

C-undersøkelse

NS9410:2016

for

Ytre Vassholmen



Feltarbeid

05.10.16

Oppdragsgiver

LetSea AS

C-undersøkelse for Ytre Vassholmen		
Rapportnummer	MCR-M-02017-Ytre Vassholmen-1016	
Rapportdato	03.02.2017	
Dato feltarbeid	05.10.16	
<i>Revisjonsnummer</i>	<i>Revisjonsbeskrivelse</i>	<i>Signatur</i>
-	-	-
Lokalitet		
Lokalitet	Ytre Vassholmen	
	Herøy, Nordland	
Lokalitetsnummer	29417	
Oppdragsgiver		
Selskap	LetSea AS	
Kontaktperson	Tor Hugo Hestnes	
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS Nordfrøyveien 413 Organisasjonsnummer 916 763 816 7260 Sistranda	
Ansvarlig prøvetaking	Kent-Roger Wahlvåg	
Rapportansvarlig	Arild Kjerstad arild@akerbla.no	
Forfatter (-e)	Torjus Haukvik Odd Helge Tunheim	
Godkjent av	Dagfinn B. Skomsø 	
Distribusjon	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.	

Forsidefoto: Charlotte Hallerud

Forord

Denne rapporten omhandler en C-undersøkelse av lokalitet Ytre Vassholmen. Formålet med C-undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser. Hovedprinsippet til en C-undersøkelse er at økologisk tilstand skal klassifiseres på grunnlag av biologiske kvalitetsparametere (fauna), mens fysiske og kjemiske forhold er støtteparametere (NS-EN ISO 16665 2013, Veileder 02:2013 2015, NS9410 2016).

Åkerblå AS er akkreditert for vurdering og fortolkning av resultater etter ISO 16665 (2013), SFT-Veileder 97:03 og NS9410 (2016), samt NIVA- rapport 4548 (Berge 2002) og Veileder 02:2013 (2015). Åkerblå AS sitt laboratorium tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Trondheim 03.02.2017

Sammendrag

Denne rapporten omhandler en C-undersøkelse ved lokaliteten Ytre Vassholmen i Herøy, Nordland.

I overgangen mellom anleggssone og overgangssone (VAS-1) ble det funnet svært få individer, noe som førte til at stasjonen ble klassifisert med miljøtilstand 3; «dårlig». Sedimentet var sort og avga sterk lukt. TOC-verdiene ved stasjonen var svært høye, og ble klassifisert med tilstandsklasse V; «svært dårlig». pH og E_h ble klassifisert med miljøtilstand 2; «god» og sink og kobber med tilstandsklasse I; «svært god».

I overgangssonen ble VAS-2 ble klassifisert med tilstandsklasse III; «moderat», mens VAS-3 ble klassifisert med tilstandsklasse II; «god». TOC-verdiene ble klassifisert med tilstandsklasse V; «svært dårlig» ved VAS-2 og tilstandsklasse III; «moderat» ved VAS-3. pH og E_h ble klassifisert med miljøtilstand 2; «god» og 3; «dårlig», og sink og kobber ble klassifisert med tilstandsklasse I; «svært god» ved begge stasjonene.

I ytterkanten av overgangssonen (VAS-2) ble bunnfaunaen klassifisert med tilstandsklasse 1; «svært god». TOC-verdiene viste imidlertid at det var tydelig forhøyede karbon-mengder ved stasjonen (tilstandsklasse IV; «dårlig»). Både pH og E_h , sink og kobber ble klassifisert med henholdsvis «meget god» og «svært god».

Totalt sett viser resultatene fra undersøkelsen at nærområdet rundt oppdrettsanlegget bærer tydelig preg av organisk påvirkning som trolig stammet fra oppdrettsvirksomheten, men at dette avtok med økende avstand til anlegget.

Innhold

1 Innledning	7
2 Materialer og metoder	10
2.1 Område og prøvestasjoner.....	10
2.2 Prøvetaking og analyser	13
2.3 Produksjon	17
3 Resultater	18
3.1 Bunndyrsanalyse	18
3.1.1 VAS-1	18
3.1.2 VAS-2	19
3.1.3 VAS-3	21
3.1.4 VAS-4	23
3.1.7 Samlet nEQR resultat	25
3.2 Hydrografi.....	26
3.3 Sedimentanalyser	28
3.3.1 Sensoriske vurderinger	28
3.3.2 Kornfordeling	29
3.3.3 Kjemiske parametere	29
4 Diskusjon.....	31
4.1 Prøvestasjoner	31
4.1.1 Anleggssone.....	31
4.1.2 Overgangssone.....	31
4.1.3 Ytterkant av overgangssone.....	31
4.2 Samlet vurdering	32
5 Litteraturliste.....	33
6 Vedlegg	35
Vedlegg 1 - Feltlogg (B-parametere)	35
Vedlegg 2 - Analysebevis	37
Vedlegg 3 - Klassifisering av forurensningsgrad	39
Vedlegg 4 - Indeksbeskrivelser	41
Vedlegg 5 – indeks for C1	44
Vedlegg 6 - Referansetilstander	45
Vedlegg 7 - Artsliste	47
Vedlegg 8 – CTD rådata	50
Vedlegg 9 – Bilder av sediment	52

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 2013).

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 2013; Veileder 02:2013 2015). Normalt antall defineres som 25-75 arter per grabb og 50-300 individer per grabb i henhold til Veileder 02:2013 (2015). 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 02:2013 2015).

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 lavt 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 02:2013 2015).

Forholdet mellom innholdet av nitrogen og karbon kan indikere hvor organiske stoffer kommer fra. Høyere planter har et lavt nitrogeninnhold i forhold til mengden karbon og dermed har de en høy C:N ratio. Høy C:N ratio i marine sedimenter kan derfor indikere deponering av terrestriske organiske stoffer (Faganelli et al. 1988). Fytoplankton derimot har et rikt nitrogeninnhold og lav C:N ratio fra sediment kan indikere en dominans av marine organiske kilder (Carpenter og Capone

1983). Konsentrasjonen av nitrogen (og annet) i organiske stoffer fra oppdrettsvirksomhet varierer med type utslipp. Løste næringssalter av nitrogen og fosfor spres eller tas opp av fytoplankton, mens spillfôr med rikt næringsinnhold faller raskt ned til sedimentet eller blir spist av villfisk. Fôrstøv har like høyt næringsinnhold, men på grunn av størrelsen flyter det lettere bort fra anleggsområdet. Fôr som oppdrettsfisken spiser tas opp som næring, skilles ut gjennom gjellene, skilles ut som urin eller går ut som fekalier. Det meste av fekalierne vil vanligvis sedimentere under eller i området rundt anlegget, men kan spres godt ved strømssterke lokaliteter (Torrissen et al. 2016; tabell 1.1). 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.

Tabell 1.1 Beregnede C:N- og C:P-ratio referanseverdier for ulike former for utslipp av organisk materiale fra oppdrettsvirksomhet. Ratioer er beregnet fra tall hentet fra Torrissen et al. (2016) og verdiene er ment som veiledende referanser.

Kilde	Type	Spredningsrute	C:N ratio	C:P ratio
Næringssalter	Oppløste stoffer	Frie vannmasser	_*	_*
Fytoplankton	Marine primærprodusenter	Frie vannmasser og sedimentering	5,69	37,37
Fekalier	Partikulært materiale	Sedimentering	18,11	14,26
Spillfôr	Partikulært materiale	Sedimentering og villfisk	6,76	50,00
Fôrstøv	Partikulært materiale	Delvis sedimentering / frie vannmasser	9,51	51,33

*Næringssalter inneholder ikke karbon

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 i fra 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 02:2013 (2015).

Når bløtbunnsfauna brukes i klassifisering, benyttes diversitets og sensitivtetsindeksene; Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), den sammensatte indeksen NQI1 (diversitet og sensitivitet), ES100 (diversitet), International sensitivity index (ISI) og Norwegian sensitivity indeks (NSI). Density Index (DI) er oppgitt for hver stasjon, men er ikke med i samlet vurdering. Hver indeks er tildelt referanseverdier som deler funnene inn i ulike tilstandsklasser. 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 (Veileder 02:2013 2015).

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 strømretning og bunntopografi. Om bunnen i overgangssonen er sterkt skrånende så plasseres det en prøvestasjon ved foten av skråningen. Antall stasjoner avhenger av størrelse på lokaliteten. Tidspunkt for prøvetaking bør være i løpet av de to siste månedene med maksimal belastning og frem til to måneder etter utslakting. C-undersøkelser skal utføres etter første generasjon på en lokalitet, mens minimumskravet til frekvensen for fremtidige undersøkelser bestemmes av tilstandsklassen som ble gitt ved foregående undersøkelse (tabell 1.2). Dersom frekvensene ikke sammenfaller, gjelder den som gir hyppigst frekvens (NS9410 2016).

Tabell 1.2 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 eller dårligere ($\geq$ IV)*	X		
	Svært god eller god (<II)			X
Samlet for C3, C4, osv.	Dårligere enn Moderat (V)*	X		
	Moderat (IV)		X	
	Svært god eller god (<II)			X

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

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.

