

**Tiltaksrettet overvåking av Bøvågen,
beliggende i vannforekomsten Karmsundet-Kopervik,
i henhold til vannforskriften
Overvåking for Miljøservice Vest AS**



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Tiltaksrettet overvåking av Bøvågen, beliggende i vannforekomsten Karmsundet-Kopervik, i henhold til vannforskriften. Overvåking for Miljøservice Vest AS.	Lopenr. (for bestilling) 7068-2016	Dato 30.08.2016
	Prosjektnr. O-15274	Sider 43
Forfatter(e) Jarle Håvardstun Gunnild Borgersen	Fagområde Marin forurensning Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Karmøy i Rogaland	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Miljøservice Vest AS	Oppdragsreferanse Sissel Eikeskog	
<p>Sammendrag</p> <p>Den tiltaksrettede overvåkingen for bedriften Miljøservice Vest AS har i 2015 bestått av analyser av miljøgifter i blåskjell og undersøkelse av bunnfauna. Blåskjellene ble analysert for metaller og per- og polyfluorerte forbindelser (PFAS). Disse stoffene står på EUs liste over prioriterte miljøgifter, og inngår i klassifisering av kjemisk tilstand. Undersøkelse av bunndyrfauna inngår i klassifisering av økologisk tilstand. En blåskjellstasjon og en bunnfaunastasjon har blitt undersøkt. Undersøkelsene har blitt gjennomført etter krav satt i vannforskriften, og i henhold til godkjent overvåkingsprogram fra Miljødirektoratet. Bunnfauna viste «dårlig» økologisk tilstand. Artssammensetningen tydet på at lokaliteten er organisk belastet. Den kjemiske tilstanden på blåskjellstasjonen ble klassifisert til «god» på grunnlag av de analyserte metallene bly (Pb), kadmium (Cd), nikkel (Ni) og kvikksølv (Hg). Blåskjellene ble også analysert for (PFAS). Det foreligger en EQS-verdi for PFOS i fisk som også kan benyttes for annen biota (for eksempel blåskjell) dersom det gir samme beskyttelse for miljøet. Alle de analyserte PFAS, inkludert PFOS, lå under deteksjonsgrensen (som var lavere enn EQS verdien), og ingen PFAS-forbindelser ble påvist i skjellene. NIVA anbefaler at det vurderes om analyse av PFAS i fisk og eventuelt sedimenter inkluderes ved senere miljøovervåking.</p>		
Fire norske emneord	Fire engelske emneord	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Vannforskriften 2. PFAS 3. Tiltaksrettet overvåking 4. Økologisk og kjemisk tilstand 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Water Framework Directive 2. PFAS 3. Operational monitoring 4. Ecological and chemical status 	



Jarle Håvardstun
Prosjektleder



Christopher Harman
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-6803-4
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

**Tiltaksrettet overvåking av Bøvågen, beliggende i
vannforekomsten Karmsundet-Kopervik, i henhold til
vannforskriften**

Overvåking for Miljøservice Vest AS

Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra den tiltaksrettede overvåkingen av Bøvågen i vannforekomsten Karmsundet–Kopervik i 2015. Undersøkelsen har vært utført i henhold til vannforskriften, og hensikten var å identifisere hvorvidt bedriftens utslipp påvirker vannforekomstens økologiske og kjemiske tilstand.

Undersøkelsene er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Miljøservice Vest AS. Jarle Håvardstun har vært prosjektleder på NIVA og har hatt kontakt mot oppdragsgiver. Kontaktperson hos Miljøservice Vest har vært Sissel Eikeskog.

Takk til kolleger ved NIVA som har bidratt i prosjektet. Arbeidet ble fordelt som følger:

- Prøvetaking av bunnfauna, blåskjell og sediment: Lise tveiten (NIVA) med fartøyet «Scallop» fra Kvitsøy sjøtjenester og Bjarte Espevik som båtfører
- Kjemiske analyser: Line Roaas, Trine Olsen, Anne Luise Ribeiro og deres kolleger ved NIVAs laboratorium, og personell ved Eurofins.
- Sortering av bunnfaunaprøver: Siri Moy og Tage Bratrud
- Identifisering av bunnfauna: Marijana Brkljacic og Gunhild Borgersen
- Kartproduksjon: Jens Vedal
- Datahåndtering og overføring av data til Miljødirektoratets database Vannmiljø: Jens Vedal og hans kolleger ved seksjon for miljøinformatikk.
- Faglig kvalitetssikring av rapporten er utført av seksjonsleder Christopher Harman. I tillegg har det blitt gjort en kvalitetssikring iht. vannforskriften av Merete Grung og Sissel Ranneklev

En stor takk rettes til alle medarbeidere og involverte for et godt samarbeid.

Oslo, 30.08.2016

Jarle Håvardstun

Sammendrag

NIVA har gjennomført tiltaksrettet overvåking av Bøvågen i Karmsundet for Miljøservice vest AS. Overvåkingsprogrammet er utarbeidet i henhold til vannforskriften og godkjent av Miljødirektoratet. Programmet er utformet på bakgrunn av bedriftenes utslippskomponenter til Bøvågen i Karmsundet. I overvåkingen er det gjort undersøkelse av bunnfauna, og analyser av PFAS -forbindelser og tungmetaller i blåskjell.

Bunnfauna ble undersøkt på én stasjon, som ble klassifisert til «dårlig tilstand» (klasse IV). Faunaen var moderat artsrikt med totalt 48 arter. Det var imidlertid svært høy individtetthet (19 000 individer per m²), og artssammensetningen var preget av arter med høy toleranse for organiske tilførsler, hovedsakelig flerbørstemark og fåbørstemark. Totalt sett tydet artssammensetningen på at området er organisk belastet. Sedimentets innhold av organisk karbon var også svært høyt.

Blåskjellene ble klassifisert til «god» kjemisk tilstand på bakgrunn av analyser av metallene bly, kadmium, nikkel og kvikksølv. Skjellene ble også analysert for PFAS-forbindelser og alle de analyserte stoffene lå under deteksjonsgrensen for analysemetoden og ingen PFAS-forbindelser ble påvist i blåskjellene.

På bakgrunn av resultatene fra denne undersøkelsen anbefales det at bunnfauna undersøkes hvert sjette år men for blåskjell bør det vurderes hvis videre oppfølging er nødvendig.

Vurdering av bedriftens utslippstillatelse og måleprogram for dette er ikke en del av denne undersøkelse. Men fordi grenseverdiene i ny utslippstillatelse (4 µg/L fra 2016) er over ønsket grenseverdi i vannforskriften bør det vurderes videre analyser av PFAS-forbindelser i vannforekomsten for eksempel i lokal fisk og eventuelt sedimenter.

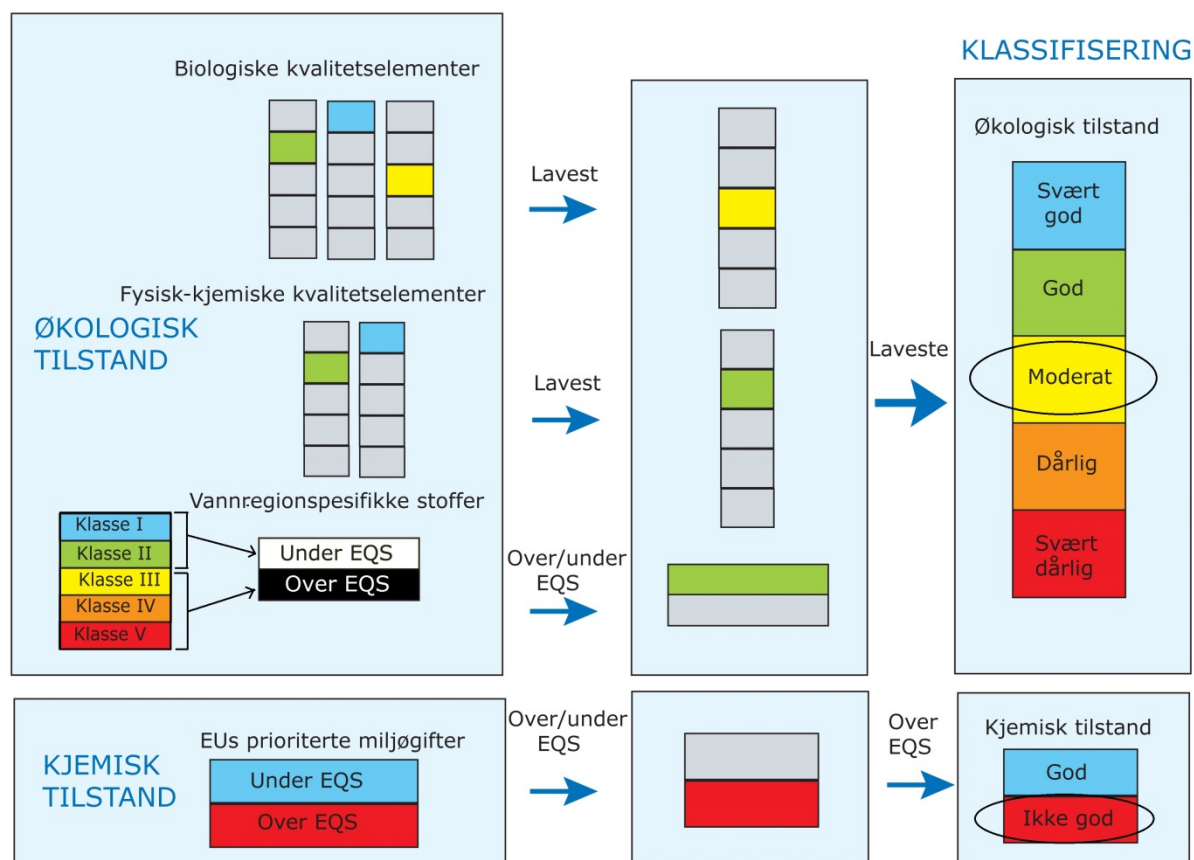
Innholdsfortegnelse

Sammendrag	5
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunnsinformasjon om virksomheten og deres utslipp.....	9
1.1.1 Miljøservice Vest AS.....	9
1.2 Andre utslipp til resipienten	11
1.3 Vannforekomsten	11
1.4 Spredning av utslippet.....	13
2 Materiale og metoder.....	14
2.1 Bedriftens tiltaksrettede overvåkingsprogram	14
2.1.1 Stasjonsnett	14
2.2 Prøvetakingsmetodikk	16
2.2.1 Bunnfauna	16
2.2.2 Biota	17
2.2.3 Vann.....	17
2.3 Analysemetoder.....	17
2.3.1 Sediment	17
2.3.2 Bunnfauna	18
2.3.3 Biota	19
2.3.4 Vann	20
2.4 Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand	21
2.4.1 NIVAClass	22
3 Resultater	23
3.1 Økologisk tilstand	23
3.1.1 Biologiske kvalitetselementer	23
3.1.2 Fysisk-kjemiske kvalitetselementer.....	24
3.1.3 Vannregionspesifikke stoffer i blåskjell	25
3.2 Kjemisk tilstand, EUs prioriterte miljøgifter	25
3.3 Oversikt over økologisk og kjemisk tilstand for alle stasjoner	27
4 Konklusjoner og videre overvåking	29
4.1 Sammenligning av dagens tilstand med tidligere overvåkingsresultater	29
4.1.1 Bunnfauna	29
4.1.2 Blåskjell.....	29
4.2 Vurdering av videre overvåking.....	29
4.3 Vurdering av mulige tiltak.....	30
5 Referanser	31
6 Vedlegg	33

1 Innledning

Ved implementeringen av vannforskriften har alle vannforekomster fått konkrete og målbare miljømål, ved at minimum «god tilstand» skal oppnås. Vannforskriften har som mål å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet, og om nødvendig iverksette tiltak for at miljømålene nås.

Fundamentalt i vannforskriften er karakteriseringen og klassifiseringen av vannforekomster. Karakteriseringen inndeler vannforekomster i vann typer, identifiserer belastninger og miljøvirkninger av belastningene, mens klassifiseringen ved hjelp av systematisk overvåking definerer den faktiske tilstanden i en vannforekomst. **Figur 1** viser en oversikt over klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand i en vannforekomst.



Figur 1. Prinsipp-skisse som viser klassifisering av miljøtilstand i en vannforekomst. Kvalitetselementer som inngår i vurdering av økologisk tilstand og EUs prioriterte miljøgifter som inngår i kjemisk tilstandsvurdering er indikert. EQS-verdier (Environmental Quality Standards) angir miljøkvalitetsstandarder, også kalt grenseverdier. Piler påtegnet «Laveste», betyr at det kvalitetselementet som får dårligste tilstand bestemmer. Prinsippet omtales ofte som «Det verste styrer». Dette er eksemplifisert i figuren ved at det kvalitetselementet som gir laveste tilstand, her Moderat (farget gult), bestemmer den økologiske tilstanden. Kjemisk tilstand bestemmes av hvorvidt målte konsentrasjoner av EUs prioriterte miljøgifter er under eller over EQS-verdier. I figuren er dette vist ved at målt konsentrasjon av en eller flere miljøgifter er over EQS-verdi, slik at Ikke god kjemisk tilstand oppnås (farget rødt).

