

Overvåking av Bøkfjorden - forundersøkelse i 2010. Turbiditetsmålinger, bløtbunnsfauna, hardbunnsorganismer og forekomst av akrylamid



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Overvåking av Bøkfjorden – forundersøkelse i 2010. Turbiditetsmålinger, bløtbunnsfauna, hardbunnsorganismer og forekomst av akrylamid.	Løpenr. (for bestilling) 6116-2011	Dato 16/02-2011
	Prosjektnr. Udemnr. O-10292	Sider Pris 68
Forfatter(e) John Arthur Berge, Bjørnar Beylich, Janne K. Gitmark og Anna Birgitta Ledang	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Finnmark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Sydvaranger gruve AS	Oppdragsreferanse Purchase order 03141
--	---

Sammendrag

Sydvaranger Gruve AS (SG) startet i 2009 opp produksjon etter at virksomheten stoppet i 1997. Produksjonen medfører utslipp av avgang på 28 m dyp i Bøkfjorden. I 2010 ble det gjennomført en miljøundersøkelse i resipienten som omfattet turbiditetsmålinger, registrering av alger og dyr langs land, undersøkelser av bløtbunnsfauna i dypområdene, samt analyse av akrylamid (nedbrytningsprodukt av flokkuleringskjemikalier) i sediment og vannprøver. Resultatene viser en massiv partikkelpåvirkning ved utslippet i alle dyp unntatt de øverste ca. 15 m. I den indre delen av Bøkfjorden ble turbiditetsmaksimum normalt observert mellom 20 og 60 m dyp. Utenfor Reinøy kunne ikke utslippet identifiseres klart i de øvre 100 m. På stasjoner med maksimaldyp over ca 100 m ble det i flere tilfeller observert et turbiditetsminimum i ca 100 m dyp hvor på konsentrasjonen øket igjen mot dypet. Utenfor Reinøy ble de høyeste turbiditetsverdiene observert dypere enn 100 m. Avgangspartiklene synker mer og mer ut av vannmassene over terskelnivå (dvs. ca. 100 m) dess lenger en kommer ut i fjorden. Mesteparten av avgangen havner trolig innenfor Reinøy, men en viss avgangspåvirkning kan også påvises i dypvannet lenger ut. Hardbunnsorganismene i overflatelaget synes ikke å være nedslammet av gruveavgang. Noe nedslamming ble observert enkelte steder på dypere vann, særlig i dyp større enn 30 m, men det var vanskelig å slå fast om dette skyldes utslipp av avgang. Det ble observert meget dårlige forhold for bløtbunnsfauna fra Kirkenes og ca 4 km nordover. Utenfor Reinøy kunne forholdene karakteriseres som gode med hensyn til bløtbunnsfauna. Undersøkelsene viser at forholdene for bunnsfauna nærmest Kirkenes har forverret seg fra 2007 til 2010. Analyseresultatene fra vann- og sedimentprøver tyder på at akrylamid ikke utgjør noe miljøproblem i resipienten..

Fire norske emneord 1. Gruveavgang 2. Partikkelspredning 3. Miljøeffekter 4. Marint miljø	Fire engelske emneord 1. Tailings 2. Particle dispersal 3. Environmental effect 4. Marine environment
---	---



John Arthur Berge
Prosjektleder



Torgeir Bakke
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Overvåking av Bøkfjorden– forundersøkelse i 2010.

**Turbiditetsmålinger, bløtbunnsfauna,
hardbunnsorganismer og forekomst av akrylamid**

Forord

Sydvaranger Gruve AS (SG) i 2009 startet opp produksjon av høyverdig jernmalmkonsentrat, etter at virksomheten har vært stoppet siden 1997. Selskapet ba i brev av 18. mars 2010 om tilbud på miljøovervåking i Bøkfjorden for å dokumentere eventuelle miljøeffekter av utslippene til sjø. Med utgangspunkt i NIVAs tilbud av 9. april 2010 ønsket SG at NIVA skulle gjennomføre undersøkelsene. Bedriften ønsket imidlertid et oppdatert tilbud for gjennomføring av overvåkingsoppgaver sommeren 2010. Et oppdatert tilbud i henhold til bedriftens ønsker mht. omfang ble derfor oversendt SG den 9. juni 2010. Undersøkelsene i tilbudet omfattet turbiditetsmålinger, undersøkelser av eventuell nedslamming på planter (alger) og dyr på hardbunn ved bruk av ROV, undersøkelser av forholdene på bunnen ved sedimentprofilfotografering (SPI) og innledende undersøkelser av forekomst av akrylamid i resipienten. En bestilling på oppdraget ble gitt i brev av 10. juni 2010 (purchase no. 03141).

Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 13-17 september 2010.

Under feltarbeidet deltok følgende personer fra NIVA: John Arthur Berge, Bjørnar Beylich, Janne K. Gitmark, Anna Birgitta Ledang, og Theodor Norendal.

Til feltarbeidet var sjarken "Ina Marita" innleid av SG med Bjørn Bye som båtfører.

Analyser av akrylamid i sediment og vann ble utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS. Øvrige analyser er gjort av NIVA

Ved NIVA har John Arthur Berge hatt prosjektlederansvaret. Oppdragsgivers representant har vært Per Helge Høgaas.

Oslo, 16. februar, 2011

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	8
1. Innledning	11
1.1 Dagens utslippstillatelse.	11
1.2 Andre påvirkningsfaktorer	13
1.3 Målsetning	13
2. Materiale og metoder	14
2.1 Spredning av partikler kartlagt ved turbiditetsmålinger	15
2.1.1 Metode	16
2.2 SPI undersøkelser	18
2.3 Nedslamming på hardbunn belyst ved ROV-undersøkelser	21
2.3.1 Metode	21
2.4 Analyse av akrylamid i vann og sediment	23
3. Resultater	25
3.1 Hydrografi	25
3.2 Turbiditetsmålinger	28
3.3 Forholdene på bløtbunn i dypområdene undersøkt med SPI	37
3.4 Forholdene på hardbunn langs land	39
3.4.1 ROV 1	39
3.4.2 ROV 2	41
3.4.3 ROV3	43
3.4.4 ROV 4	44
3.4.5 ROV 5	46
3.4.6 ROV 6	48
3.5 Forekomst av akrylamid	50
4. Konklusjoner	51
4.1 Turbiditet	51
4.2 Forholdene på bløtbunn i dypområdene	52
4.3 Forholdene på hardbunn langs land	53
4.4 Forekomst av akrylamid	54
5. Referanser	55
6. Vedlegg	56
6.1 Geografiske koordinater for stasjoner der det ble foretatt turbiditetsmålinger	56
6.2 Analyseresultater: Akrylamid i vannprøver	57
6.3 Analyseresultater: Akrylamid i sedimentprøver	59
6.4 SPI bilder	61
6.5 Observasjoner fra enkeltbilder	67

Sammendrag

Sydvaranger Gruve AS (SG) startet i 2009 opp produksjon av høyverdig jernmalmkonsentrat, etter at virksomheten hadde vært stoppet siden 1997. SG har tillatelse til å deponere inntil 4 millioner tonn suspendert stoff (avgangsmasse) og inntil 35 tonn flokkuleringsmiddel i Bøkfjorden. Avgangen slippes ut via et rør på 28 m dyp ca. 450 m fra land i Kirkenes.

Bedriften ønsket å gjennomføre en miljøundersøkelse i Bøkfjorden for å dokumentere eventuelle miljøeffekter av utslippene til sjø. Undersøkelsen skulle omfatte turbiditetsmålinger, undersøkelser av forekomst av og eventuell nedslamming på planter (alger) og dyr på hardbunn ved hjelp av ROV, undersøkelser av forholdene på bunnen ved sedimentprofilfotografering (SPI), samt forekomst av akrylamid i utvalgte sediment og vannprøver fra resipienten. Undersøkelsene var ment som en forundersøkelse til hjelp for overvåking i senere år.

Pga. en feil gikk avgangen ut på ca. 50 m dyp over en periode på kanskje et halvt år i 2010. Denne feilen ble rettet opp 1-2 uker før feltarbeidet ble gjennomført. Dette introduserer en usikkerhet med hensyn til hvilken grad registreringene representerer en situasjon som er typisk for SGs normale utslippsarrangement med et utslipp på 28 m dyp.

Hydrografi/Topografi

I det øvre vannlaget (0-6 m) i Bøkfjorden er det mye ferskvann og sterk sjiktning. Under dette brakkvannslaget (fra 7-8 m) øker saltholdighet noe (33.62-34.02) ned til bunn (34.33-34.45). I Bøkfjorden er det ingen markert terskel før 15-17 km ut fra Kirkenes. I dette området grunner fjorden opp i en terskel på ca. 100 m som begrenser vannutskiftningen mellom de dypere deler av Bøkfjorden og Varangerfjorden utenfor. Dette betyr at partikler som synker dypere enn ca. 100 m før de når ut til terskelen, i hovedsak forblir inne i Bøkfjorden.

Turbiditet

Turbiditeten var relativt lav i overflatelaget i hele fjorden og relativt lik det som ble observert på referanselokaliteten i Varangerfjorden. Målingene tyder på at avgangspartiklene synker mer og mer ut av vannmassene over terskelnivå (dvs. ca. 100 m) dess lenger en kommer ut i fjorden. Utenfor stasjonen som ligger 5, 2 km fra utslippet, ses ikke lenger noen tydelige turbiditetsmaksimum i de øvre 100 m og utslippets identitet viskes ut, men ved bunnen spres avgangene videre ut fjorden. Vi antar at en betydelig andel av avgangen havner innenfor Reinøy, men selv på stasjoner 8-10 km fra utslippspunktet ble det i dyp større enn ca. 100 m observert turbiditetsverdier over 0,5 FTU (antatt bakgrunnsverdi) noe som kan tyde på en viss avgangspåvirkning også der. De observerte partikkelmengdene i vannet er imidlertid i hovedsak lave i forhold til det som er kjent om grenseverdier for effekter på fisk og skjell.

Ved utslippet ble det observert flere turbiditetsmaksima mellom 20 og 40 m (maksimalverdi opp mot 10 FTU). Fra ca. 40 meter ved utslippspunktet og ned mot bunnen på ca. 50 m økte turbiditeten kraftig til ca. 40 FTU (tilsvarer ca 40 mg/L suspendert materiale) pga. massiv tilførsel av avgangspartikler.

Det var med unntak av i overflatelaget relativt høye partikkelmengder gjennom hele vannsøylen på stasjoner henholdsvis 0,25, 0,95 og 1,5 km fra utslippet og spesielt mellom 20 og 50 m dyp med en maksimalverdi på ca. 4,5 FTU. I 25-50 m dyp på de samme stasjoner var det en tendens til økende verdier dess nærmere en kom utslippspunktet. På den dypeste stasjonen (1,5 km fra utslippet) ble det observert en viss økning i turbiditet nederst i vannsøylen (85-95 m).

Registreringene av turbiditet i et tverrsnitt noe lenger nord (henholdsvis 1,3, 1,5 og 2,1 km fra utslippspunktet) viser at utslippet fører til forhøyet partikkelmengde i dyp større enn 10-20 m med en

maksimalverdi på ca. 2.7 FTU på den vestlige stasjonen. Verdier noe høyere enn bakgrunnsverdier ble observert dypere enn ca. 50 m, spesielt på to av stasjonene med verdier over 1 FTU. Det ble også her observert en viss økning i turbiditet nederst i vannsøylen (90-100 m).