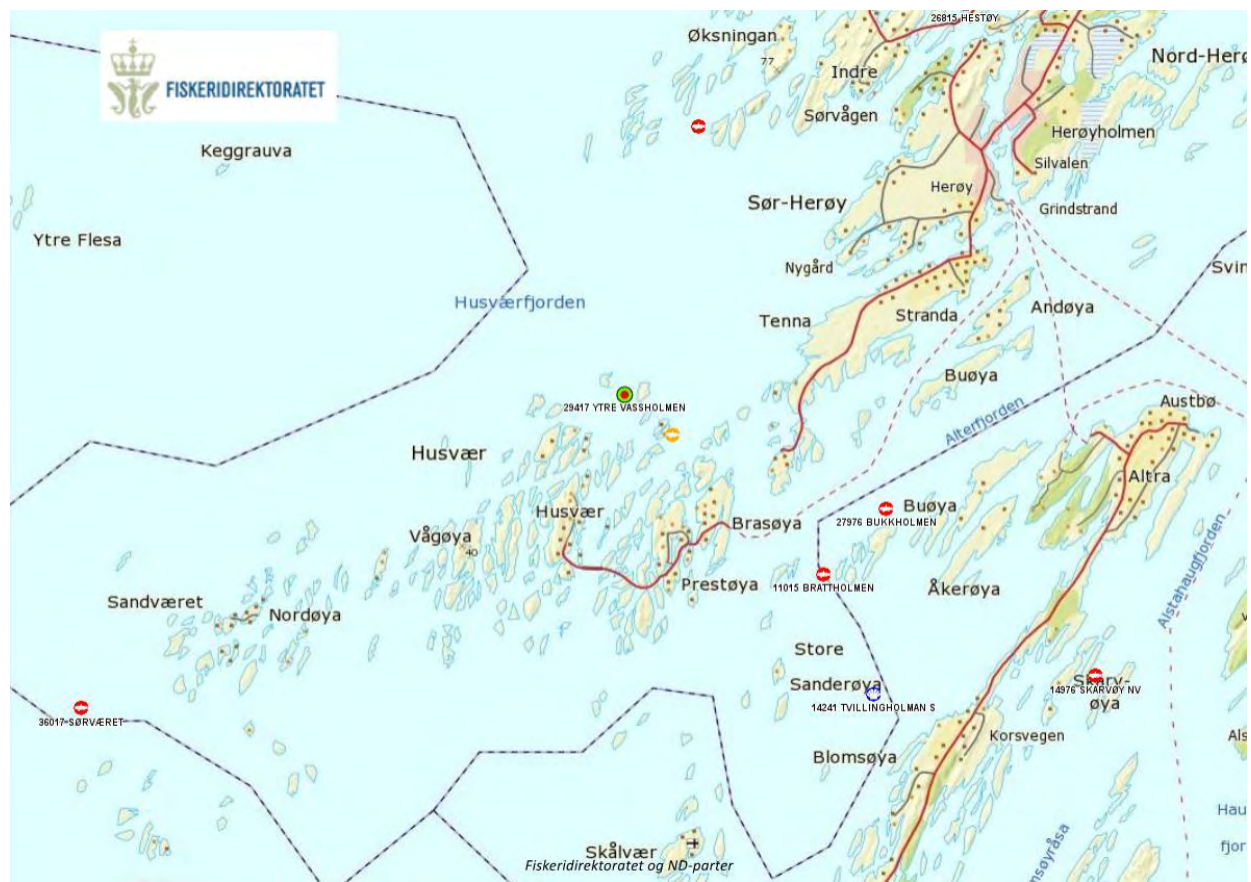
2 Materialer og metoder

2.1 Område og prøvestasjoner

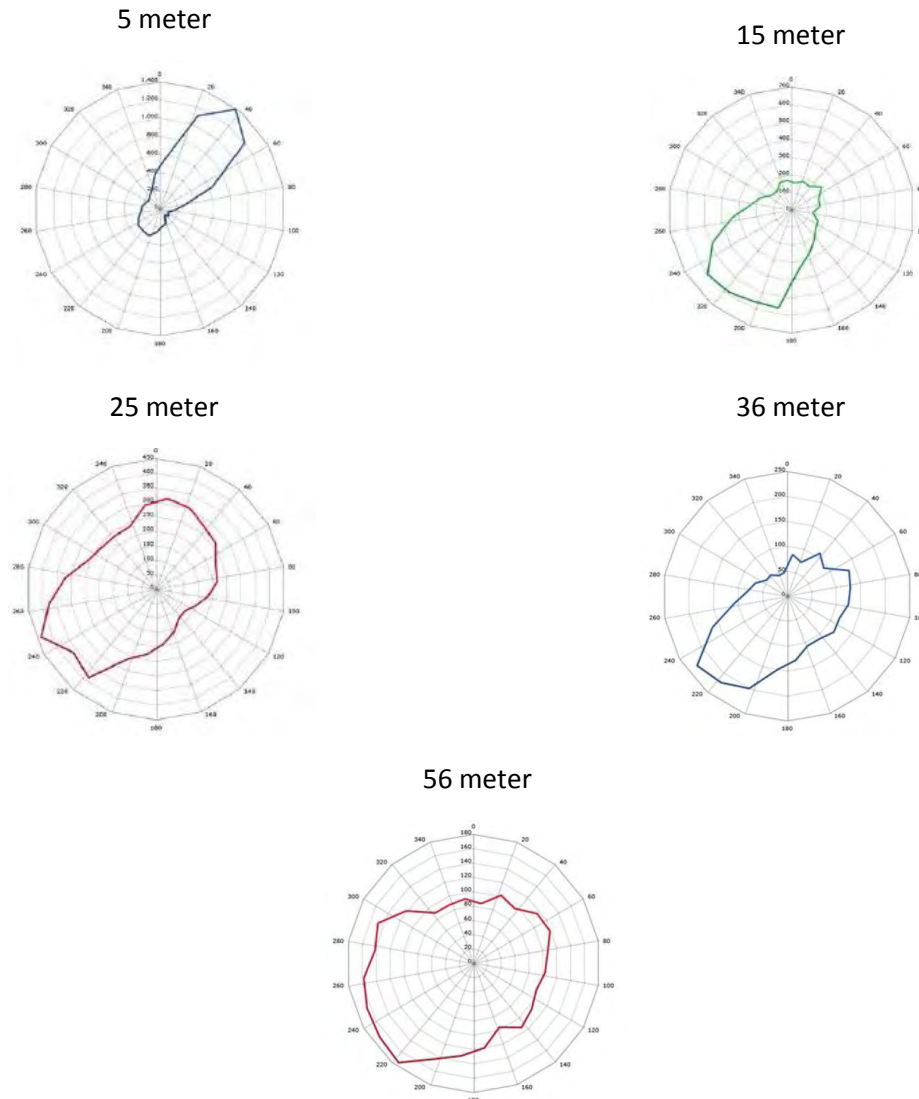
Ytre Vassholmen ligger i øykommunen Herøy i Nordland (figur 2.1.1). Anlegget er plassert i en bukt hvor omkringliggende holmer og skjær beskytter konstruksjonen. Bunntopografien under anlegget er relativt homogen, med dybder mellom 50 og 75 meter. B-undersøkelsen viste et sedimentteppe hovedsakelig bestående av sand med innblanding av skjellsand. Anlegget er dreid sørvest fra forankringen i nord, innover i bukten.

Lokaliteten har 8 bur, hvorav 7 var i bruk under produksjonen av gjeldende generasjon fisk. Merdene har en omkrets på 120 meter.

Strømmålinger (foretatt av Helgeland havbruksstasjon April og Desember 2013) viste at dominerende strømretning ved 5, 15 og 25 meter var henholdsvis nordøst, sørvest og sørvest/nordøst (figur 2.1.2). Bunnstrømmen, målt på 35 og 56 meters dyp, ble også funnet å være nordøst/sørvest (figur 2.1.2).

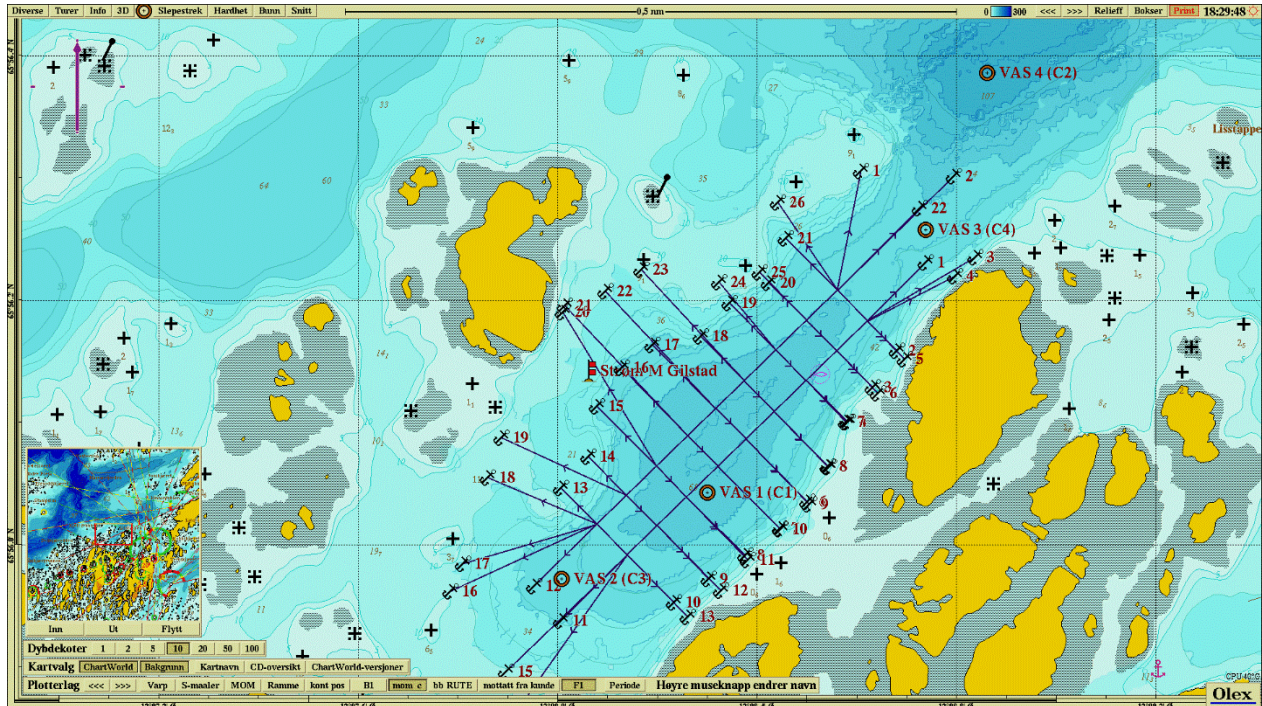


Figur 2.1.1 Geografisk plassering av lokaliteten. Anlegget er merket med grønn og rød sirkel sentralt i kartet. Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kilde: Fiskeridir. Kartdatum WGS84.

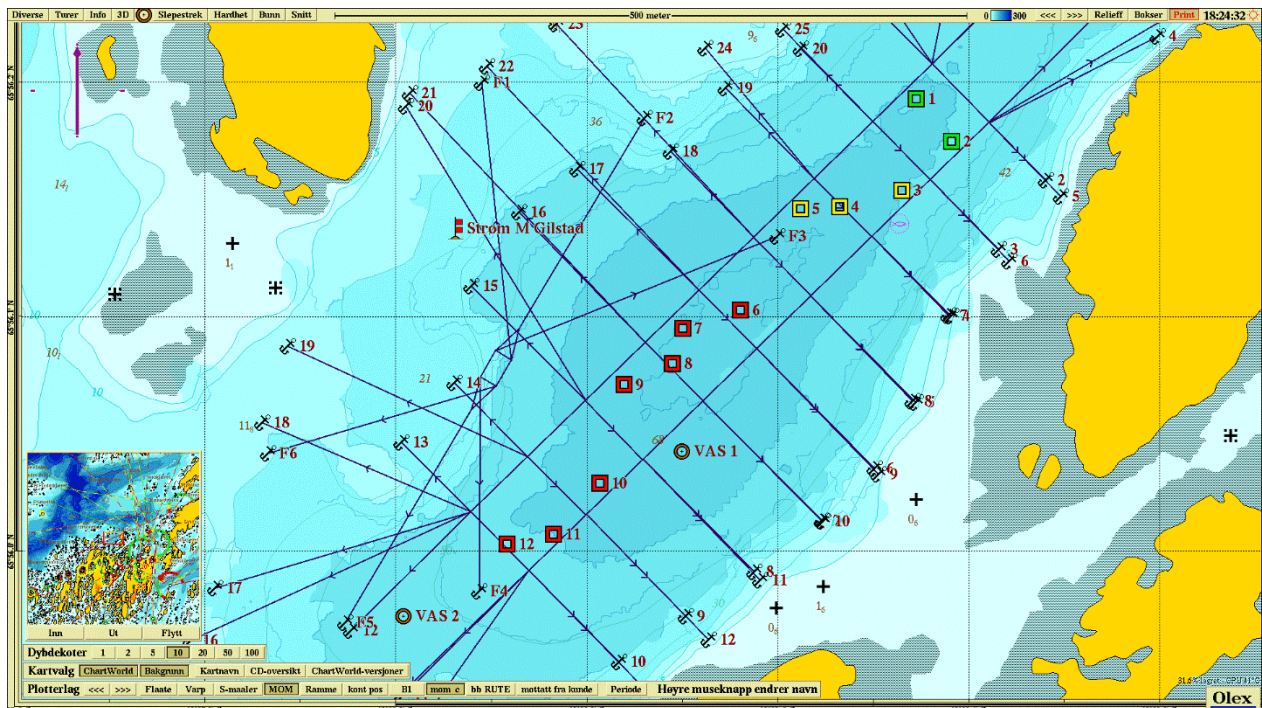


Figur 2.1.2 Strømforhold. Figuren viser relativ vannfluks som angir gjennomsnittlig vannutskiftning i forhold til himmelretning (Helgeland Havbruksstasjon (2013 & 2013)). Målingene er utført på 5, 15, 25, 36 & 56 meters dybde, som anvist i figuren.