For å fastslå tilstanden til en vannforekomst er det i vannforskriften lagt føringer for forvaltningen i forhold til overvåkingen, og det opereres med tre ulike overvåkingsstrategier: basisovervåking, tiltaksorientert overvåking og problemkartlegging. Tiltaksorientert overvåking iverksettes i vannforekomster som anses å stå i fare for ikke å nå miljømålene, eventuelt for å vurdere endringer i tilstanden som følge av iverksatte tiltak. Overvåkingen iverksettes av Miljødirektoratet eller annen forurensningsmyndighet og bekostes av forurenser, etter prinsippet om at «påvirker betaler».

Utformingen av et tiltaksorientert overvåkingsprogram er karakterisert av at man har flere overvåkingsstasjoner som plasseres for eksempel etter utslippspunktene beliggenheter, hydromorfologiske egenskaper¹ og eventuelle endringer i vannforekomsten som følge av tiltak.

Prøvetakingsfrekvensen skal være så hyppig at man pålitelig kan fastsette miljøtilstanden. Som retningslinje bør overvåkingen finne sted med intervaller som ikke overstiger dem som er angitt i **Tabell 1**, med mindre større intervaller er berettiget ut fra tekniske kunnskaper og ekspertvurderinger.

Tabell 1. Oversikt over intervaller mellom prøvetaking i vannforskriften (Vannforskriften, 2015).

Kvalitetsэлемент	Elver	Innsjøer	Brakkvann	Kystvann
<i>Biologisk</i>				
Plantep plankton	6 måneder	6 måneder	6 måneder	6 måneder
Annen akvatisk flora	3 år	3 år	3 år	3 år
Makroinvertebrater	3 år	3 år	3 år	3 år
Fisk	3 år	3 år	3 år	
<i>Hydromorfologisk</i>				
Kontinuitet	6 år			
Hydrologi	Kontinuerlig	1 måned		
Morfologi	6 år	6 år	6 år	6 år
<i>Fysisk-kjemisk</i>				
Temperaturforhold	3 måneder	3 måneder	3 måneder	3 måneder
Oksygenforhold	3 måneder	3 måneder	3 måneder	3 måneder
Saltholdighet/ledningsevne	3 måneder	3 måneder	3 måneder	
Næringsstofftilstand	3 måneder	3 måneder	3 måneder	3 måneder
Forsuringstilstand	3 måneder	3 måneder		
Vannregionspesifikke stoffer	3 måneder	3 måneder	3 måneder	3 måneder
Prioriterte stoffer, farlige stoffer og andre EU-utvalgte stoffer i vannsøylen	1 måned	1 måned	1 måned	1 måned
Miljøgifter som fremgår av vedlegg VIII i sediment*	6 år	6 år	6 år	6 år
Miljøgifter som fremgår av vedlegg VIII i organismer	1 år	1 år	1 år	1 år

* Gjennomføres oftere i områder hvor sedimentasjonshastigheten tilsier hyppigere prøvetaking

Overvåkingsprogrammet kan endres i løpet av gyldighetstiden for en forvaltningsplan² for vannregionen. Dette gjøres på grunnlag av opplysninger innsamlet i forbindelse med kravene i vedlegg II og V i vannforskriften, særlig for å muliggjøre en reduksjon i frekvensen dersom virkningen ikke er vesentlig eller den relevante belastningen er fjernet.

Som et minimumskrav skal det biologiske kvalitetsэлементet som er mest følsomt for belastningen inngå i overvåkingsprogrammet. Alle EUs prioriterte³ miljøgifter som slippes ut i vannforekomsten skal

¹ *Hydromorfologiske egenskaper:* Vannmengde og variasjon i vannføring og vannstand, samt bunnforhold og vannforekomstens fysiske beskaffenhet.

² *Vannforvaltningsplaner:* samlet plan for forvaltning av vannforekomster i en vannregion. Miljømålene i regionen og tiltaksplaner (plan for hvordan miljømålet skal nås eller opprettholdes) er beskrevet.

³ Redusert overvåkingsfrekvens for allestedsnærværende stoffer (stoff nr. 5, 21, 28, 30, 35, 37, 43 og 44 i vedlegg VIII del A tillates, så lenge overvåkingen er representativ og overvåkingsdataene har høy oppløsning og viser stabile nivåer over tid (Vannforskriften, 2015).

overvåkes, samt andre forurensende stoffer som slippes ut i betydelige mengder (Vannforskriften 2015; Direktoratgruppen 2010).

NIVA har med bakgrunn i brev datert 28.5.2014 fra Miljødirektoratet utformet et tiltaksorientert overvåkingsprogram i henhold til vannforskriftens krav for Miljøservice Vest AS. Overvåkingsprogrammet ble godkjent av Miljødirektoratet og gjennomført i løpet av 2015.

Målet med overvåkingen er å klassifisere økologisk og kjemisk tilstand på forskjellige målestasjoner i den aktuelle vannforekomsten basert på kvalitetselementer som er relevante i forhold til bedriftens utslipp. Resultatene brukes til å vurdere utviklingstrender og behov for mulige tiltak.

1.1 Bakgrunnsinformasjon om virksomheten og deres utslipp

1.1.1 Miljøservice Vest AS

Miljøservice Vest tilhører sektoren landbasert industri og bransjen "Innsamling av farlig avfall" (<http://www.norskeutslipp.no>). Anlegget holder til på Avaldsnes i Karmøy kommune i Rogaland. Virksomheten har mottak av inntil 15 000 m³ farlig avfall med opprinnelse fra industri, offshoreindustri og skip. Miljøservice Vest sin utslippstillatelse fra Miljødirektoratet er gitt i **Tabell 2**.

Miljøservice Vest AS har renseanlegg med kjemisk og biologisk rensing. Vannet som blir behandlet er på forhånd blandet på flere store tanker, og det er ifølge bedriften lite variasjon i vann inn til anlegget fra dag til dag. Renseprosessen består av flere etterfølgende trinn. Avfall mottas på store tanker hvor det skjer en gravimetrisk separasjon av oljefase og vannfase. Oljefasen leveres videre til godkjent mottak som spillolje. Vannfasen, som inneholder varierende mengder olje, tungmetaller og organisk materiale, går videre via én felles fødetank til kjemisk rensing med polymerer. Polymeren binder seg til forurensningene i vannet og danner slam som kan fjernes mekanisk fra vannfasen (enten som bunnslam eller som slamteppe på overflaten). Slammet blir avvannet, og vannet blir tilbakeført til lagertanker. Vann fra kjemisk rensetrinn går til biologisk rensing med aktivt slam som bryter ned organisk materiale. Renset vann blir ført til sjø, og utslippspunktet er i Bøvågen på ca. 15 meters dyp. Per i dag har bedriften utslippsgrenser for totalt organisk stoff (TOC), olje, nikkel, kadmium, kvikksølv, bly og PFAS-forbindelser. Antatt årlig avløpsstrøm er på 4 000 - 8 000 m³. Slam fra renseanlegget (både fra kjemisk og biologisk rensetrinn) deklarerer som farlig avfall og leveres til egnet behandlingsanlegg. Undersøkelser utført av Miljøservice Vest AS viser at avfallet de mottar kan inneholde PFAS-forbindelser, dette er per- og polyfluorete organiske forbindelser der ett eller flere hydrogenatomer er erstattet av fluor. Felles for disse stoffene er at de ikke brytes ned i miljøet, og selv ved lave konsentrasjoner kan de oppkonsentreres til høye, toksiske nivåer i individer og næringskjeder. Bedriften har gjort en kartlegging av PFAS i rensed avløpsvann. De som bidrar mest er forbindelsene 6:2 FTS, PFOS, PFHxA, PFHxA, PFBS og PFOA, hvor 6:2 FTS og PFOS ser ut til å utgjøre mer enn henholdsvis 40 % og 30 % av totalmengden. Analyser av avløpsvannet viser at konsentrasjonene varierer mye i løpet av året, fra 52.5 µg/L på det høyeste til 4.6 µg/L på det laveste (Miljøservice vest AS, søknad om utslippstillatelse 2014).

De perfluorete forbindelsene PFOS (perfluoroktansulfonat), PFOA (perfluoroktansyre) og flere langkjedete perfluorete karboksylsyrer er oppført på EUs prioritetsliste, det vil si at de er på listen over stoffer med mål om å redusere eller stanse utslippene til miljøet innen 2020.



Figur 2 Beliggenhet til bedriften og utslippspunktet (hvit sirkel) i Bøvågen.

Tabell 2 Miljøservice Vest sine regulerte utslippstillatelser fra Miljødirektoratet. Data er hentet fra www.norskeutslipp.no

Utslippskomponent	Utslippsgrenser		Gjelder fra:
	Konsentrasjon (døgnmiddel)	Maksimalt årlig utslipp (kalenderår)	
TOC	1000 mg/l	7500 kg ²	15. mai 2014
Olje	10 mg/l	75 kg ²	15. mai 2014
Ni	0,1 mg/l	0,75 kg ²	15. mai 2014
Cd	0,005 mg/l	0,038 kg ²	15. mai 2014
Hg	0,002 mg/l	0,015 kg ²	15. mai 2014
Pb	0,025 mg/l	0,19 kg ²	15. mai 2014
Sum PFAS ¹⁾	20 µg/l	200 g	15. mai 2014- 17. juni 2016
Sum PFAS ¹⁾	4 µg/l	40 g	17. juni 2016
pH i utslippsvannet 6-9			
Olje ³⁾	20 mg/l		

¹⁾ sum PFAS: PFOS;PFOA; 8:2 FTOH; FTS-6:2; N-Me FOSA; N-Et FOSA; N-Me FOSE; N-Et FOSE; C9-C14 PFCA; PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA, PFTDA; og PFHxS

²⁾ Gjelder fra 11. juli 2014

³⁾ Oljeholdig avløpsvann fra verksteder eller lignende renses i oljeutskiller

I **Tabell 3** vises Miljøservice Vest sine utslippskomponenter til vann. Data er hentet fra www.norskeutslipp.no. Bedriften har utslipp av suspendert stoff, PAH og noen metaller.

Tabell 3. Miljøservice Vest sine utslippskomponenter til vann for 2014 og 2015. Data er hentet fra www.norskeutslipp.no.

Utslippskomponent	Kg/år (2014)	Kg/år (2015)
TOC	6090	1360
Olje	20	10
Nikkel	0,4	0,2
Kadmium	0,0	0,0
Kvikksølv	0,0	0,0
Bly	0,01	0,0
PAH	0,01	0,00

1.2 Andre utslipp til resipienten

Bedriften FMC-Biopolymer tilfører sjøresipienten utenfor bedriftsområdet tarerester og prosessvann etter produksjon av alginat. Bedriften har utslippstillatelse for metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr) og næringssaltene fosfor og nitrogen. I tillegg slippes det ut organisk materiale i form av tarerester, partikler i form av steinstøv og formaldehyd. Bedriftens utslippspunkter ligger på mellom 20-55 m dyp i Vormedalsbukta ca 1 km sør for Bøvågen.

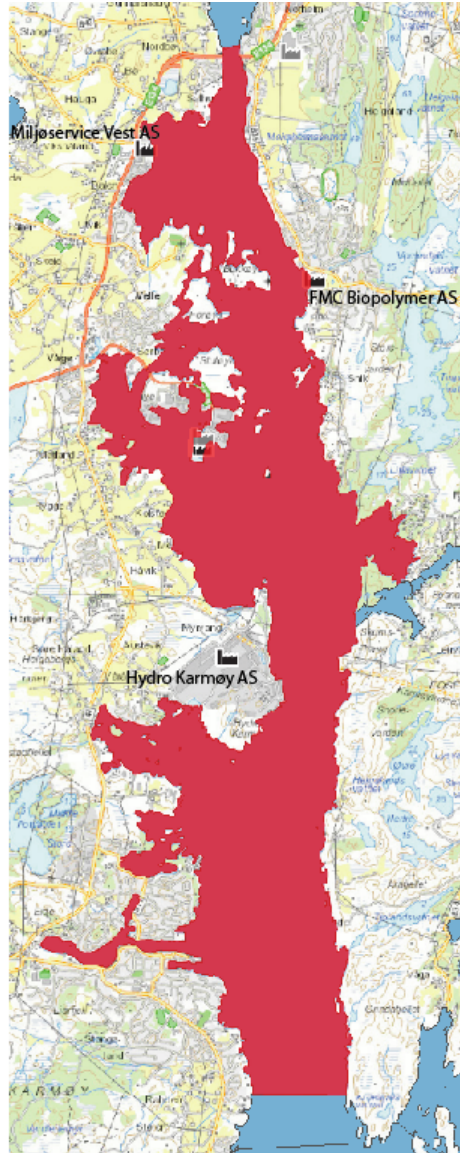
Hydro Aluminium Karmøy AS ligger på østsiden av Karmøy. Bedriften produserer primæraluminium basert på Prebake-teknologi. Tidligere produksjon var basert på Søderbergteknologi som bl.a. medførte forurensing av PAH-forbindelser til luft og vann. I 2009 ble Søderberg-linjen for produksjon nedlagt og utslippene av PAH-forbindelser ble redusert. Noe avrenning fra sedimentasjonsbasseng på industriområdet kan imidlertid ennå forekomme. Vannforekomsten er også resipient for kommunalt renseanlegg (kapasitet 10000 PE). I tillegg får Karmsundet tilført utslipp fra andre virksomheter som fiskeforedlingsindustri og skipsverft. Utslipp fra Kopervik (i sør) og Haugesund (i nord) kan også påvirke denne vannforekomsten.

