

Samlerapport for punktutslippsundersøkelse

NS-EN ISO 16665:2014

ved

Bjølvefossen



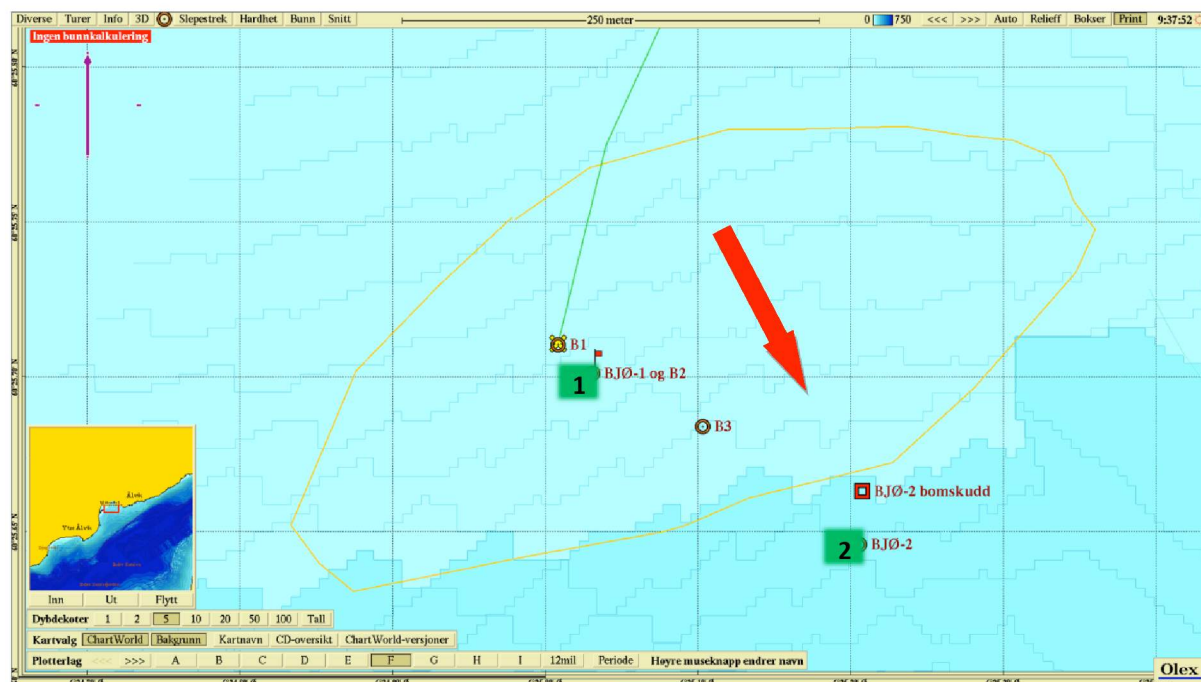
Feltarbeid
Oppdragsgiver

19.11.2019
Bjølve Bruk AS

Punktutslippsundersøkelse for Bjørvefossen		
Rapportnummer / Rapportdato	101059-01-000 / 24.02.2019	
Revisjonsnummer	Revisjonsbeskrivelse	Signatur
-	-	-
Lokalitet		
Lokalitet	Bjørvefossen	
	8 750 000 individer	
	Kvam kommune, Hordaland fylke	
Lokalitetsnummer	12172	
Oppdragsgiver		
Selskap	Bjørve Bruk AS	
Kontaktperson	Bjørn Midtun	
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS, Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda, Org.nr.: 916 763 816	
Prosjektansvarlig	Stig Johar Øverland	
Forfatter (-e)	Stig Johar Øverland, Ragnhild Malkenes, Evelina Merkyte	
Godkjent av	Dagfinn Breivik 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)	
Distribusjon	<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.</i>	
Sammendrag		
Denne rapporten omhandler en punktutslippsundersøkelse ved lokaliteten Bjørvefossen i Kvam kommune, Hordaland fylke. Undersøkelsen er utført i henhold til krav i gjeldende utslippstillatelse, samt krav kommunisert per e-post og telefon med Fylkesmannen i Hordaland, Tom N. Pedersen (06.11.2019). Undersøkelsen omfatter undersøkelse av 2 stasjoner ved bruk av metodikk fra C-undersøkelse, 3 stasjoner ved bruk av metodikk fra B-undersøkelse og en enkel strandsoneundersøkelse. Totalt sett tyder resultatene på at driften ved Bjørvefossen sannsynligvis ikke har en stor påvirkning på miljøet mot sørøst, da stasjonene plassert i hovedstrømretningen fra utslippspunktet viste gode forhold. De fleste undersøkte faunaparameterne indikerte gode forhold ved prøvestasjonene både nærmest utslippspunktet og 217 meter unna fra utslippspunktet, med unntaket av biodiversitetsindeksen (H') ved BJØ-1 som viste moderat forhold. Dette kan forklares med høy dominans av den forurensingstolerante arten <i>Galathowenia oculata</i> som vi erfarer i Åkerblå kan naturlig forekomme i høyt antall. Støtteparameterne indikerte gode/svært gode forhold ved alle stasjonene. Det bemerkes at det var ikke betydelige forskjeller i faunasammensetning mellom grabbhuggene, selv om et grabbhugg fra BJØ-1 og et fra BJØ-2 ble ikke godkjente for volum. Prøvekvaliteten har likevel trolig ikke påvirket resultatene i merkbar grad på grunn av høye individantall i området. Resultatene fra B-undersøkelsesmetodikken viste svært gode forhold ved alle de 3 undersøkte stasjonene og indikerte at nærområdet i liten grad er påvirket av punktutslippet. Strandsoneundersøkelsen viste normale forekomster av både brun- og grønnauger, og gav i hovedsak et rent og ryddig inntrykk av nærområdet for anlegget. Etter gjeldende utslippstillatelse er det krav om resipientundersøkelse minst hvert 6. år.		

Forsidefoto: Charlotte Hallerud

Figur 1 og tabell 1 beskriver resultatene gjennomført ved bruk av metodikk fra C-undersøkelse. For øvrige resultater se kapittel 3 Resultater.



Figur 1. Plassering av utslippspunkt (gult kryss i brun sirkel), målepunkt for strømundersøkelse (flagg), hovedstrømretning (rød pil) og antatt influensområde (gul linje) over oppmålt bunntopografi. Prøvestasjoner er presentert 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 = BJØ-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) og klassifisering av kobber (Cu) er etter vurdert etter Veileder M608 (2016) og Veileder 02:2013 (2015).

Stasjon/ Parameter	BJØ-1	BJØ-2
Antall arter	54	61
Antall individ	1030	1950
H'	Moderat	God
nEQR	God	God
Cu	God	God

Forord

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av punktutslipp ved Bjølfefossen. Det er ikke utarbeidet egen standard for undersøkelse av punktutslipp (settefiskanlegg, kloakk, slakteri osv). Derfor ble denne undersøkelsen utført etter NS ISO 16665 (2014). Vi bruker en del av metodikken fra C-undersøkelser (NS9410 2016) da det er en del fellesnevnerne med hensikten til denne undersøkelsen. Etter krav fra Fylkesmannen i Hordaland ble det også gjennomført en undersøkelse hvor metodikken fra B-undersøkelser ble benyttet i en avstand fra omtrent 0 til 100 meter fra punktutslippet, samt en enkel strandsoneundersøkelse. Strandsoneundersøkelsen er lagt som vedlegg 10 i denne rapporten. Formålet var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser.

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 02:2013 (2015). Åkerblå AS sitt laboratorium tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Innhold

FORORD	4
INNHOOLD.....	5
1 INNLEDNING.....	6
2 MATERIALE OG METODE	8
2.1 OMRÅDE OG PRØVESTASJONER.....	8
2.2 PRØVETAKING OG ANALYSER	11
2.3 PRODUKSJON	14
3 RESULTATER	15
3.1 BUNNDYRSANALYSER	15
3.1.1 BJØ-1.....	15
3.1.2 BJØ-2.....	17
3.2 HYDROGRAFI.....	19
3.3 SEDIMENTANALYSER	21
3.3.1 Sensoriske vurderinger	21
3.3.2 Kornfordeling.....	21
3.3.3 Kjemiske parametere.....	21
3.3.3 B-undersøkelse	22
3.4 ENKEL STRANDSØNEUNDERSØKELSE	25
4 DISKUSJON	26
5 LITTERATURLISTE.....	27
6 VEDLEGG	29
VEDLEGG 1 - FELTLOGG (B-PARAMETERE)	29
VEDLEGG 2 – ANALYSEBEVIS.....	30
VEDLEGG 3 - KLASIFISERING AV FORURENSNINGSGRAD	35
VEDLEGG 4 - INDEKSBEKRIVELSER	37
VEDLEGG 5- REFERANSETILSTANDER.....	40
VEDLEGG 6 - ARTSLISTE	42
VEDLEGG 7 – CTD RÅDATA	44
VEDLEGG 8 – BILDER AV SEDIMENT	46
VEDLEGG 9 – BILDER AV SEDIMENT FRA B-UNDERSØKELSEN.....	47
VEDLEGG 10 – ENKEL STRANDSØNEUNDERSØKELSE.....	48

1 Innledning

Det ble ved denne undersøkelsen benyttet metodikk for B- og C-undersøkelse. I tillegg ble det gjennomført en enkel strandsoneundersøkelse som ble dokumentert med bilder, samt at den dominerende algen ble identifisert visuelt i felt.

B-undersøkelsen omfatter en serie grabbprøver som vurderes etter fauna og biodiversitet, kjemiske forhold (pH og redokspotensiale) og sensoriske forhold (gass, farge, lukt, konsistens, volum og slamtykkelse). Alle parametere får en tilstandsverdi etter hvor mye sedimentet er påvirket av organisk belastning. Skillet mellom «dårlig» og «meget dårlig» tilstand er satt til den største akkumuleringen som tillater gravende bunndyr å leve i sedimentet. Lokaliteten får en samlet tilstandsverdi fra 1 til 4 hvor 1 er best (meget god) og 4 dårligst (meget dårlig).

En C-undersøkelse består av en omfattende utforsking av makrofauna i bløtbunn samt målinger av fysiske og kjemiske støtteparametere (hydrografi, sediment og miljøgifter). 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 02:2013 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 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 02:2013 2015). 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.

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). 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 bløtbunnfauna (Veileder 02:2013 2015).