Valg av stasjoner ble gjort på bakgrunn av produksjon, bunntopografi, bunnhardhet og strømforhold (NS9410 2016). Grunnet lokalitetens egenart, med åpning mot åpnere vannmasser i nordøst, og grunnere områder i bukt i sørvest, ble stasjonene plassert i nevnte himmelretninger fra anlegget. VAS 1 ble plassert inn mot anleggets ramme ved et område i anlegget som ble registrert som belastet ved b-undersøkelsen foretatt ved samme tidspunkt som gjeldende undersøkelse (figur 2.1.4). Stasjonen ligger også over det dypere området rundt anlegget. Stasjonene VAS 2 og VAS 3 ble plassert i overgangssonen henholdsvis sørvest og nordøst for anlegget. Stasjon VAS 4 ble plassert i dypere område i friere vannmasser nordøst for anlegget og representerer ytterkanten av overgangssonen (figur 2.1.3; tabell 2.1.1).



Figur 2.1.3 Plassering av lokaliteten med bunntopografi, fortøyningslinjer og stasjonsplassering. Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



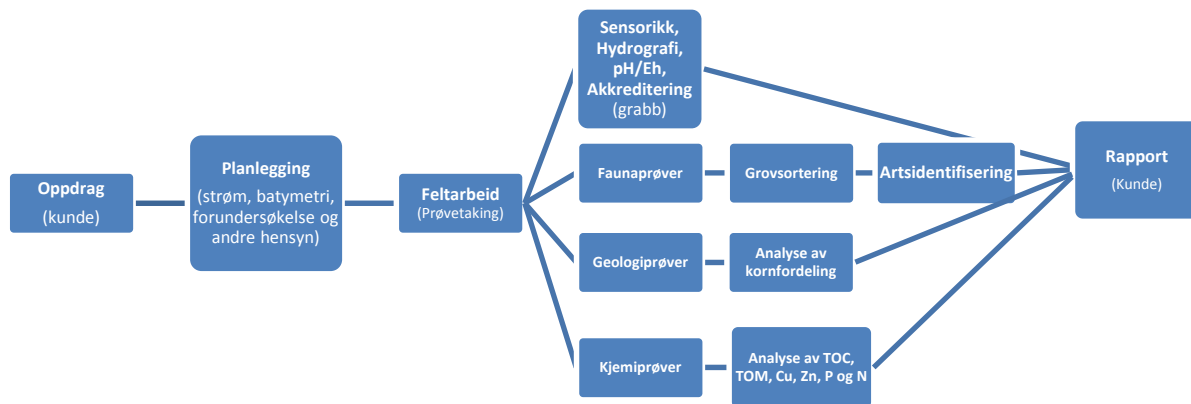
Figur 2.1.4 Anleggsplassering, fortøyningslinjer og C-stasjonens innerste prøvestasjon (VAS 1), samt plassering av b-stasjoner (nummerert). Fargen på firkantene angir de ulike tilstandskategoriene i b-undersøkelsen; blå gav tilstandskategori 1 (meget god), grønt gav tilstandskategori 2 (god), gult gav tilstandskategori 3 (dårlig) og rød gav tilstandskategori 4 (meget dårlig). 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 overgangssone (C3, C4 osv.). Undersøkelsen omfatter kvalitative faunaprøver (FAU), pH- og Eh målinger (PE), kjemiske parametere (KJE), egne kobberanalyser (Cu), geologiske parametere (GEO) og hydrografiske målinger (CTD). Koordinater er oppgitt med kartdatum WGS84.

Stasjon	Koordinater	Avstand fra anlegg (m)	Dyp (m)	Parametere	Plassering (NS 9410)
VAS-1	65° 56.042 'N 012° 08.299 'Ø	20	69	FAU, KJE, GEO, PE	C1
VAS-2	65° 55.972 'N 012° 08.008 'Ø	100	46	FAU KJE, GEO, PE	C3
VAS-3	65° 56.257 'N 012° 08.737 'Ø	54	160	FAU, KJE, GEO, PE	C4
VAS-4	65° 56.385 'N 012° 08.861 'Ø	400	110	FAU KJE, GEO, PE, CTD	C2

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 (2013). Det ble tatt tre hugg på hver prøvestasjon med en grabb hvorav 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. 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 parametere 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 vår underleverandør (figur 2.2.1).



Figur 2.2.1. Arbeidsflyt ved et typisk oppdrag kommer fra kunde, går via Åkerblå AS og underleverandører og til kunde som rapport.

En «subsampling» av prøvematerialet ble gjennomført av begge grabbene ved stasjon VAS-3 samt en av grabbene ved VAS-4, hvor ¼ av materialet er tatt ut for grovsortering i henhold til intern prosedyre.

Tabell 2.2.1 Prøvetakingsutstyr.

Utstyr	Beskrivelse
Sedimentprøvetaker	«Van Veen» grabb (KC-denmark) 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 statens kartverk, 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 og underleverandører som er benyttet. AK = Akkreditering, KP-AS = Kystlab Prebio AS, Cu = kobber, Zn = sink og P = fosfor.

	Leverandør	Personell	AK	Standard
Feltarbeid	Åkerblå AS	Kent-Roger Wahlvåg	TEST 252	NS-EN ISO 16665:2013
Grovsortering	Åkerblå AS	Jolanta Jagminiene	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2013
Artsidentifisering	Åkerblå AS	Torjus Haukvik, Martin Hektoen	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2013
Statistiske utregninger	Åkerblå AS	Torjus Haukvik	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2013
Vurdering og tolkning av bunnfauna	Åkerblå AS	Torjus Haukvik	TEST 252: P32	V02:2013 (2015), SFT 97:03, NS 9410:2016
Cu, Zn og P	KP-AS	KP-AS	TEST 070	NS-EN ISO 17294-2
Total organisk karbon (TOC)*	KP-AS	KP-AS*	-	ISO 10694 mod./EN13137A
Kornfordeling	KP-AS	KP-AS	-	DIN 18123
Nitrogen	KP-AS	KP-AS	TEST 070	Intern metode

KP-AS* Utført av underleverandør til Kystlab-PreBIO

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 (ES₁₀₀) 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 02:2013 (2015). ISI- og NSI-indeksene ble beregnet i henhold til Rygg & Norling (2013). AMBI-indeks og NQI1-indeks ble beregnet etter Veileder 02:2013 (Anon 2013). DI-indeks ble beregnet etter Veileder 02:13 (2015), men denne inngår ikke i normalisert samlet verdi (nEQR). Vurderinger og fortolkninger ble foretatt ut fra Veileder 02:2013 (2015; vedlegg 6).

Artenes toleranse til forurensning er angitt av de fem økologiske gruppene som NSI-indeksen faller under (vedlegg 3 og 6). 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/overgangs-

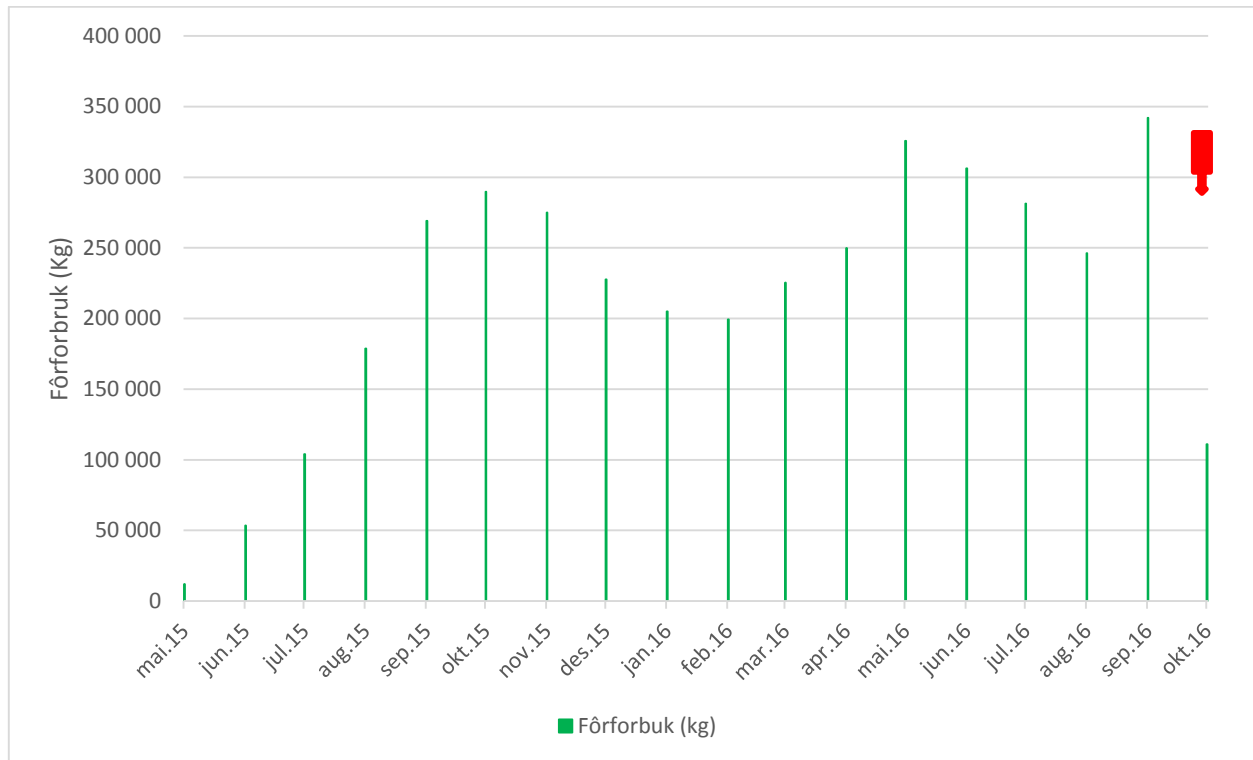
sone, VAS-1, gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning i henhold til NS 9410 (2016), mens øvrige stasjoner bedømmes på bakgrunn av en tilstandsverdi (nEQR) av indeksene: NQI1, Shannon Wiener diversitetsindeks (H'), ES_{100} , ISI og NSI (tabell 2.2.3; vedlegg 4). Det er i tillegg beregnet indekser for nærstasjonen (vedlegg 5).

Tabell 2.2.3 Indekser og forkortelser.

Indeks	Beskrivelse
S	Antall arter i prøven
N	Antall individer i prøven
NQI1	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 inkludert med individantall
DI	Individtetthetsindeks («Density Index»)
$\bar{G}$	Grabbverdi: Gjennomsnitt for grabb 1 og 2
$\bar{S}$	Stasjonsverdi: kombinert verdi for grabb 1 og 2
nEQR	Normalisert ratio ("Normalised Ecological Quality Ratio")
Tilstandsverdi	Gjennomsnittet av alle indeksenes nEQR-verdi

2.3 Produksjon

Utsett av laksen foregikk mellom mai og oktober 2015 og utslaktingen ble startet i mars 2016 og avsluttet oktober 2016. Maksimal produksjon ble på lokaliteten nådd 20 juni 2016 og per 21.10.16 var det totalt blitt utfôret 3 903 tonn for. Det har bare blitt produsert en generasjon fisk på lokaliteten og det totale fôrforbruket for generasjonen frem til prøvetidspunktet er illustrert i figur 2.3.1. Tidligere var det torskoppdrett på lokaliteten, men dette ble avviklet rundt 2010.



Figur 2.3.1 Fôrforbruk ved Ytre Vassholmen for siste generasjon og frem til tidspunkt for C- undersøkelsen. Pil angir prøvetidspunkt.