1.3 Vannforekomsten

Bedriftens utslipp er til Bøvågen som ligger vannforekomsten «Karmsundet-Kopervik» (0242040102-C) vist på kart i **Figur 3**. Vannforekomsten hører inn under region Nordsjøen-Sør. Vanntypen er i Vann-Nett betegnet som beskyttet kyst/fjord N3, med salinitet polyhaline (18-30), oppgitt salinitet er imidlertid funnet ut å være feil og skal være euhalint >30 (Pedersen m.fl 2015). Vannregionmyndighet er Rogaland FK.

Vannforekomsten strekker seg fra Karmsund bro i nord til Svartekroken-Haugen i sør, en strekning på ca 12 km. I nord ved Karmsund bru er det en terskel på ca 12m, med brått fallende dyp ned til ca 40 m ved Bøvågen. Dypet øker sørover til Vormedal til 58 m for så å stige til 45 m dyp like sør for Vormedal. Deretter øker dypet ned til et jevnt dyp på ca. 90 m ned forbi Karmøy aluminiumsverk og ned til området utenfor Kopervik hvor dypet gradvis øker ned til 200 m dyp ved Svartekroken-Haugen.

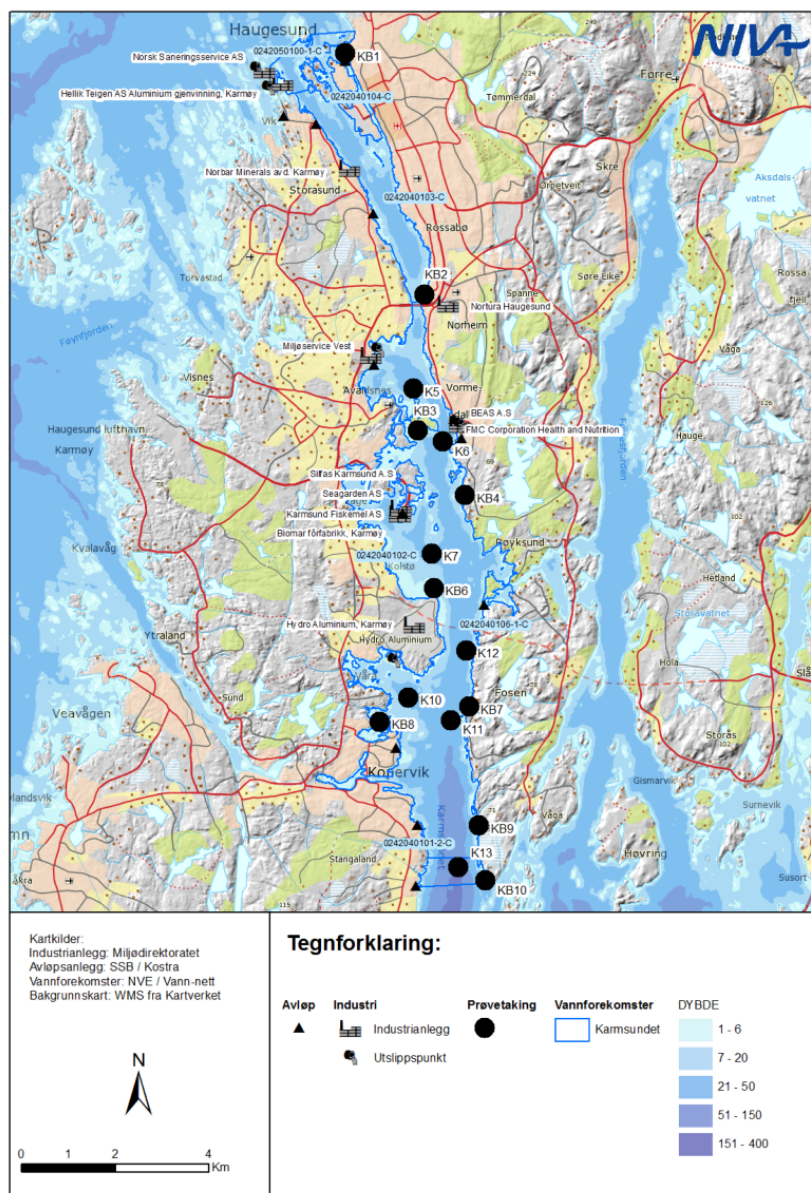
I Vann-Nett (www.vann-nett.no) er vannforekomsten gitt «Antatt moderat» økologisk tilstand og «Oppnår ikke god» for kjemisk tilstand.



Figur 3. Avgrensingen av vannforekomsten 0242040102-C Karmsundet-Kopervik som er resipient for Miljøservice Vest sine utslipp til sjø. Utstrekningen av vannforekomsten er markert med rødt. Beliggenheten av bedriften Miljøservice Vest AS og bedriftene FMC- Biopolymer AS og Hydro-Karmøy AS er også vist på kartet.

Karmsundet har i mange år vært påvirket av utslipp fra bedriftene Hydro Aluminium og FMC-Biopolymer. Hydro har i hovedsak hatt utslipp av PAH-forbindelser og metaller, mens FMC har hatt utslipp av metaller og organisk stoff.

Senere undersøkelser (Håvardstun2016 og Håvardstun m.fl. 2016) viste at blåskjellene i Karmsundet hadde betydelig lavere innhold av PAH-forbindelser nå enn ved forrige undersøkelse i 2008. Blåskjellstasjonene undersøkt er vist på kart i **Figur 4**.



Figur 4. Kart med plassering av prøvetakingspunkter for sediment (stasjoner med K) og blåskjell (stasjoner med KB) i Hydro Karmøys overvåkingsprogram 2015. I tillegg er utslippspunkter fra annen industri og kommunale avløp vist (trekanter). Fra Håvardstun (2016).

Konsentrasjonene av PAH-forbindelser var nå under EQS-verdiene, med unntak av en forbindelse på en stasjon. For metaller ble alle blåskjellstasjoner klassifisert til «god» kjemisk tilstand. Kvalitets-element bunnfauna ble undersøkt på tre stasjoner ved Vormedal utenfor FMC-biopolymer. For bunnfauna ble de to stasjonene nærmest bedriften, begge klassifisert til «dårlig tilstand», mens stasjon 4 som ligger ca to km lengre sør for bedriften (**Figur 8**) fikk «god tilstand».

1.4 Spredning av utslippet

Utslippspunktet fra bedriften ledes til ca 15 m dyp sentralt i Bøvågen. Denne leder videre ut i Karmsundet som generelt er strømríkt og sterkt påvirket av tidevann to ganger i døgnet. Utslippsvannet fortynnes derfor raskt i resipienten, men det foreligger ikke direkte målinger av sprednings- eller fortynningshastigheter.

2 Materiale og metoder

2.1 Bedriftens tiltaksrettede overvåkingsprogram

En kort oppsummering av bedriftens tiltaksrettede overvåkingsprogram er vist i **Tabell 4**. Feltarbeid og behandling av innsamlet data er utført i henhold til overvåkingsprogrammet som ble godkjent av Miljødirektoratet. Det er ingen avvik å rapportere i forhold til programbeskrivelsen.

Tabell 4. Oppsummering av utført overvåkingsprogram for Miljøservice vest AS.

	Regulerte utslipps-komponenter	Kvalitets-element	Indeks/ parameter	Medium/ Matriks	Antall stasjoner	Frekvens (pr år)	Tidspkt.
Økologisk tilstand	TOC	Bunnfauna	NQ1, H', ES100, NSI2012 og ISI2012.	Sediment (Bløtbunn)	1	1	Sommer
		Fysisk-kjemiske støtteparametre	TOC, TN, Kornfordeling	Sediment	1	1	Sommer
Kjemisk tilstand	Bly, kadmium, nikkel og kvikksølv	EUs prioriterte miljøgifter	Bly, kadmium, nikkel og kvikksølv PFAS-forbindelser	Biota (blå-skjell)	1	1	Høst

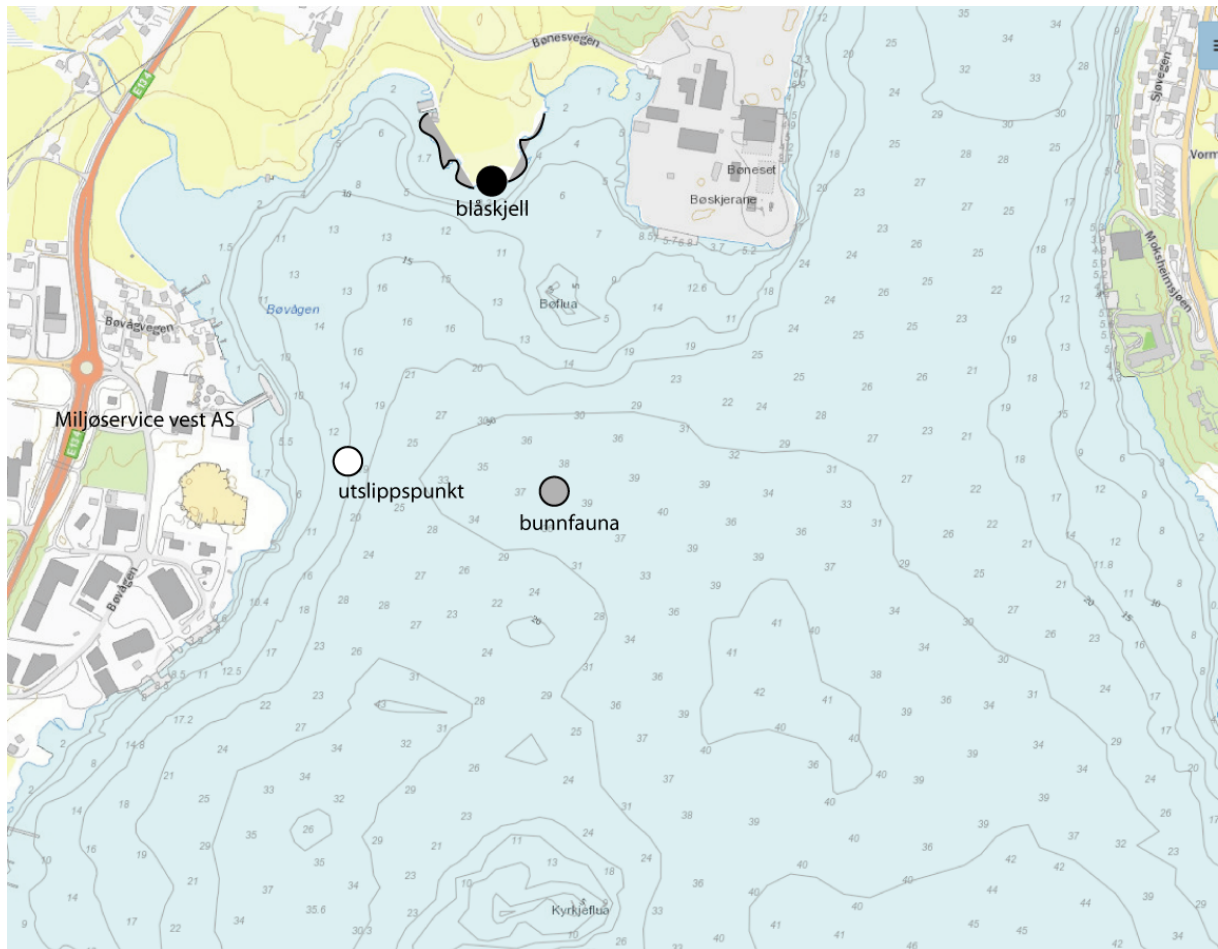
Det tiltaksorienterte overvåkingsprogrammet for Miljøservice Vest AS tar utgangspunkt i bedriftenes utslipp av TOC et utvalg av metaller (kvikksølv, kadmium, nikkel og bly), samt PFAS-forbindelser (fullstendig liste over forbindelser som inngår er vist i vedlegg A).

Overvåkingen omfattet undersøkelse av bunnfauna med tilhørende støtteparametre (innhold av organisk karbon og kornfordeling i sediment). I tillegg ble også de generelle fysisk-kjemiske kvalitetselementene siktedyp, temperatur, salinitet og oksygeninnhold i vannsøylen inkludert etter ønske fra Miljødirektoratet. Disse resultatene benyttes til fastsettelse av økologisk tilstand. Blåskjell ble analysert for metallene bly, kadmium, nikkel og kvikksølv og PFAS/PFOS-forbindelser som er på EUs liste for prioriterte miljøgifter og resultatene brukes til å fastsette kjemisk tilstand.

2.1.1 Stasjonsnett

Bunnfaunastasjonen er lagt til en lokalitet som er undersøkt tidligere (Eriksen m.fl. 2002).

Blåskjellstasjonen i Bøvågen er ny, men det foreligger metallanalyser i blåskjell fra mange stasjoner i hele Karmsundet (Håvardstun 2016). Det er ikke funnet andre analyser av PFAS-forbindelser i blåskjell fra Karmsundet. Stasjonene er vist på kart i **Figur 5**.



Figur 5 Kart med prøvetakingsstasjoner for bunnfauna (grå sirkel) og blåskjell (svart sirkel satt i senter av innsamlingsområdet for skjell, som var langs hele den svarte linjen). Utslippspunktet er markert med hvit sirkel på ca 15 m dyp. Det ble tatt prøver av bunnfauna, samt måling av siktedyp, temperatur, salinitet og oksygen i vannsøylen på bunnfaunastasjonen.

2.2 Prøvetakingsmetodikk

Under følger en beskrivelse av prøvetakingen som ble gjennomført i forbindelse med det tiltaksorienterte overvåkingsprogrammet.