Turbiditetsprofilene i tverrsnittet bestående av stasjoner henholdsvis 2,1, 2,3 og 2,5 km fra utslippspunktet, viste på mange måter samme forløp som i stasjonene lenger sør, men med litt lavere turbiditetsverdier. På grunn av større dyp i dette området gikk to av profilene noe dypere og avslørte sterkt økende turbiditet fra ca. 80 m dyp og ned mot ca. 115 m dyp. Denne økningen i turbiditet mot dypet fortsatte i dyp fra ca. 100-130 m på stasjoner lenger nord (2,8-3 km fra utslippet). På stasjoner med større dyp varierte turbiditeten mellom 1 og 1,4 FTU uten at en så noen klar økning med dypet.

I området utenfor Reinøy (henholdsvis 6,0, 6,6, 8,0, 9,9 og 14,8 km fra utslippet) var turbiditeten i de øvre 70 m av vannsøylen på bakgrunnsnivå (< 0,5 FTU) og i samme nivå som ute i selve Varangerfjorden, men mellom 80 og 110 m økte imidlertid turbiditeten, mest ved den innerste av disse stasjonene (dvs. 6 km fra utslippspunktet). I den ytre delen av fjorden er det i den dypere deler noe høyere turbiditet ved stasjonene i en avstand av 6,0 - 9,9 km fra utslippet sammenlignet med den lenger ute (14,8 km fra utslippet).

Forholdene på bløtbunn i dypområdene

Forholdene for bunnfauna nærmest Kirkenes har forverret seg fra 2007 til 2010.

Undersøkelsen vist at en i 2010 hadde meget dårlige forhold for bløtbunnsfauna fra Kirkenes og ca. 4 km nordover. Forholdene var noe bedre 1 km lenger ut, men man måtte i 2010 utenfor Reinøy før forholdene kunne karakteriseres som gode med hensyn til bløtbunnsfauna.

Undersøkelsene viser at forholdene for bunnfauna nærmest Kirkenes har forverret seg fra 2007 til 2010, dvs. etter oppstart av gruvevirksomheten i 2009. Denne forverringen er mest tydelig på stasjonene ut til ca. 2,6 km fra utslippet hvor en i 2010 fikk en betydelig lavere verdi for den beregnede miljøindeks (Benthic Habitat Quality index=BHQ-indeks).

Vi tror at de avvikende utslippsforholdene ikke har medført vesentlige endringer i miljøtilstanden på de besøkte stasjoner ut over det en ville ha sett dersom utslippet hele tiden hadde vært i 28 m dyp.

Forholdene på hardbunn langs land

Hardbunn i overflatelaget (0-20/30 m) synes ikke å være nedslammet av gruveavgang. Noe nedslamming ble observert enkelte steder på dypere vann.

Organismesamfunnet og grad av nedslamming ble registrert i transekt fra overflaten og ned til ca. 35 – 81 m dyp, med en såkalt ROV (Remote Operated Vehicle), i 6 områder i økende avstand fra utslippspunktet.

Hardbunnsorganismene i overflatelaget synes ikke å være nedslammet av gruveavgang. De øverste par meterne på alle stasjonene hadde frisk og fin algevegetasjon med lite/ingen sedimentering. I dypene med dominerende til spredd forekomst av algevegetasjon (stort sett 0 – 20/30 m) var det også lite sedimentering.

På stasjonen nærmest utslippet var det bløtbunn fra rundt 5 m dyp. Det er vanskelig å avgjøre om bunnen er påvirket av avgang. Det ble målt relativt høy grad av nedslamming i dyp på 25 - 45 m, som kan være en medvirkende årsak til at en observerte lite synlig liv fra 25 - 48 m. På de resterende stasjonene var det stort sett betydelig nedslamming på fjellbunn under 30 m dyp. Turbiditetsmålingene fra de nærliggende stasjonene viste varierende verdier, så det er vanskelig å avgjøre i hvilken grad

sedimentet på fjellet skyldes avgangspartikler. Observasjoner av tomme muslingskall og forekomst av organismer som vokser på fjell og stein tyder uansett på at nedslammingen ikke er massiv.

Forekomst av akrylamid

Akrylamid ble ikke observert i vann- eller sedimentprøver.

Magnafloc 10 er et flokkuleringskemikalie som har vært benyttet av SG siden oppstart av produksjon, dvs. også i tiden før feltarbeidet ble gjennomført. Virkestoffet i Magnafloc 10 er polyakrylamid med små mengder av acrylamid. Polyakrylamid kan ikke analyseres direkte og det er monomeren som er antatt å kunne utgjøre et miljøproblem. Det ble derfor valgt å analysere på monomeren akrylamid på vannprøver fra Bøkfjorden med relativt høy turbiditet (1,1 -4,5 FTU) samt på noen sedimentprøver.

Resultatene fra analysene viser at alle vannprøver inneholder mindre enn 0,02 µg/L med akrylamid (grense verdi for kroniske effekter er ca. 20 µg/L) og alle sedimentprøvene mindre enn 0,5 µg/g med akrylamid.

Resultatene tyder på at akrylamid ikke utgjør noe miljøproblem i resipienten. Dette er også bekreftet ved giftighetstester utført på avgangen fra bedriften.

Summary

Title: Monitoring of the Bøkfjord, N Norway – preliminary investigation 2010. Turbidity, soft bottom fauna, hard bottom organisms and the occurrence of acrylamid

Year: 2011

Author: John Arthur Berge, Bjørnar Beylich, Janne K. Gitmark and Anna Birgitta Ledang.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5851-6

The mining company Sydvaranger Gruve AS (SG) started in 2009 the production of iron ore concentrate. An equivalent production was terminated in 1997. SG has permission to dispose 4 mill. tons of tailings and up to 35 tons of flocculation agents into the Bøkfjord. The tailings are discharged at 28 m depth in the fjord 450 m from land at Kirkenes.

SG initiated in 2010 an environmental investigation in the Bøkfjord in order to document possible environmental effects of the discharge. The investigation comprised turbidity measurements, observations of organisms on rocky substrate, observations of the conditions for soft bottom organisms using a sediment profiling camera (SPI), and the occurrence of acryl amid in water and sediment. The investigation is considered to be a preliminary study in order to plan further monitoring at a later stage.

Because of a failure on the suspension of the discharge pipe, the tailings were discharged at approximately 50 m depth instead of 28 m depth during a period of up to about half a year in 2010. The discharge system was repaired 1-2 weeks before the turbidity measurements were performed and thus introduces some uncertainty as to whether the observations are representative for a normal situation with continuous discharge at 28 m depth.

Hydrography/topography

The surface water (0-2 m) in Bøkfjorden is dominated by freshwater from the Pasvik river and clearly stratified. The salinity is however relatively stable (33,6-34,45 PSU) from 3-4 m depth and down to the bottom. There is no distinct sill in the Bøkfjord until the fjord joins the Varangerfjord. In this area (15-17 km from Kirkenes) a sill is evident. This sill restricts the water exchange between the deeper parts of Bøkfjorden and the Varangerfjord further north. Consequently, particles that sink deeper than approximately 100 m in the Bøkfjord will to a large extent be retained there.

Turbidity

The turbidity was low in the surface layer in the whole fjord and relatively similar to the reference station in the Varangerfjord. The measurements show that the particles in the upper 100 m of the water column gradually are incorporated in the bottom sediments as the distance from the source increases. A clear turbidity maximum was not observed in the upper 100 m of the water column at stations more distant than 5,2 km from the discharge point and the identity of the discharge is thus more or less erased. We assume that a considerable part of the discharged particles are confined to the fjord between Kirkenes and Reinøy, but even at stations 8-10 km from the discharge point turbidity values exceeding 0,5 FTU were observed at water depths greater than 100 m. This indicates a certain influence from tailings in deeper waters as far out as 8-10 km from the discharge point.

Several turbidity maxima were observed between 20 and 40 m depth near the discharge point (maximum value 10 FTU). The turbidity increased considerably from 40 m depth and down to the bottom at approximately 50 m depth where the turbidity was close to 40 FTU due to massive influence of tailings.

The turbidity was generally high throughout most of the water column at 3 stations located 0,25, 0,95 and 1,5 km from the discharge point and especially between 20 and 50 m depth where values up to 4,5 FTU were observed. At these 3 stations only the surface water (0-5 m) revealed turbidity values in the same range as the reference station in the Varangerfjord. For these 3 stations the turbidity at 25-50 m depth decreased with distance from the discharge point. At the deepest station (1,5 km from the discharge point) an increased turbidity was observed near the bottom (85-95 m).

Observations of turbidity at 3 stations (1, 3, 1,5 and 2,1 km from the discharge point) representing a cross-section of the fjord revealed increased turbidity at depths larger than 10-20 m with maximum values of 2,7 FTU at the most westerly station. Relatively high values were also observed at depths larger than 50 m, especially at two of the stations were values exceeded 1 FTU. It was also observed increased turbidity at 90-100 m depth.

Turbidity profiles further north (3 stations at a distance of 2,1, 2,3 and 2,5 km from the discharge point) revealed similar patterns as the stations further south, but with somewhat lower turbidity values. The fjord was, however, deeper at these stations and the profiles unveiled a significant increase in turbidity from 80 to 115 m depth. Such an increase was also observed at 100-130 m depth at stations even further North (2,8- 3 km from the discharge point), but the increase seems to cease at 130 m depth. At such stations the turbidity below 130 m seems to vary between 1- 1,4 FTU without any further increase towards the bottom.

The turbidity was relatively low (<0,5 FTU) in the top 70 m of the water column at stations outside Reinøy (respectively 6,0, 6,6, 8,0, 9,9 and 14,8 km from the discharge point) and similar to values observed at the reference station in the Varangerfjord. The turbidity did however increase from 80 to 110 m depth, particularly the innermost of these stations (6 km from the discharge point). At these stations the turbidity below approximately 110 m were higher at the stations located 6,0 – 0,9 km from the discharge point compared to a station 14,8 km from the discharge.

The conditions on soft bottom in the deeper part of Bøkfjorden

The investigation shows that the conditions for soft bottom organisms near Kirkenes have become less favourable from 2007 to 2010.

Observations with a sediment profiling camera in 2010 show very bad conditions for soft bottom organisms at stations within a distance of approximately 4 km from Kirkenes. Conditions were somewhat better 1 km further north, but one had to move outside Reinøy before the conditions could be characterised as good for soft bottom organisms.

A comparison reveals that the conditions for soft bottom organisms were less favourable in 2011 compared to in 2007, i.e. before the production was re-established. This deterioration of the environmental conditions was most clear at stations out to 2,6 km from the discharge point where the Benthic Habitat Quality index showed considerably lower values.

Conditions on hard bottom substrate near land

The hard bottom organisms in the top 20 m of the water column, seem not to be influenced by tailings. It is unclear to what degree tailings have influenced organisms below 20 m depth.

Organisms and possible signs of hyper sedimentation were observed in transects from the surface and down to 35 -81 m depth with an Remote Operated Vehicle (ROV) at 6 locations in the Bøkfjord.

The hard bottom organisms observed in the surface layer of the fjord seem not do be influenced by particles from the tailings. The algae associations in the top approximately 2 m of the water, seems to be in a good health state with little or no particle smothering. Also the algae observed down to 20 to 30 m depth seem to be little impacted by particles.