3 Resultater

3.1 Bunndyrsanalyse

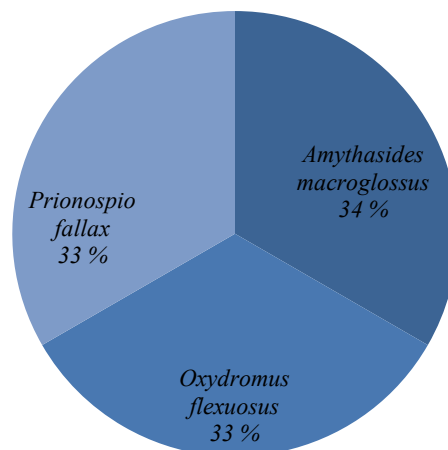
3.1.1 VAS-1

Ved VAS-1 ble det funnet 3 individer fordelt på 3 arter i de to grabbene. Det ble funnet en av hver av de tre flerbørstemarkartene *Amythasides macroglossus*, *Ophiodromus flexuosus* og *Prionospio fallax* (NSI-gruppe henholdsvis 1, 3 og 2), som hver dermed utgjorde 33 % individene i prøven (tabell 3.1.1.1 og figur 3.1.1.1).

Både arts- og individantall var langt under det som forbindes med normale forhold (i henhold til Veileder 02:2013). Siden det kun ble funnet 3 arter/individer ble stasjonen klassifisert med **miljøtilstand 3; «dårlig»**.

Tabell 3.1.1.1 De tre forekommende artene ved VAS-1 oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forurensingsnøytral, gruppe 3: forurensingstolerant, gruppe 4: forurensingstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forurensingsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Amythasides macroglossus</i>	1	1	33
<i>Oxydromus flexuosus</i>	3	1	33
<i>Prionospio fallax</i>	2	1	33



Figur 3.1.1.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved VAS-1. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (Š) for antall individer per art funnet ved stasjonen.

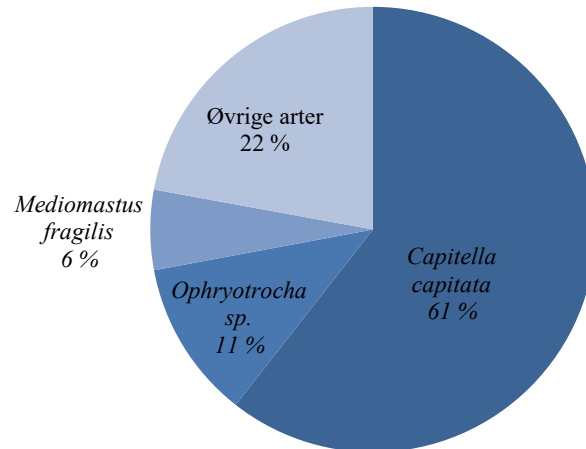
3.1.2 VAS-2

Ved VAS-2 ble det funnet 809 individer fordelt på 37 arter i de to grabbene. Hyppigst forekommende art ved stasjonen var den forurensingsindikerende flerbørstemarken *Capitella capitata* (NSI-gruppe 5), som utgjorde omtrent 61 % av det totale individantallet. Nest hyppigst forekommende art ved stasjonen var den forurensingstolerante og opportunistiske flerbørstemarkslekta *Ophryotrocha* (NSI-gruppe 4), som utgjorde omtrent 11 % av det totale individantallet. Den tredje hyppigst forekommende art ved stasjonen var den forurensingstolerante og opportunistiske flerbørstemarken *Mediomastus fragilis* (NSI-gruppe 4), som utgjorde omtrent 6 % av det totale individantallet (tabell 3.1.2.1 og figur 3.1.2.1).

Artsantallet ved stasjonen var innenfor normalen, mens individantallet var noe over hva som ansees som normalt. Ved stasjonen ble det funnet arter fra alle fem NSI-gruppene, med overvekten av artene er klassifisert i NSI-gruppe 3 og 4, samtidig som de tre hyppigst forekommende artene er klassifisert i NSI-gruppe 4 og 5. Med en tilstandsverdi på 0,452 ble stasjonen klassifisert i nedre halvdel av **tilstandsklasse III; «moderat»** (tabell 3.1.2.2)

Tabell 3.1.2.1 De elleve hyppigst forekommende artene ved VAS-2 oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forurensingsnøytral, gruppe 3: forurensingstolerant, gruppe 4: forurensingstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forurensingsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Capitella capitata</i>	5	490	61
<i>Ophryotrocha sp.</i>	4	93	11
<i>Mediomastus fragilis</i>	4	47	5,8
<i>Thyasira flexuosa</i>	3	27	3,3
<i>Eteone flava</i>	4	26	3,2
<i>Pholoe baltica</i>	3	17	2,1
<i>Scoloplos armiger</i>	3	14	1,7
<i>Parexogone hebes</i>	1	13	1,6
<i>Syllis cornuta</i>	3	11	1,4
<i>Chaetozone setosa</i>	4	9	1,1
<i>Pholoe inornata</i>	3	9	1,1
Øvrige arter	-	62	6,6



Figur 3.1.2.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved VAS-2. Fordelingen er basert på stasjonsverdien ($\bar{S}$) for antall individer per art funnet ved stasjonen.

Tabell 3.1.2.2 Resultater for VAS-2 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$), utregnede indekser for hver enkelt grabb, gjennomsnitt og stasjonsverdi, normaliserte verdier (nEQR) for gjennomsnittet og stasjonsverdien for hver enkelt indeks, samt tilstandsverdien, som er gjennomsnittet av gjennomsnittlig verdi for normalisert verdi for gjennomsnitt og stasjonsverdi. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor hvilke tilstandsklasser de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	26	28	27,0	37		
N	327	482	404,5	809		
NQI1	0,485	0,489	0,487	0,500	0,397	0,415
H'	2,260	2,454	2,357	2,436	0,483	0,497
J	0,481	0,510	0,496	0,468		
H'max	4,700	4,807	4,754	5,209		
ES100	15,210	14,930	15,070	15,250	0,545	0,550
ISI	6,498	7,889	7,193	7,588	0,553	0,608
NSI	10,659	11,107	10,883	10,927	0,235	0,237
DI	0,465	0,633	0,549	0,549		
		Tilstandsverdi:	0,452		0,443	0,462

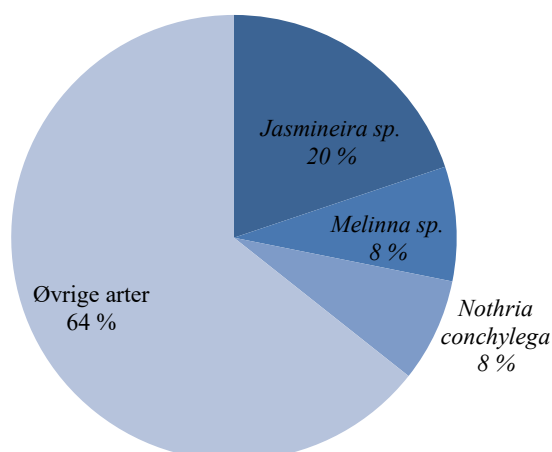
3.1.3 VAS-3

Ved VAS-3 ble det funnet 1144 individer fordelt på 79 arter i de to grabbene. Hyppigst forekommende art ved stasjonen var den forurensingsnøytrale flerbørstemarksleka *Jasmineira* (NSI-gruppe 2), som utgjorde omtrent 20 % av det totale individantallet. Nest hyppigst forekommende art ved stasjonen var flerbørstemarkslekta *Melinna* (NSI-gruppe ikke angitt), som utgjorde omtrent 8 % av det totale individantallet. Den tredje hyppigst forekommende art ved stasjonen var den forurensingssensitive flerbørstemarken *Nothria conchylega* (NSI-gruppe 1), som utgjorde omtrent 8 % av det totale individantallet (tabell 3.1.3.1 og figur 3.1.3.1).

Artsantallet ved stasjonen var innenfor normalen, mens individantallet var noe over hva som ansees som normalt. Stasjonen bar preg av arter klassifisert i NSI-gruppe 1, 2 og 3, med arter fra NSI-gruppe 4 og 5 også tilstede. Ingen arter dominerte i betydelig grad. Med en tilstandsverdi på 0,747 ble stasjonen klassifisert i øvre halvdel av **tilstandsklasse II; «god»** (tabell 3.1.3.2)

Tabell 3.1.3.1 De ti hyppigst forekommende artene ved VAS-3 oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forurensingsnøytral, gruppe 3: forurensingstolerant, gruppe 4: forurensingstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forurensingsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Jasmineira sp.</i>	2	227	20
<i>Melinna sp.</i>		95	8,3
<i>Nothria conchylega</i>	1	86	7,5
<i>Paradoneis lyra</i>	2	65	5,7
<i>Capitella capitata</i>	5	63	5,5
<i>Pholoe inornata</i>	3	34	3,0
<i>Oligochaeta</i>	5	33	2,9
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	30	2,6
<i>Chaetozone setosa</i>	4	26	2,3
<i>Mediomastus fragilis</i>	4	25	2,2
Øvrige arter	-	460	40



Figur 3.1.3.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved VAS-3. Fordelingen er basert på stasjonsverdien ($\bar{S}$) for antall individer per art funnet ved stasjonen.

Tabell 3.1.3.2 Resultater for VAS-3 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$), utregnede indekser for hver enkelt grabb, gjennomsnitt og stasjonsverdi, normaliserte verdier (nEQR) for gjennomsnittet og stasjonsverdien for hver enkelt indeks, samt tilstandsverdien, som er gjennomsnittet av gjennomsnittlig verdi for normalisert verdi for gjennomsnitt og stasjonsverdi. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor hvilke tilstandsklasser de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	57	55	56,0	79		
N	660	484	572,0	1144		
NQI1	0,698	0,757	0,727	0,736	0,702	0,711
H'	4,785	4,610	4,697	4,935	0,789	0,830
J	0,820	0,797	0,809	0,783		
H'max	5,833	5,781	5,807	6,304		
ES100	33,200	33,110	33,155	35,880	0,790	0,824
ISI	8,656	8,530	8,593	8,953	0,704	0,738
NSI	21,382	23,224	22,303	22,153	0,692	0,686
DI	0,770	0,635	0,702	0,702		
		Tilstandsverdi:	0,747		0,735	0,758

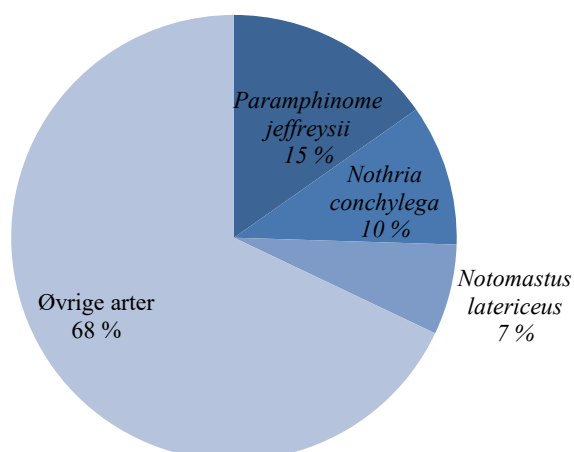
3.1.4 VAS-4

Ved VAS-4 ble det funnet 761 individer fordelt på 97 arter i de to grabbene. Hyppigst forekommende art ved stasjonen var den forurensingstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jefferysii* (NSI-gruppe 3), som utgjorde omtrent 15 % av det totale individantallet. Nest hyppigst forekommende art ved stasjonen var den forurensningssensitive flerbørstemarken *Nothria conchylega* (NSI-gruppe 1), som utgjorde omtrent 10 % av det totale individantallet. Den tredje hyppigst forekommende art ved stasjonen var den forurensingssensitive flerbørstemarken *Notomastus latericeus* (NSI-gruppe 1), som utgjorde omtrent 7 % av det totale individantallet (tabell 3.1.4.1 og figur 3.1.4.1).