2.2.1 Bunnfauna

Prøvetaking av bunnfauna ble gjennomført 04.juni 2015 med fartøyet «Scallop» og Bjarte Espevik som båtfører. Faunaprøvene ble tatt med en van Veen-grabb med prøvetakingsareal på 0,1 m². Det ble tatt tre parallelle prøver på stasjonen. Hver prøve ble inspisert gjennom grabbens toppluke, sedimentvolum i grabben ble målt med en målepinne og fargen på sedimentet ble klassifisert iht. Munsells fargekart for jord og sedimenter. Hver prøve ble beskrevet visuelt mht. sedimentets karakter (for eksempel konsistens, lukt, tilstedeværelse av synlige dyr). Prøvene ble siktet gjennom 5 mm og 1 mm sifter plassert i vannbad. Sikteresten ble så konserverert i en 10-20 % formalin-sjøvanns-løsning, nøytralisert med boraks og tilsatt fargestoffet bengalrosa.

Prøver til analyse av sedimentets kornfordeling og innhold av total organisk karbon (TOC) og total nitrogen (TN) ble tatt med van Veen-grabb. Prøver for analyse av TOC og TN ble tatt fra sjiktet 0-1 cm, mens prøver til kornfordelingsanalyser ble tatt fra sjiktet 0-5 cm. Sedimentprøvene ble oppbevart ved -20 °C frem til analyse.

Ytterligere informasjon om prøvetakingen (dyp, koordinater, eventuelle avvik) er gitt i **Tabell 5**, og en visuell beskrivelse av sedimentets karakter er gitt i **Tabell 6**.

Prøvetaking ble utført iht. NS-EN ISO 16665:2013 og NS-EN ISO 5667-19.

Tabell 5 Posisjoner (WGS84) og dyp for prøvetaking av bunnfauna og sediment i Bøvågen 2015.

Dato for prøvetaking	Stasjon	Posisjon nord	Posisjon øst	Dyp (m)
04.6.2015	St. 1	59,36495	5,29001	39

Tabell 6 Beskrivelse av sedimentet fra prøvetaking av bunnfauna og sediment i Bøvågen 2015.

Stasjon	Beskrivelse
St. 1	Sand og finkornet mudder. Synlige børstemarkrør og døde skjell. Svak H ₂ S-luktBrun overflate, mørk grått under. Sedimentprøver til TOC, kornfordeling og miljøgifter ble tatt med en håndholdt liten kjerneprøvetaker i separat grabbhogg.

2.2.2 Biota

Det er samlet inn blåskjell (*Mytilus edulis*) fra en stasjon i Bøvågen for analyse av PFAS og metaller. Det ble analysert på tre replikate prøver fra den samme stasjonen. Hvert replikat bestod av 30 blåskjell i størrelse 3-5 cm. PFOS og metallene Hg, Pb, Ni og Cd står på EUs liste over prioriterte miljøgifter. Innsamlingen ble foretatt 15.09.15. Stasjonens koordinater er gitt i **Tabell 7**.

Blåskjellene ble samlet inn fra ca 0-1 m dyp ved snorkling, og lagt i rene plastposer av polyetylen og merket med prosjektnummer, stasjonskode og dato. Skjellprøvene ble frosset ned (ca -20 °C) etter innsamling. Innsamlingen og håndteringen av skjellene er utført på en mest mulig skånsom måte og med minst mulig kontakt med annet materiale for å hindre kontaminering av potensielle miljøgifter.

Før opparbeiding ble skjellene tatt ut av fryser til tining. På laboratoriet ble det brukt engangshansker under opparbeidelsen av skjellene. Skallene ble skrapet rene for begroing med en kniv eller skalpell. Skjellene ble deretter åpnet skånsomt med skalpell med minst mulig kutt i de bløte delene og satt med den åpne siden ned i noen minutter for å la en del væske renne ut av skjellene. Skjellinnmaten ble skrapet ut med en skalpell og overført til et rent glødet prøveglass. Det ble analysert på tre replikate prøver fra den samme blåskjellstasjonen.

Tabell 7. Posisjoner (WGS84) for innsamling av blåskjell i Bøvågen 2015.

Stasjon	Dato for innsamling	Breddegrad	Lengdegrad
BL 1	5.8.2015	59.36795	5.28760

2.2.3 Vann

2.2.3.1 Fysisk-kjemiske kvalitetselementer (støtteparametere)

Siktedyp

Siktedyp ble målt ved å senke en hvit Secchi-skive ned i vannet på skyggesiden av båten. Det ble gjort ved hjelp av et tau som på forhånd var oppmerket per meter slik at dybden kunne noteres. Secchiskiven ble senket sakte rett ned, mens den ble observert nøye. Da den ikke lenger kunne sees ble dyp notert (Secchiusynlig). Deretter ble den trukket opp til den var synlig igjen og dyp ble notert (Secchisyntlig). Siktedypet ble rapportert som gjennomsnittet av Secchiusynlig og Secchisyntlig. Målingen ble utført kun én gang i forbindelse med prøvetaking av bløtbunn og sediment (04.6.2015), og frekvensen avviker således fra anbefalt frekvens i veilederen.

Temperatur og saltholdighet

En profilerende CTD sonde (SAIV SD 204 500 m SN 864) ble senket i vannet og holdt så vidt under overflaten i minimum 1/2 min. Den ble deretter senket sakte ned til bunnen mens den målte temperatur og saltholdighet (konduktivitet) kontinuerlig, én gang i sekundet. Sondens måleusikkerhet er angitt i **Tabell 8**. temperatur og saltholdighetsprofil er vist i vedlegg C.

Tabell 8. Oversikt over måleusikkerheten til SAIV SD204 – 86.

Parameter	Usikkerhet
Temperatur	± 0,01 °C
Saltholdighet	± 0,02 ppt

2.3 Analysemetoder

2.3.1 Sediment

Det ble samlet inn sedimentprøver for analyse av støtteparametre for bløtbunnsfauna. Alle kjemiske analyser ble utført av enten NIVAs eller Eurofins' akkrediterte analyselaboratorium, som tilfredsstill

krav gitt i EU Direktiv 2009/90/EC, som beskriver tekniske spesifikasjoner for kjemiske analyser og overvåking av tilstand i sedimenter. En oversikt over metoder er vist i **Tabell 9**.

Tabell 9. Oversikt over kjemiske analyser av sediment som er benyttet i overvåkingsprogrammet.

Støtteparametere for bunnfauna						
Kornfordeling<63µm	JA	1	% (v.v.)	ISO 11277 mod	Eurofins	
Tørrstoffprosent	JA	0,1	%	EN 12880	Eurofins	Gravimetri
Total organisk karbon	JA	1,0	mg/kg t.v.	Intern metode (G6-2)	NIVA	Thermoflash 2000 Elementanalysator

Ved beregning av gjennomsnitt er halve kvantifikasjonsgrensen benyttet som konsentrasjonsverdi dersom en eller flere av måleverdiene for vannregionspesifikke stoffer og EUs miljøgifter er under kvantifikasjonsgrensen. For vannregionspesifikke stoffer og EUs miljøgifter hvor konsentrasjonsverdien oppgis som sum av flere forbindelser (for eksempel isomere og kongenere), ble konsentrasjonsverdier av den enkelte forbindelsen under kvantifikasjonsgrensen satt til null for beregning av totalsum.

2.3.2 Bunnfauna

Sikteresten fra grabbprøvene ble grovsortert i hovedgrupper ved NIVAs biologilaboratorium, og overført til 80 % etanol. All sortert fauna ble artsbestemt til lavest mulig taksonomiske nivå, og alle individer av hver art talt. Sortering og artsidentifisering ble utført i henhold til NS-EN ISO 16665:2013.

På grunnlag av artslistene og individtall ble følgende indekser for bunnfauna beregnet:

- artsmangfold ved indeksene H' (Shannons diversitetsindeks) og ES₁₀₀ (Hurlberts diversitetsindeks)
- ømfintlighet ved indeksene ISI₂₀₁₂ (Indicator Species Index, versjon 2012) og NSI (Norwegian Sensitivity Index)
- den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian Quality Index, versjon 1), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Indeksene ble beregnet for hver grabbprøve, og ut fra dette er det beregnet gjennomsnittsverdier for hver stasjon. Basert på kumulerte grabbdata ble det også beregnet stasjonsvise verdier. De absolutte indeksverdiene (både gjennomsnitt og stasjonsverdier) ble regnet om til normaliserte EQR-verdier (nEQR) etter formelen:

$$\text{Normalisert EQR} = (\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) / (\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) * 0.2 + \text{Klassens normEQR basisverdi}$$

Det ble så beregnet gjennomsnittet av indeksenes nEQR-verdier på stasjonen. Tilstandsklassen ble bestemt etter vannforskriftens system og klassegrenser gitt i Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa 2013), se **Tabell 10**.

Tabell 10. Klassegrenser for bunnfaunaindekser, inkl. normalisert EQR (nEQR) fra Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa 2013).

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God (I)	God (II)	Moderat (III)	Dårlig (IV)	Svært Dårlig (V)
NQI1	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5,7-4,8	4,8-3	3-1,9	1,9-0,9	0,9-0
ES ₁₀₀	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI ₂₀₁₂	Ømfintlighet	13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	4,5-0
NSI	Ømfintlighet	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
nEQR		0,8-1	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	0-0,2

Støtteparametere til det biologiske kvalitetselementet bunnfauna

TOC er en støtteparameter som gir informasjon om graden av organisk belastning på stasjonen, men inngår ikke i den endelige klassifiseringen. Sedimentfraksjonen gir informasjon om hvor grov- eller finkornet sedimentet er, noe som har betydning for faunaens sammensetning og som kan brukes ved tolkning av resultatene.

Sedimentfraksjonen < 63 µm ble bestemt ved våtsikting og brukes ved beregning av normalisert TOC. Totalt organisk karbon (TOC) ble analysert med en elementanalysator etter at uorganiske karbonater er fjernet i syredamp.

Klassifiseringen av TOC er basert på finkornet sediment, og prøven standardiseres derfor for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18(1-F),$$

hvor F er andelen finstoff (partikkelstørrelse < 63 µm).

Klassegrensene for normalisert TOC er gitt i **Tabell 11**.

Tabell 11. Klassegrenser for normalisert organisk karbon (TOC) fra veileder SFT97:03 (Molvær et al 2007). Inngår ikke i klassifiseringen av økologisk tilstand.

Parameter		Tilstandsklasser				
		Svært God (I)	God (II)	Moderat (III)	Dårlig (IV)	Svært Dårlig (V)
TOC	Organisk karbon (mg/g)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

2.3.3 Biota

Det er samlet inn prøver av blåskjell for analyse av enkelte av EUs prioriterte miljøgifter samt vannregionspesifikke stoffer. Alle kjemiske analyser ble utført av Eurofins akkrediterte analyselaboratorium, som tilfredsstiller krav gitt i EU Direktiv 2009/90/EC, som beskriver tekniske spesifikasjoner for kjemiske analyser og overvåking av innhold av de relevante stoffene i biota. En oversikt over metoder er vist i **Tabell 12**.

Tabell 12. Oversikt over kjemiske analyser i biota som er benyttet i overvåkingsprogrammet.

Parameter	Akkreditert metode	Kvantifiseringsgrense (LOQ)	Enhet og basis	Standardmetode	Utførende lab	Instrument/analyseteknikk
Organiske miljøgifter						
PFAS	JA		µg/kg v.v.	AM374.21	Eurofins	HR-MS
Metaller						
Bly	JA	0,03		NS EN ISO 17294-2		ICP-MS
Kadmium		0,001				
Nikkel		0,04		NS EN ISO 17294-2		
kvikksølv		0,04				
Støtteparametere						
Tørrstoffprosent	JA	0,02	%	NS 4764	Eurofins	Gravimetri
Fettprosent		0,1		Intern metode AM374.20		

Ved beregning av gjennomsnitt er halve kvantifikasjonsgrensen benyttet som konsentrasjonsverdi dersom en eller flere av måleverdiene for vannregionspesifikke stoffer og EUs miljøgifter er under kvantifikasjonsgrensen. For vannregionspesifikke stoffer og EUs miljøgifter hvor konsentrasjonsverdien oppgis som sum av flere forbindelser (for eksempel isomere og kongenere), ble konsentrasjonsverdier av den enkelte forbindelsen under kvantifikasjonsgrensen satt til null for beregning av totalsum.