Soft bottom was observed at 5 m depth at the stations nearest the discharge point. It was, however, difficult to confirm to what degree the bottom was influenced by the tailings. At this station relatively much particles were observed on hard substrate between 25 and 45 m depth and may be an explanation for the low number of organisms observed.

In general, hard bottom substrate below 30 m depth was heavily influenced by smothering. Turbidity measurements from nearby stations showed varying values, it was thus difficult to determine to what degree the observed particulate material originated from tailings or other particle sources. Observations of empty seashells and organisms on the substrate do, however, indicate that the deposition is not massive.

Occurence of acrylamid

Acrylamid was not detected in any of the water- or sediment samples analysed.

Magnafloc 10 is a flocculation agent used by SG. The active substance in Magnafloc 10 is polyacrylamid, but contains also small amounts of acrylamid. Polyacrylamid can not be analysed directly and it is the monomer that is considered a potential environmental problem. It was therefore decided to analyse for the monomer in water (detection limit 0,02 µg/L) and sediment (detection limit 0,5 µg/g) from the Bøkfjord.

Acrylamid was not detected in any of the samples. The results indicate that acrylamid do not represent an environmental problem in the recipient. This has also been confirmed by comparing the results with toxicity values (PNEC: 20 µg/L) and by toxicity test performed on the tailings from SG.

1. Innledning

I forbindelse med at Sydvaranger Gruve AS (SG) i 2009 startet opp produksjon av høyverdig jernmalmkonsentrat, etter at virksomheten har vært stoppet siden 1997, ønsket bedriften å gjennomføre miljøovervåking i Bøkfjorden for å dokumentere eventuelle miljøeffekter av utslippene til sjø. Undersøkelsen skulle omfatte turbidetsmålinger, undersøkelser av eventuell nedslamming på planter (alger) og dyr på hardbunn med ROV samt undersøkelser av forholdene på bunnen ved sedimentprofilfotografering (SPI). Undersøkelsene var ment som en forundersøkelse som kan være til hjelp for dimensjonering av en videre overvåking i senere år.

1.1 Dagens utslippstillatelse.

Produksjonen er basert på utvinning av jernmalm fra dagbruddene i Bjørnevatn. Produksjonskapasiteten er på 7 mill tonn jernmalm per år, som genererer 4 mill tonn avgangsmasse som slippes ut via rør på 28 m dyp ca. 450 m fra land i Kirkenes (**Figur 1**). Bedriften har også tillatelse til å deponere inntil 35 tonn flokkuleringsmiddel i Bøkfjorden.

Avgangen består i hovedsak av kvarts, amfibol og noe magnetitt og konsentrasjonen av faststoff i avgangsrøret er ca. 520 g/l. Avgangen inneholder ikke tungmetaller utover det som er normalt i ikke-sulfidiske bergarter. Avgangen tilsettes sjøvann for å sikre at partikkelskyens egenvekt er større enn det omgivende sjøvannet, slik at skyen synker mot bunnen. Dette er dokumentert i tidligere undersøkelser i Bøkfjorden (Skei et al., 1995).

SG bruker flokkuleringsmidler av typen Magnafloc 10. Bruk av Magnafloc vil bidra til at finfraksjonen flokkuleres og sedimenteres mer effektivt. Magnafloc tilsettes fortykker og selskapet har tillatelse til å slippe ut inntil 35 tonn pr. år.

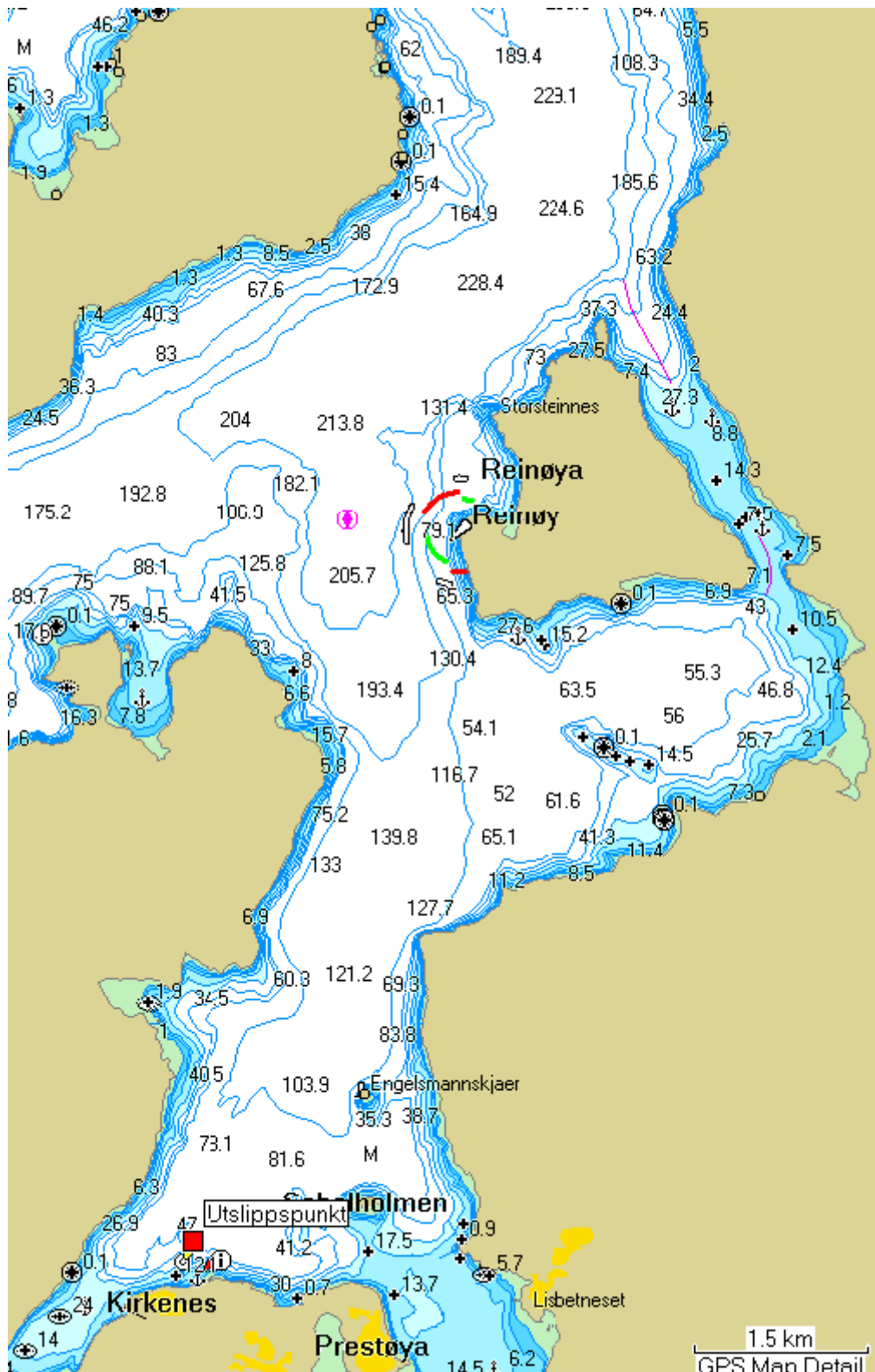
Ved en uanmeldt kontroll i 2010 avdekket Klima- og forurensingsdirektoratet (Klif) at SGs bruk av flokkuleringsmiddelet Magnafloc 1707 (tidligere Magnafloc LT 37) ikke var i tråd med utslippstillatelsen. De la til grunn at Magnafloc 1707 var et miljømessig dårligere alternativ enn kjemikaliet Magnafloc 155 som den opprinnelige tillatelsen var basert på, men som av bedriften ble erstattet med et tilsvarende kjemikalie, dvs Magnafloc 10. Magnafloc 10 inneholder også virkestoffet polyakrylamid, men har noe mindre av monomeren.

Klima- og forurensingsdirektoratet, KLIF ga i november 2010 Sydvaranger Gruve en midlertidig tillatelse til å bruke Magnafloc 1707 (tidligere Magnafloc LT37).

PolyDADMAC er virkestoffet i Magnafloc 1707. Virkestoffet hører til en kjemikaliegruppe som kalles kvartære ammoniumforbindelse. Dette virkestoffet anses som mer giftig enn virkestoffet i Magnafloc 155 som er polyacrylamid med små mengder av acrylamid (0,1 %).

Ved å bruke Magnafloc 1707 oppnår man både at ferskvannet i gruvedriften kan resirkuleres og sikre kontinuitet i malmproduksjonen. Klif har gitt Sydvaranger Gruve AS tillatelse til bruk og utslipp av 320 kg Magnafloc 1707 per uke, inntil bedriftens søknad er ferdigbehandlet.

Bedriften har ved tidligere drift benyttet flotasjonskjemikaliet Lilafloc D817. Rester av dette kjemikaliet finnes fremdeles i sedimentene i Bøkfjorden (Berge 2009). Bedriften har søkt Klif om påny å benytte et lignende flotasjonskjemikalie (Lilafloc D817 M).



Figur 1. Kart som viser utslippspunktet (rødt kvadrat) i resipienten.

1.2 Andre påvirkningsfaktorer

I tillegg til industripåvirkning er det rapportert at Bøkfjorden kan være påvirket av forekomst av kongekrabbe (Oug et al 2010). Der det er høy tetthet av kongekrabbe vil deres graveaktivitet og konsum av bunndyrene være et forstyrrende element som kan ha uheldige konsekvenser for annet dyreliv. Oug et al. refererer til undersøkelser som tyder på at store deler av bestanden av kongekrabbe i et område oppholder seg på bløtbunn på dypere vann (100-400 m) hvor krabbene beiter på tilgjengelige organismer. Ved næringsøk vandrer krabbene omkring og tar organismer på bunnoverflaten samtidig som de graver aktivt i bunnsedimentet for å få tak i organismer som lever skjult under sedimentoverflaten. Sent på høsten og om våren vandrer kjønnsmodne krabber inn på grunnere vann (< 50 m) for parring og gyting. På grunnere vann spiser krabbene i stor grad organismer fra hardbunn, samt noe fiskeegg, men hovedmønsteret synes å være at det viktigste næringsgrunnet hentes fra bløtbunn på dypere vann.

Potensielt kan Bøkfjorden også tilføres partikler fra andre kilder enn SG. Slike kilder er Pasvikelven (og andre ferskvannstilførsler) og primærproduksjonen. Dette er kilder som har sitt utgangspunkt i overflatelaget og betydning er sesongavhengig. I norske fjorder vil en eksempelvis om våren under snøsmelting kunne ha partikkelmengder som er langt høyere (5-10 mg/l) enn ellers i året.