2 Materiale og metode

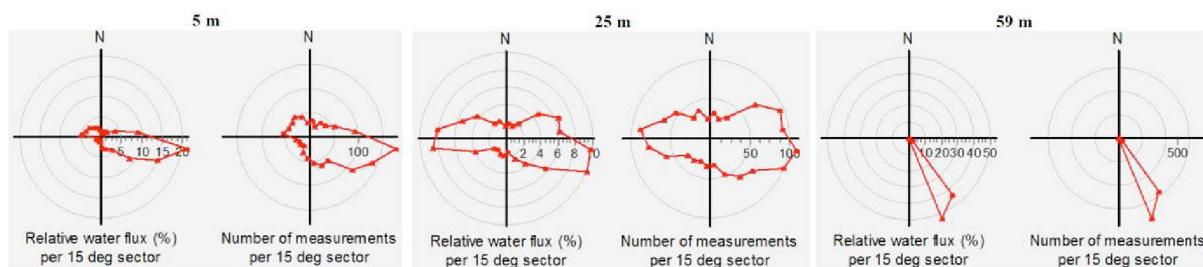
2.1 Område og prøvestasjoner

Lokaliteten Bjørlevfossen er plassert i Hardangerfjorden i Kval kommune, Hordaland fylke. Utslippspunktet ligger nærmest bestemt mot Indre Samlafjorden (figur 2.1.1), i et åpent område. Fra avløpet skrår bunnen bratt ned til 100 meters dyp, og deretter videre ned mot 750 m dyp ca. 1.6 km fra land. I praksis er Hardangerfjorden ikke begrenset av terskler før hovedterskelen på 169 m dyp sørøst for øya Huglo, som ligger 8 mil lenger ute i Hardangerfjorden. Anlegget har sitt utslipp i tilknytning til en svær og dyp resipient. Anlegget har 2 utslippsledninger hvor renset avløpsvann slippes ut gjennom en 630 mm ledning omtrent 30 m fra land, mens slammet føres ut omtrent 300 m fra land gjennom en 160 mm ledning (figur 2.1.5).

Det ble høsten 2013 gjennomført strømmåling ved lokaliteten. Det var middels sterk gjennomsnittlig overflatestrøm (5.2 cm/s), svak spredningsstrøm (1.7 cm/s) og svært svak bunnstrøm (1.1 cm/s). I overflaten (5 meters dyp) var strømretningen relativt stabil mot øst, på 25 meter dyp varierte strømmen noe, og vekslet mellom øst og vest. På 59 meter var strømretningen unormalt stabil, og det antas at strømmåleren har ligget inntil en hindring, slik at den ikke har kunnet snu seg med strømmen (figur 2.1.2).



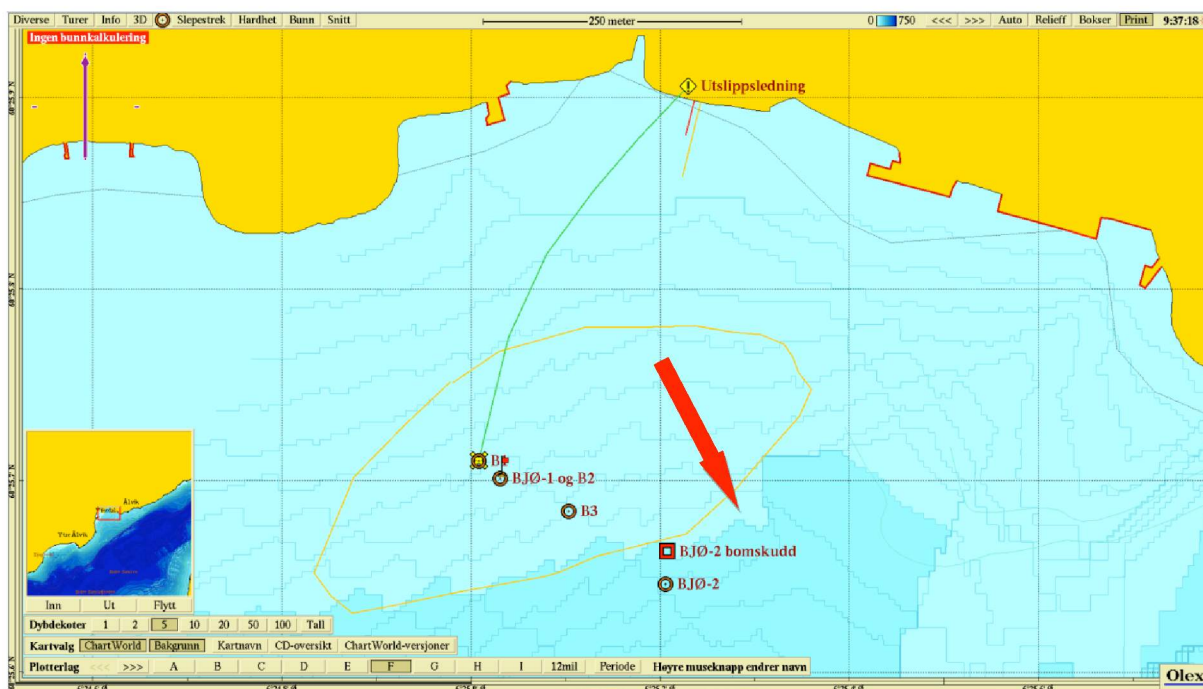
Figur 2.1.1 Geografisk plassering av lokaliteten (blå sirkel). Nærliggende anlegg er markert med røde sirkler. Kartet har nordlig orientering. Kartdatum WGS84.



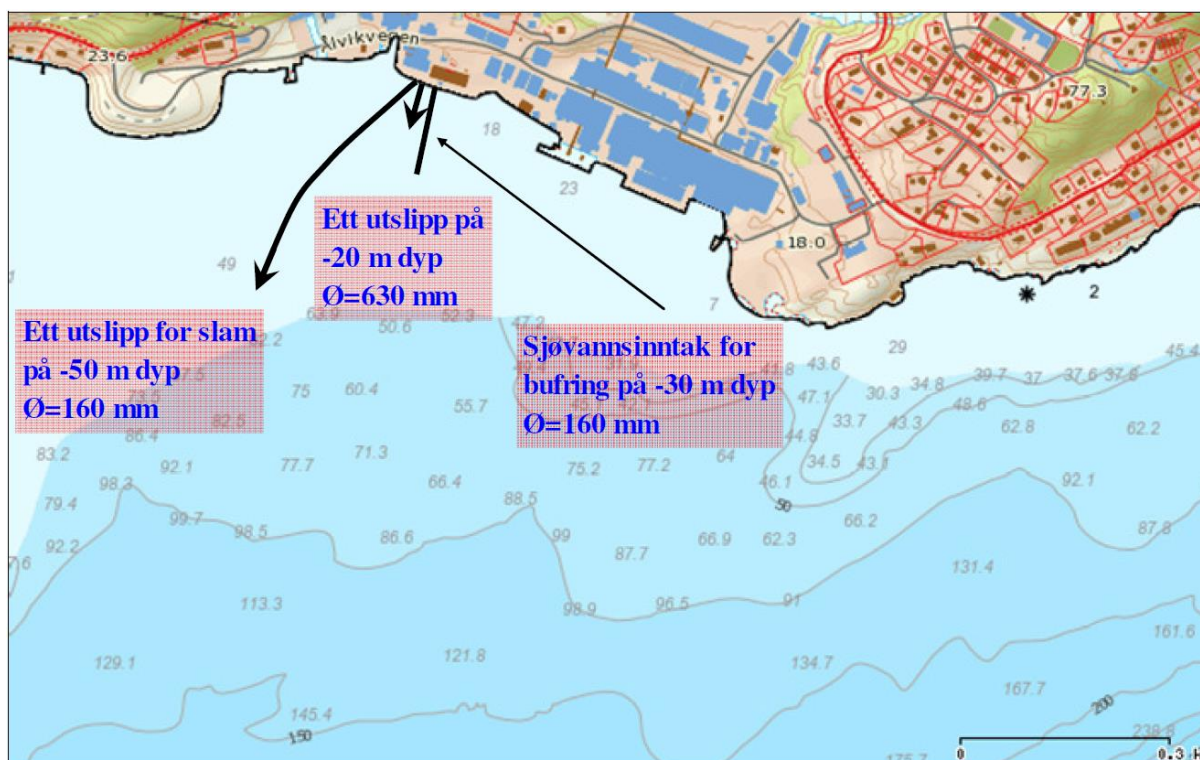
Figur 2.1.2 Strømforhold. Strømrøser som viser fordelingen av henholdsvis vanntransport og antall målinger (strømretning) for hver 15. grad for måleresultatene ved Bjørlefossen i Ålvik på 5, 25 og 59 m dyp i perioden 23. oktober til 20. november 2013 (Rådgivende Biologer AS, 2013).

Valg av stasjoner ble gjort på bakgrunn av ISO 16665 (2014), utslippstillatelsen og i samråd med Fylkesmannen i Hordaland. For å vurdere miljøpåvirkningen i nærsone av avløpet ble det gjennomført grabbhugg ved 3 stasjoner (B1-B3) hvor metodikken fra B-undersøkelse ble benyttet. Disse stasjonene ble plassert i en avstand fra 0 til 100 meter fra avløpet i antatt hovedstrømretning. I tillegg ble det gjennomført 2 grabbhugg hvor metodikken for C-undersøkelser ble benyttet (BJØ-1 og BJØ-2). Disse 2 stasjonene ble plassert hhv omtrent 25 og 200 m fra avløpet. Da det var vanskelig (på grunn av hardbunn) å få opp materiale fra stasjon BJØ-2 etter gjentatte forsøk, ble denne stasjonen flyttet 32 m lenger sør fra opprinnelig plassering. Alle stasjonene ble plassert i en gradient i hovedstrømretning fra avløpet. Plassering av stasjonene, avstand og dyp er vist i figur 2.1.3 og tabell 2.1.1.

I utslippstillatelsen er det også krav om strandsoneundersøkelse. Strandsoneundersøkelsen ble gjennomført ved at den dominerende algen i vågen ble identifisert i felt, samt at området rundt anlegget ble dokumentert med bilder.



Figur 2.1.3 Plassering av utslippspunkt (gult kryss i brun sirkel), prøvestasjoner (brune sirkler), målepunkt for strømundersøkelse (flagg), hovedstrømretning (rød pil) og antatt influensområde (gul linje). Rød firkant viser bomskudd. Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



Figur 2.1.4 Anlegget har et utslipp på 20 meters dyp i Hardangerfjorden for renset avløpsvann, og et utslipp for slam på 50 meters dyp (figur er hentet fra Dokumentasjonsvedlegg til søknad om utvidelse ved Bjølve Bruk AS, 2013).

Tabell 2.1.1 Stasjonsbeskrivelser. Undersøkelsen omfatter kvalitative faunaprøver (FAU), pH- og Eh målinger (PE), kjemiske parametere (KJE), geologiske parametere (GEO) og hydrografiske målinger (CTD). Koordinater er oppgitt med datum WGS84 og avstand fra utslippspunkt og dyp (meter) på prøvestasjonen er oppgitt.