Artsantallet ved stasjonen var innenfor normalen, mens individantallet var noe over hva som ansees som normalt. Stasjonen bar preg av arter klassifisert i NSI-gruppe 1, 2 og delvis 3, uten at noen arter dominerte i betydelig grad. Med en tilstandsverdi på 0,845 ble stasjonen klassifisert i øvre halvdel av **tilstandsklasse I; «svært god»** (tabell 3.1.3.2)

Tabell 3.1.4.1 De ti hyppigst forekommende artene ved VAS-4 oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forurensingsnøytral, gruppe 3: forurensingstolerant, gruppe 4: forurensingstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forurensingsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Paramphinome jefferysii</i>	3	116	15
<i>Nothria conchylega</i>	1	78	10
<i>Notomastus latericeus</i>	1	50	6,6
<i>Jasmineira sp.</i>	2	31	4,1
<i>Pholoe baltica</i>	3	27	3,5
<i>Rhodine gracilior</i>	1	27	3,5
<i>Ampharete octocirrata</i>	1	23	3,0
<i>Spio sp.</i>	2	19	2,5
<i>Phascolion strombus strombus</i>	2	18	2,4
<i>Melinna sp.</i>	i.a.	15	2,0
<i>Yoldiella lenticula</i>	3	15	2,0
Øvrige arter	-	357	45



Figur 3.1.4.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved VAS-4. Fordelingen er basert på stasjonsverdien ($\bar{S}$) for antall individer per art funnet ved stasjonen.

Tabell 3.1.4.2 Resultater for VAS-4 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$), utregnede indekser for hver enkelt grabb, gjennomsnitt og stasjonsverdi, normaliserte verdier (nEQR) for gjennomsnittet og stasjonsverdien for hver enkelt indeks, samt tilstandsverdien, som er gjennomsnittet av gjennomsnittlig verdi for normalisert verdi for gjennomsnitt og stasjonsverdi. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor hvilke tilstandsklasser de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	63	73	68,0	97		
N	498	263	380,5	761		
NQI1	0,793	0,817	0,805	0,817	0,784	0,796
H'	4,974	5,321	5,147	5,374	0,877	0,928
J	0,832	0,860	0,846	0,814		
H'max	5,977	6,190	6,084	6,600		
ES100	36,670	45,060	40,865	42,780	0,886	0,910
ISI	9,746	9,843	9,795	9,622	0,811	0,801
NSI	26,281	25,223	25,752	25,909	0,825	0,830
DI	0,647	0,370	0,509	0,509		
		Tilstandsverdi:	0,845		0,837	0,853

3.1.7 Samlet nEQR resultat

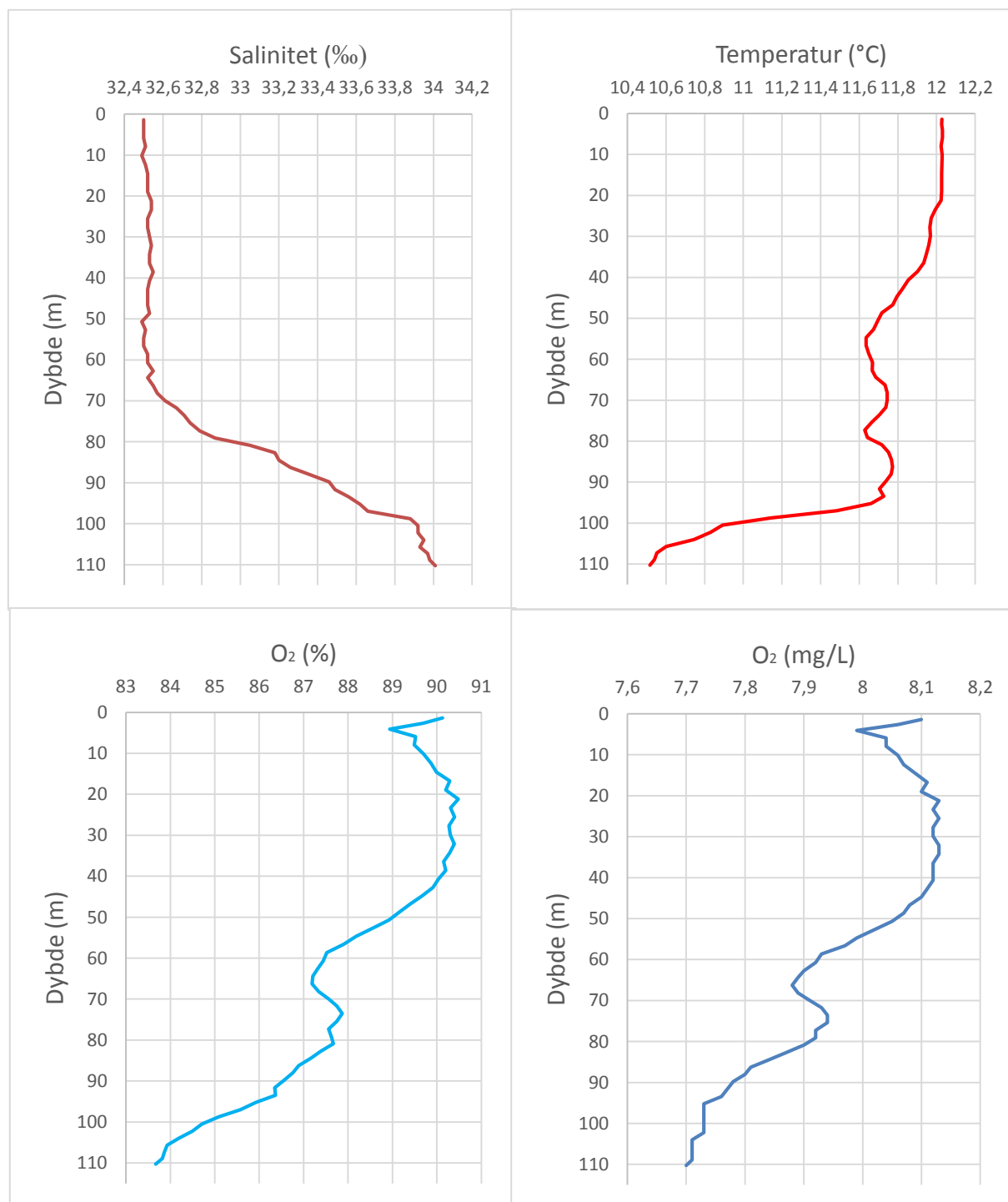
Undersøkelsesfrekvens for C-undersøkelser er bestemt av tilstandsklassen stasjonsverdiene faller inn under (tabell 3.1.7.1).

Tabell 3.1.7.1 Stasjonsverdier () og tilstandsklasse fra nEQR for stasjoner C2 og C3 og C4.

Stasjonsbeskrivelse	Stasjon	Stasjonsverdi	Tilstandsklasse
Ytterkant av overgangsstasjonen (C2)	VAS-4	0,845	I; «svært god»
Overgangssonen (C3, C4 osv.)	VAS-2	0,452	
	VAS-3	0,747	
	Gjennomsnitt Tilstandsverdi	0,599	III; «moderat»

3.2 Hydrografi

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved stasjon VAS-4 (figur 3.2.1).



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

Temperaturen ved stasjonen sank med litt under 0,5 °C fra overflata ned til ca 95 meters dyp, for så synke hurtig ned til 10,5 °C ved bunnen. Saliniteten var stabil rundt 32,5 ‰ fra

overflata ned til ca 65 meteres dyp, fra hvor den økte gradvis til 34,0 ‰ ved bunnen på 110 m. Oksygennivået ved stasjonen varierte igjennom vannsøyla, fra 8,1 mg/L (90 %) i overflata, til 8,0 mg/L (89 %) ved 5 m, før nivået steg til rett over 8,1 mg/L (90 %) ved ca 30m. Derfra sank nivået jevnt til 7,7 mg/L (84 %) ved bunnen med unntak av en liten økning fra 65 m til 75 m.

Oksygennivået ved bunnen av stasjon VAS-4 ble klassifisert med tilstandsklasse I; «svært god».

3.3 Sedimentanalyser

I felt ble prøvene vurdert til akkrediteringsstatus basert på type sediment og overflate (tabell 3.3.1).

Tabell 3.3.1 Sedimentinnhold; volum (L) og akkrediteringsstatus (Akk.). Volum angir mengde sediment i hvert grabbhugg per stasjon. Akkrediteringsstatus angir om det var tilstrekkelig mengde (volum) sediment for godkjent akkreditert prøve i henhold til type sediment. Godkjent akkreditert prøve krever også uforstyrret overflate. Uforstyrret betyr at overflaten ikke var utvasket, forstyrret eller utvannet i særlig grad. Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	Hugg	Type sediment	Volum	Akk.	Overflate	Akk.	Akk. Grabb
VAS-1	1	Hovedsakelig sand	14,2	Ja	Ja	Ja	Ja
	2	Hovedsakelig sand	15,3	Ja	Ja	Ja	Ja
	3	Hovedsakelig sand	14,2	Ja			Ja
VAS-2	1	Mudder, skjellsand, sand	6,5	Ja	Ja	Ja	Ja
	2	Mudder, skjellsand, sand	8,6	Ja			Ja
	3	Mudder, sand					
VAS-3	1	Mudder, skjellsand, sand	6,5	Ja			Ja
	2	Mudder, skjellsand, sand	2,1	Nei	Nei	Nei	Nei
	3						
VAS-4	1	Silt, sand	14,2	Ja	Ja	Ja	Ja
	2	Leire, silt, sand	14,2	Ja	Ja	Ja	Ja
	3	Silt sand	14,2	Ja			

3.3.1 Sensoriske vurderinger

Ved anleggssonen hadde sedimentet sort farge, bestod av sand med litt silt/leire og det ble registrert sterk lukt. I overgangssonen ble det tatt to stasjoner, og disse hadde brun og lys farge på sedimentet, bestod av sand med litt silt/leire og grus og sand med en del grus, og det ble registrert noe og ingen lukt. I ytterkant av overgangssonen, hadde sedimentet brun farge, bestod av sand med litt silt/leire og det ble ikke registrert lukt (tabell 3.3.1.1).

Tabell 3.3.1.1 Sensoriske vurderinger av sedimentet.

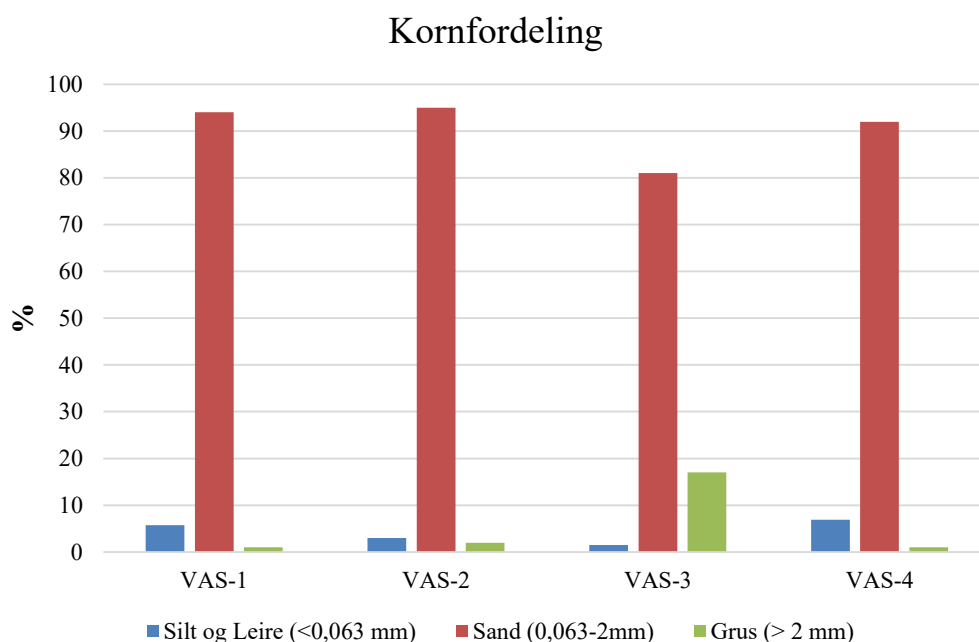
Stasjon	Hugg nr	Farge	Lukt	Konsistens	Annet
VAS-1	1	Sort	Sterk	Løs	
	2	Sort	Sterk	Løs	
	3	Sort	Sterk	Løs	
VAS-2	1	Brun	Noe	Myk	
	2	Brun	Noe	Myk	
	3	Brun	Noe	Myk	
VAS-3	1	Lys	Nei	Fast	Steinbunn
	2	Lys	Nei	Fast	Steinbunn
	3				
VAS-4	1	Brun	Nei	Noe fast	
	2	Brun	Nei	Noe fast	
	3	Brun	Nei	Noe fast	

3.3.2 Kornfordeling

Kornfordelingen per prøvestasjon er presentert i figur 3.3.2.1 og 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 (%)
VAS-1	5,7	94	<1
VAS-2	3,0	95	2
VAS-3	1,5	81	17
VAS-4	6,9	92	<1



Figur 3.3.2.1 Kornfordeling. Blå stolpe representerer leire og silt med en kornstørrelse < 0,063 mm, rød stolpe representerer sand med kornstørrelser fra 0,063 mm til 2 mm og grønn stolpe representerer grus med kornstørrelser > 2mm.