1.3 Målsetning

Målsettingen med forundersøkelsen er:

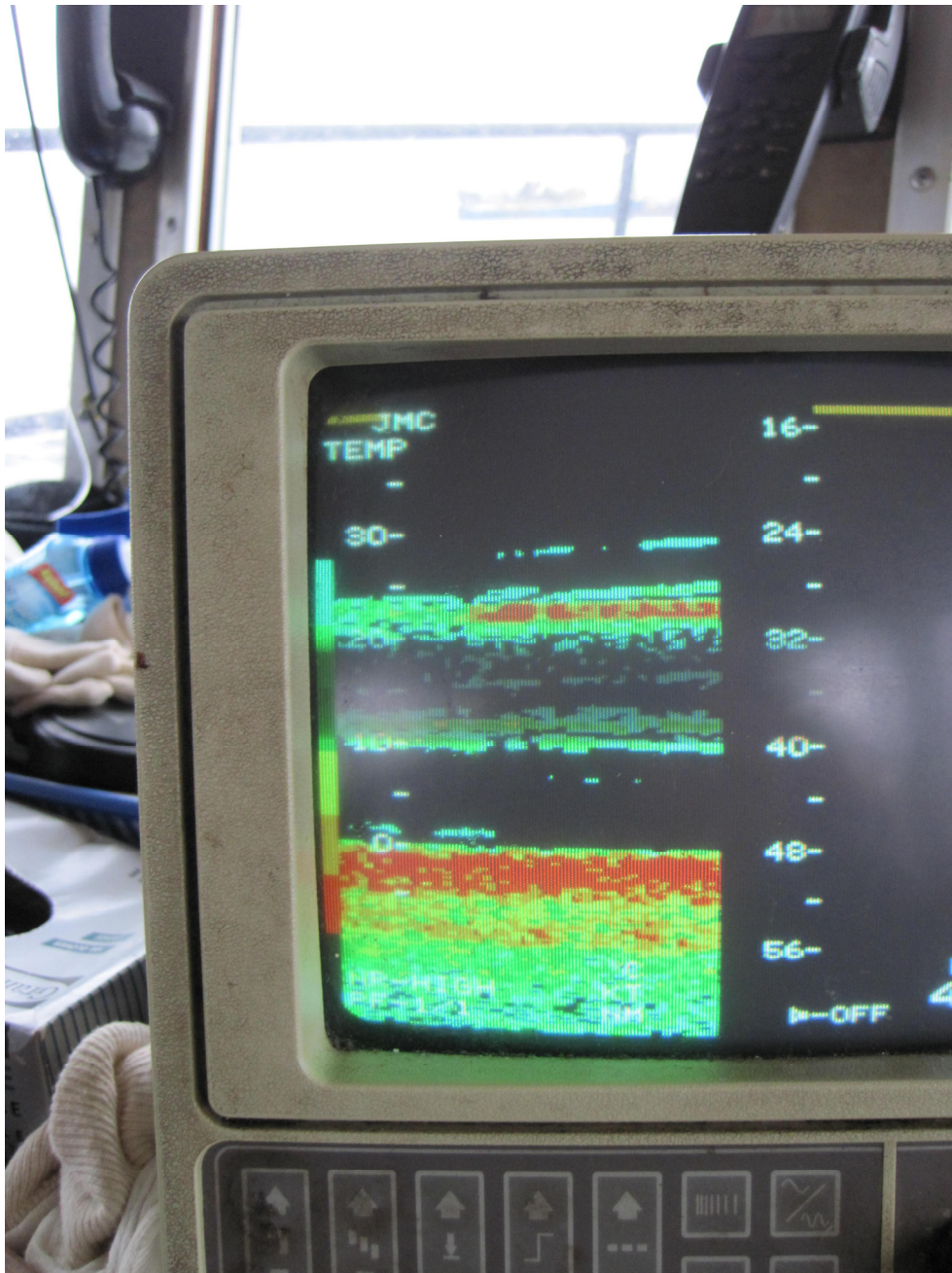
1. Skaffe til veie data for å kunne dimensjonere videre overvåking i senere år.
2. Belyse spredningen av avgangen i resipienten ved turbiditetsmålinger.
3. Belyse graden av nedslamming og økologiske forhold (alger og fastsittende bunndyr) på hardbunn i resipienten ved bruk av ROV.
4. Belyse graden av nedslamming og tilstanden på bunnen på bløtbunn for eventuelt å kunne fange opp eventuelle endringer over tid som kan kobles til utslipp fra Sydvaranger Gruver AS.
5. Foreta innledende undersøkelser av mulig forekomst av akrylamid i resipienten. Akrylamid er monomeren av polyakrylamid som brukes i flokkuleringskjemikaliet Magnafloc 10 og Magnafloc 155 som brukes /har vært brukt av SG.

2. Materiale og metoder

Undersøkelsene skulle opprinnelig ha vært gjennomført i månedsskifte juni/juli 2010, men måtte utsettes til september 2010 fordi det ble oppdaget en feil på utslippsledningen til resipienten. Feilen bestod i at utslippsledningen, som opprinnelig munnet ut i ca 30 m dyp i et område hvor totaldypet er ca. 50 m, hadde falt ned på bunnen slik at utslippet i følge SG gikk ut i ca 52 m dyp ved bunnen. Denne situasjonen ble oppdaget relativt kort tid før feltarbeidet skulle gjennomføres og hadde antagelig vedvart siden mars/april, men mulig allerede tidligere. Utslippsarrangementet ble i stand satt 5/9-2010, dvs. 1-2 uker før feltundersøkelsene ble gjennomført. Etter det en har fått opplyst skal det i forbindelse med dette arbeidet ha blitt benyttet eksplosiver for å løsne de ytterste 10 m av utslippsrøret fra bunnsedimentene. Dette har trolig medført en viss oppvirvling av avgangsmateriale.

Dette betyr at feltarbeidet ble gjennomført etter at utslippsforholdene hadde vært normale over en periode på 1-2 uker, men avvikende i form av et dypere utslipp (ca 52 m) over en periode på kanskje oppmot et halvt år før dette.

Ekkolodd registreringer ved utslippet under feltarbeidet ses i **Figur 2**.



Figur 2. Bilde tatt av ekkolodd-monitor mens båten befinner seg svært nær utslippspunktet. Bunnen ses på 48 m dyp og en ser også en betydelig refleksjon fra partiklene/utslippsrøret i ca 30 m dyp. Foto: John Arthur Berge.

2.1 Spredning av partikler kartlagt ved turbiditetsmålinger

Måling av turbiditet i vannmassen (ulike dyp) er en måte å beskrive hvor mye partikler som finnes i vannet, og ved gjentatte målinger på flere steder vil en få et bilde av hvordan partikkelskyen beveger seg fra utslippsrøret og hvor langt fra utslippspunktet skyen lar seg identifisere som forhøyede turbiditetsverdier. I tidligere undersøkelser fra Bøkfjorden (Skei og Rygg 1989, Skei m.fl. 1995) har det blitt funnet forhøyet partikkelinnhold i vannmassene i eller noe under utslippsdyp, hovedsakelig i 30-60 m dyp, men i ganske lave konsentrasjoner selv inne i Bøkfjorden (typisk 1-4 mg/l), og så vidt sporbart ut til området vest for Reinøy. Det antas at hovedmengden av avgang vil synke mot bunnen mens den fortynnes, og sprer seg videre som en tung slamstrøm som renner utover mot dypere partier

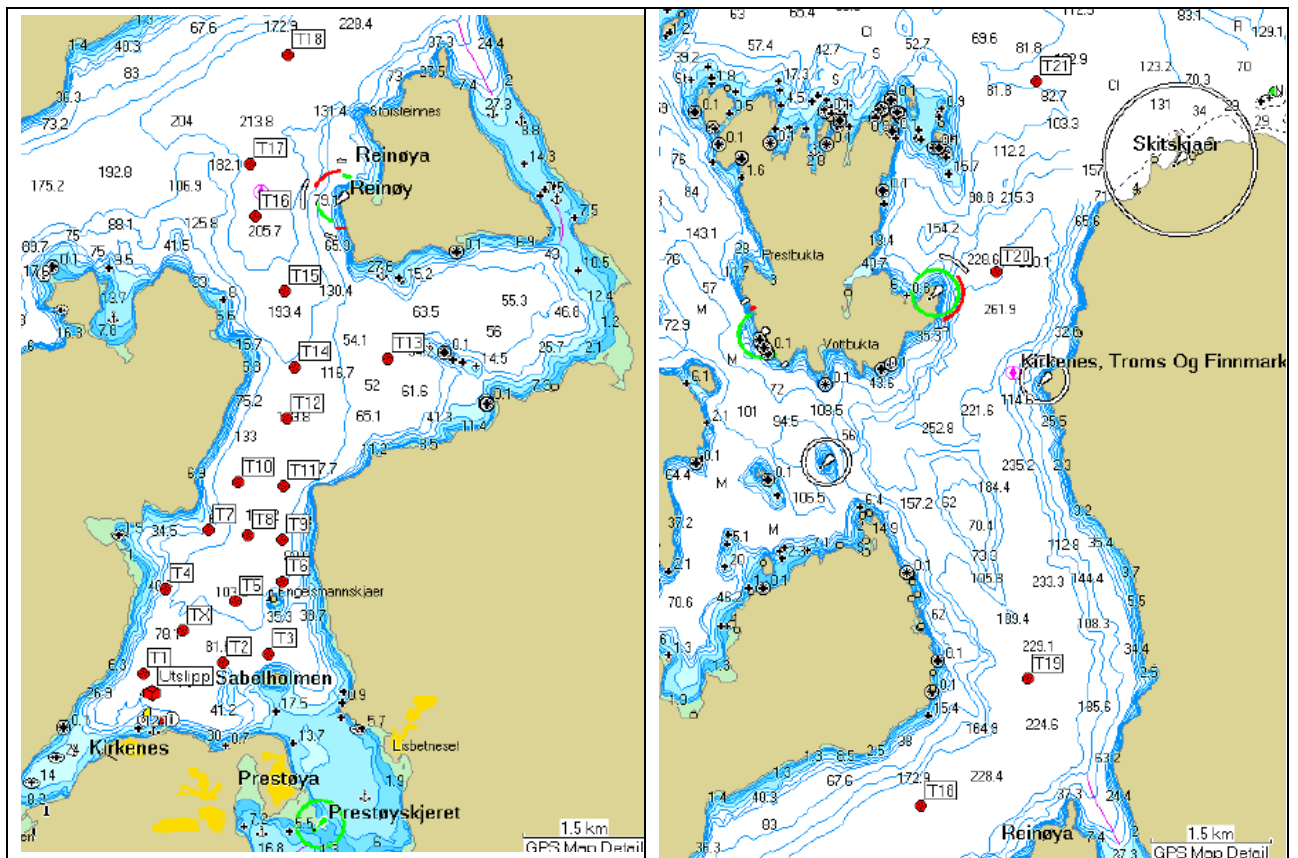
med større eller mindre oppblanding med vannmassene over. Påvirkningen på økosystemet, spesielt bunnfauna i indre del av Bøkfjorden, må antas å være knyttet til hvordan denne hovedmengden av partikler sprer seg langs med og på bunnen. Som tidligere målinger viser, blir det også noe spredning av fine partikler høyere opp i vannmassene, nær utslippsdypet. Spredning av finpartikler kan ventes å ha mindre betydning for biologien basert på tidligere undersøkelser, men vil spre seg over større områder.

Undersøkelsene har tatt sikte på å gi et bilde av både spredning av finfraksjon i vannmassene og av partikkelkonsentrasjoner nærmere bunnen knyttet til spredning av hovedmengden av avgangen.