Stasjon	Koordinater	Avstand	Dyp	Parametere
B1	60°25.710'N / 006°25.008'Ø	0	59	PE, CTD
B2 og BJØ-1	60°25.700'N / 006°25.030'Ø	25	61	FAU, KJE, GEO, PE
B3	60°25.683'N / 006°25.103'Ø	100	63	PE
BJØ-2	60°25.645'N / 006°25.205'Ø	217	67	FAU, KJE, GEO, PE, CTD

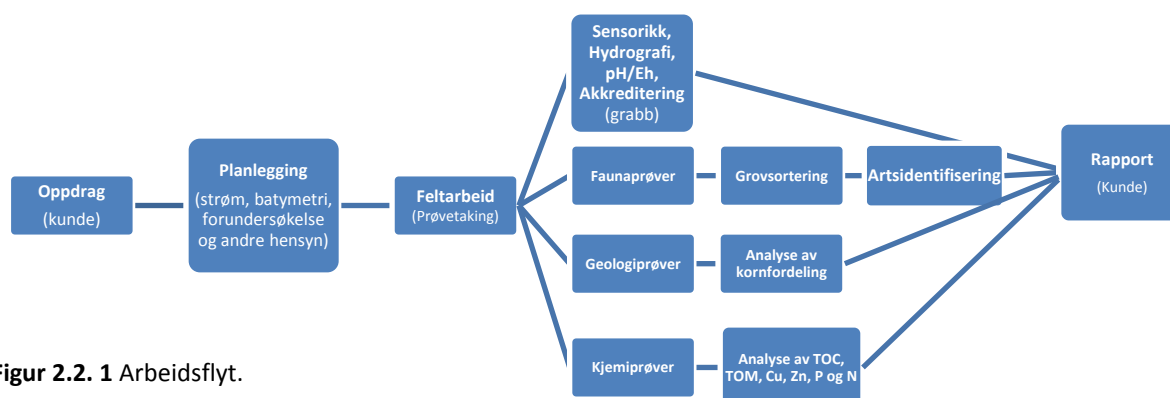
2.2 Prøvetaking og analyser

Ved B-undersøkellesmetodikk plasseres sedimentprøvetaker lukket i sikt i plastbalje før den åpnes på toppen. Eventuelt overvann dreneres bort før innføring av elektrode. pH og Eh måles ved å føre elektroden forsiktig ca. én cm ned i sediment. Kun grabber som har sediment med uforstyrret overflate måles. Når pH/Eh-måling er gjennomført tømmes grabben forsiktig ut i sikt hvor sedimentet vurderes ut ifra parameterne under gruppe III, prøveskjema B.1 (NS 9410:2016). Det tas bilde av sediment i sikt som merkes med stasjonsnummer som legges ved siden av prøven.

Sediment vaskes før gjenværende materiale i sikt undersøkes og fauna registreres. Det tas et nytt bilde av filtrert sediment med fauna som også gis stasjonsnummer som legges ved prøven. Bunndyr registreres i skjema B.1. Dyr større enn 1 mm gir 0 poeng, ingen dyr gir 1 poeng. Forekomsten av forskjellige dyregrupper og type sediment registreres i skjema B.2 (NS 9410:2016).

pH og Eh er overordnede kjemiske parametere kontrollert henholdsvis av syre-base- og reduksjons-oksidasjonslikevekter i prøven. Avlesing av redokspotensiale gjøres ved drift < 0,2 mV/sekund. Elektrodene stod i sjøvann mellom målingene. Avlesning av pH/Eh gis poeng etter graf i Figur D.1 i NS 9410:2016.

For stasjonene undersøkt etter C-undersøkellesmetodikk ble uttak av prøver og vurdering av akkrediteringsstatus per grabbhugg 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 sedimentssammensetningen gjelder hele grabbinholdet. For faunaundersøkelsen ble de to grabbprøvene i sin helhet



Figur 2.2. 1 Arbeidsflyt.

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

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 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
Feltarbeid	FoMAS	Stig J. Øverland, Ragnhild Malkenes	TEST 252	NS-EN ISO 16665:2014
Grovsortering	ÅB AS	Jolanta Ziliukiene	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Artsidentifisering	ÅB AS	Evelina Merkyte	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Statistiske utregninger	ÅB AS	Evelina Merkyte	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Vurdering og tolkning av bunnfauna	ÅB AS	Evelina Merkyte	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 (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 02:2013 (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 den normaliserte ratioen for økologisk kvalitet (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. Alle 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 som angir artenes forurensningsgrad
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")
Tilstand	Generalisert uttrykk som omfatter tilstandsklasse og miljøtilstand
Tilstandsverdi	Gjennomsnittet av alle indeksenenes nEQR-verdi

2.3 Produksjon

Settefiskanlegget Bjørvefossen har en kapasitet på 8 750 000 individer. Lokaliteten har de siste årene hatt en årlig produksjon på vel 300 tonn og en årlig utfôring på nesten 400 tonn. I 2017 var produksjonen 330 tonn og det ble utfôret 400 tonn, mens det i 2018 ble produsert 420 tonn og utfôret 480 tonn (pers.med Bjørve Bruk AS).

Anlegget har 2 utslippsledninger hvor renset avløpsvann slippes ut gjennom en 630 mm ledning omtrent 30 m fra land, mens slammet føres ut omtrent 300 m fra land gjennom en 160 mm ledning (figur 2.1.5). Det er etablert en pumpestasjon ved kaien like ved anlegget. I forbindelse med utslippsarrangementet er det etablert et renseanlegg med Hydrotech-filtre på hele avløpet. Slammet føres med en delstrøm av utslippet til 50 meters dyp via 160 mm ledningen og vil ikke ha gjennomslag til overflaten. Det rensete avløpsvannet med en kapasitet på omtrent 30 m³/min slippes ut via dagens 630 mm ledning på 20 meters dyp.

3 Resultater

3.1 Bunndyrsanalyser

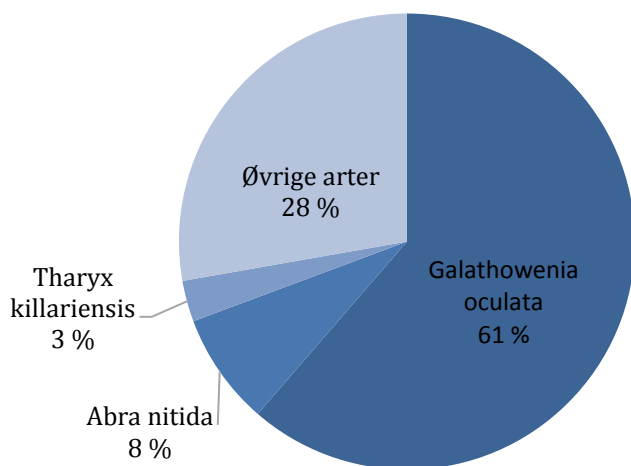
3.1.1 BJØ-1

Ved BJØ-1 ble det registrert 1030 individer fordelt på 54 arter (tabell 3.1.1.1, tabell 3.1.1.2 og figur 3.1.1.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **god tilstand** ut fra veileder 02:2013 (Tabell 3.1.1.2).

Tabell 3.1.1.1 De ti hyppigst forekommende artene ved BJØ-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>Galathowenia oculata</i>	3	632	61,4
<i>Abra nitida</i>	3	82	8,0
<i>Tharyx killariensis</i>	2	30	2,9
<i>Prionospio fallax</i>	2	26	2,5
<i>Chaetozone zetlandica</i>	i.a.	21	2,0
<i>Dipolydora</i> sp.	i.a.	19	1,8
<i>Chaetozone setosa</i> kompleks	4	18	1,7
<i>Owenia borealis</i>	2	16	1,6
<i>Kurtiella bidentata</i>	4	15	1,5
<i>Amphiura filiformis</i>	3	13	1,3
Øvrige arter	-	158	15,3

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



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

Tabell 3.1.1.2 Faunaresultater for BJØ-1 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\bar{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	BJØ-1-1	BJØ-1-2	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	37	41	39	
N	425	605	515	
NQI1	0,666	0,645	0,655	0,656
H'	2,355	2,816	2,586	0,507
J	0,452	0,526	0,489	
$H'_{\max}$	5,209	5,358	5,284	
ES100	18,140	19,960	19,050	0,626
ISI	7,830	7,435	7,633	0,607
NSI	21,195	21,419	21,307	0,692
Grabbverdi				0,618

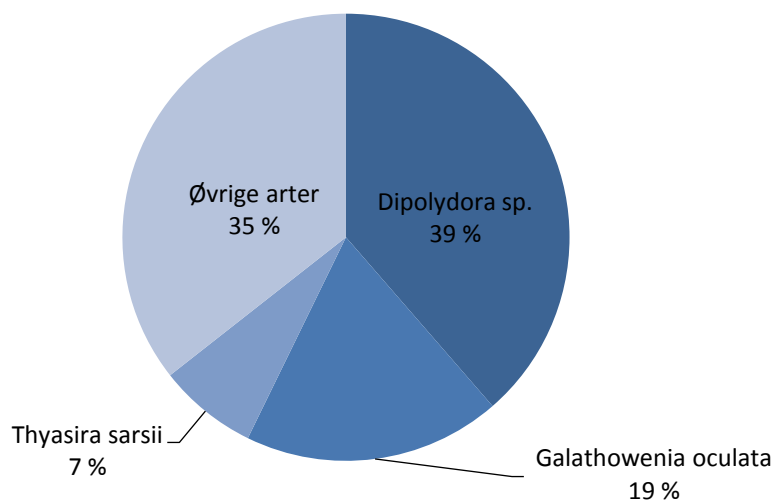
3.1.2 BJØ-2

Ved BJØ-2 ble det registrert 1950 individer fordelt på 61 arter (tabell 3.1.2.1, tabell 3.1.2.2 og figur 3.1.2.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **god tilstand** ut fra veileder 02:2013 (Tabell 3.1.2.2).