2.3.4 Vann

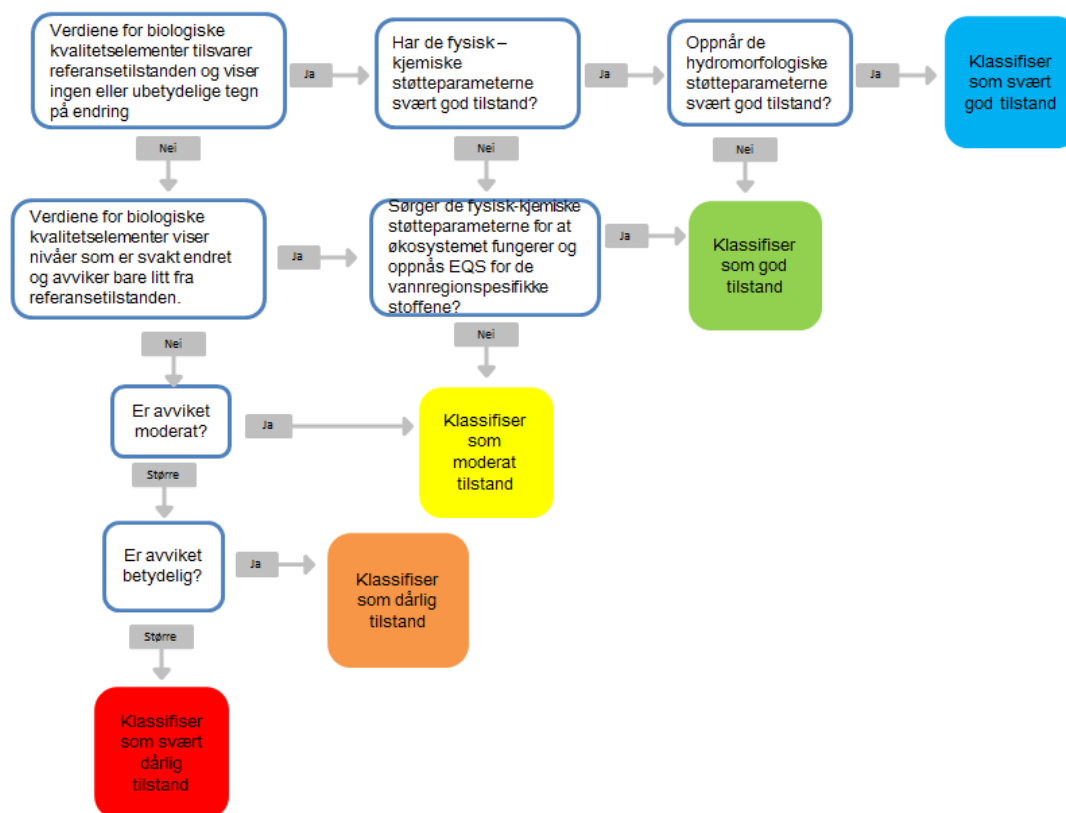
Innhold av oksygen i bunnvann ble målt med sonde (% metning). Klassegrensene for oksygen i bunnvann er gitt i **Tabell 13**.

Tabell 13 Klassegrenser for innhold av oksygen i bunnvann ved saltholdighet over 18, utdrag fra tabell 8-11 i Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa 2013).

Parameter	Tilstandsklasser				
	I Svært God	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært Dårlig
Oksygeninnhold dypvann (% metning)	>65	65-50	50-35	35-20	<20

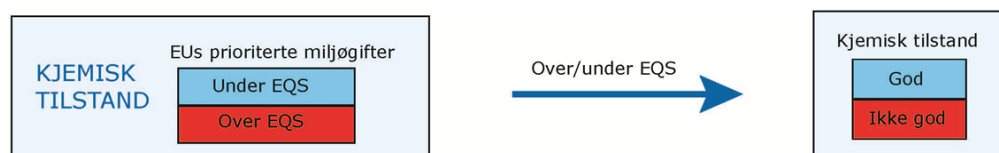
2.4 Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand

Den økologiske tilstanden på hver stasjon ble bestemt etter flytdiagrammet som vist i **Figur 6**.



Figur 6. Flytdiagram som viser prinsippet for klassifisering av økologisk tilstand i henhold til klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa 2013).

Kjemisk tilstand klassifiseres etter prinsipp som vist i **Figur 7**, dvs. «Ikke god kjemisk tilstand» oppnås dersom målte konsentrasjoner av EUs prioriterte miljøgifter er høyere enn EQS-verdier gitt for disse stoffene i vannforskriften (Lovdata, 2015).



Figur 7. Prinsippskisse for bestemmelse av kjemisk tilstand.

2.4.1 NIVAClass

For så sikre oss at klassifiseringen utføres korrekt har NIVA utviklet sitt eget klassifiseringsverktøy, NivaClass. Her plotter man inn beregnede indekser og målte konsentrasjoner av fysisk kjemiske støtteparameter, vannregionspesifikke stoffer og EUs prioriterte miljøgifter, slik at tilstandsklassene for økologisk og kjemisk tilstand bestemmes automatisk.

Grenseverdiene som er brukt til klassifisering av de målte stoffene som tilhører hhv EUs prioriterte miljøgifter og vannregionspesifikke stoffer i NivaClass er som følgende:

1. For EUs prioriterte miljøgifter benyttes de grenseverdier og føringer som er gitt i Lovdata (Vannforskriften 2015) for vann, sediment og biota (fisk i hovedsak).
2. For vannregionspesifikke stoffer benyttes grenseverdier gitt i M-241 (Arp m. fl. 2014) for vann, sediment og biota (fisk i hovedsak). Klasse I og II tilsvarer god til stand for disse stoffene.

Dersom grenseverdier ikke eksisterer etter at 1. og 2. har vært benyttet for vannregionspesifikke stoffer og EUs prioriterte miljøgifter, har NIVA benyttet andre veiledere:

3. TA-2229/2007 (Bakke m. fl. 2007) for marint og TA-1468/1997 (Andersen m. fl. 1997) for elver og innsjøer. Klasse I og II tilsvarer god tilstand for disse stoffene og miljøgiftene.
4. For blåskjell, strandsnegl og blæretang benyttes de føringer som er gitt i vannforskriften, dvs. at Molvær m.fl. (1997) + Lovdata (Vannforskriften 2015) for benzo[a]pyren og fluoranten i blåskjell og strandsnegl benyttes. Klasse I og II tilsvarer god tilstand for disse stoffene.

For stoffer og miljøgifter hvor man ikke har funnet grenseverdier etter at 1-4 har vært benyttet, har man da valgt å vurdere målte verdier etter bl.a. andre lands klassifiseringsystemer og/eller litteratur.

For klassifisering av tilstand for vannregionspesifikke stoffer og EUs prioriterte miljøgifter i o-skjell er grenseverdier for blåskjell benyttet.

For fluorid i sediment og o-skjell er klassegrensene i Molvær m.fl. (1997) benyttet. Klasse I og II tilsvarer god til stand.

3 Resultater

3.1 Økologisk tilstand

Nedenfor presenteres tilstandsklasse og nEQR verdier for hvert kvalitetselement som er undersøkt i overvåkingen i 2015. Rådata for hver indeks/parameter finnes i vedlegg.

3.1.1 Biologiske kvalitetselementer

3.1.1.1 Bunnfauna

Hovedresultat og tilstandsklassifisering for stasjonen er vist i **Tabell 14**. For de enkelte indeksene er det gitt gjennomsnittet av normaliserte EQR-verdier for hver grabbprøve. Totalresultat er stasjonens endelige tilstandsklassifisering for bunnfauna som framkommer som gjennomsnitt av indeksverdiene. Fullstendige artslister, indeksverdier for hver grabbprøve og indekser beregnet som stasjonsverdier (alle grabbprøver slått sammen) er gitt i **Vedlegg D** og **E**.

Stasjonen ble klassifisert til «dårlig tilstand» (klasse IV) (**Tabell 14**). Det ble funnet 28-29 arter i hver grabbprøve og totalt 48 arter på stasjonen, noe som er innenfor normalområdet og moderat artsrikt for marine sediment. Det var imidlertid svært høy individtetthet (19 000 individer per m²) (**Vedlegg E**), noe som indikerer en betydelig tilgang på organisk materiale som gir næring til bunnfauna.

Artssammensetningen var preget av arter med høy toleranse for organiske tilførsler, med dominerende arter som flerbørstemarkene *Malacoceros fuliginosus*, *Ophryotrocha cosmetandra*, *Phyllodoce mucosa*, *Pholoe baltica*, *Capitella capitata*, og fåbørstemark (Oligochaeta) (**Tabell 15**). Dette er alle arter som indikerer organisk belastning. Det var få muslinger i prøvene og ingen pigghuder, som begge er grupper som normalt ville være godt representert under gode miljøforhold.

Tabell 14. Økologisk tilstand for det undersøkte biologiske kvalitetselementet bunnfauna. Totalresultatet angir middelveidien av normalisert EQR for alle indeksene. Gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand og rød=svært dårlig tilstand.

Kvalitetselement/Indeks	Stasjon
	1
<i>Bunnfauna, nEQR</i>	
NQI1	0,315
H'	0,499
ES ₁₀₀	0,420
ISI ₂₀₁₂	0,512
NSI	0,185
Totalresultat	0,386

Tabell 15. Oversikt over de ti mest tallrike artene på stasjonen, med individtall per m².

Stasjon 1		
Gruppenavn	Artsnavn	ind/m ²
Fåbørstemark	<i>Oligochaeta</i> indet	10053
Flerbørstemark	<i>Malacoceros fuliginosus</i>	3357
Flerbørstemark	<i>Ophryotrocha cosmetandra</i>	1993
Krepsdyr	<i>Argissa hamatipes</i>	1503
Flerbørstemark	<i>Phyllodoce mucosa</i>	733
Flerbørstemark	<i>Pholoe baltica</i>	380
Musling	<i>Kurtiella bidentata</i>	200
Krepsdyr	<i>Diastylidae</i> indet	170
Flerbørstemark	<i>Capitella capitata</i>	127
Flerbørstemark	<i>Arenicola marina</i>	77

3.1.1.2 Støtteparametere for bunnfauna: TOC og kornfordeling i sediment

Analysene av kornfordeling i sedimentet viser at innholdet av finmateriale var lavt (40 %). Innholdet av organisk materiale var svært høyt (73,7 mg/g). Ved normalisering av TOC-verdien til 100 % finmateriale stasjonen klassifisert til 'svært dårlig tilstand' (klasse V) (**Tabell 16**).

C/N-forholdet kan indikere noe om opprinnelsen til det organiske materialet. Generelt har marint produsert materiale høyere innhold av nitrogen enn materiale fra land og følgelig lavere C/N-forhold. Bunnsedimenter i upåvirkede miljøer har normalt forholdstall på 6-8, mens bunnsedimenter som tilføres organisk materiale fra land har verdier som overstiger 10-12. Denne undersøkelsen indikerer at det organiske materialet har både marint og terrestrisk opphav.

Tabell 16. Innhold av finmateriale og organiske komponenter i bunnsedimenter. Innhold av organisk materiale (TOC) er normert til 100 % finmateriale og klassifisert etter Molvær m.fl. (1997). Rød= klasse V: meget dårlig.

Stasjon	Dyp m	Finmateriale %<63 µm	TOC mg/g	TN mg/g	C/N-forhold	Normert TOC
St. 1	39	40	73,7	7,2	10,2	84,5 (V)

3.1.2 Fysisk-kjemiske kvalitetselementer

3.1.2.1 Oksygen i bunnvann og siktedyp

En beskrivelse av de hydrografiske forholdene og profiler for saltholdighet, temperatur og oksygen i vannsøylen på stasjonene er gitt i **Vedlegg F**.

Måling av siktedyp og oksygeninnhold i bunnvann er utført kun én gang, og avviker følgelig vesentlig fra den anbefalte frekvens i veilederen. Med tanke på den store sesongmessige variasjonen det er i vannmassenes overflatelag gir disse enkeltmålingene av siktedyp ikke godt nok datagrunnlag for å klassifisere stasjonen. Siktedypet ble målt til 6,8 m, og dersom siktedyp skulle klassifiseres ut i fra denne enkeltmålingen ville tilstanden vært «god».

Oksygeninnholdet i bunnvann er trolig noe mer stabilt, men også her er det sesongmessige variasjoner, og målingene burde vært foretatt innenfor den tidsperioden man forventer lavest konsentrasjoner, dvs.

september-april. Målingen er foretatt i juni. Det er derfor ikke angitt noen tilstandsklasse for disse to støtteparametrene. Resultatene fra målingene er gitt i **Tabell 17**.

Oksygeninnholdet i bunnvannet var 84,9% metning. Den vertikale oksygenprofilen (**Vedlegg C**) viser at det ikke er oksygenvinn i noen deler av vannsøylen på stasjonen.

Tabell 17 Måling av siktedyp (m) og oksygeninnhold i bunnvann (målt med sonde, i % metning) i Bøvågen 04.06.2015.

Parameter	Enhet	Stasjonsnavn/kode
		St. 1
Oksygen	% metning	84,9
Siktedyp	m	6,8

3.1.3 Vannregionspesifikke stoffer i blåskjell

Det ble ikke analysert på miljøgifter som defineres som vannregionspesifikke i blåskjellene fra Bøvågen.

3.2 Kjemisk tilstand, EUs prioriterte miljøgifter

Blåskjellene hadde ikke forhøyede konsentrasjoner av metallene Pb, Cd, Ni eller Hg som står på EUs liste over prioriterte miljøgifter. Blåskjellene klassifiseres derfor til å være i «god» kjemisk tilstand, **Tabell 18**. PFAS-forbindelser står også på EUs liste over prioriterte miljøgifter. Det er imidlertid oppgitt EQS-verdi for PFOS-forbindelser i fisk, denne er på 9,1 µg/kg v.v. Denne grenseverdien kan også benyttes for andre biota dersom de kan anses å være tilsvarende som fisk. Blåskjell ligger vanligvis på et lavere trofisk nivå enn fisk (lavere i næringskjeden), slik at en overskridelse i blåskjell vil indikere at grenseverdien er overskredet. Imidlertid kan ikke lave verdier tas til inntekt for at grenseverdiene (for fisk) ikke er overskredet. Alle forbindelsene lå under deteksjonsgrensene for analysemetodene som ble benyttet, **Tabell 19** og ingen PFAS forbindelser ble påvist i skjellene. Dermed kan ikke analyser av blåskjell med henblikk på PFAS benyttes for å vurdere kjemisk tilstand.