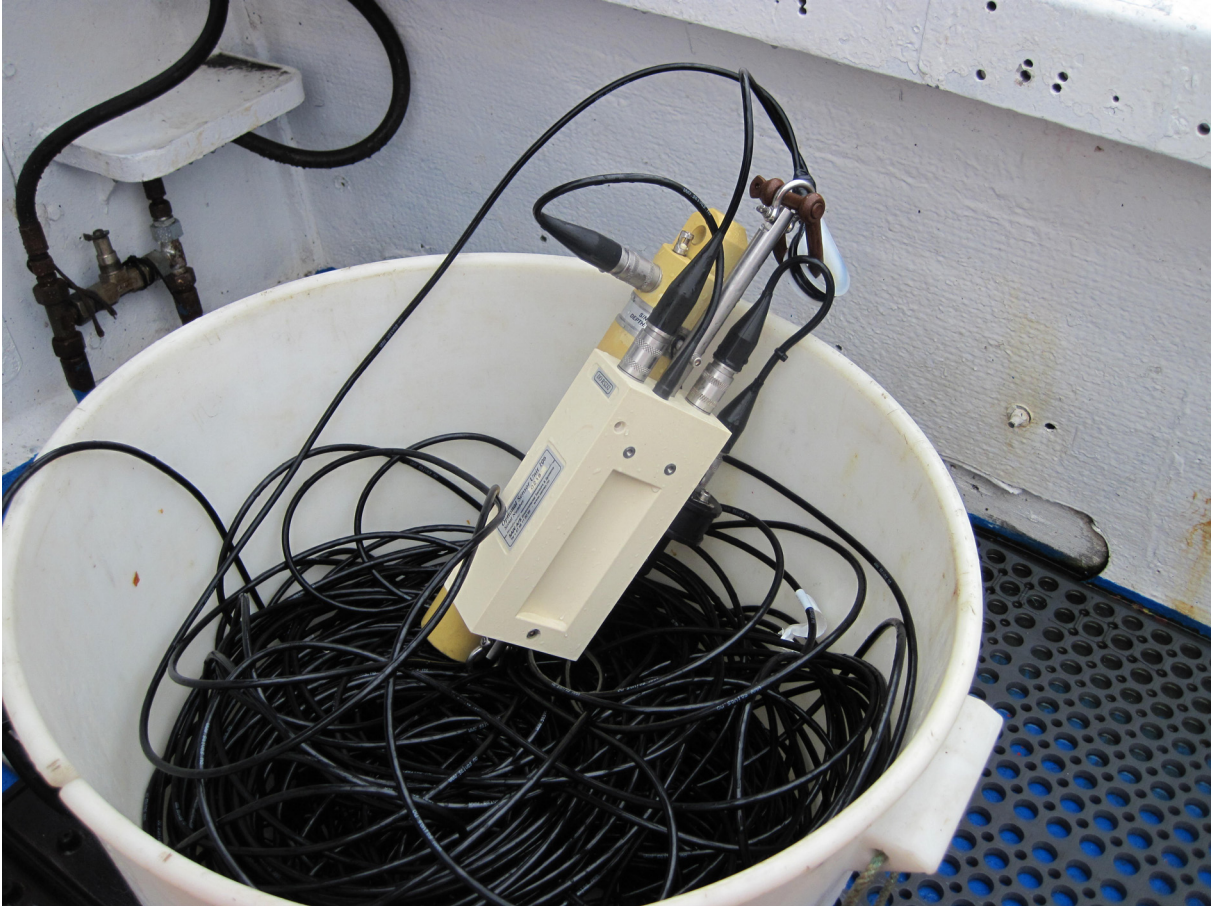
2.1.1 Metode

For å kartlegge spredning av finpartikler, både når det gjelder vertikal fordeling og størrelsen på spredningsområdet, har det blitt tatt kontinuerlige dybdeprofiler av turbiditet, som beskriver partikkelinnholdet i vannsøylen ved å måle sikten i vannet. Sammen med turbiditetsmålingene er det også blitt målt temperatur og saltholdighet, som brukes til å beregne tetthet. Det gir et bilde av lagdelingen av vannmassene, og har betydning for tolkning av turbiditetsdata. Målingene er gjort i et stasjonsnett (**Figur 3**, geografiske koordinater finnes i vedlegg) som anses tilstrekkelig til å kartlegge horisontal utbredelse. Observasjonene er gjort ved hjelp av en sonde (SAIV STD, Model SD204, se **Figur 4**) som senkes ned i vannsøylen mens den måler og gir en tilnærmet kontinuerlig dyp-profil av salt, temperatur og turbiditet. Målingene startet ved utslippspunktet og fortsatte videre utover fjorden. Ved nedsenking av sonden ble det passet på at instrumentet ikke kom i kontakt med bunnen. Turbiditeten i de nederste anslagsvis 2-4 m ble derfor ikke registrert.

Den anvendte sonden måler turbiditet med enheten FTU (Formazin Turbidity Units). Turbiditet gir et mål på vannets gjennomskinnelighet og dess høyere verdier, dess mer partikler er det i vannet. Grovt sett tilsvarer 1 FTU ca 1 mg/L med partikler.



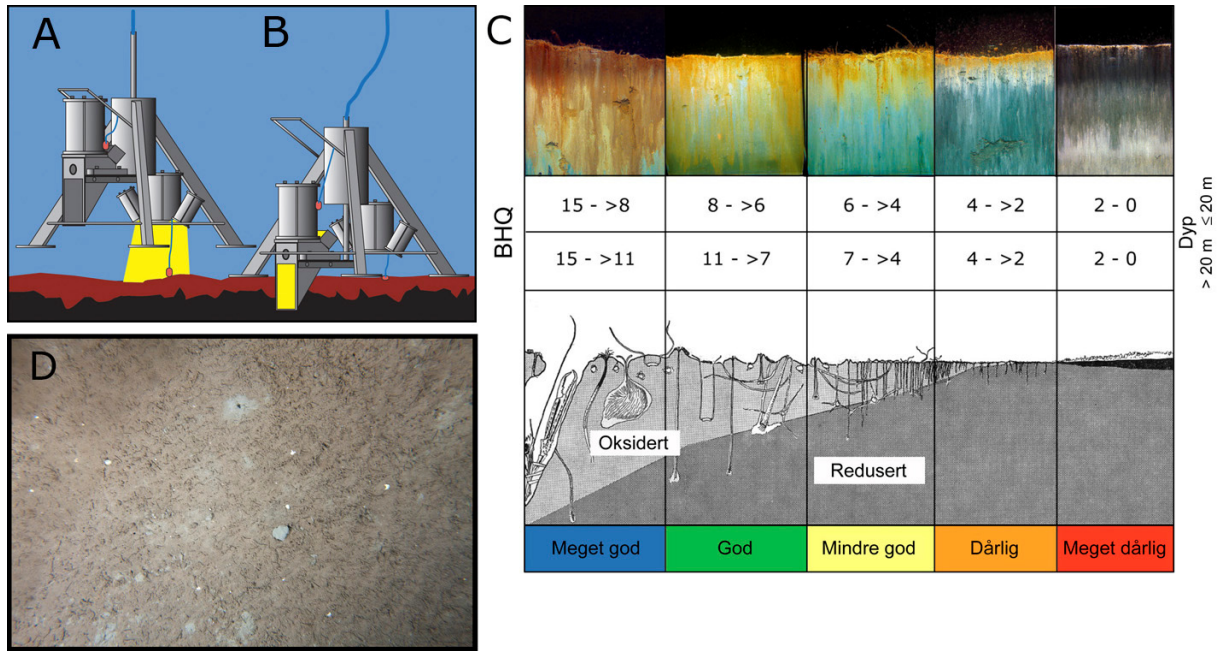
Figur 3. Stasjoner for turbiditetsmålinger. Høyre: Nordlige stasjoner. Venstre: Sødlige stasjoner.



Figur 4. Sonde brukt til turbiditetsundersøkelsene i Bøkfjorden (Foto: John Arthur Berge)

2.2 SPI undersøkelser

Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sediment og bløtbunnfauna. Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øverste dm av sedimentet. Bildet som blir 17,3 cm bredt og 26 cm høyt, tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Et digitalt kamera med blits er montert i et vanntett hus på en rigg med tre ben (**Figur 5**). Denne senkes ned til sedimentoverflaten slik at en vertikal glassplate presses ca. 20 cm ned i sedimentet. Bildet tas gjennom glassplaten via et skråstilt speil som til sammen utgjør et prisme. Resultatet er digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet. På riggen er det montert et overflatekamera som tar et bilde ($\approx 1/4\text{m}^2$) av sedimentoverflaten rett før riggen når sedimentoverflaten.



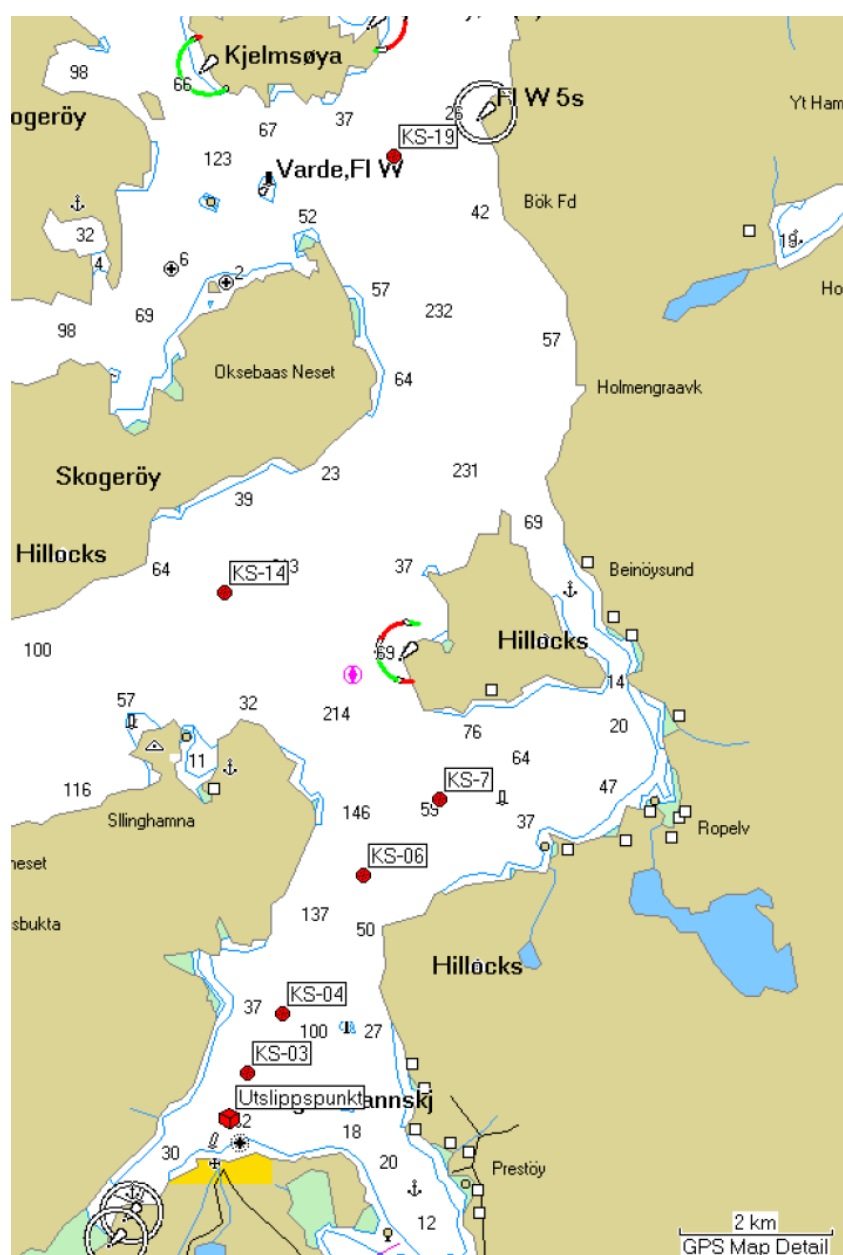
Figur 5. Prinsippskisse for SPI-kamera og bildeanalyse. (A) Rigg over bunnen. Gult antyder at bilde av overflaten tas. (B) Kamera med prismet som har trent ned i sedimentet og SPI bildet eksponeres. (C) Figuren viser en modell av endringer i faunatype fra upåvirkede bunnsedimenter med en rik, dyptgravende fauna (Meget god) til en grunnlevende, fattig fauna i påvirkede områder (Meget dårlig). Sedimentprofilbildet er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert, bioturbert sediment mens sortfarget sediment indikerer reduserte forhold. Grenseverdier for BHQ-miljøkvalitetsindeks for vanddyb ≤ 20 meter og > 20 m i henhold til EUs vanddirektiv for marine sedimenter (Pearson & Rosenberg 1978, Nilsson & Rosenberg 1997, Rosenberg m. fl. 2004, Nilsson & Rosenberg 2006 er vist). (D) Eksempel av et overflatebilde med strukturer og børstemarkrør synlig.