Tabell 3.1.2.1 De ti hyppigst forekommende artene ved BJØ-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>Dipolydora</i> sp.	i.a.	753	38,6
<i>Galathowenia oculata</i>	3	363	18,6
<i>Thyasira sarsii</i>	4	140	7,2
<i>Abra nitida</i>	3	99	5,1
<i>Eudorella truncatula</i>	2	70	3,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	64	3,3
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	62	3,2
<i>Polyphysia crassa</i>	3	36	1,8
<i>Prionospio fallax</i>	2	34	1,7
<i>Glycera lapidum</i> kompleks	1	30	1,5
Øvrige arter	-	299	15,3

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



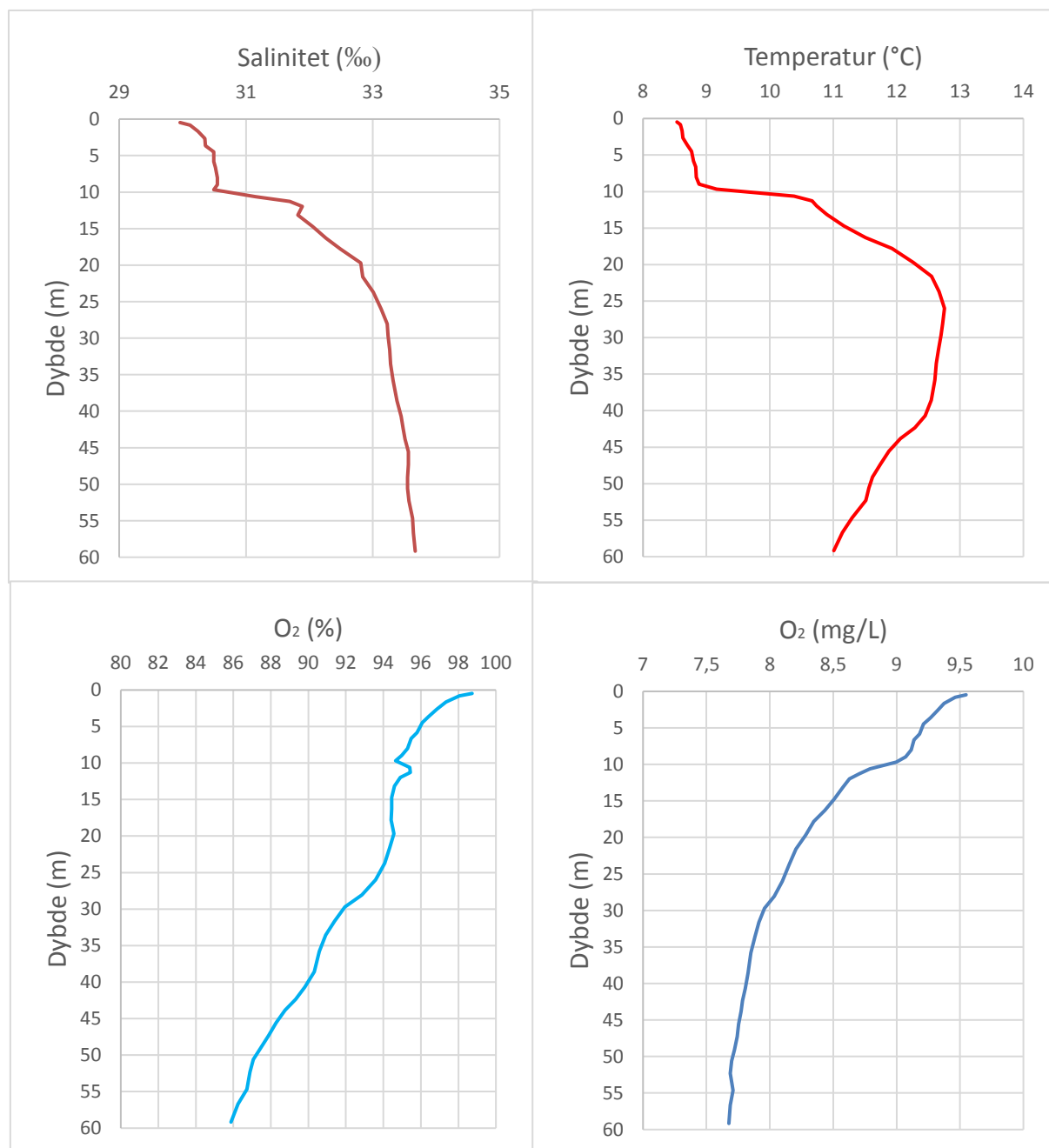
Figur 3.1.2.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved BJØ-2.

Tabell 3.1.2.2 Faunaresultater for BJØ-2 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\bar{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

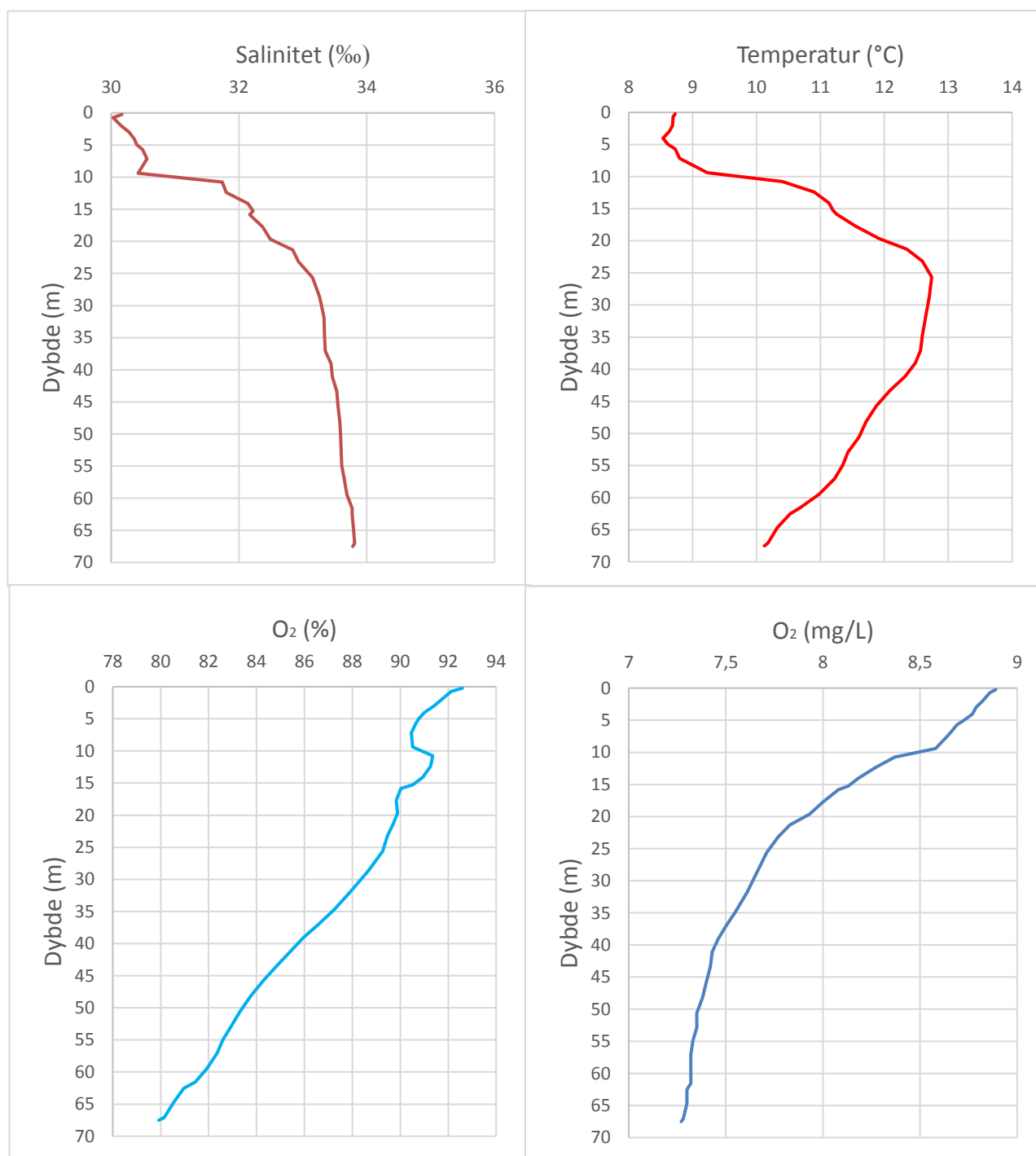
Indeks	BJØ-2-1	BJØ-2-2	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	44	48	46	
N	856	1094	975	
NQI1	0,605	0,619	0,612	0,574
H'	3,165	3,312	3,239	0,635
J	0,580	0,593	0,586	
H' max	5,459	5,585	5,522	
ES100	18,690	19,800	19,245	0,631
ISI	7,894	7,037	7,466	0,579
NSI	20,929	21,017	20,973	0,679
Grabbverdi				0,620

3.2 Hydrografi

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på to punkter, ved avløpet og ved den dypeste stasjonen (BJØ-2; figur 3.2.1 og 3.2.2). Profilene fra de to målingene viste omtrentlig like resultater. Målingene viser et sjikt mellom 10 og 20 m der saliniteten og temperaturen øker noe. Etter denne dybden har saliniteten en jevn økning nedover vannsøylen, mens temperaturen fortsatte å øke til ca. 25 m før den igjen sank ned til bunnen. Oksygeninnholdet sank jevnt nedover til bunnen, og bunnvannet ble klassifisert med tilstandsklasse I (Svært god) i henhold til tabell V5.3 ved begge stasjoner.



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



Figur 3.2.2 Temperatur (°C), salinitet (‰), oksygeninnhold (mg/l) og oksygenmetning (%) fra overflaten og ned til bunnen for prøvepunktet ved stasjon BJØ-2.

3.3 Sedimentanalyser

3.3.1 Sensoriske vurderinger

I hovedsak hadde sedimentet en fast konsistens, mørkere farge og bestod av en blanding av grus og leire. Det ble ikke registrert noe lukt. Det ble heller ikke registrert forekomster av naturlig organisk materiale (planter, blader, kvister, tang og annet), fôr eller fekalier, gassdannelse eller *beggiatoa*. Samtlige prøvehugg var godkjent bortsett fra som hugg 2 ved stasjon BJØ-1 og hugg 1 ved BJØ-2 som hadde lavt volum (Vedlegg 1).

3.3.2 Kornfordeling

Kornfordelingen viser at disse prøvene i hovedsak bestod av leire og silt (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 (%)
BJØ-1	79,6	10,2	10,1
BJØ-2	85,6	9,7	4,6

3.3.3 Kjemiske parametere

Verdiene for pH og E_h ble klassifisert med tilstand I (meget god) ved alle stasjonene (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
BJØ-1	7,28	101	0	1/Meget god
BJØ-2	7,44	127	0	1/Meget god

Alle undersøkte kjemiske parameterne viste relativt jevnt og likt innholdet for begge to stasjonene, mens det er viktig å bemerke at karbonmengde og fosfornivået var litt høyere ved BJØ-2 enn ved BJØ-1 (Tabell 3.3.3.2).

Tabell 3.3.3.2 Kjemiske parametere i sedimentet etter innholdet av tørrstoff (TS). Tilstand (TS) er oppgitt etter Veileder M608 (2016) 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 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
BJØ-1	2,2	15,3	I	900	24	12,89	1420	13	95,2	21	II	38,0	16	II
BJØ-2	2,6	22,6	II	1100	22	18,18	1990	13	87,9	21	I	28,4	17	II

3.3.3 B-undersøkelse

Resultatene for gjeldende undersøkelse etter B-undersøkelsesmetodikk er oppsummert i tabell 3.3.4.1 og registrert i prøveskjemaene B1 og B2 (tabell 3.3.4.2 og 3.3.4.3).