3.3.3 Kjemiske parametere

Verdiene for pH og E_h ble klassifisert med miljøtilstand 2; «god» ved stasjonene VAS-1 og VAS-2, mens VAS-3 og VAS-4 ble klassifisert med miljøtilstand 1; «meget god» (tabell 3.4.3.1).

Tabell 3.3.3.1 pH- og E_h -verdier. 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 (NS9410 2016). Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand
VAS-1	7,26	-250	2	2; «god»
VAS-2	7,63	-86,8	2	2; «god»
VAS-3	8,01	-17,1	1	1; «meget god»
VAS-4	7,66	12,0	1	1; «meget god»

Nivået av normalisert TOC (nTOC) ble ved stasjonene VAS-1 og VAS-2 klassifisert med tilstandsklasse V; «svært dårlig». Stasjon VAS-3 ble klassifisert med tilstandsklasse III; «moderat», mens VAS-4 ble klassifisert med tilstandsklasse IV; «dårlig». Nivåene av kobber og sink ved alle stasjoner var lavt og ble klassifisert med tilstandsklassen I; «svært god». For fosfor er det ikke utarbeidet klassifiseringssystem, men erfaringsmessig sammenfaller verdiene med verdier man normalt sett finner i forbindelse med et oppdrettsanlegg (tabell 3.4.3.2).

Tabell 3.4.3.2 Innhold av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og etter innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK) er oppgitt etter Bakke et. Al (2007) for sink (Zn; mg/kg TS), kobber (Cu; mg/kg TS), normalisert TOC (nTOC; mg/g) og totalt organisk materiale (TOM; glødetap i % av TS). Fosfor (P; mg/kg TS) og nitrogen (N; mg/kg TS) har ikke tilstandsklasser og karbon-nitrogenforholdet (C:N) er oppgitt som ratio mellom de to enhetene. Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	TOM	nTOC	TK	N	C:N	P	Zn	TK	Cu	TK
VAS-1	26,7	127	V	12800	8,6	1400	81	I	29	I
VAS-2	6,4	47,5	V	699	42,9	610	22	I	8,0	I
VAS-3	4,0	27,1	III	841	11,2	290	11	I	2,8	I
VAS-4	8,4	40,8	IV	3490	6,9	560	31	I	9,9	I

4 Diskusjon

4.1 Prøvestasjoner

4.1.1 Anleggssone

I overgangen mellom anleggssone og overgangssone (VAS-1) ble det funnet svært få individer, noe som førte til at stasjonen ble klassifisert med miljøtilstand 3; «dårlig». Sedimentet ved stasjonen bestod hovedsakelig av sand, og det ble registrert sort farge og sterk lukt. TOC-verdiene ved stasjonen var svært høye, og ble klassifisert med tilstandsklasse V; «svært dårlig», over 3 ganger høyere enn grensa til tilstandsklasse V. Svært få individer kombinert med høye TOC-verdier, sort farge og sterk lukt er tydelige indikatorer på betydelig organisk belastning. Til tross for dette ble pH og E_h samlet klassifisert med miljøtilstand 2; «god» og sink og kobber med tilstandsklasse I; «svært god» selv om begge verdiene var noe forhøyet.

4.1.2 Overgangssone

I overgangssonen (VAS-2 og VAS-3) ble det også funnet tegn på organisk belastning, men ikke i like stor grad som ved anleggssonen. VAS-2 ble klassifisert med tilstandsklasse III; «moderat», mens VAS-3 ble klassifisert med tilstandsklasse II; «god». Sedimentet ved begge stasjonene bestod hovedsakelig av sand, og det ble registrert brun farge og noe lukt ved VAS-2, mens VAS-3 var lys i fargen og uten lukt. TOC-verdiene ble klassifisert med tilstandsklasse V; «svært dårlig» ved VAS-2 og tilstandsklasse III; «moderat» ved VAS-3. pH og E_h ble klassifisert med miljøtilstand 2; «god» og 3; «dårlig» for henholdsvis VAS-2 og VAS-3. Sink og kobber ble klassifisert med tilstandsklasse I; «svært god» ved begge stasjonene. Samlet viser dette at stasjonene bar noe preg av påvirkning, men uten at det var i svært betydelig grad.

4.1.3 Ytterkant av overgangssone

I ytterkanten av overgangssonen (VAS-2) ble bunnfaunaen klassifisert med tilstandsklasse 1; «svært god», noe som betyr at mangfold og mengder virvelløse taksa var innenfor det som normalt forbindes med uberørte forhold. TOC-verdiene viste imidlertid at det var tydelig forhøyede karbon-mengder ved stasjonen (tilstandsklasse IV; «dårlig»). Både pH og E_h , sink og kobber ble klassifisert med laveste klassifiseringer (henholdsvis, miljøtilstand 1; «meget god» og tilstandsklasse I; «svært god»).

4.2 Samlet vurdering

Totalt sett viser resultatene fra undersøkelsen at nærområdet ved oppdrettsanlegget bar tydelig preg av organisk påvirkning som trolig stammet fra oppdrettsvirksomheten, men at dette avtok med økende avstand til anlegget.

C2-stasjonen (VAS-4 – lengst unna oppdrettsanlegget) ble klassifisert med tilstandsklasse I; «svært god», samtidig som samlet tilstandsklasse for C3- og C4-stasjonene var tilstandsklasse III; «moderat».

I henhold til NS9410:2016 er krav til gjennomføring av ny C-undersøkelse derfor at det gjennomføres ved hver andre produksjonssyklus (tabell 1.1).

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
- Eikje, E. M. (2013), Strømundersøkelse Ytre Vassholmen April 2013, Helgeland Havbruksstasjon AS, 1-19
- Eikje, E. M. (2013), Strømundersøkelse Ytre Vassholmen Desember 2013, Helgeland Havbruksstasjon AS, 1-21
- 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.
- Fiskeridirektoratet (2016) Fiskeridirektoratets kartløsning, hentet 02.02.2017 fra <http://kart.fiskeridir.no/default.aspx?gui=1&lang=2#>
- 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.
- 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. *Standard Norge*.
- NS 9410 (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. *Standard Norge*.
- NS-EN ISO 16665 (2013). Vannundersøkelse, Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna. *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 havbruk – nasjonale og regionale perspektiv*. Rapport fra Havforskningen, Nr.21-2016. Havforskningsinstituttet, Bergen. ISSN 1893-4536
- Veileder 02:2013 (2015) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk Klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Revidert 2015. Direktoratgruppa for gjennomføring av vanndirektivet/Miljøstandardprosjekt.
- Vannportalen.no. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

6 Vedlegg

Vedlegg 1 - Feltlogg (B-parametere)

Kunde	LetSea AS				Lokalitet/P.nr	Ytre Vassholmen / 29417							
Dato	05.10.16				Toktleder	K.R. Wahlvåg							
Prøvetaking	START:10:30 SLUTT: 13:45				Alt. Personell	O.H.Tunheim							
Vær	Overskyet, 8m/s S-SV				Sjøtemperatur	11,7 grader celsius							
Utsyr ID / Kalibrering	Grab: Sil: Eh: pH: pH-kalibrering: Sjø; Eh: 106 pH:8,07												
Stasjon nr/navn	VAS 1				VAS 2				VAS 3				
Posisjon N / Ø	65°56.042/12°08.299				65°55.972/12°08.008				65°56.257/12°08.738				
Dybde (meter)	68				46				54				
Hugg nummer	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Antall forsøk	1	1	1		1	1	1		2	2			
Akkreditert hugg (ja/nei)	Ja	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja		Ja	Nei			
Volum (cm)	2	1	2		9	7	8		9	14			
Antall flasker	1	1			1	1			4	3			
pH	7,3				7,6				8,0				
E _h (mV)	-				-				-				
Sediment	Skjellsand					2	2	2		2	3		
	Sand	1	1	1		1	1	1		1	1		
	Mudder												
	Silt												
	Leire												
	Steinbunn									3	2		
Farge	Lys/Grå (0)									0	0		
	Brun/Sort (2)	2	2	2		1	1	1					
Lukt	Ingen (0)									0	0		
	Noe (2)					2	2	2					
	Sterk (4)	4	4	4									
Kons	Fast (0)									0	0		
	Myk (2)					2	2	2					
	Løs (4)	4	4	4									
Merknader / avvik									Steinbunn				
*K/G/F = Kjemi/Geologi/Fauna					Signatur: <i>Odd Helge Tunheim</i>								

Kunde	LetSea AS	Lokalitet/P.nr	Ytre Vassholmen / 29417									
Dato	05.10.16	Toktleder	K.R. Wahlvåg									
Prøvetaking	START:10:30 SLUTT: 13:45	Alt. Personell	O.H.Tunheim									
Vær	Overskyet, 8m/s S-SV	Sjøtemperatur	11,7 grader celsius									
Utsyr ID / Kalibrering	Grab: Sil: Eh: pH: pH-kalibrering: Sjø; Eh: 106 pH:8,07											
Stasjon nr/navn	VAR 4				2				3			
Posisjon N / Ø	65°56.385/12°08.862				/				/			
Dybde (meter)	110											
Hugg nummer	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Antall forsøk	1	1										
Akkreditert hugg (ja/nei)	Ja	ja										
Volum (cm)	2	2	2									
Antall flasker	3	2										
pH	7,6	12										
E_h (mV)												
Sediment	Skjellsand											
	Sand	1	1	1								
	Mudder											
	Silt	2	2	2								
	Leire		3									
	Steinbunn											
Farge	Lys/Grå (0)											
	Brun/Sort (2)	1	1	1								
Lukt	Ingen (0)	0	0	0								
	Noe (2)											
	Sterk (4)											
Kons	Fast (0)	1	1	1								
	Myk (2)											
	Løs (4)											
Merknader / avvik	CTD											
*K/G/F = Kjemi/Geologi/Fauna					Signatur: <i>Odd Helge Tunheim</i>							

Vedlegg 2 - Analysebevis



Avdeling Namdal

Åkerblå AS
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA



Dato: 28.12.2016
Prøve ID: N2016-9779
ver 1

Gjelder: **VAS-1**

ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 11.11.16

Analyseperiode: 11.11.16 - 28.12.16

Prøvetaker: Oppdragsgiver

2016-9779-1

Sedimenter fra saltvann

Sted: VAS-1

Referanse: 16117

Tatt ut: 05.10.16

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	NS-EN ISO 17294-2	29	mg/kg TS
Sink	NS-EN ISO 17294-2	81	mg/kg TS
Fosfor	NS-EN ISO 17294-2	1400	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	12800	mg N/kg TS
*Totalt organisk karbon, TOC	26) ISO10694mod./EN13137A	110000	mg/kg TS
*Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	127	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	18	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	26,7	% av TS
*Finstoff (<63µ)	DIN 18123	5,7	%
*Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	94	%
*Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%