Fra bildene kan en beregne en miljøindeks (Benthic Habitat Quality index; BHQ-indeks) ut fra strukturer i sedimentoverflaten (rør av børstemark, fødegrop og ekskrementhaug) og strukturer under sedimentoverflaten (bløtbunnsfauna, faunagang og oksiderte hulrom i sedimentet) samt redox-forhold i sedimentet. Indeksen varierer på en skala fra 0 til 15. Denne indeksen kan siden sammenlignes med Pearson og Rosenbergs (1978) klassiske modell for faunaens suksesjon. Fra denne modellen klassifiseres bunnmiljøet i henhold til retningslinjer i EUs vannrammedirektiv (Rosenberg m. fl. 2004). Fra overflatebildene kan en studere og kvantifisere dyr på sedimentoverflaten og spor av deres aktivitet.

Bunnfotografiene ble tatt på følgende stasjoner; KS03, KS04, KS06, KS07, KS14 og KS19 (se **Figur 6** og **Tabell 5**). Dette er stasjoner som tidligere er undersøkt med samme metode (Skaare et al 2007). På hver stasjon ble 3-5 bilder analysert, unntatt stasjon KS-06 hvor kun to bilder ble analysert.

Tabell 1. Stasjoner undersøkt med SPI-kamera. Posisjon, prøvetakingsdato, avstand fra utslippspunkt, vanddyb, penetrasjonsdyp og antall bilder som ble tatt er vist

Stasjon	Lat	Long	Dato	Avstand fra utslipp (m)	Dyp (m)	Penetrasjonsdyp (cm)	Antall bilder tatt
KS-03	69,7395	30,0539	17.09.2010	650	80	7,17	5
KS-04	69,7466	30,0657	17.09.2010	1600	109	10,50	4
KS-06	69,7628	30,0931	17.09.2010	3600	137	5,00	2
KS-07	69,7723	30,1192	17.09.2010	4400	70	3,63	4
KS-14	69,7963	30,0461	17.09.2010	6900	201	10,00	3
KS-19	69,8482	30,1029	17.09.2010	12800	250	6,00	3



Figur 6. Stasjoner for undersøkelser av forholdene på bunnen med SPI-kamera

2.3 Nedslamming på hardbunn belyst ved ROV-undersøkelser

Høy partikkeltilførsel er en belastning for mange organismer og spesielt for organismer på hardbunn som normalt ikke er tilpasset et slikt regime. Potensiell belastningen knytter seg først og fremst til:

- Ødeleggelse av potensielt substrat for larver
- Økt dødelighet og/eller nedsatt vekst
- Forstyrret utvikling av egg og larver.
- Reduksjon av oksygen- og næringsopptak
- Blokkering av ekskresjonssystemer
- En økt nedslamming vil også kunne redusere fotosyntesen hos alger ved at algenes effektive overflate reduseres av sedimenterende materiale
- Skyggeeffekt (mindre lys til plantevekst)

Det er derfor viktig å overvåke i hvilken grad gruvevirksomheten fører til nedslamming av hardbunnsområdene i resipienten. Vi har gjennomført overvåkingen med en såkalt ROV. ROV (Remote Operated Vehicle) er en undervannsfarkost som styres fra overflaten via en kabel. ROVen er påmontert et kamera som via kabelen sender videoregistreringene til operatøren på overflaten slik at forholdene på bunnen kan ses og lagres.

2.3.1 Metode

Vi har undersøkt forholdene på bunnen på 6 områder i resipienten (**Figur 7**). På hvert punkt ble det gjort transektregistreringer fra overflaten ved land og nedover langs bunnen så dypt det lot seg gjøre (kabelen til NIVAs ROV er 150 m lang og utstyret er aprobeert til ca 100 m dyp). Ved undersøkelsen ble det fokus på:

1. Graden av nedslamming
2. Forekomst av flora og fauna

Det endelige formålet med registreringen var å avdekke tilstanden på hardbunn i resipienten. På basis av filmene ble det gjort nedtegninger av de dominerende hard- og bløtbunnsorganismene og graden av nedslamming.

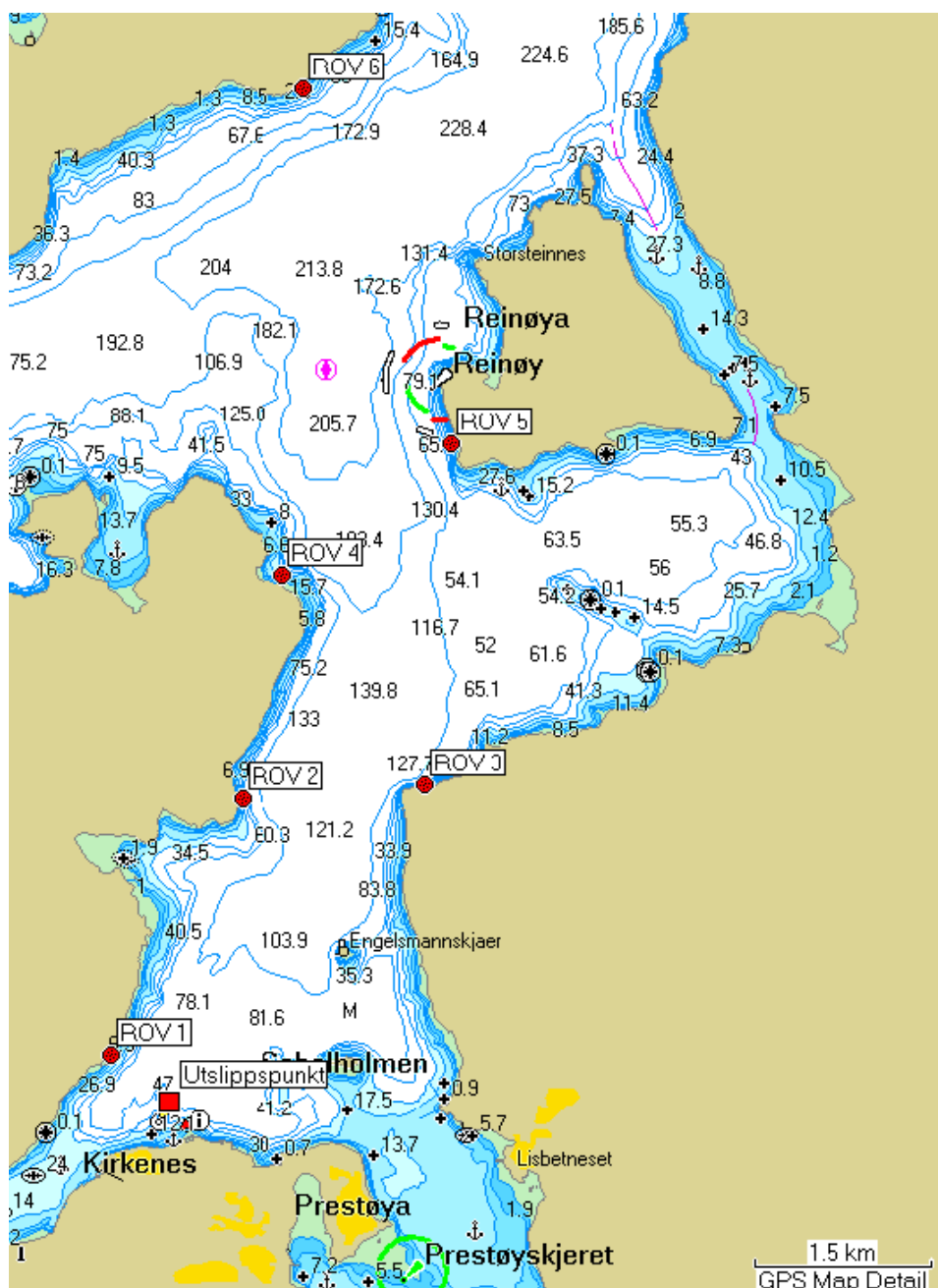
Det var registreringene av ulike fastsittende og lite bevegelige dyrearter, samt estimeringen av nedslamming på hardbunn, som primært var målsetningen for overvåkingen. Forekomst av organismer/nedslamming er kvantifisert som 1 = enkelte funn, 2 = spredt forekomst, 3 = vanlig forekomst, eller 4 = dominerende forekomst.

Undersøkelser med ROV kan sammenlignes med en befaring, hvor særlig kvantifiseringen av det som observeres vil ha en relativt stor grad av usikkerhet. Videre er posisjoneringen av ROVen slik at en ikke kan være sikker på at det er helt de samme arealene som er undersøkt ved ulike anledningene. Det er derfor kun relativt store og tydelige endringer i forekomster av fauna og grad av nedslamming som kan detekteres med denne metodikk på de undersøkte lokalitetene.

Undersøkelsene ble gjennomført ved hjelp av en ROV som eies av NIVA.

Tabell 2. Posisjon for stasjoner hvor det ble gjort videoopptak med ROV.

Stasjon	Posisjon	Avstand fra utslippet (m)
ROV 1	N69 44.186 E30 02.033	650
ROV 2	N69 45.368 E30 03.788	2700
ROV 3	N69 45.430 E30 06.234	3500
ROV 4	N69 46.400 E30 04.334	4600
ROV 5	N69 47.011 E30 06.572	6100
ROV 6	N69 48.652 E30 04.619	8800
Utslippspunkt	N69 43.970 E30 02.822	0

**Figur 7.** Stasjoner for registrering av forholdene på bunnen med ROV.

2.4 Analyse av akrylamid i vann og sediment

Det ble foretatt innledende undersøkelse av mulig forekomst av akrylamid i vannprøver og sedimentprøver i resipienten. Bakgrunnen for undersøkelsen er at SG bruker flokkuleringskjemikaliet Magnafloc 10 som inneholder polyakrylamid. Analyse av selve polymeren er problematisk og det har ikke vært mulig å finne laboratorier som analyserer annet enn monomeren (dvs. akrylamid). SG bruker også et annet flokkuleringskjemikalie (Magnafloc LT 37). Dette kjemikaliet inneholder ikke polyakrylamid. Det har ikke vært mulig å finne laboratorier som analyserer forbindelser som er relevant for Magnafloc LT 37.

