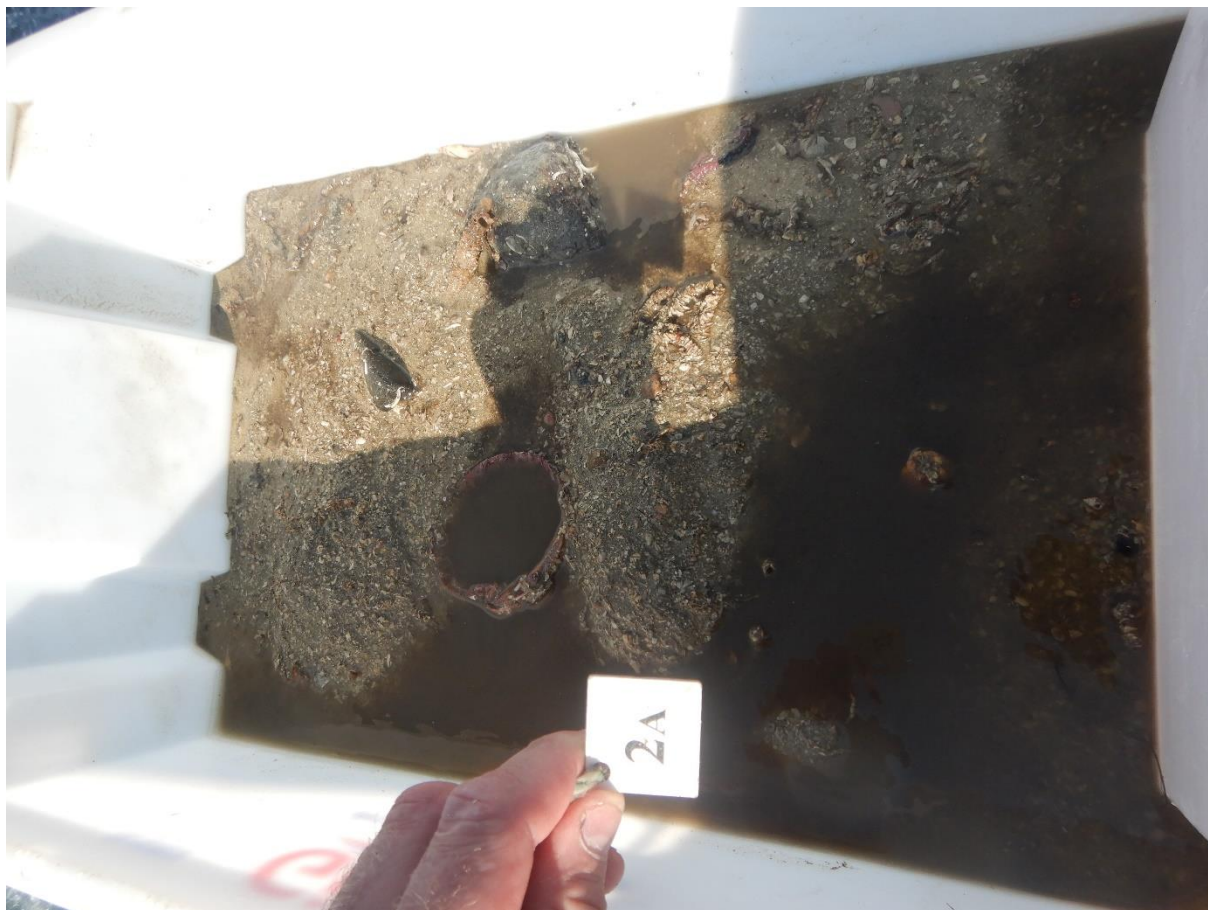
Salinitet (ppt)	Temperatur (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	Dybde (m)	Tid
33	13,2	94,2	8,10	1,9	13.17.02
33	13,2	95,0	8,16	3,2	13.17.04
33	13,2	99,2	8,52	4,9	13.17.06
33	13,2	98,4	8,46	6,3	13.17.08
33	13,1	102,4	8,81	8,0	13.17.10
33	13,0	99,5	8,58	9,4	13.17.12
33	12,9	98,8	8,54	11,1	13.17.14
33	12,8	100,8	8,72	12,9	13.17.16
33	12,8	102,0	8,84	14,7	13.17.18
33	12,6	99,8	8,68	17,2	13.17.20
33	12,3	99,8	8,71	19,9	13.17.22
33	12,0	101,7	8,92	21,9	13.17.24
33	11,9	100,2	8,81	23,5	13.17.26
33	11,8	100,4	8,84	25,4	13.17.28
33	11,8	100,1	8,82	27,5	13.17.30
33	11,8	101,3	8,93	29,5	13.17.32
34	11,7	100,6	8,88	31,3	13.17.34
34	11,7	101,0	8,92	33,5	13.17.36
34	11,6	99,7	8,82	35,0	13.17.38
34	11,5	100,5	8,90	35,0	13.17.40

Vedlegg 8 – Bilder av sediment

Det ble tatt bilder av sedimentet fra ett hugg per stasjon etter at grabben ble tømt i plastbaljen, men før vask (Figur V8.1 – V8.5). Ved en feil ble det ikke tatt bilde av sedimentet til stasjon HAV-3.



Figur V8.1 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.



Figur V8.2 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.



Figur V8.4 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.



Figur V8.5 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.