Det ble samlet prøver fra 3 stasjoner. 2 av stasjonene ble karakterisert som bløtbunn med finere sediment. Sedimentet i stasjon 2 og 3 bestod i hovedsak av grus og leire med innslag av silt i prøven fra stasjon 2. Konsistensen i prøvemateriale var fast og det ble observert sverting i prøvene. Stasjon 1 bestod av hardbunn hvor man fikk opp mindre mengder grus. Det ble ikke registrert gassdannelse eller lukt ved noen av stasjonene. Det ble heller ikke registrert forekomster av naturlig organisk materiale, fôr, fekalier eller *Beggiatoa* ved noen av stasjonene. Se vedlegg 9 for bilder av prøvene før og etter siling.

Levende børstemark ble observert i prøvene fra stasjon 2 og 3. Antallet varierte fra >10 til >20. I tillegg ble det observert 8 levende skjell i prøven fra stasjon 3. Fraværet av dyr ved stasjon 1 kan forklares med lite prøvevolum.

Tabell 3.3.4.1. Oppsummering av resultater fra B-undersøkelsen.

Hovedresultater fra B-undersøkelsen			
Parametergruppe og indeks		Parametergruppe og tilstand	
Gr. II pH/Eh	1,00	Gr. II pH/Eh	1
Gr. III Sensorikk	0,44	Gr. III Sensorisk	1
Gr. II+III	0,55	Gr. II + III	1
Dato feltarbeid	19.11.2019	Dato rapport	04.12.2019
Lokalitetstilstand		1	
Delresultater fra B-undersøkelsen			
Ant. grabbstasjoner	3	Ant. grabbhugg	5
Type sediment	Dominerende	Mindre dominerende	Minst dominerende
	Grus	Leire	Silt
Antall grabbstasjoner (gruppe II og III) med følgende tilstand			
Tilstand 1	3	Tilstand 3	0
Tilstand 2	0	Tilstand 4	0
Indeks illustrert tilstand	1	2	3
	↑		

Tabell 3.3.4.2 Prøveskjema B1

ÅKERBLÅ		Prøveskjema B.1											
Firma:		Bjølve Bruk AS				Dato :		19.11.2019					
Lokalitet:		Bjølvefossen				Lokalitetsnummer :		12172					
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer										Indeks
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Bunntype: B (bløt) eller H (hard)			H	B	B								
I	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	1	0	0								
II	pH	Målt verdi	-	7,30	7,47								
	Eh (mV)	Målt verdi	-	-120	-111								
		*+ref. verdi	-	80	89								
	pH/Eh	Poeng (tillegg D.1)		1	1								1,00
Tilstand (prøve)				1	1								
Tilstand (Gruppe II)			1										
Buffertemp.: pH sjo:			Sjøvannstemp.: Eh sjo:			Sedimenttemp.: Referanseelektrode:							
III	Gassbobler	Ja = 4											
		Nei = 0	0	0	0								
	Farge	Lys/grå = 0	0										
		Brun/sort = 2		2	2								
	Lukt	Ingen = 0	0	0	0								
		Noc = 2											
		Sterk = 4											
	Konsistens	Fast = 0	0	0	0								
		Myk = 2											
		Løs = 4											
	Grabbvolum	< ¼ = 0	0										
		¼ - ¾ = 1		1	1								
		> ¾ = 2											
	Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0								
2 cm - 8 cm = 1													
> 8 cm = 2													
Sum			0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	
Korr. Sum (0.22)			0,00	0,66	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44
Tilstand (prøve)			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Tilstand (Gruppe III)			1										
Middelverdi (Gruppe II & III)			0,00	0,83	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
Tilstand (prøve)			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ph/Eh/Korr. sum Indeks Middelverdi		Tilstand											
<1,1		1											
1,1 - <2,1		2											
2,1 - <3,1		3											
≥ 3,1		4											
LOKALITETSTILSTAND											1		

Tabell 3.3.4.3 Prøveskjema B1

 ÅKERBLÅ	Prøveskjema B.2									
	Firma: Bjølve Bruk AS		Dato : 19.11.2019							
	Lokalitet: Bjølvefossen		Lokalitetsnummer: 12172							
Informasjon fra prøvepunkt	Prøvepunkt									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dyp (m)	59	61	63							
Antall forsøk	2	2	1							
Bobling (i prøve)										
Primærsediment										
Leire		2	1							
Silt		3								
Sand										
Grus		1	2							
Skjellsand										
Steinbunn	X									
Fjellbunn	X									
Pigghuder (antall)		7								
Krepsdyr (antall)										
Skjell (antall)			8							
Børstemark (antall)		>20	>10							
Andre dyr (totalt antall)										
Beggiatoa										
Fôr										
Fekalier										
Kommentarer	CTD 13:35									

3.4 Enkel strandsoneundersøkelse

Strandsoneundersøkelsen viste forekomst av både brunalger og grønналger. Det ble i hovedsak observert vanlig grønndusk høyest i fjæra, deretter et belte med blæretang.

Strandsonen i nærområdet rundt anlegget gav i hovedsak et rent og ryddig inntrykk, men det ble også observert noe fremmedelementer i strandsonen. Dette var i hovedsak noe plast- og gummiavfall og noe drivved.

Bilder og kommentarer fra strandsoneundersøkelsen er lagt ved som vedlegg 10 i denne rapporten.

4 Diskusjon

Undersøkelsen viste gode forhold i området, der både stasjonen nærmest utslippspunktet (BJØ-1) og stasjonen mot sørøst fra utslippspunktet (BJØ-2) ble klassifisert til god tilstand for alle undersøkte parameterne med unntaket av biodiversitetsindeksen (Shannon Wiener, H') ved BJØ-1 som viste moderate forhold. Dette kan forklares ved at en art dominerte, den forurensingstolerante børstemarken *Galathowenia oculata* (NSI-3). Dette er en art vi internt i Åkerblå ser forekommer naturlig i høye antall. Ved denne stasjonen nærmest utslippspunktet utgjorde denne arten 61 %. Ved BJØ-2 217 meter sørøst for utslippet var 8 av de 10 vanligste artene forurensingssensitive, -nøytrale eller -tolerante, og dette tyder på gode forhold. Støtteparameterne indikerte svært gode eller gode forhold ved samtlige stasjoner.

Det bemerkes at det var ingen merkbare forskjeller i faunasammensetning mellom grabbhuggene ved begge stasjonene. Dette indikerer at det er et relativt homogent område med små forskjeller i faunasammensetningen. Grunnet grove sedimentstyper var det krevende å ta prøver i området, og etter flere forsøk var et grabbhugg ved BJØ-1 og et ved BJØ-2 ikke godkjente for volum. Prøvekvaliteten har likevel trolig ikke påvirket resultatet i betydelig grad, da antall dyr var fortsatt høyt nok til å regne ut alle økologiske indekser på et sikkert grunnlag.

Resultatene fra B-undersøkelsesmetodikken viser at nærområdet i liten grad er påvirket av punktutslippet.

Totalt sett tyder resultatene på at driften ved Bjølvefossen sannsynligvis ikke har en stor påvirkning på miljøet mot sørøst, da stasjonene plassert i hovedstrømsretning fra utslippspunktet viste gode forhold.

Strandsoneundersøkelsen viste normale forekomster av både brun- og grønnalger, og gav i hovedsak et rent og ryddig inntrykk av nærområdet for anlegget.

Etter gjeldende utslippstillatelse er det krav om resipientundersøkelse minst hvert 6. år.

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*.
- Tveranger, B., Johnsen, G.H. 2013. Dokumentasjonsvedlegg til søknad om utvidelse ved Bjølve Bruk AS (reg. nr H/KM 0008). *Rådgivende Biologer AS. Rapportnr 1814. 1-26*
- Furset, T.T. 2013. MOM B- undersøkelse og strømmålinger utenfor avløpet til Bjølve Bruk AS, høsten 2013. *Rådgivende Biologer AS. Rapportnr 18xx. 1-35*
- 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*.
- 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 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 vanddirektivet/Miljøstandardprosjekt.
- Veileder M-608 (2016). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Miljødirektoratet.

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: 11.00	Gjelder fra: 06.11.2019
				Sider: 1 av 2	

Kunde	Bjørve Bruk				Lokalitet/P.nr	Bjørvefossen						
Dato	19/11-19				Toktleder	Stig						
Prøvetaking	START: 11		SLUTT: 15		Alt. Personell	Ragnhild						
Vær	Fint				Sjøtemperatur	9.4						
Utsyr ID / Kalibrering	Grab; Fa-2 Sil; Fa-1 Eh; Fa-1 pH; Fa-1 pH-kalibrering: Ok Sjø; Eh: 05 pH: 7.98											
Stasjon nr/navn	1 BJO-1				2 BJO-2				3			
Posisjon N / Ø	60°25.700 / 6°25.030				60°25.649 / 6°25.205				/			
Dybde (meter)	61				67							
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Antall forsøk												
Godkjent hugg overflate (ja/nei)	Ja	Ja			Ja	Ja						
Godkjent hugg volum (ja/nei)	Ja	Nei			Nei	Ja						
Volum (cm)	8	13.5			12	4.5						
Antall flasker	1	1			1	1						
pH				7.28				7.44				
Eh (mV)				-99				-73				
Sediment	Skjellsand											
	Sand											
	Grus	1	1			1	1					
	Mudder											
	Silt											
	Leire	2	2			2	2					
	Steinbunn											
Farge	Lys/Grå (0)											
	Brun/Sort (2)	2	2			2	2					
Lukt	Ingen (0)	0	0			0	0					
	Noe (2)											
	Sterk (4)											
Kons	Fast (0)	0	0			0	0					
	Myk (2)											
	Løs (4)											
Merknader / avvik:					+ krakeballe CTD							

Vedlegg 2 – Analysebevis


**EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT
FRANCE SAS**

**EUROFINS ENVIRONNEMENT TESTING
NORWAY AS**
Résultats
 Mollebakken 50
 PB 3055
 NO-1538 MOSS
 NORVEGE

ANALYTICAL REPORT

Analytical report number: AR-19-LK-244177-01 Version of : 11/12/2019

Page 1/3

Batch N° : 19E180786

Reception Date : 29/11/2019

Batch Reference :

Order Reference : EUNOMO00051830

N° Ech	Matrix	Sample reference
001	Sediments	439-2019-11280338 - BJØ-1 KJE
002	Sediments	439-2019-11280339 - BJØ-1 GEO
003	Sediments	439-2019-11280340 - BJØ-2 KJE
004	Sediments	439-2019-11280341 - BJØ-2 GEO

Comment	Sample N°	Sample reference

The results preceded by the sign * correspond to the quantification limits, and the responsibility of the laboratory and depending on the matrix.

All elements of traceability are available on request.

Methods of calculating uncertainty (maximized value) : (A) : Surchem

(B) : XP T 90-220

Samples storage

The samples will be stored under controlled conditions for 6 weeks for the soil and for 4 weeks for water and air, from the date of receipt at the laboratory. They will be destroyed after this period without any communication from us. If you want the samples to be kept longer, please return this document signed no later than one week before the date of issue.