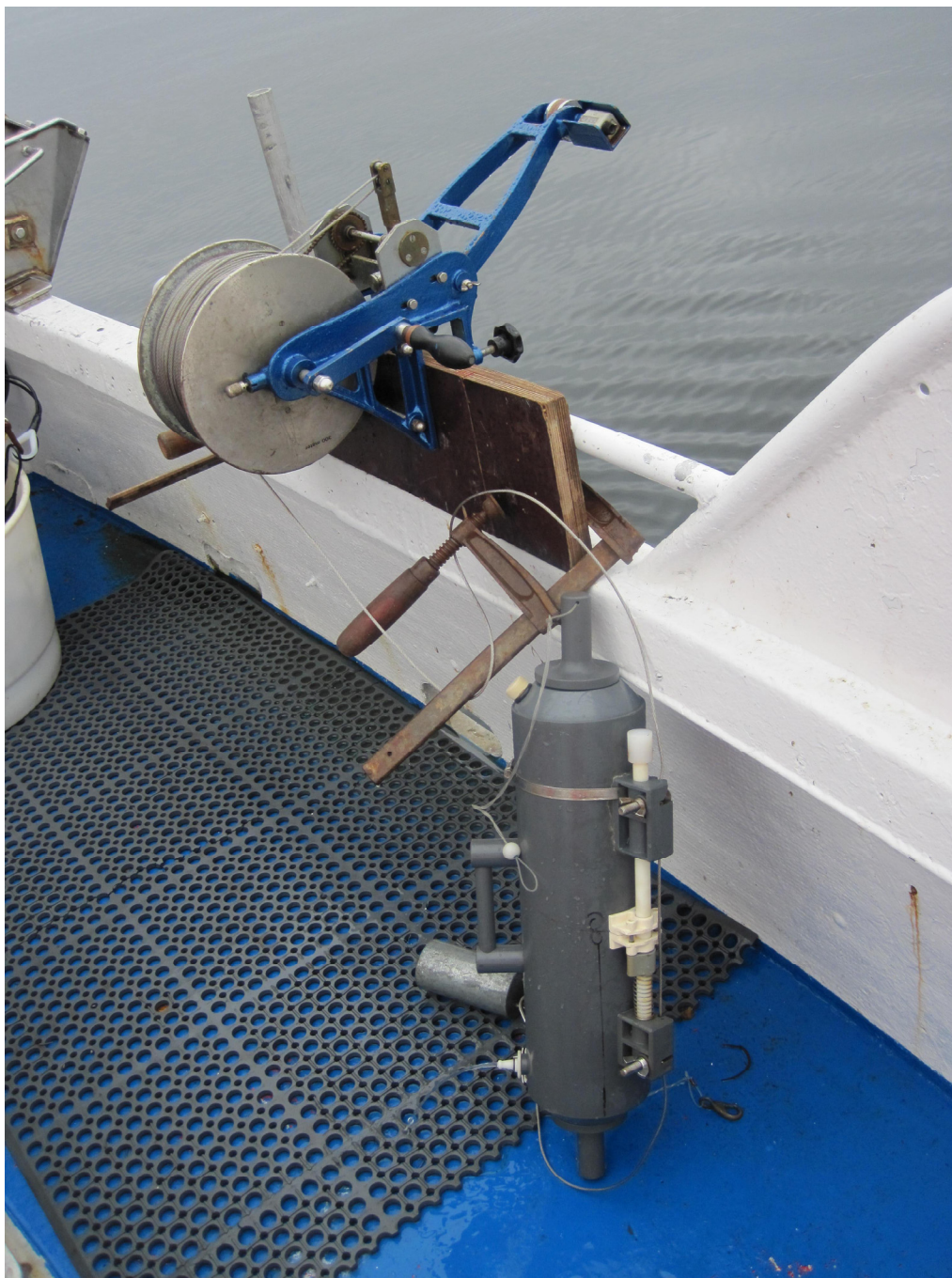
Generelt antas at så lenge kjedene er av en hvis lengde så er de heller ikke særlig giftige fordi de blir for store til å tas opp over cellemembranene.

Hovedhensikten med analysene som er gjort er å avklare om dette er en type undersøkelser som det er hensikt å gå videre med i en senere overvåking.

Vannprøver

Vannprøver for analyser ble tatt i det dyp der turbiditeten var høyest ut fra turbiditetsmålingene (se kapittel 3.1). På denne måten vil resultatene trolig representerer en tilnærmet "worst case situasjon". Vannprøvene ble tatt på stasjonene T1, T2, T8, T14 og T16 (**Figur 3**) ved hjelp av en vannprøvetager og en manuell vinsj (**Figur 8**). Vannprøvene ble tatt umiddelbart etter turbiditetsmålingene.

Stasjon	Dyp (m)	Turbiditet
T1	30	4,5
T2	46	3
T8	40	1
T14	120	1,53
T16	117	1,14



Figur 8. Utstyr for innsamling av vannprøver til akrylamid analyser (Foto: John Arthur Berge).

Sedimentprøve

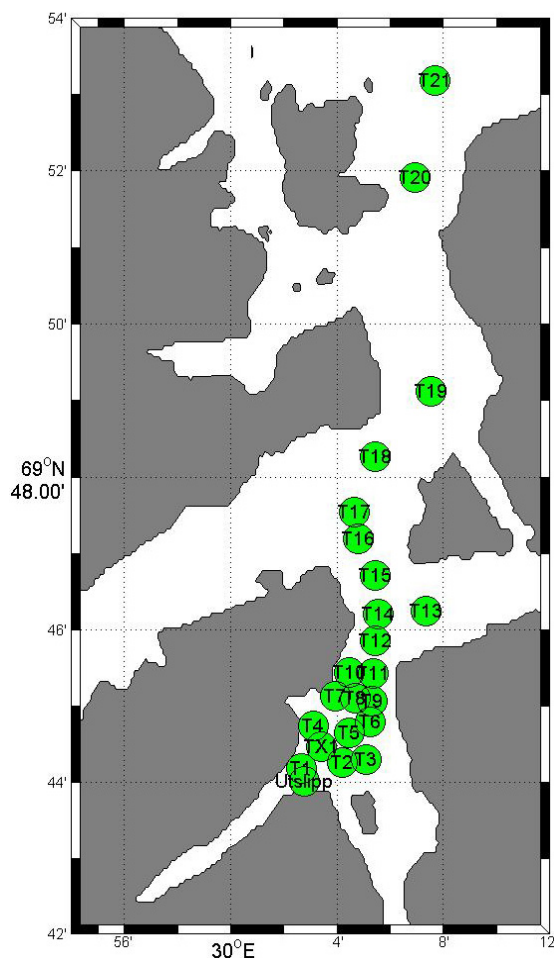
Det ble tatt sedimentprøver på de samme stasjonene som tidligere er blitt analysert for Lilafлот (Berge 2009) og som nå også er fotografert med SPI-kamera (se Figur 5). Sedimentprøver for analyse av akrylamid ble tatt på stasjonene KS 03, KS 04, KS 06 og KS 14)(se figur 5). Analysene ble gjort på de øverste ca 0-4 cm av sedimentet. Sedimentprøvene ble tatt ved hjelp av en langarmet Van Veen-grabb. Prøvene ble også analysert for organisk karbon, partikkelstørrelse (<math><63 \mu\text{m}</math> fraksjonen) og vanninnhold som støtteparametere.

Ut fra resultatene fra analyse av akrylamid i vann- og sedimentprøvene vil en kunne stille en grovdiagnose av situasjonen i resipienten med hensyn til forekomst av monomeren.

3. Resultater

3.1 Hydrografi

I **Figur 9** vises hydrografi og turbiditetsmålinger som ble foretatt (se også **Figur 3**). Det tette stasjonsnettet i Bøkfjorden er ment å gi en god romlig dekning av turbiditeten. Stasjonene videre nordover er valgt for å følge partikkelmengdene utover fjorden mot Varangerfjorden.



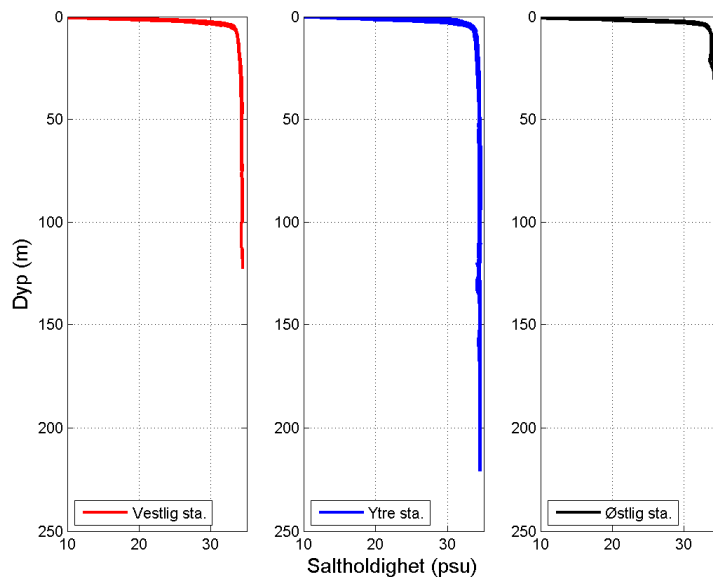
Figur 9. Oversikt over stasjonene for turbiditetsmålingene i Bøkfjorden 13.9.2010.

Innerst i Bøkfjorden på den østlige siden av Kirkenes renner Pasvikelven ut med en middelvannføring på $180 \text{ m}^3/\text{s}$. I **Figur 10** vises saltholdighetsprofilene for stasjoner i Bøkfjorden..

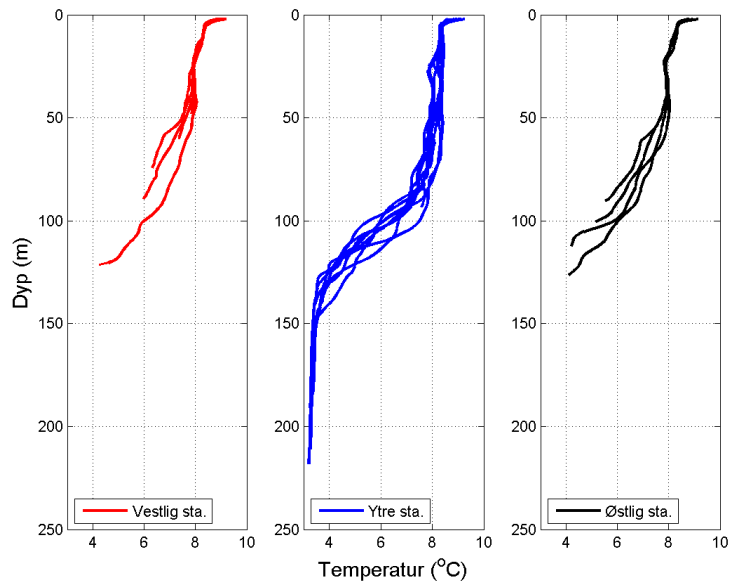
Ferskvannspåvirkningen ses i overflatelaget i Bøkfjorden. I det øvre vannlaget (0-6 m) er det mye ferskvann og sterk sjiktning. Under dette brakkvannslaget fra 7-8 m er saltholdighet relativt lik helt (33.62-34.02) ned til bunn (34.33-34.45). Også ved tidligere undersøkelser er det observert et karakteristisk tynt brakkvannslag i Bøkfjorden med lite blanding mellom ferskvann og saltvann dypere ned (Skei et al 1995).