2016-9779-2

Sedimenter fra saltvann

Sted: VAS-2

Referanse: 16117

Tatt ut: 05.10.16

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	NS-EN ISO 17294-2	8,0	mg/kg TS
Sink	NS-EN ISO 17294-2	22	mg/kg TS
Fosfor	NS-EN ISO 17294-2	610	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	699	mg N/kg TS
*Totalt organisk karbon, TOC	26) ISO10694mod./EN13137A	30000	mg/kg TS
*Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	47,5	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	45	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	6,4	% av TS
*Finstoff (<63µ)	DIN 18123	3,0	%
*Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	95	%
*Grus (>2000 µm)	DIN 18123	2	%

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

Side 1 av 2

Postadresse

Postboks 433
7801 Namsos

E-mail: namdal@kystlabprebio.no
www.kystlabprebio.no

Telefon:

74 21 24 40

Org.nr:

NO: 986 208 933 MVA

Dato: 28.12.2016
 Prøve ID: N2016-9779
 ver 1

2016-9779-3

Sedimenter fra saltvann

Sted: VAS-3

Tatt ut: 05.10.16

Referanse: 16117

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	NS-EN ISO 17294-2	2,8	mg/kg TS
Sink	NS-EN ISO 17294-2	11	mg/kg TS
Fosfor	NS-EN ISO 17294-2	290	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	841	mg N/kg TS
*Totalt organisk karbon, TOC	26) ISO10694mod./EN13137A	9400	mg/kg TS
*Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	27,1	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	55	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	4,0	% av TS
*Finstoff (<63µ)	DIN 18123	1,5	%
*Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	81	%
*Grus (>2000 µm)	DIN 18123	17	%

2016-9779-4

Sedimenter fra saltvann

Sted: VAS-4

Tatt ut: 05.10.16

Referanse: 16117

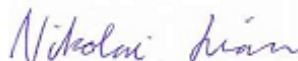
Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	NS-EN ISO 17294-2	9,9	mg/kg TS
Sink	NS-EN ISO 17294-2	31	mg/kg TS
Fosfor	NS-EN ISO 17294-2	560	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	3490	mg N/kg TS
*Totalt organisk karbon, TOC	26) ISO10694mod./EN13137A	24000	mg/kg TS
*Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	40,8	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	43	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	8,4	% av TS
*Finstoff (<63µ)	DIN 18123	6,9	%
*Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	92	%
*Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen

< betyr: Mindre enn

26) Utført av SINTEF Molab AS

Med hilsen Kystlab-PreBIO AS



Nikolai Lian
 Laboratorieingeniør Namdal

Kopi til
 Arild (E-mail)

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

Side 2 av 2

Postadresse
 Postboks 433
 7801 Namsos

E-mail: namdal@kystlabprebio.no
 www.kystlabprebio.no

Telefon:
 74 21 24 40

Org nr:
 NO: 986 208 933 MVA

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 i stedet for AMBI-verdi for å angi forurensningsgrad. Ettersom Rygg & Norling (2013) 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.

Gruppe 1 (Forurensingssensitive) - 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 flerbørstemarkere.

Gruppe 2 (forurensingsnøytrale) – 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.

Gruppe 3 (forurensingstolerante) – 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 flerbørstemarkere.

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

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

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 (tabell V3.1).

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

Vedlegg 4 - Indeksbeskrivelser

V.4.1 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.

V.4.2 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-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: 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 I- V, respektivt) og N_{AMBI} er antall arter tilordnet en AMBI-verdi.

DI (diversity index) er en indeks for individtetthet og er gitt ved (Veileder 02:2013 2015)

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

hvor *abs* står for absoluttverdi, $N_{0,1} \text{ m}^2$ står for antall individer pr. $0,1 \text{ m}^2$. AMBI og DI viser stigende verdi ved synkende (dårligere) tilstand, mens alle de andre indeksene viser synkende verdi ved synkende (dårligere) tilstand.

V.4.3 Sammensatt indeks (NQI1)

Den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian quality status, version 1) bestemmes ut fra både arts mangfold 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.

V.4.4 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.6.1).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

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

Vedlegg 5 – indeks for C1

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 V5.1).

Tabell V5.1 Resultater for VAS-1 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$), utregnede indekser for hver enkelt grabb, gjennomsnitt og stasjonsverdi, normaliserte verdier (nEQR) for gjennomsnittet og stasjonsverdien for hver enkelt indeks, samt tilstandsverdi som er gjennomsnittet av gjennomsnittlig verdi for normalisert verdi for gjennomsnitt og stasjonsverdi. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor hvilke tilstandsklasser de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	1	2	1,5	3		
N	1	2	1,5	3		
NQI1		0,186	0,186	1,168	0,120	NO VALUE
H'	0,000	1,000	0,500	1,585	0,111	0,337
J		1,000	1,000	1,000		
H'max	0,000	1,000	0,500	1,585		
ES100			#DIV/0!	0,000		
ISI	11,010	3,915	7,463	6,280	0,594	0,412
NSI	32,830	21,380	27,105	25,197	0,870	0,807
DI	2,050	1,749	1,899	1,899		
		Tilstandsverdi:	0,471		0,424	0,519

Vedlegg 6 - Referansetilstander

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (tabell V6.1-V6.3) angir hvilke tilstandsklasser de ulike parameterne tilhører; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig». Bunnfauna klassifiseres ut i fra NS 9410 (2016) ved stasjoner i anleggssonen, og i henhold til Veileder 02:2013 (2015) ved stasjoner utenfor anleggssonen. Referanseverdier fra NS9410 (2016) er oppgitt i tabell V6.4.

Tabell V6.1 Oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til Veileder 02:2013 (2015).

Indeks	Økologiske tilstandsklasser				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0,82- 0,90	0,63 – 0,82	0,49 – 0,63	0,31 – 0,49	0 – 0,31
H'	4,8 – 5,7	3,0 – 4,8	1,9 – 3,0	0,9 – 1,9	0 – 0,9
ES ₁₀₀	34 - 50	17 – 34	10 – 17	5 - 10	0 - 5
ISI	9,6 – 13	7,5 – 9,6	6,2 – 7,5	4,5- 6,1	0 – 4,5
NSI	25 – 31	20 – 25	15 – 20	10 - 15	0 - 10
DI	0-0,30	0,30 – 0,44	0,44 – 0,60	0,60 - 0,85	0,85 – 2,05

Tabell V6.2 nEQR-basisverdi for hver tilstandsklasse.

nEQR basisverdi		Tilstandsklasse
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

Tabell V6.3 Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær et. Al. (1997), Bakke et. Al (2007) og Veileder 02:2013 (2015). Organisk karbon er total organisk karbon (TOC) korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter			Tilstandsklasser				
			I	II	III	IV	V
			Svært god	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	<35	35-51	51-55	55-220	>220
	Sink	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500

* 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 V6.4 Vurdering av faunaprøver for prøvestasjon C1 (NS9410 2016).

Miljøtilstand	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 .

Vedlegg 7 - Artsliste

Artsliste med NSI-verdier for all fauna funnet ved lokalitet Ytre Vassholmen er organisert taksonomisk i tabell V 7.1.

TAXA	NSI	VAS1-1	VAS1-2	VAS2-1	VAS2-2	VAS3-1	VAS3-2	VAS4-1	VAS4-2
Amaeana trilobata	1							8	
Ampharete finmarchica	2							5	
Ampharete lindstroemi							16		
Ampharete octocirrata	1							18	5
Ampharetidae	1						1		
Amphicteis gunneri	3					7	5		
Amphictene auricoma	2						5		1
Amythasides macroglossus	1	1							6
Anobothrus gracilis	2					4	4		
Aonides paucibranchiata	1					4			
Aphelochaeta sp.	2					1			
Aricidea catherinae	1				1	13	10		
Capitella capitata	5			211	279	49	14	1	
Chaetozone setosa	4			4	5	20	6	1	1
Chaetozone sp.	3						2		2
Chirimia biceps	2							1	6
Cirratulus cirratus	4			2		6			
Diplocirrus glaucus	2							6	1
Dorvilleidae	3								1
Eteone flava	4			3	23		1		
Eupolymnia nesidensis	1								1
Galathowenia fragilis	1							8	3
Galathowenia oculata	3					1			
Gattyana cirrhosa	2					1			
Glycera lapidum	1					7	5	8	3
Goniada maculata	2					1		1	1
Harmothoe sp.	2						9		
Heteromastus filiformis	4				1				6
Jasmineira sp.	2					108	119	26	5
Lagis koreni	4			1	1			5	
Laonice sarsi	1				1				
Laonice sp.	1							1	2
Lumbriclymene cylindrica									1
Lumbrineridae	2						1	12	2
Malacoceros fuliginosus	5			1					
Maldane sarsi	4								5
Maldanidae	2					4			
Malmgrenia mcintoshi						3	7	4	
Malmgrenia ljunghmani						4			
Mediomastus fragilis	4			20	27	7	18		
Melinna elisabethae	2						16		
Melinna sp.						61	34	14	1
Microphthalmus sp.				5	2				
Naineris quadricuspida				1					
Nephtys caeca	2								1
Nephtys pente						1			
Nephtys sp.	2				1				
Nereimyra punctata	4						5		2
Nereiphylla lutea								1	
Nothria conchylega	1					45	41	62	16
Notomastus latericeus	1						2	34	16
Ophelina acuminata	2					3	3		
Ophryotrocha sp.	4			26	67	17			

Owenia borealis	2					4	4	4	2
Oxydromus flexuosus	3		1						2
Paradoneis lyra	2			1		48	17	9	3
Paramphinoe jeffreysii	3				3	10	20	72	44
Paramphitrite tetrabanchia	1							4	1
Parexogone hebes	1			7	6	4		2	1
Pectinaria sp.	1					1			
Pholoe baltica	3			5	12	11	12	14	13
Pholoe inornata	3			5	4	28	6		
Phyllodoce groenlandica	3							2	6
Phyllodoce mucosa	5				2				
Phylo norvegicus	2								1
Pista mediterranea							1	7	1
Poecilochaetus serpens						8	1		
Polycirrus medusa	1				1	12	2	4	1
Polynoidae	2					5		4	2
Praxillella affinis	1							4	1
Prionospio cirrifer	3						1		
Prionospio fallax	2		1			4	1		
Proclea graffii	2							4	1
Pseudopolydora antennata	3							1	
Pseudopolydora paucibranchiata	4								5
Pseudopolydora pulchra	4					12	1		
Pterolysippe vanelli	1								6
Rhodine gracilior	1							20	7
Rhodine loveni	2								5
Rhodine sp.	1						1		
Sabella pavonina								5	6
Samytha sexcirrata	1								3
Scoletoma fragilis	2								1
Scoloplos armiger	3			2	12	16	5	1	
Sige fusigera	3								1
Sosane sulcata	1					4			
Sosane wahrbergi	2						4		
Sphaerosyllis hystrix	1						1		
Spio sp.	2			2	3	4		13	6
Spiophanes kroyeri	3						1		4
Spiophanes wigleyi	1							4	
Streblosoma intestinale	1						1		1
Syllis cornuta	3			6	5	6	10	5	
Terebellides cf. stroemii	2					4		1	6
Tharyx killariensis	2								2
Trichobranchus roseus	1							1	2
Oligochaeta	5					28	5		
Abra nitida	3								2
Arctica islandica	3			1					
Cuspidaria cuspidata	2					4			
Fabulina fabula					1				
Limatula gwyni	1					1	4		
Lucinoma borealis	1			1					1
Lyonsia norvegica								1	
Macoma calcarea	4			1					
Mendicula ferruginosa	1							8	
Myrtea spinifera	2							8	6
Nucula tumidula	2						4		
Nuculana minuta	1							4	
Parvicardium minimum	1							8	1
Thyasira equalis	3								1
Thyasira flexuosa	3			16	11	16	6		
Thyasira gouldi	4					12	12	4	
Thyasira sarsi	4			2	6	1			1