Tabell 18. Kjemisk tilstand for EUs prioriterte stoffer. Middelveier for hver parameter er oppgitt for hver stasjon. «Det verste styret»-prinsippet ligger til grunn for tilstandsvurderingen. (Blå=god tilstand, rød=ikke god tilstand). MU = analysens måleusikkerhet.

Stoff	EQS	Enhet	MU (%)	blåskjell
				St. 1
Bly	15	mg/kg t.v	25	2,90
Kadmium	5			0,95
Nikkel	20			1,14
Kvikksølv	0,5			0,18
Kjemisk tilstand				God

Tabell 19. Innhold av PFAS-forbindelser i blåskjell fra Bøvågen (St. Bl 1). Det ble analysert på tre replikater fra samme stasjon (I,II og III). Alle forbindelsene lå under deteksjonsgrensene for analysemetodene benyttet.

Navn	Forkortelse	BL1 (I)	BL1 (II)	BL1 (III)
		ng/g v.v	ng/g v.v	ng/g v.v
Perfluorbutansulfonat	PFBS	< 0,279	<0,297	<0,353
Perfluorbutansyre	PFBA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluordekansulfonat	PFDS	< 0,279	<0,297	<0,353
Perfluordekansyre	PFDCa	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluordodekansyre	PFDoA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluorheksansulfonat	PFHxS	< 0,279	<0,297	<0,353
Perfluorheksansyre	PFHxA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluorheptansulfonat	PFHpS	< 0,279	<0,297	<0,353
Perfluorheptansyre	PFHpA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluornonansyre	PFNA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluoroktansulfonamid	PFOSA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluoroktansyre	PFOA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluoroktylsulfonat	PFOS	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluorpentansyre	PFPeA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluortetradekansyre	PFTA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluortridekansyre	PFTra	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluorundekansyre	PFUdA	< 0,186	< 0,198	<0,235
Perfluor-3,7-dimetyloktansyre	PF-3,7-DMOA	<0,372	<0,396	<0,470
2H,2H perfluordekansyre	H2PFDA	<0,372	<0,396	<0,470
6:2 Fluortelomersulfonat	6:2 FTS	< 0,279	<0,297	<0,353
7H-dodekafluorheptansyre	7H-PFHpa	<0,372	<0,396	<0,470

3.3 Oversikt over økologisk og kjemisk tilstand for alle stasjoner

En oversikt som viser økologisk og kjemisk tilstand for hver stasjon, samt hvilket kvalitetselement som bestemmer tilstanden for stasjonen er gitt i **Tabell 20**.

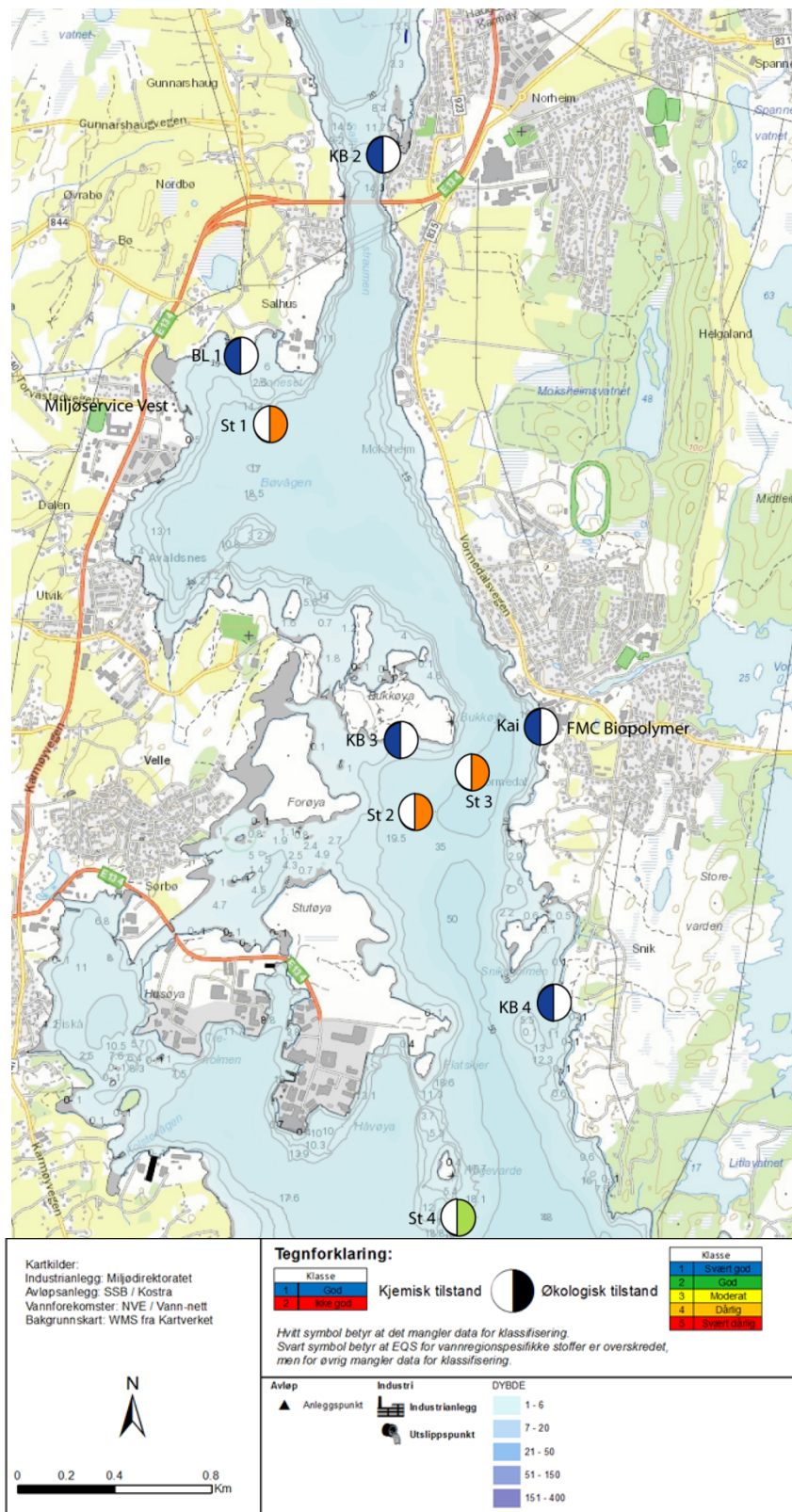
Tabell 20. Oversikt over økologisk og kjemisk tilstand per stasjon. Fargekode angir henholdsvis økologisk og kjemisk tilstand. Klassifisering av økologisk tilstand: blått=Svært god, grønn=God, gul=Moderat, orange=Dårlig, rødt=Svært dårlig. Klassifisering av kjemisk tilstand: blått=God tilstand, rødt=Ikke god tilstand.

Stasjonskode	Matriks/habitat	Økologisk tilstand	Kjemisk tilstand
St. 1	bunnfauna	Bunnfauna	
BL 1	blåskjell		EUs prioriterte miljøgifter: Bly, kadmium, nikkel og kvikksølv.

Konsentrasjonen av metallene bly, kadmium, nikkel og kvikksølv i blåskjell overskrider ikke EQS-verdiene for disse metallene og blåskjellstasjonen oppnår derfor «god kjemisk tilstand». Det ble ikke påvist PFAS-forbindelser i blåskjellene.

For biologisk kvalitetselement bunnfauna, som definerer økologisk tilstand ble stasjonen klassifisert til «dårlig økologisk tilstand».

På kart i **Figur 8** er klassifiseringen av blåskjell og bunnfauna i Bøvågen vist, i tillegg er stasjoner undersøkt for FMC-biopolymer tegnet inn.



Figur 8. Kart som viser kjemisk og økologisk tilstand på de undersøkte stasjonene. St 1 (bunnfauna) og St. BL 1 (blåskjell) har inngått i Miljøservice Vest AS sitt overvåkingsprogram. De resterende stasjonene er undersøkt for bedriften FMC-biopolymer AS (blåskjell på: KB 3, Kai og KB 4) og bunnfauna på (St. 2, St. 3 og St. 4). Kjemisk tilstand vises på venstre halvdel av symbolet, og økologisk tilstand vises på høyre side av symbolet. Hvit halvdel betyr at det ikke var grunnlagsdata for å klassifisere.

4 Konklusjoner og videre overvåking

4.1 Sammenligning av dagens tilstand med tidligere overvåkingsresultater

4.1.1 Bunnfauna

Miljøtilstanden i Karmsundet har vært undersøkt flere ganger på 1990-tallet og i 2002. I 2002 foretok Rogalandsforskning RF en større undersøkelse av bløtbunnsfauna for FMC biopolymer med i alt åtte stasjoner i Karmsundet. Stasjon 1 i foreliggende undersøkelse sammenfaller med stasjon 1 i undersøkelsen til RF (Eriksen og Tvedten 2002).

Resultatene fra 2002 samsvarer i stor grad med foreliggende undersøkelse. RF rapporterte om dominans av fåbørstemark (oligochaeta) og flerbørstemarken *Malacoceros fuliginosus*, som også er de to mest tallrike artene i 2015. RF fant også flere arter som er nærstående til arter av flerbørstemark fra foreliggende undersøkelse (fra slekten Phylodoce og Pholoe), og forekomst av flerbørstemarken *Capitella capitata* som er svært tolerant for organisk belastning. To av de mest tallrike artene fra 2015, flerbørstemarken *Ophryotrocha cosmetandra* og krepsdyret *Argissa hamatipes* ble imidlertid ikke funnet i 2002.

Diversiteten var lav i 2002 og stasjonen ble klassifisert til «dårlig tilstand» etter daværende klassifiseringssystem (Molvær m.fl. 1997). Diversiteten i 2002 var lavere enn i 1995 og 1997, da stasjonen ble klassifisert til «meget god tilstand», men høyere enn i 1999 da tilstanden var «meget dårlig». Diversiteten fra den foreliggende undersøkelsen er således høyere enn i 2002 og gir «moderat/mindre god» tilstand, men ikke på høyde med resultatene fra 1995 og 1997.

Ved undersøkelsen i 2002 fant Rogalandsforskning svært høyt innhold av organisk materiale på stasjonen. Verdiene som ble rapportert i 2002 (TOC på 62 mg/g og normert TOC₆₃ på 75 mg/g) var likevel noe lavere enn resultatene fra nåværende undersøkelse (TOC på 73,7 mg/g og normert TOC₆₃ på 84,5 mg/g).

4.1.2 Blåskjell

Blåskjellstasjonen i Bøvågen har ikke vært undersøkt tidligere. For metallene Ni, Cd, Hg og Pb som inngikk i denne undersøkelsen ble det ikke funnet forhøyede verdier som oversteg EQS-verdiene. Det ble heller ikke påvist PFAS-forbindelser over deteksjonsgrensene. Det er imidlertid undersøkt metallinnhold på flere blåskjellstasjoner i hele Karmsundet de senere årene (Håvardstun 2016, Håvardstun m.fl. 2016). Ingen av disse har vist forhøyede konsentrasjoner av metallene Ni, Cd, Hg eller Pb.

4.2 Vurdering av videre overvåking

Resultatene fra denne undersøkelsen viser en at blåskjell i Bøvågen oppnår «god» kjemisk tilstand mht til metaller, det ble heller ikke påvist PFAS-forbindelser i blåskjellene. I vannforskriften er det gitt anbefalinger om overvåkingsfrekvens for den tiltaksrettede overvåkingen (**Tabell 1**) for blåskjell anbefales årlige innsamlinger. Det ble imidlertid ikke funnet konsentrasjoner av metaller som oversteg grenseverdiene i blåskjell eller PFAS forbindelser over deteksjonsgrensen for analysemetodene benyttet, og det kan derfor vurderes om det er nødvendig med årlig prøvetaking sett basert på resultatene i denne undersøkelsen. Det bør imidlertid vurderes å inkludere målinger PFAS-forbindelser på egnede lokale fiske arter og/ eller sedimenter fordi grenseverdiene i utslippstillatelse og bedriftens egne analyser i 2014 er større enn ønsket EQS verdi for vann. For fisk er det etablert EQS-verdi for PFOS, og sedimenter kan gi en indikasjon på om det forekommer akkumulering av PFAS i vannforekomsten basert på bedriftens utslipp.

Vurdert ut fra resultatene i foreliggende undersøkelse er det påvist en lokal påvirkning av organisk materiale i Bøvågen nær utslippene fra bedriften. Det kan ikke utelukkes at Bøvågen også er påvirket av organisk utslipp av tarerester fra bedriften FMC-Biopolymer som ligger ved Vormedal ca 2 km sør for Bøvågen og eventuelt andre kilder, også tilførsler fra land. Det var gode oksygenforhold i bunnvannet på prøvetakingsdatoen.

I henhold til vannforskriften, kan EQS-verdier overskrides på stasjoner/prøvetakingspunkter som er plassert i det som kan være en innblandingssone. Det er ingen «regel» som sier noe om omfanget eller utstrekningen til en innblandingssone, men den skal være «i nærheten av utslippspunkter». Hvis man har en stasjon som er i en såkalt innblandingssone, skal den ikke telle med i klassifiseringen. Så langt gjelder innblandingssonebegrepet kun for EUs prioriterte miljøgifter som danner grunnlaget for kjemisk tilstandsklassifisering. Dvs bunnfaunastasjonen inkludert i denne undersøkelsen som ble klassifisert til «dårlig» økologisk tilstand omfattes ikke av muligheten for å utelates fra klassifiseringen av vannforekomsten, selv om den muligens kan defineres til å ligge i en innblandingssone for bedriftens utslipp. Basert på disse resultatene foreslås det å følge frekvensen anbefalt i vannforskriften for den tiltaksrettede overvåkingen (**Tabell 1**). Bunnfauna anbefales undersøkt hvert sjette år, neste gang da eventuelt i 2021.