Additional preservation : x 6 additional weeks (LS0PX)

Name :

Signature :

Date :

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
 5, rue d'Oterswiller - 67700 Saverne
 Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
 SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
 N° 1-1488
 Scope available on
 www.cofrac.fr



ANALYTICAL REPORT

Analytical report number: AR-19-LK-244177-01

Version of : 11/12/2019

Page 2/3

Batch N° : 19E180788

Reception Date : 29/11/2019

Batch Reference :

Order Reference : EUNOMO00051830

Sample n° :	001	002	003	004	
Sampling date :					
Start of analysis :	03/12/2019	03/12/2019	03/12/2019	03/12/2019	
Temperature of the air in the container :	10.3°C	10.3°C	10.3°C	10.3°C	

Administrative
LSKEY : Norway granulometry
specific report

Test done on Saverna

Interpretation/Comment :

Cf detail ci-joint

Cf detail ci-joint

Physico-Chemical preparation

XXS06 : Prepa - End of Drying

Test done on Saverna NF EN ISO/IEC

17025:2005 COFRAC 1-1488

Drying (the Laboratory works on a fraction <2mm except clear demand for customer) :

LSA07 : Dry weight

% m/m

Test done on Saverna NF EN ISO/IEC

17025:2005 COFRAC 1-1488

Gravimetry - EN 12850:2001-02

XXS07 : Prepa - Sieving and
refusal at 2 mm

% m/m

Test done on Saverna NF EN ISO/IEC

17025:2005 COFRAC 1-1488

Sieving (the Laboratory works on a fraction <2mm except clear demand for customer) :

Physical measurements

LS08F : Particules size by laser (variable step)

Test done on Saverna NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC
1-1488

Spectroscopy (laser diffraction) - Internal Method

Fraction < 2 µm, mineral parts

%

* Cf detail ci-joint

* Cf detail ci-joint

Fraction 2 - 20 µm

%

* Cf detail ci-joint

* Cf detail ci-joint

Fraction 20 - 63 µm

%

* Cf detail ci-joint

* Cf detail ci-joint

Fraction 63 - 200 µm

%

* Cf detail ci-joint

* Cf detail ci-joint

Fraction 200 - 2000 µm

%

* Cf detail ci-joint

* Cf detail ci-joint

LS995 : Loss on Ignition with
550°C

% DM

2.20

2.63

Test done on Saverna

Gravimetry - EN 12879 (S3e): 2001-02

Pollution index

LS916 : Nitrogen Kjeldahl (NTK)

g/kg dry
matter

* 0.9

* 1.1

Test done on Saverna NF EN ISO/IEC

17025:2005 COFRAC 1-1488

Volumetry (Distillation) - EN 13342 - Internal Method (Sol)

LS9KM : Total Organic Carbon (TOC)

Test done on Saverna NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC
1-1488

Combustion (Dry) - NF EN 15936 - Method B

Total Organic Carbon by combustion

mg/kg dm

* 11600

* 20000

Variation coefficient

%

* 2.44

* 10.7

Metals

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverna

5, rue d'Ottenswiller - 67700 Saverna

Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env

SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 996 971

ACCREDITATION
N° 1-1488
Scope available on
www.cofrac.fr

ANALYTICAL REPORT

Analytical report number: AR-19-LK-244177-01 Version of: 11/12/2019 Page 3/3
 Batch N° : 19E180786 Reception Date : 29/11/2019
 Batch Reference :
 Order Reference : EUNOMO00051830

Sample n° :	001	002	003	004	
Sampling date :					
Start of analysis :	03/12/2019	03/12/2019	03/12/2019	03/12/2019	
Temperature of the air in the container :	10.3°C	10.3°C	10.3°C	10.3°C	
Metals					
XXS01 : Mineralisation Water	*	-	*	-	
Regale on solides					
Test done on Saverny NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1485					
Digestion (solid) -					
LS874 : Copper (Cu) mg/kg dm	*	38.0	*	28.4	
Test done on Saverny NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1485					
ICP-OES (Mineralization with aqueous regia) - EN ISO 11555 - NF EN 12346 Method B - December 2000 (repealed site)					
LS882 : Phosphorus (P) mg/kg dry matter	*	1420	*	1990	
Test done on Saverny NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1485					
ICP-OES (Mineralization with aqueous regia) - EN ISO 11555 - NF EN 12346 Method B - December 2000 (repealed site)					
LS894 : Zinc (Zn) mg/kg dm	*	95.2	*	87.9	
Test done on Saverny NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1485					
ICP-OES (Mineralization with aqueous regia) - EN ISO 11555 - NF EN 12346 Method B - December 2000 (repealed site)					

Reproduction of this document is authorized only in its integral form. It has 3 page(s). This report is only related to the tested objects.

Accreditation in accordance with the recognised international standard ISO/IEC 17025 : 2005 demonstrates technical competence for a defined scope for parameters identified by *.

Laboratory approved by the Ministry of the Environment - The list of approved laboratories is available on the Ministry of the Environment website : <http://www.labeau.ecologie.gouv.fr>

D : detected / ND : not detected

Accredited laboratory for carrying out sampling and testing land and / or conducting analyzes of water's sanitary control parameters - detailed scope of accreditation available on request.

Laboratory fulfils the Ministry of Environment's requirements defined by decree in the Official Journal published on the 11th March 2010; Scope of the agreement provided on request or on the web : www.eurofins.fr



Stéphanie André
Customer Service Manager

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverny
 5, rue d'Oterswiller - 67700 Saverny
 Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
 SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
 N° 1-1485
 Scope available on
www.cofrac.fr



Annex: analysis report

LS08F : Particle Size Distribution by Laser

The analysis carried out by Saverne site

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488

Méthode interne T-PS-WO22915

Sample Identification (Soil Matrix) :

19e180786-002 (SED) - Average

Date of analysis :

mardi 10 décembre 2019 16:49:18

Operator :

FAMF

Test Result :

Average of two measurements

statistical data

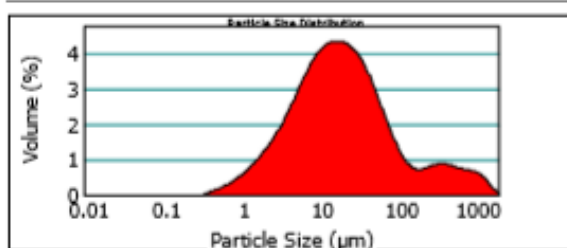
Specific surfaces :	Average :	Median :	Variance :	Std deviation :	Ratio Average/ Median :	Mode :
0.796 m ² /g	88.975 µm	16.641 µm	49334.99 µm ²	222.114 µm	4.773 µm	17.328 µm

★ Cumulative percentage :

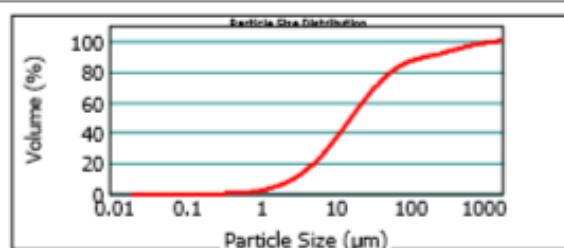
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 5.56%
 Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 51.99%
 Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 79.64%
 Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 89.86%
 Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Relative percentage :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 5.56%
 Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 46.44%
 Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 23.36%
 Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 14.51%
Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 27.65%
Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 10.22%
 Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 10.14%



■ 19e180786-002 (SED) - Average



Batch A

Percentage below 63.00 µm : 79.64%
 Percentage between 63.00 µm and 125.00 µm : 7.71%
 Percentage between 125.00 µm and 250.00 µm : 3.60%
 Percentage between 250.00 µm and 500.00 µm : 3.87%
 Percentage between 500.00 µm and 1000.00 µm : 3.37%
 Percentage between 1000.00 µm and 2000.00 µm : 1.81%

Batch B

Percentage below 2.00 µm : 5.56%
 Percentage between 2.00 µm and 4.00 µm : 7.80%
 Percentage between 4.00 µm and 8.00 µm : 13.66%
 Percentage between 8.00 µm and 16.00 µm : 18.64%
 Percentage between 16.00 µm and 32.00 µm : 19.21%
 Percentage between 32.00 µm and 50.00 µm : 10.48%
 Percentage between 50.00 µm and 63.00 µm : 4.29%

Batch D

Percentage below 2.00 µm : 5.56%
 Percentage between 2.00 µm and 63.00 µm : 74.08%
 Percentage between 63.00 µm and 2000.00 µm : 20.36%

analysis parameters

Device Type : Malvern Mastersizer 2000

Measuring Range : 0.020 µm à 2000 µm

Software : Malvern Application 5.60

Optical Model : Fraunhofer

Pump Speed : 3000 rpm

Duration of Analysis : 2 X 30 sec

refractive index : 1.33

Liquid : Water 800 mL

Obscuration : 5.81 %

- Laser alignment is carried before every measure

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole "

EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne
 5, rue d'Oberneller 67700 SAVERNE -
 Téléphone 03 88 911 911 - Fax : 03 88 91 65 31 - Site Web : www.eurofins.fr/enr
 SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS Saverne 422 996 971

Malvern Instruments Ltd.
 Malvern, UK
 Tel : + 44[44] (0) 1654-892456 Fax: +44[44] (0) 1654-892789

Mastersizer 2000 Ver. 5.60
 Serial Number : MAL1064535

File name: 1012
 Record Number: 21
 10/12/2019 16:51:21

Annex: analysis report

LS08F : Particle Size Distribution by Laser

The analysis carried out by Saverne site

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488

Méthode interne T-PS-WO22915

Sample Identification (Soil Matrix) :

19e180786-004 (SED) - Average

Operator :

FAMF

Date of analysis :

mardi 10 décembre 2019
17:00:42

Test Result :

Average of two measurements

statistical data

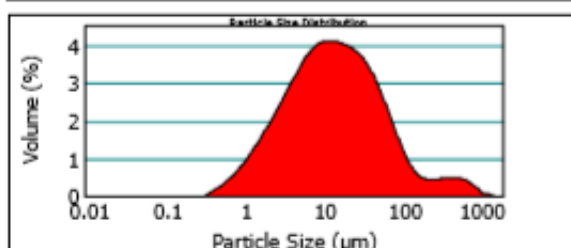
Specific surfaces :	Average :	Median :	Variance :	Std deviation :	Ratio Average/ Median :	Mode :
1.03 m ² /g	46.689 µm	14.104 µm	13290.929 µm ²	115.286 µm	3.31 µm	12.786 µm

★ Cumulative percentage :

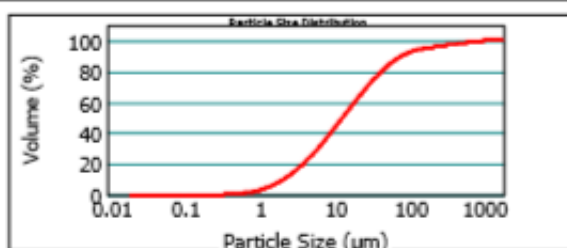
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 8.36%
 Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 59.34%
 Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 85.62%
 Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 95.36%
 Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Relative percentage :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 8.36%
 Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 50.98%
 Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 22.03%
 Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 13.98%
 Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 26.28%
 Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 9.74%
 Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 4.64%