Yoldiella lenticula	3						12	3
Aporrhais sp.			1			1		
Cyllichna cylindracea	2				8			
Lacuna vincta				1				
Nudibranchia	3			1				
Philine scabra	2		1	1	10	7		
Retusa sp.				1				
Retusa umbilicata	4				4			
Antalis entalis	1				4			
Pulsellum lofotense							4	
Chaetoderma nitidulum	2						4	1
Scutopus robustus								1
Scutopus ventrolineatus	2							2
Ampelisca sp.	1							1
Anonyx sp.								1
Caprellidae							1	
Cheirocratus sp.	1				1	4		
Eriopisa elongata	2						4	1
Gammaropsis sophiae	3						1	
Harpinia propinqua					3	2		
Laetmatophilus armatus								1
Lysianassidae	1							1
Paraphoxus oculatus	2				4			
Syrrhoe crenulata								1
Urothoe elegans							1	
Decapoda	3						1	
Isopoda	1						4	
Astacilla sp.						2		
Gnathia sp.	1							1
Tanaidacea	1		1					
Apseudes spinosus	1						1	
Philomedes sp.						4		
Vargula norvegica	1							6
Amphiura chiajei	2						4	2
Amphiura filiformis	3						1	1
Labidoplax buskii	2				4	1	8	4
Psolus squamatus					1			
Molgulidae					1			
Cerianthus lloydii	3					4	4	
Nemertea	3		1	4	4	10	1	
Priapulus caudatus	3						1	
Phascolion strombus strombus	2				6	5	16	2
Gnathiidae-larver								1
Calanoida		1	1	1	2	12	1	
Nematoda			6	x	x	x	x	x
Hirudinea								1

Vedlegg 8 – CTD rådata

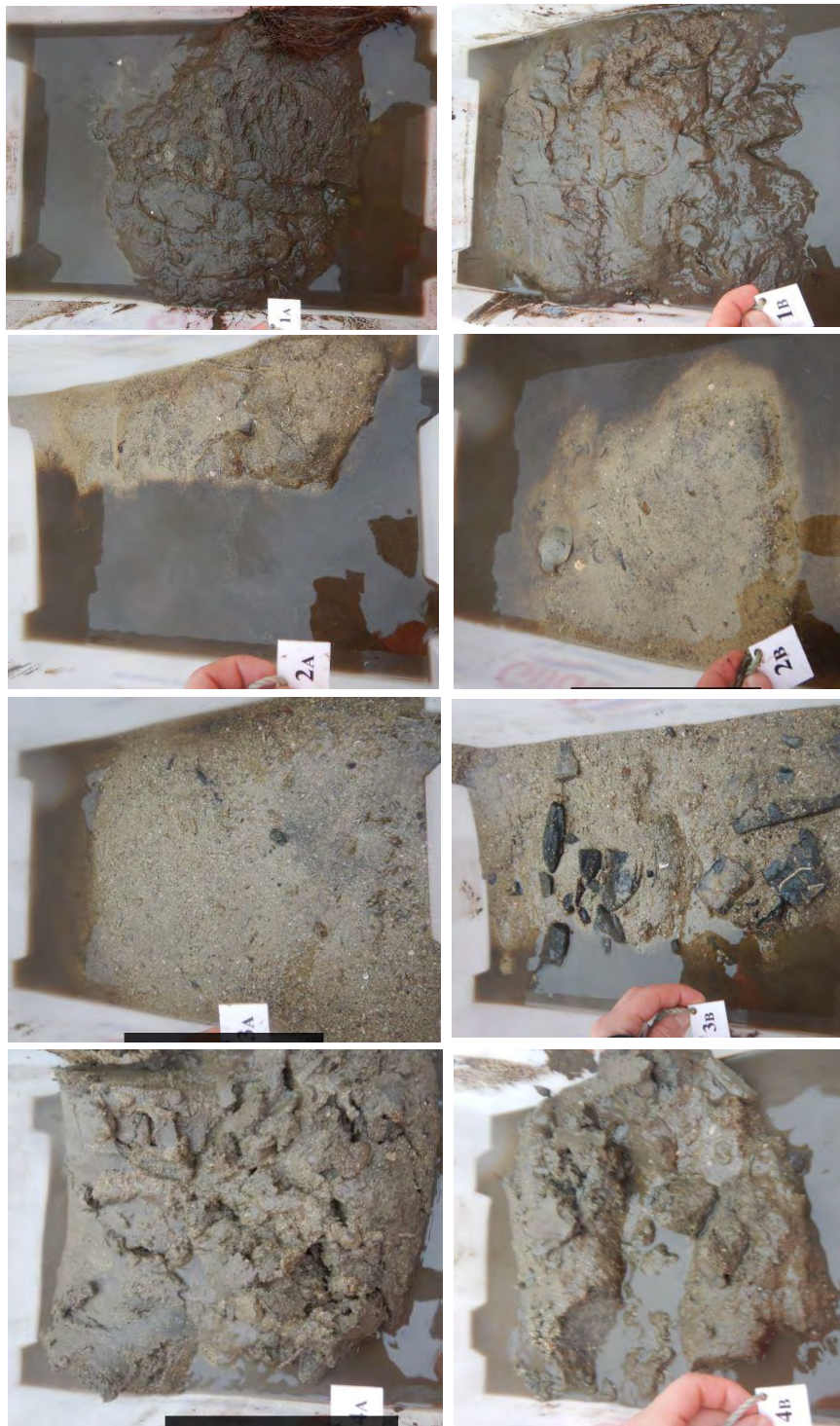
Tabell V8.1 CTD data fra Ytre Vassholmen

Salinitet (ppt)	Temperatur (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	Dybde (m)	Tid
0,04	8,737	97,39	11,39	0	10:17:37
32,7	10,085	89,07	8,21	0,5	10:17:39
32,7	10,242	88,78	8,15	0,46	10:17:41
32,67	10,267	107,58	9,87	1,07	10:17:43
32,71	10,283	98,74	9,06	2,16	10:17:45
32,72	10,295	90,97	8,34	4,01	10:17:47
32,72	10,297	88,82	8,14	7,33	10:17:49
32,71	10,291	91,18	8,36	10,49	10:17:51
32,72	10,289	92,25	8,46	11,2	10:17:53
32,72	10,29	92,68	8,5	11,16	10:17:55
32,73	10,29	91,89	8,43	11,34	10:17:57
32,73	10,29	90,03	8,25	11,45	10:17:59
32,72	10,289	91,11	8,35	11,28	10:18:01
32,73	10,289	92,71	8,5	11,2	10:18:03
32,73	10,29	92,4	8,47	11,37	10:18:05
32,73	10,29	90,76	8,32	11,46	10:18:07
32,72	10,29	90,46	8,29	11,31	10:18:09
32,74	10,29	91,39	8,38	11,3	10:18:11
32,72	10,291	92,06	8,44	11,18	10:18:13
32,75	10,292	91,23	8,36	10,69	10:18:15
32,75	10,292	91,03	8,34	10,68	10:18:17
32,74	10,295	89,99	8,25	10,63	10:18:19
32,74	10,297	90,05	8,25	10,58	10:18:21
32,75	10,298	90,61	8,31	10,59	10:18:23
32,73	10,297	89,91	8,24	10,58	10:18:25
32,74	10,296	89,82	8,23	10,95	10:18:27
32,75	10,294	89,54	8,21	10,97	10:18:29
32,74	10,294	90,5	8,3	10,99	10:18:31
32,74	10,295	90,2	8,27	11,12	10:18:33
32,75	10,298	90,38	8,28	11,52	10:18:35
32,75	10,292	89,92	8,24	13,13	10:18:37
32,75	10,289	89,73	8,23	14,84	10:18:39
32,75	10,289	89,8	8,23	16,69	10:18:41
32,78	10,286	89,86	8,24	18,77	10:18:43
32,81	10,286	89,91	8,24	20,92	10:18:45
32,85	10,32	90,13	8,25	23,07	10:18:47
32,87	10,373	90,11	8,24	25,21	10:18:49
32,9	10,418	90,08	8,23	27,2	10:18:51
32,9	10,435	90,08	8,22	29,25	10:18:53
32,9	10,434	89,99	8,22	31,28	10:18:55
32,9	10,433	89,97	8,21	33,3	10:18:57
32,89	10,436	89,89	8,21	35,32	10:18:59
32,91	10,44	89,86	8,2	37,23	10:19:01
32,88	10,454	89,88	8,2	39,2	10:19:03

32,93	10,481	89,86	8,19	41,25	10:19:05
33,01	10,597	89,96	8,18	43,28	10:19:07
33,09	10,696	89,99	8,16	45,31	10:19:09
33,17	10,701	89,84	8,14	47,32	10:19:11
33,21	10,685	89,71	8,13	49,41	10:19:13
33,23	10,665	89,67	8,13	51,57	10:19:15
33,2	10,638	89,46	8,11	53,76	10:19:17
33,22	10,586	89,37	8,11	55,88	10:19:19
33,29	10,51	89,01	8,09	57,97	10:19:21
33,41	10,442	88,8	8,08	60,06	10:19:23
33,56	10,356	88,57	8,07	62,15	10:19:25
33,58	10,336	88,31	8,05	64,24	10:19:27
33,61	10,333	87,89	8,01	66,02	10:19:29
33,62	10,31	87,54	7,98	68,12	10:19:31
33,69	10,197	87,04	7,95	70,19	10:19:33
33,76	10,157	86,75	7,93	72,28	10:19:35
33,79	10,155	86,32	7,89	74,3	10:19:37
33,8	10,161	86,08	7,86	76,25	10:19:39
33,82	10,167	85,75	7,83	78,26	10:19:41
33,83	10,168	85,48	7,8	80,14	10:19:43
33,84	10,16	85,13	7,77	82,07	10:19:45
33,88	10,143	84,82	7,75	83,99	10:19:47
33,89	10,133	84,66	7,73	85,93	10:19:49
33,88	10,122	84,61	7,73	87,96	10:19:51
33,91	10,117	84,42	7,71	89,91	10:19:53
33,9	10,113	84,34	7,71	91,79	10:19:55
33,91	10,114	84,3	7,7	93,73	10:19:57
33,9	10,113	84,23	7,7	95,71	10:19:59
33,91	10,114	84,23	7,7	97,61	10:20:01
33,91	10,114	84,09	7,68	99,56	10:20:03
33,91	10,114	84,08	7,68	101,5	10:20:05
33,9	10,116	84,02	7,68	103,46	10:20:07
33,9	10,115	83,95	7,67	105,41	10:20:09
33,91	10,109	83,97	7,67	107,38	10:20:11
33,91	10,097	83,95	7,67	109,37	10:20:13
33,91	10,085	83,84	7,67	111,33	10:20:15
33,92	10,089	83,81	7,66	113,28	10:20:17
33,91	10,09	83,73	7,65	115,21	10:20:19
33,92	10,084	83,67	7,65	117,11	10:20:21
33,92	10,077	83,67	7,65	118,98	10:20:23
33,91	10,074	83,62	7,65	120,87	10:20:25
33,92	10,072	83,49	7,64	122,78	10:20:27
33,92	10,075	83,48	7,63	124,68	10:20:29
33,93	10,073	83,49	7,63	126,55	10:20:31
33,91	10,072	83,37	7,62	128,43	10:20:33
33,93	10,071	83,78	7,66	129,68	10:20:35
33,92	10,071	83,72	7,66	129,61	10:20:37

Vedlegg 9 – Bilder av sediment

Det ble tatt bilder av sedimentet fra huggene ved hver stasjon etter at grabben ble tømt i plastbaljen, men før vask (figur V.9.1).



Figur V.9.1 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.