4.3 Vurdering av mulige tiltak

PFAS er stoffer med liten eller ingen nedbrytning i miljøet og nivåene i avløpsvannet til bedriften er høye. Fordi grenseverdiene i ny utslippstillatelse (4 µg/L fra 2016) er mye større enn ønsket EQS verdi for vann bør dette avklares i dialog mellom bedriften og direktoratet med hensyn til måleprogram, renseteknikk, innblandingssone osv.

Ut fra bedriftens egne målinger (**Tabell 3**) er tilførslene av TOC redusert fra ca 6 tonn i 2014 til ca 1,3 tonn i 2015 og reduserte utslipp av organisk materiale er gunstig for bunnfauna. Det kan også være aktuelt å vurdere om det kan gjøres tiltak for å få en bedre fortynning av organisk materiale tilført resipienten ved for eksempel å redusere utslipp ytterligere, eller å flytte utslippspunktet lengre ut i mer strømrrike områder i Karmsundet for maksimal innblanding i vannmassene.

5 Referanser

- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O., Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. Miljødirektoratets rapportserie TA-1468/1997
- Arp, H.P., Ruus, A., Machen, A., Lillicrap, A. 2014. Kvalitetssikring av miljøkvalitetsstandarder. Miljødirektoratets rapportserie M-241/2014
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann– Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Miljødirektoratets rapportserie TA-2229/2007
- Baalsrud, K., 1985. Overvåking av Årdalsfjorden 1983: en tiltaksorientert undersøkelse av forurensninger fra aluminiumindustri og befolkning. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Direktiv 2009/90 EC, Technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, 3 sider.
- Direktoratsgruppa (2009). Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann: Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften, Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet: 184.
- Direktoratsgruppa (2010). Veileder 02:2009. Overvåking av miljøtilstand i vann. Veileder for vannovervåking ikt. kravene i Vannforskriften.
- Direktoratsgruppa (2011). Veileder 01:2011. Karakterisering og analyse. Metodikk for karakterisering og risikovurdering av vannforekomster etter vannforskriftens §15.
- Direktoratsgruppa (2013). Veileder 02:2013: Klassifisering av miljøtilstand i vann: Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Direktoratsgruppa (2014). Veileder 01:2014. Sterkt modifiserte vannforekomster: Utpeking, fastsetting av miljømål og bruk av unntak.
- Eriksen, V., Tvedten, Ø.F. 2002. Resipientundersøkelse i Karmsundet for FMC BioPolymer, 2002. Rogalandsforskning rapport RF – 2002/334.
- Grung, M., Ranneklev, S., Green, M., Eriksen, T. E., Pedersen, A., Lyche Solheim, A., 2013. Eksempelsamling: tiltaksorientert overvåking for industribedrifter. Miljødirektoratets rapportserie 74/2013
- Håvardstun, J. 2016. Tiltaksrettet overvåking for Hydro Aluminium Karmøy AS i 2015, i henhold til vannforskriften. NIVA rapport 7012-2016.
- Håvardstun, J. Oug, E., Borgersen, G. 2016. Tiltaksrettet overvåking av Karmsundet i henhold til vannforskriften. Overvåking for FMC Biopolymer AS. NIVA rapport 7050-2016.
- Miljødirektoratet 2014. Svinndal, E., M., Gabrielsen, K., M. Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Miljøsevice Vest AS. Tillatelsesnummer: 2014.262. T. Anleggsnummer 1149.0019.02. Tillatelse gitt 20.05.2014.

Miljøservice Vest AS, 2014. S. Eikeskog. Søknad om tillatelse etter forurensningsloven, utslippstillatelse for PFAS. Avaldsnes 20.11.14.

Molvær, J. Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning 97:03. Miljødirektoratets rapportserie TA 1467/1997

NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014)

NS-EN ISO 5667-19. Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (ISO 5667-19:2004).

OSPAR 2012. JAMP [Joint Assessment and Monitoring Programme] Guidelines for Monitoring Contaminants in Biota. OSPAR Commission, ref.no. 99-02e.

Vannforskriften 2015. FOR-2006-12-15-1446, Forskrift om rammer for vannforvaltningen, [www.lovdata.no\(a\)](http://www.lovdata.no(a))

<http://www.norskeutslipp.no/Templates/NorskeUtslipp/Pages/company.aspx?id=61&CompanyID=5612&epslanguage=no&SectorID=600>

6 Vedlegg

Vedlegg A: Analyserapporter

Analyseresultater for blåskjell er oppgitt på våtvektsbasis (v.v.) hvis ikke annet er oppgitt.



Gaustadalleén 21
0349 Oslo
Tel: 02348 / (+47) 22 18 51 00
E-post: niva@niva.no

ANALYSERAPPORT



RapportID: 2546

Kunde: Jarle Håvardstun
Prosjektnummer: O 15274 Miljøservice Vest AS - Tiltaksrettet overvåking

Analyseoppdrag:	186-1047
Versjon:	1
Dato:	17.02.2016

Provenr.:	NR-2015-06084	Prøvemerkning:	BL1 Bovågen blåskjell 1/10-15 - 1
Provetype:	BIOTA	Stasjon:	BL1 Bovågen
Provetakningsdato:	01.10.2015	Art:	MULTI EDU/Mytilus edulis/blåskjell
Prøve mottatt dato:	12.01.2016	Vev:	SE/Whole soft body
Analyseperiode:	19.01.2016 - 04.02.2016	Individnr:	1

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Fetinnhold	Internal Method AM374.20	2,0	%	20%	0,1	Eurofin: a)
Kvikksolv	NS-EN ISO 12846	0,040	mg/kg	30%	0,005	Eurofin: a)
Bly	NS EN ISO 17294-2	0,52	mg/kg	25%	0,03	Eurofin: a)
Kadmium	NS EN ISO 17294-2	0,19	mg/kg	25%	0,001	Eurofin: a)
Nikkel	NS EN ISO 17294-2	0,25	mg/kg	40%	0,04	Eurofin: a)
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	Internal Method 1	< 0,279	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorbutansyre (PFBA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluordekansulfonat (PFDS)	Internal Method 1	< 0,279	ng/g			Eurofin: b)
Perfluordekansyre (PFDA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluordodekansyre (PFDOA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorhektansulfonat (PFHxS)	Internal Method 1	< 0,279	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorhektansyre (PFHxA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	Internal Method 1	< 0,279	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorheptansyre (PFHpA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluoroktansulfonat (PFOSA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluoroktansyre (PFOA)*	Internal Method 1	< 0,186	ng/g		0	Eurofin:
Perfluoroktansulfonat (PFOS)*	Internal Method 1	< 0,186	ng/g		0	Eurofin:
Perfluorpentansyre (PFPeA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluortetradekansyre (PFTrA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorundekansyre (PFUdA)	Internal Method 1	< 0,186	ng/g			Eurofin: b)
Perfluor-3,7-dimetyloktansyre (PF	Internal Method 1	< 0,372	ng/g			Eurofin: b)
Sum PFC forbindelser ekskl. LOQ	Internal Method 1	ND	ng/g			Eurofin: b)
Sum PFC forbindelser inkl. LOQ	Internal Method 1	4,93	ng/g			Eurofin: b)
Sum PFOS/PFOA ekskl. LOQ*	Internal Method 1	ND	ng/g		0	Eurofin:
Total PFOS/PFOA inkl. LOQ*	Internal Method 1	0,372	ng/g			Eurofin:
2H,2H perfluordekansyre (H2PF	Internal Method 1	< 0,372	ng/g			Eurofin: b)
6:2 Fluorotelomersulfonat (FTS, H	Internal Method 1	< 0,279	ng/g			Eurofin: b)
7H-dodekafluorheptansyre (HPFF	Internal Method 1	< 0,372	ng/g			Eurofin: b)
Tørrestoff %	NS 4764	20	%	12%	0,02	Eurofin: a)

a) Eurofin: Environment Testing Norway AS, NS/EN ISO/IEC 17025:2005 NA TEST 003

b) Eurofin: - GfA Lab Service GmbH, DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14629-01-00

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

< : Mindre enn, > : Større enn, MU: Måleusikkerhet, LOQ: Kvantifiseringsgrense

Analysereporten må kun gjengi i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Side 1 av 3

Prøvenr.: NR-2015-06085 **Prøvermerking:** BL1 Bovågen blåskjell 1/10-15 - 2
Prøvetype: BIOTA **Stasjon :** BL1 Bovågen
Prøvetakningsdato: 01.10.2015 **Art :** MYTTI EDU/Mytilus edulis/blåskjell
Prøve mottatt dato: 12.01.2016 **Vev :** SB/Whole soft body
Analyseperiode: 19.01.2016 - 04.02.2016 **Individnr:** 2

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Fertinnhold	Internal Method AM374.20	2,3	%	20%	0,1	Eurofins a)
Kvikksølv	NS-EN ISO 12846	0,030	mg/kg	30%	0,005	Eurofins a)
Bly	NS EN ISO 17294-2	0,61	mg/kg	25%	0,03	Eurofins a)
Kadmium	NS EN ISO 17294-2	0,18	mg/kg	25%	0,001	Eurofins a)
Nikkel	NS EN ISO 17294-2	0,23	mg/kg	40%	0,04	Eurofins a)
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	Internal Method 1	< 0,297	ng/g			Eurofins b)
Perfluorbutansyre (PFBA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluordekansulfonat (PFDS)	Internal Method 1	< 0,297	ng/g			Eurofins b)
Perfluordekansyre (PFDA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluordekansyre (PFDA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	Internal Method 1	< 0,297	ng/g			Eurofins b)
Perfluorheksansyre (PFHxA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	Internal Method 1	< 0,297	ng/g			Eurofins b)
Perfluorheptansyre (PFHpA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluornonansyre (PFNA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluoroktansyre (PFOA)*	Internal Method 1	< 0,198	ng/g		0	Eurofins
Perfluoroktylsulfonat (PFOS)*	Internal Method 1	< 0,198	ng/g		0	Eurofins
Perfluorpeptansyre (PFPeA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluortetradekansyre (PFTrA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluortridekansyre (PFTrA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluorundekansyre (PFUDA)	Internal Method 1	< 0,198	ng/g			Eurofins b)
Perfluor-3,7-dimetyloktansyre (PF	Internal Method 1	< 0,396	ng/g			Eurofins b)
Sum PFC forbindelser ekskl. LOQ	Internal Method 1	ND	ng/g			Eurofins b)
Sum PFC forbindelser inkl. LOQ	Internal Method 1	5,24	ng/g			Eurofins b)
Sum PFOS/PFOA ekskl. LOQ*	Internal Method 1	ND	ng/g		0	Eurofins
Total PFOS/PFOA inkl. LOQ*	Internal Method 1	0,396	ng/g			Eurofins
2H,2H perfluordekansyre (H2PFDA)	Internal Method 1	< 0,396	ng/g			Eurofins b)
6:2 Fluortelomersulfonat (FTS, H ₂	Internal Method 1	< 0,297	ng/g			Eurofins b)
7H-dodekafluorheptansyre (HPFF	Internal Method 1	< 0,396	ng/g			Eurofins b)
Tørrestoff %	NS 4764	20	%	12%	0,02	Eurofins a)

a) Eurofins Environment Testing Norway AS, NS/EN ISO/IEC 17025:2005 NA TEST 003

b) Eurofins - GfA Lab Service GmbH, DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14629-01-00

Prøvenr.: NR-2015-06086 **Prøvermerking:** BL1 Bovågen blåskjell 1/10-15 - 3
Prøvetype: BIOTA **Stasjon :** BL1 Bovågen
Prøvetakningsdato: 01.10.2015 **Art :** MYTTI EDU/Mytilus edulis/blåskjell
Prøve mottatt dato: 12.01.2016 **Vev :** SB/Whole soft body
Analyseperiode: 19.01.2016 - 04.02.2016 **Individnr:** 3

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Fertinnhold	Internal Method AM374.20	2,1	%	20%	0,1	Eurofins a)
Kvikksølv	NS-EN ISO 12846	0,039	mg/kg	30%	0,005	Eurofins a)
Bly	NS EN ISO 17294-2	0,58	mg/kg	25%	0,03	Eurofins a)
Kadmium	NS EN ISO 17294-2	0,19	mg/kg	25%	0,001	Eurofins a)
Nikkel	NS EN ISO 17294-2	0,19	mg/kg	40%	0,04	Eurofins a)
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	Internal Method 1	< 0,353	ng/g			Eurofins b)

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

Side 2 av 3

< : Mindre enn, > : Større enn, MU: Måleusikkerhet, LOQ: Kvantifiseringsgrense

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Prøvenr.: NR-2015-06086
Prøvetype: BIOTA
Prøvetakningsdato: 01.10.2015
Prøve mottatt dato: 12.01.2016
Analyseperiode: 19.01.2016 - 04.02.2016

Prøve merking: BL1 Bovågen blåskjell 1/10-15 - 3
Stasjon : BL1 Bovågen
Art : MYTTI EDU/Mytilus edulis/blåskjell
Vev : SB/Whole soft body
Individnr: 3