■ 19e180786-004 (SED) - Average



Batch A

Percentage below 63.00 µm : 85.62%
 Percentage between 63.00 µm and 125.00 µm : 7.72%
 Percentage between 125.00 µm and 250.00 µm : 2.66%
 Percentage between 250.00 µm and 500.00 µm : 2.10%
 Percentage between 500.00 µm and 1000.00 µm : 1.73%
 Percentage between 1000.00 µm and 2000.00 µm : 0.17%

Batch B

Percentage below 2.00 µm : 8.36%
 Percentage between 2.00 µm and 4.00 µm : 10.66%
 Percentage between 4.00 µm and 8.00 µm : 15.84%
 Percentage between 8.00 µm and 16.00 µm : 18.54%
 Percentage between 16.00 µm and 32.00 µm : 17.95%
 Percentage between 32.00 µm and 50.00 µm : 10.03%
 Percentage between 50.00 µm and 63.00 µm : 4.25%

Batch D

Percentage below 2.00 µm : 8.36%
 Percentage between 2.00 µm and 63.00 µm : 77.26%
 Percentage between 63.00 µm and 2000.00 µm : 14.38%

analysis parameters

Device Type : Malvern Mastersizer 2000

Measuring Range : 0.020 µm à 2000 µm

Software : Malvern Application 5.60

Optical Model : Fraunhofer

Pump Speed : 3000 rpm

Duration of Analysis : 2 X 30 sec

refractive index : 1.33

Liquid : Water 800 mL

Obscuration : 9.74 %

- Laser alignment is carried before every measure

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations reportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *

EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne
 5, rue d'Ottenwiller 67700 SAVERNE
 Téléphone 03 88 911 911 - Fax : 03 88 91 65 31 - Site Web : www.eurofins.fr/enr
 SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS Saverne 422 996 971

Malvern Instruments Ltd.
 Malvern, UK
 Tel : +44(0) 1684-892456 Fax : +44(0) 1684-892789

Mastersizer 2000 Ver. 5.60
 Serial Number : MAL3054535

Fic name: 1012
 Record Number: 34
 10/12/2019 18:50:48

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 benevnelse 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	Gammel NSI-gruppe	Ny NSI/ISI hentet fra	Kilde
Tubificoides benedii	i.a	Oligochaeta (NSI 5)	Giere et. al. 1988; Giere et. al. 1999
Pista mediterranea	i.a	Pista cristata (NSI 2)	Jirkov & Leontovich 2017; Hutchings pers. med.
Pista cristata	2	Pista lornensis (NSI 2)	Jirkov & Leontovich 2017; Hutchings pers. med.
Hermania sp.	i.a	Philine scabra (NSI 2)	Chaban et. al. 2015
Philinidae	i.a	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

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: forurensingsindikerende 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.

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

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

hvor *abs* står for absoluttverdi, $N_{0,1\text{ m}^2}$ står for antall individer pr. 0,1 m².

AMBI og DI 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 i fra NS 9410 (2016; tabell V5.4) ved stasjoner i anleggssonen, og i henhold til Veileder 02:2013 (2015) ved stasjoner utenfor anleggssonen.

Tabell V5.1 Oversikt over klassegrenser og tilstand for de ulike indeksene i henhold til Veileder 02:2013 (2015).

Indeks	Tilstand				
	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

*Økologiske tilstandsklasser

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 02:2013 (2015) og veileder M-608 (2016). Organisk karbon er total organisk karbon (TOC) korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter			Tilstand*				
			I	II	III	IV	V
			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	20-84	85-147	>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

Artsliste med NSI-verdier, sortert alfabetisk innen hovedgrupper, for all fauna funnet ved Bjølvefossen (Tabell V6.1).

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, kolonielle Porifera, infraklasse Cirripedia, kolonielle 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)	BJØ-1-1	BJØ-1-2	BJØ-2-1	BJØ-2-2
Abyssoninoe hibernica	1	6	2		1
Ampharete lindstroemi kompleks		2		1	1
Ampharete sp.	1	1	1		
Aphelochaeta sp.	2	4		1	12
Aphrodita aculeata	1				1
Capitella capitata kompleks	5			7	1
Chaetozone setosa kompleks	4	3	15	5	11
Chaetozone zetlandica		4	17	2	22
Cirratulus cirratus	4			1	
Clymenura borealis	1			17	
Dasybranchus caducus		3			
Diplocirrus glaucus	2	2	6	1	2
Dipolydora sp.		1	18	384	369
Eumida bahusiensis	1				1
Exogone verugera	1		2	6	2
Galathowenia oculata	3	276	356	73	290
Glycera alba	2	1	1		1
Glycera lapidum kompleks	1		1	15	15
Glycera sp.	2	2	1		1
Goniada maculata	2	4	2	5	2
Heteromastus filiformis	4			1	10
Jasmineira sp.	2		2		
Lumbrineridae	2	3	4		
Myriochele sp.	2		1		
Notomastus latericeus	1			1	4
Ophelina acuminata	2			1	
Ophelina sp.	3		1	10	1
Owenia borealis	2	6	10	5	19
Oxydromus vittatus	3	2			1
Paradoneis lyra	2		1	1	
Paramphinoe jeffreysii	3		13	23	41
Pectinaria belgica	2	3			
Pherusa plumosa	3			3	
Pholoe baltica	3	5	3	1	
Pholoe inornata	3			1	1
Polycirrus plumosus	2			2	
Polycirrus sp.	1	1		1	
Polynoidae	2		1		
Polyphysia crassa	3	6	3	2	34
Praxillella gracilis	4		1		
Praxillella praetermissa	2		1		

Prionospio cirrifera	3		12	48	14
Prionospio fallax	2	2	24	25	9
Psamathe fusca	2			1	
Pseudopolydora aff. paucibranchiata	4			6	8
Raricirrus beryli				3	1
Sabellidae	2		3		
Scalibregma inflatum kompleks	3	1	2	2	13
Scoloplos armiger kompleks	3			1	
Sthenelais limicola	1			1	
Tharyx killariensis	2	3	27	11	2
Oligochaeta	5				9
Abra nitida	3	50	32	24	75
Corbula gibba	4	1	5		2
Cuspidaria cuspidata	2	1			
Kurtiella bidentata	4	14	1		15
Mendicula ferruginosa	1	1	3		
Mya sp.	3			1	
Parathyasira equalis	3	2			
Parvicardium minimum	1		3		
Thyasira flexuosa	3				1
Thyasira sarsii	4	2	3	112	28
Hermania sp.	2		1		
Odostomia sp.					1
Philinidae	2				1
Retusa umbilicata	4				1
Ampelisca sp.	1		2	3	2
Parajassa pelagica		1			
Diastylis cornuta	1	3			1
Diastylis biplicatus	1			1	
Eudorella truncatula	2	1		35	35
Amphipholis squamata	1	1			
Amphiura chiajei	2	1			1
Amphiura filiformis	3	5	8		2
Ophiura sp.	2			1	1
Labidoplax buskii	2			10	1
Edwardsiidae	2	1	6	1	6
Nematoda					3
Nemertea	3		9		22
Parougia sp.			1		

Vedlegg 7 – CTD rådata

Rådata fra CTD-undersøkelsene ved avløpet og ved stasjon BJØ-2 er presentert fra overflaten til like over bunnen (Tabell V7.1 og V7.2).

Tabell V7.1 CTD-data fra undersøkelse like ved avløpet (59 m).

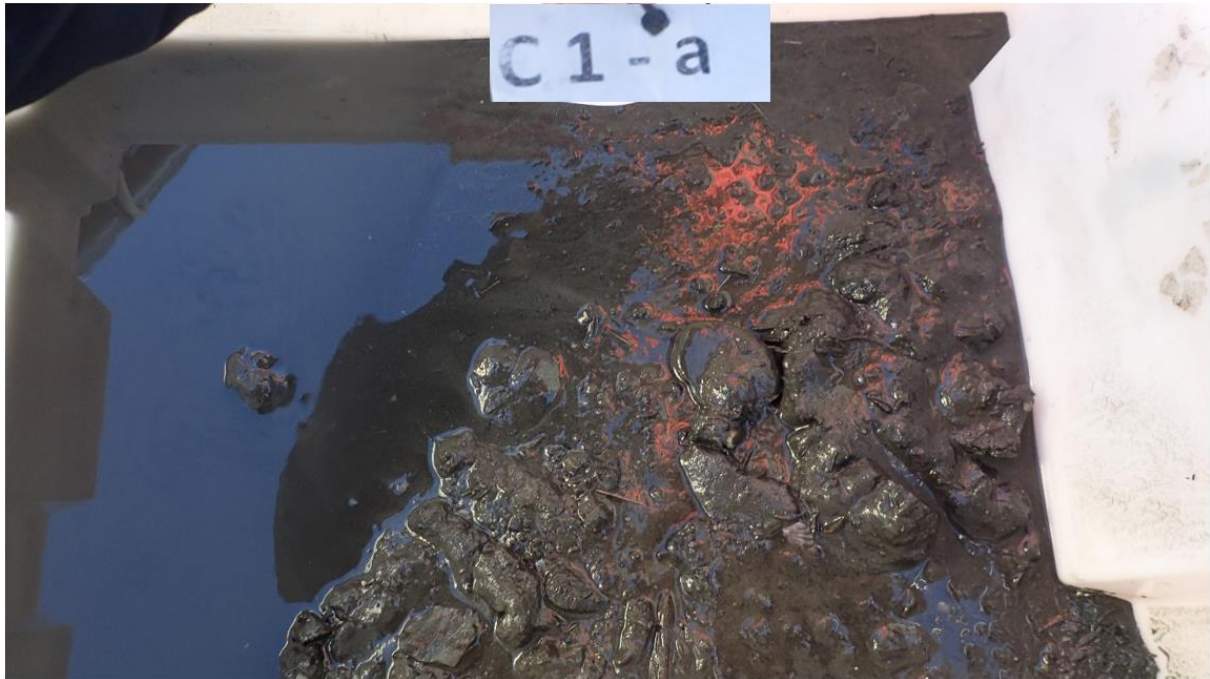
Salinitet (ppt)	Temperatur (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	Dybde (m)	Tid
30	8,5	98,7	9,55	0,5	14:44:51
30	8,6	98,1	9,46	0,8	14:44:53
30	8,6	97,3	9,37	1,7	14:44:55
30	8,6	96,9	9,32	2,6	14:44:57
30	8,7	96,4	9,27	3,6	14:44:59
30	8,8	96,1	9,21	4,5	14:45:01
30	8,8	95,8	9,18	5,8	14:45:03
31	8,8	95,5	9,14	6,6	14:45:05
31	8,8	95,3	9,12	8,0	14:45:07
31	8,9	95,0	9,07	9,0	14:45:09
30	9,2	94,6	9,00	9,7	14:45:11
31	10,4	95,4	8,79	10,6	14:45:13
32	10,7	95,4	8,70	11,3	14:45:15
32	10,7	94,9	8,63	12,0	14:45:17
32	10,9	94,6	8,57	13,2	14:45:19
32	11,2	94,5	8,51	14,7	14:45:21
32	11,5	94,5	8,43	16,3	14:45:23
32	11,9	94,4	8,35	17,8	14:45:25
33	12,3	94,6	8,28	19,7	14:45:27
33	12,6	94,3	8,21	21,6	14:45:29
33	12,7	94,1	8,15	23,7	14:45:31
33	12,8	93,6	8,10	26,0	14:45:33
33	12,7	92,8	8,03	28,1	14:45:35
33	12,7	92,0	7,96	29,7	14:45:37
33	12,7	91,4	7,92	31,6	14:45:39
33	12,6	90,9	7,88	33,5	14:45:41
33	12,6	90,6	7,85	35,8	14:45:43
33	12,5	90,3	7,83	38,6	14:45:45
33	12,5	89,8	7,81	40,7	14:45:47
33	12,3	89,3	7,79	42,4	14:45:49
34	12,1	88,8	7,77	43,8	14:45:51
34	11,9	88,3	7,75	45,6	14:45:53
34	11,7	87,9	7,74	47,3	14:45:55
34	11,6	87,4	7,72	49,1	14:45:57
34	11,6	87,1	7,70	50,6	14:45:59
34	11,5	86,9	7,69	52,3	14:46:01
34	11,3	86,7	7,71	54,7	14:46:03
34	11,1	86,3	7,69	56,7	14:46:05
34	11,0	85,9	7,68	59,2	14:46:07