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Perfluorbutansyre (PFBA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluordekansulfonat (PFD5)	Internal Method 1	< 0,353	ng/g			Eurofin: b)
Perfluordekansyre (PFDcA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluordodekansyre (PFDcA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorheksansulfonat (PFHx5)	Internal Method 1	< 0,353	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorheksansyre (PFHxA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorheptansulfonat (PFHp5)	Internal Method 1	< 0,353	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorheptansyre (PFHpA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluornonansyre (PFNA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluoroktansyre (PFOA)*	Internal Method 1	< 0,235	ng/g		0	Eurofin:
Perfluoroktylsulfonat (PFOS)*	Internal Method 1	< 0,235	ng/g		0	Eurofin:
Perfluorpentansyre (PFPeA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluortetradekansyre (PFTrA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluortridekansyre (PFTrA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluorundekansyre (PFUdA)	Internal Method 1	< 0,235	ng/g			Eurofin: b)
Perfluor-3,7-dimetyloktansyre (PF	Internal Method 1	< 0,470	ng/g			Eurofin: b)
Sum PFC forbindelser ekskl. LOQ	Internal Method 1	ND	ng/g			Eurofin: b)
Sum PFC forbindelser inkl. LOQ	Internal Method 1	6,23	ng/g			Eurofin: b)
Sum PFOS/PFOA ekskl. LOQ*	Internal Method 1	ND	ng/g		0	Eurofin:
Total PFOS/PFOA inkl. LOQ*	Internal Method 1	0,470	ng/g			Eurofin:
2H,2H perfluordekansyre (H2PF6)	Internal Method 1	< 0,470	ng/g			Eurofin: b)
6:2 Fluortelomersulfonat (FTS, H ₂	Internal Method 1	< 0,353	ng/g			Eurofin: b)
7H-dodekafluorheptansyre (HPFF)	Internal Method 1	< 0,470	ng/g			Eurofin: b)
Tørrstoff %	NS 4764	19	%	12%	0,02	Eurofin: a)

a) Eurofin: Environment Testing Norway AS, NS/EN ISO/IEC 17025:2005 NA TEST 003

b) Eurofin: - GfA Lab Service GmbH, DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14629-01-00

NIVA

Norsk institutt for vannforskning

Tomas Adler Blakseth

Forsker

Rapporten er elektronisk signert

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

< : Mindre enn, > : Større enn, MU: Måleusikkerhet, LOQ: Kvantifiseringsgrense

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Side 3 av 3

Vedlegg B:

Analyseresultater for sedimenter er oppgitt på tørrvektsbasis (t.v.).



Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 02348 / (+47) 22 18 51 00
E-post: niva@niva.no

**ANALYSERAPPORT**

RapportID: 3579

Kunde: Jule Håvardstun
Prosjektnummer: O 15274 Miljøservice Vest AS - Tiltaksrettet overvåking

Kommentar til analyseoppdraget:	Analyseoppdrag: 186-1048
Denne versjonen erstatter tidligere versjon(er). Vennligst makuler tidligere versjon(er).	Versjon: 3
11.08.16 VEF: Ny rapport med konfordelingsresultat.	Dato: 11.08.2016

Provenr.: NR-2015-06087
Provetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.06.2015
Prøve mottatt dato: 22.01.2016
Analyseperiode: 28.01.2016 - 28.01.2016

Provemerking: Blot1 Bovågen 4/6-15 [0-1] A
Stasjon: Blot1 Bovågen
KjerneID/Replikat: A
Prøvetakningsdybde: 0,00 m **Snitt:** 0,00-1,00 cm
Prøvetakningsmetode: Grab sampler

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Total nitrogen	Intern metode (G6-2)	7,2	µg N/mg TS	20%	1,0	
Totalt organisk karbon	Intern metode (G6-2)	73,7	µg C/mg TS	20%	1,0	

Provenr.: NR-2015-06088
Provetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.06.2015
Prøve mottatt dato: 22.01.2016
Analyseperiode: 27.01.2016 - 27.01.2016

Provemerking: Blot1 Bovågen 4/6-15 [0-5] A
Stasjon: Blot1 Bovågen
KjerneID/Replikat: A
Prøvetakningsdybde: 0,00 m **Snitt:** 0,00-5,00 cm
Prøvetakningsmetode: Grab sampler

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
<63 µm*	Intern metode (INTERN_NIVA)	40	% TS			



Norsk institutt for vannforskning
Veronica Eftenvåg

Rapporten er elektronisk signert

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

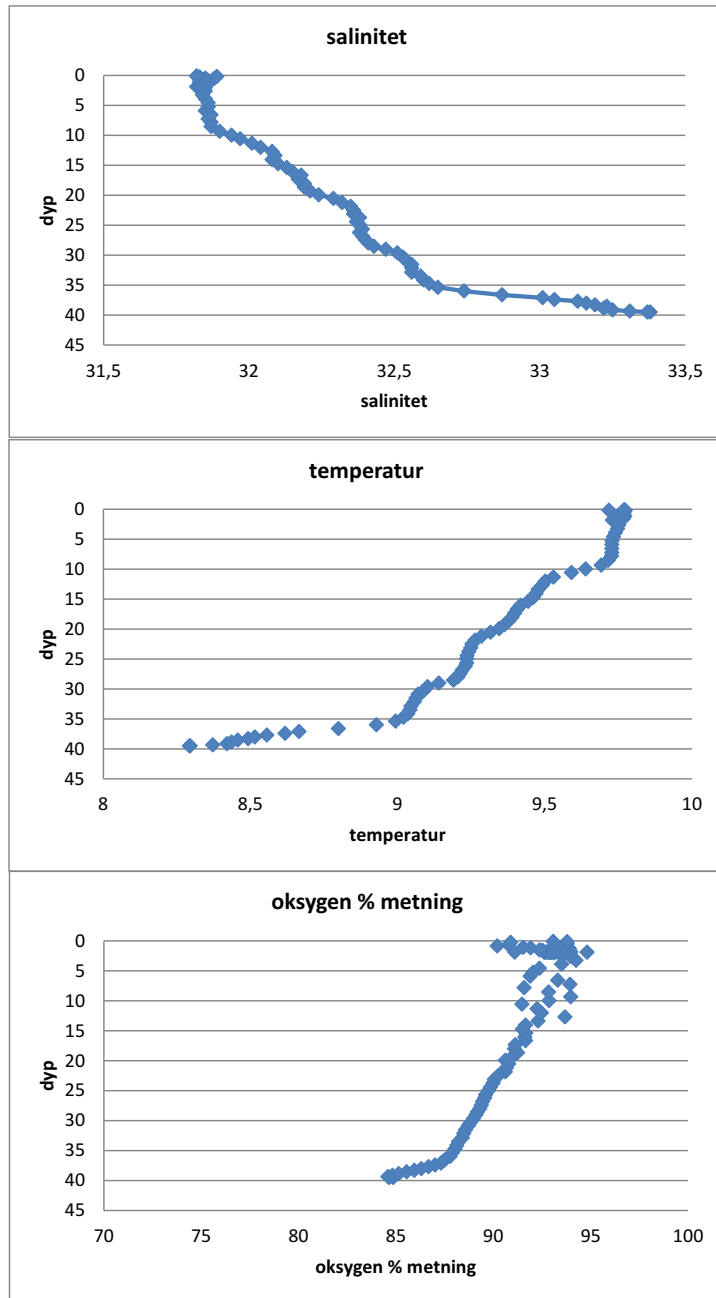
< : Mindre enn, > : Større enn, MU: Måleusikkerhet, LOQ: Kvantifiseringsgrense

Mod: Intern metode basert på angitt standard

Analysereporten må kun gjengi i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Side 1 av 1

Vedlegg C: Salinitet, temperatur og oksygenprofil på bunnfaunastasjon St. 1 den 04.06.15



Vedlegg D: Fullstendige artslister for bunnfauna i Bøvågen 2015. Antall individer av hver art for hver grabbprøve (G1, G2, G4).

Stasjon	Dato	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G4
Stasjon 1	20150604	ANTHOZOA		Actiniaria indet			1
Stasjon 1	20150604	NEMERTEA		Nemertea indet		3	
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp.	1		
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eteone cf. longa	5	9	7
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eumida bahusiensis			1
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce mucosa	49	107	64
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica	33	37	44
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Hesionidae	Microphthalmus aberrans		1	
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Hesionidae	Oxydromus flexuosus	1		
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba			3
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Dorvilleidae	Ophryotrocha cosmetandra	68	188	342
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Orbiniidae	Scoloplos (Scoloplos) armiger		1	1
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Spionidae	Malacoceros fuliginosus	205	393	409
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio plumosus	2		
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet			1
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirriformia tentaculata	1	2	2
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum	1		
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella capitata	13	11	14
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Arenicolidae	Arenicola marina	6	4	13
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Pectinariidae	Lagis koreni			1
Stasjon 1	20150604	POLYCHAETA	Sabellidae	Jasmineira caudata		1	1
Stasjon 1	20150604	OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet	756	1183	1077
Stasjon 1	20150604	PROSOBRANCHIA	Rissoidae	Onoba aculeus	1		
Stasjon 1	20150604	PROSOBRANCHIA	Naticidae	Euspira sp.		1	
Stasjon 1	20150604	OPISTOBRANCHIA		Philinoidea indet		1	
Stasjon 1	20150604	POLYPLACOPHORA	Lepidochitonidae	Lepidochitona (Lepidochitona) cinerea		1	
Stasjon 1	20150604	BIVALVIA		Bivalvia indet		2	
Stasjon 1	20150604	BIVALVIA	Pectinidae	Pectinidae	1		
Stasjon 1	20150604	BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella bidentata	13	25	22
Stasjon 1	20150604	BIVALVIA	Tellinidae	Macoma cf. calcarea	2	10	9
Stasjon 1	20150604	BIVALVIA	Myidae	Mya arenaria		1	
Stasjon 1	20150604	BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba	1		4
Stasjon 1	20150604	OSTRACODA	Conchoeciidae	Conchoecia sp.			1
Stasjon 1	20150604	NEBALIACEA		Nebalia bipes	1	1	1
Stasjon 1	20150604	CUMACEA	Diastylidae	Diastylidae indet	13		38
Stasjon 1	20150604	CUMACEA	Diastylidae	Diastylis sp.			1
Stasjon 1	20150604	CUMACEA	Diastylidae	Diastylis cf. stygia	3	4	6
Stasjon 1	20150604	ISOPODA	Idoteidae	Idotea cf. neglecta	1		
Stasjon 1	20150604	AMPHIPODA	Hyperiididae	Hyperiididae indet			1
Stasjon 1	20150604	AMPHIPODA	Lysianassidae	Anonyx lilljeborgii	1	1	1
Stasjon 1	20150604	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca cf. tenuicornis	1		

Stasjon 1	20150604	AMPHIPODA	Leucothoidae	Leucothoe lilljeborgi		3	
Stasjon 1	20150604	AMPHIPODA	Argissidae	Argissa hamatipes	140	154	157
Stasjon 1	20150604	AMPHIPODA	Caprellidae	Pariambus typicus			1
Stasjon 1	20150604	AMPHIPODA	Caprellidae	Phtisica marina		1	
Stasjon 1	20150604	DECAPODA		Brachyura larve	3	2	
Stasjon 1	20150604	DECAPODA		Decapoda larver	1	2	
Stasjon 1	20150604	DECAPODA		Galathea larve	2	9	5

Vedlegg E: Indekser for bunnfauna

Bunnfaunaindekser per grabbprøve for Bøvågen 2015. S=antall arter, N=antall individer, NQI1=Norwegian Quality Index, $H(\log 2)$ =Shannons diversitetsindeks, ES_{100} =Hurlberts diversitetsindeks, ISI_{2012} =Indicator Species Index versjon 2012 og NSI=Norwegian Sensitivity Index versjon 2012, DI=Density Index. Indeksen DI inngår ikke ved beregning av EQR-verdier og klassifisering av tilstand.

Stasjon	Grabb	S	N	NQI1	H(log2)	ES100	ISI2012	NSI2012	DI
1	G1	28	1325	0,45229385	2,187680104	10,28935997	5,682559832	8,707419005	1,072215878
1	G2	29	2158	0,43487568	2,180790002	9,439376671	6,308026164	8,342112349	1,28405144
1	G4	29	2228	0,44434907	2,353919826	10,19383689	6,785283384	8,725363453	1,297915187

Bunnfaunaindekser for Bøvågen 2015. Grabbgjennomsnittet (uthevet skrift) er benyttet ved tilstandsklassifisering. S=antall arter, N=antall individer, Ind/m² = antall individer per m², NQI1=Norwegian Quality Index, H' =Shannons diversitetsindeks, ES_{100} =Hurlberts diversitetsindeks, ISI_{2012} =Indicator Species Index versjon 2012 og NSI=Norwegian Sensitivity Index versjon 2012. Beregning av normaliserte EQR-verdier basert på gjennomsnitt for grabbprøvene (grabbverdi) og kumulerte grabbdata for stasjon (stasjonsverdi). Klassegrenser og fargekode for tilstandsklasser er gitt i **Tabell 10**.

Bøvågen 2015									
Stasjon: 1	S	N	Ind/m ²	NQI1	H'	ES100	ISI2012	NSI	Gj.snitt nEQR
Gjennomsnittlig grabbverdi	29	1904		0,444	2,24	10,0	6,26	8,6	
nEQR for gj.sn. grabbverdi				0,349	0,462	0,399	0,423	0,172	0,361
Stasjonsverdi	48	5711	19037	0,468	2,29	10,1	7,18	8,6	
nEQR for stasjonsverdi				0,376	0,471	0,402	0,555	0,171	0,395

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no