Tabell V7.2 CTD-data fra undersøkelse ved BJØ-2 (68 m).

Salinitet (ppt)	Temperatur (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	Dybde (m)	Tid
30	8,7	92,6	8,89	0,2	14:51:58
30	8,7	92,1	8,86	0,7	14:52:00
30	8,7	91,7	8,82	2,0	14:52:02
30	8,6	91,4	8,79	3,0	14:52:04
30	8,5	91,0	8,77	4,0	14:52:06
30	8,6	90,8	8,73	5,0	14:52:08
30	8,7	90,7	8,69	5,7	14:52:10
31	8,8	90,5	8,65	7,2	14:52:12
30	9,2	90,5	8,58	9,4	14:52:14
32	10,4	91,4	8,37	10,8	14:52:16
32	10,9	91,3	8,27	12,4	14:52:18
32	11,1	90,9	8,18	14,1	14:52:20
32	11,2	90,5	8,13	15,3	14:52:22
32	11,3	90,0	8,08	15,8	14:52:24
32	11,5	89,8	8,00	17,7	14:52:26
32	11,9	89,9	7,93	19,7	14:52:28
33	12,3	89,7	7,83	21,3	14:52:30
33	12,6	89,5	7,77	23,2	14:52:32
33	12,7	89,3	7,71	25,6	14:52:34
33	12,7	88,7	7,66	28,7	14:52:36
33	12,6	88,0	7,61	31,8	14:52:38
33	12,6	87,2	7,55	34,8	14:52:40
33	12,6	86,6	7,50	37,1	14:52:42
33	12,5	86,0	7,46	39,0	14:52:44
33	12,3	85,4	7,43	41,1	14:52:46
34	12,1	84,9	7,42	43,3	14:52:48
34	11,9	84,3	7,40	45,7	14:52:50
34	11,7	83,8	7,38	48,2	14:52:52
34	11,6	83,3	7,35	50,6	14:52:54
34	11,4	82,9	7,35	52,9	14:52:56
34	11,3	82,6	7,33	54,9	14:52:58
34	11,2	82,4	7,32	57,1	14:53:00
34	11,0	81,9	7,32	59,5	14:53:02
34	10,7	81,4	7,32	61,6	14:53:04
34	10,5	81,0	7,30	62,5	14:53:06
34	10,3	80,6	7,30	64,7	14:53:08
34	10,2	80,2	7,28	67,1	14:53:10
34	10,1	79,9	7,27	67,5	14:53:12

Vedlegg 8 – Bilder av sediment

Det ble tatt bilder av sedimentet fra BJØ-1 og BJØ-2 etter at grabben ble tømt i plastbaljen, men før vask (Figur V8.1 – V8.2).



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



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

Vedlegg 9 – Bilder av sediment fra B-undersøkelsen

Bilder viser sediment og ferdig vasket prøve ved stasjonene fra B-undersøkelsen (Figur V9.1 – V9.2). Stasjon 2 fra B-undersøkelsen er samme stasjon som BJØ-1 (C-undersøkelse).



Figur V9.1 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.



Figur V9.2 Sediment etter vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.

Vedlegg 10 – Enkel strandsonundersøkelse

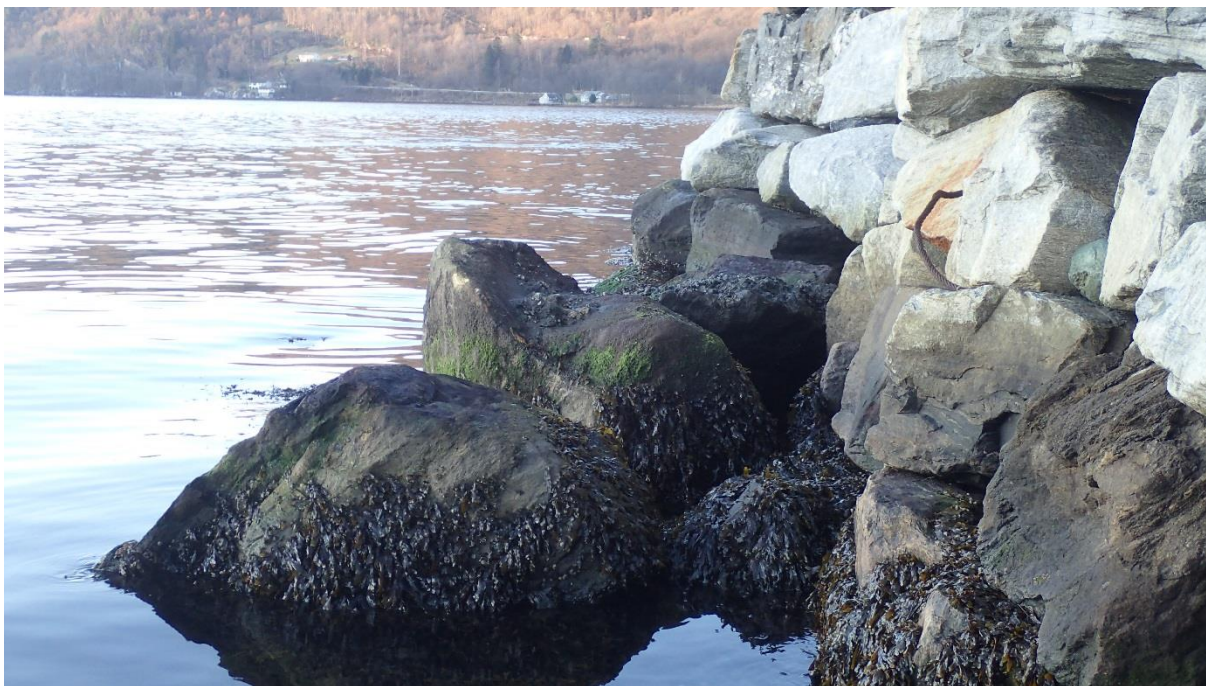
Samme dag som resipientundersøkelsene ble gjennomført, ble det også foretatt en enkel strandsonundersøkelse rundt anlegget Bjølvfossen. Strandsonundersøkelsen ble dokumentert med bilder, samt at den dominerende makroalgen i vågen rundt anlegget ble identifisert visuelt i felt. Det ble også sett etter fremmedelemer og forurensing i området.



Bilde V10.1. Settefiskanlegget sett fra vestlig mot østlig retning som viser rørarrangementet like utenfor anlegget.



Bilde V10.2. Bilde av nærområdet av anlegget tatt fra østlig mot vestlig retning.



Bilde V10.3. Algeforekomst like utenfor anlegget.



Bilde V10.4 og V10.5. Algeforekomst like utenfor anlegget.



Bilde V10.6. Algeforekomst like utenfor anlegget.



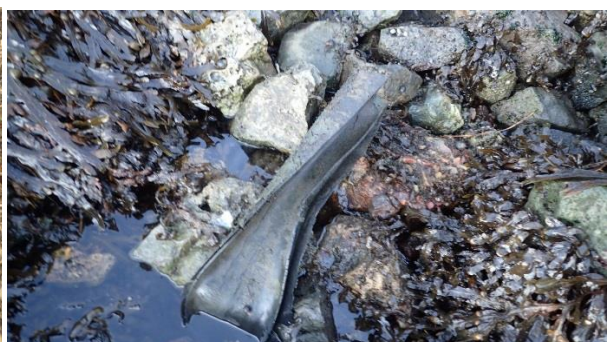
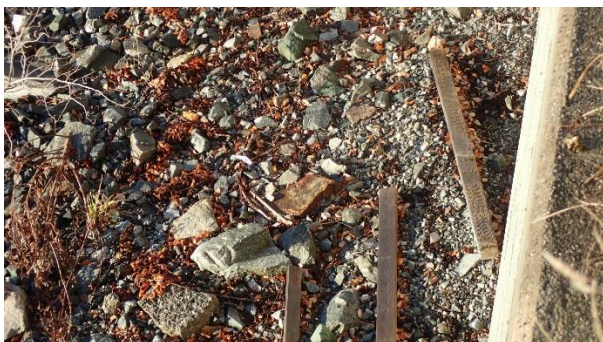
Bilde V10.7 og V10.8. Algeforekomst like utenfor anlegget.



Bilde V10.9. Enkelte fremmedelemer/forurensing i form av plast og noe drivved i nærområdet av anlegget.



Bilde V10.10 og V10.11. Enkelte fremmedelemer/forurensing i form av plast i strandsonen like ved anlegget.



Bilde V10.12 og V10.13 Enkelte fremmedelemer/forurensing i form av drivved og gummiavfall i strandsonen like ved anlegget.



Bilde V10.14. Viser rørarrangementet like ved anlegget.

Bildene med utsnitt fra tidevannsbeltet i nærområdet for anlegget, viser forekomst av både brunalger og grøninalger. Det ble i hovedsak observert vanlig grønndusk høyest i fjæra, deretter et belte med blæretang (bilde V10.1 – V10.8).

Strandsonen i nærområdet rundt anlegget gav i hovedsak et rent og ryddig inntrykk, men det ble også observert noe fremmedelemerter i strandsonen. Dette var i hovedsak plast- og gummiavfall og noe drivved (bilde V10.9 – V10.13).