Tabell 3. Oversikt over hvilke stasjoner som tilhører kategorien vestlig, østlig og ytre stasjoner.

Vestlige stasjoner	Østlige stasjoner	Ytre stasjoner
Utslipp	T3	T12
T1	T6	T14
TX1	T9	T16
T4	T11	T17
T7		T18
T10		T19
		T20
		T21

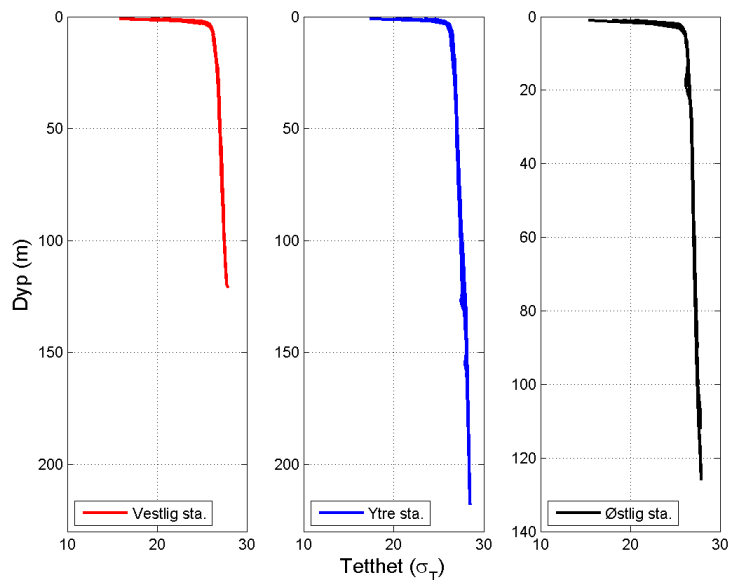
**Figur 10.** Saltholdighetsprofiler for stasjonene i Bøkfjorden. Profilene er delt inn i vestlige, østlige og ytre stasjoner (se **Tabell 3**).

Temperaturprofilene i **Figur 11** viser at temperaturen i de øvre 50 m er nokså homogen med unntak av i brakkvannslaget. Den største variasjonen mellom 2 og 50 m observeres ved de ytre stasjonene. Variasjonen i det ytre området skyldes trolig deres nærhet til Varangerfjorden og påvirkning derfra. Det ble observert noe større variasjon fra 50 m og ned til bunn enn i 2-50 dyp. Disse dyplagene er ikke like påvirket av vind og lufttemperaturer som overflatelaget, som kanskje kan være en av grunnene til at det er større variasjon mellom stasjonene her enn i overflatelaget.



Figur 11. Temperaturprofiler for stasjonene i Bøkfjorden. De ulike profilene er separert inn i vestlige, østlige og ytre stasjoner (se **Tabell 3**).

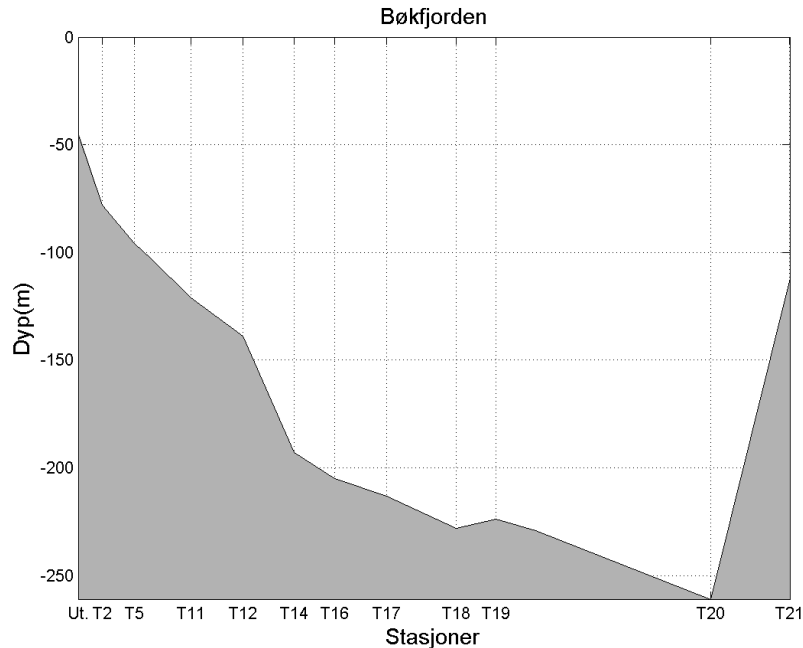
I **Figur 12** kan en se på tettheten (beregnet ut i fra temperatur og saltholdighet) til de ulike stasjonene og det er tydelig at det er saltholdigheten som er den viktigste faktoren for tettheten. Når en sammenligner stasjonene er det liten variasjon, og fra omkring 7-8 m og ned til bunn er det en svak økning i tettheten.



Figur 12. Tetthetsprofiler presentert som σ_T ($\rho-1000$) kg/m^3 for stasjonene i Bøkfjorden. Tetthetsprofiler er separert inn i vestlige, østlige og ytre stasjoner (se **Tabell 3**).

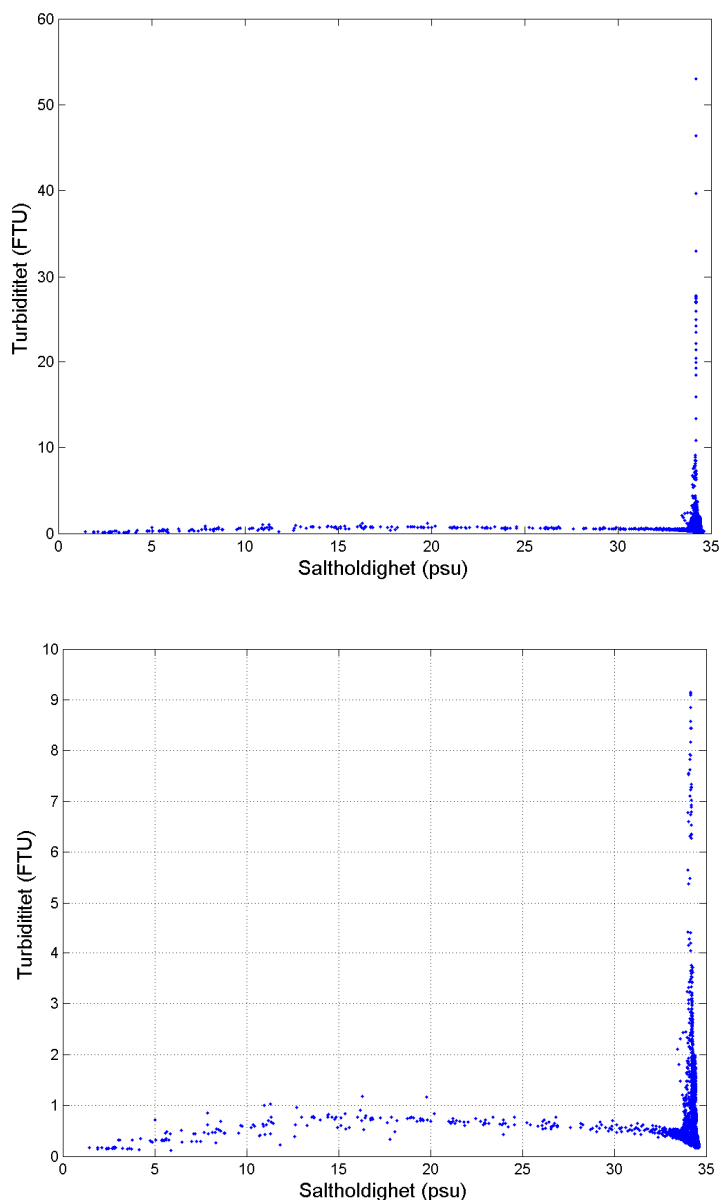
3.2 Turbiditetsmålinger

Topografien for de sentrale stasjonene i Bøkfjorden er vist i **Figur 13** hvor de omtrentlige plasseringene av de sentrale stasjonene også er vist. I Bøkfjorden er det ingen markert terskel før en kommer ut til stasjon T21. I dette området grunner fjorden opp i en terskel på ca 100 m som begrenser vannskiftningen mellom de dypere delene av Bøkfjorden og Varangerfjorden utenfor. Dette betyr at partikler som synker dypere enn ca 100 m før de når ut til terskelen i hovedsak forblir inne i Bøkfjorden.



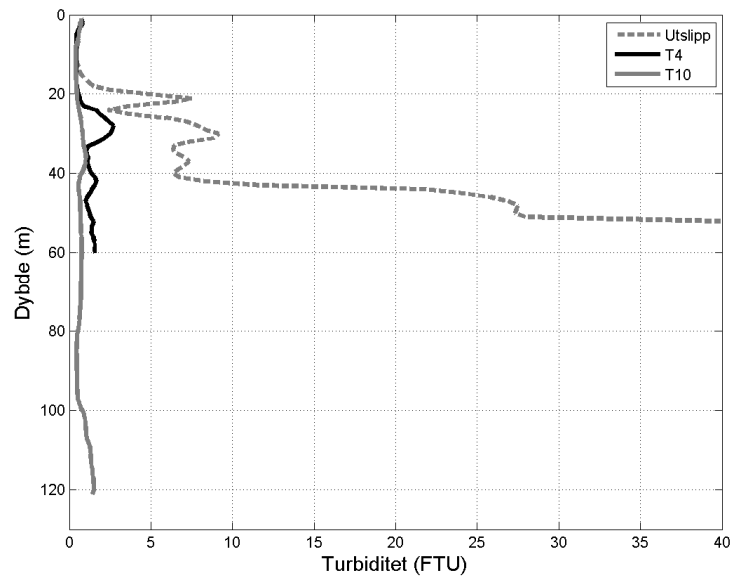
Figur 13. Dybdekart over Bøkfjorden med turbiditetsstasjonene i sentrale deler av fjorden.

For å få en oversikt over turbiditetsdataene har en i **Figur 14** plottet turbiditeten ved alle stasjonene mot saltholdigheten. Saltholdigheten er en referanse for dypet i vannsøylen hvor lav saltholdighet er i overflaten og høy saltholdighet er i dypet. Ut i fra denne figuren er lav turbiditet i det ferskeste laget, som er ned mot 5-6 m. I de dypere lagene med saltholdighet omkring 34 begynner turbiditeten å nå høyere nivå. Figuren viser også at det svært lav turbiditet (<0.5 FTU) når saltholdigheten er under 5 PSU og at en må opp i en saltholdighet på ca 34 PSU før en kommer i vann som er tydelig påvirket av partikler. Dette betyr at Pasivikelven som er hovedkilden for ferskvann transporterer bidrar lite til partikkelmengden i sjøvannet i Bøkfjorden og at en må anta at bakgrunnsverdien for turbiditet i Fjorden ligger i nærheten av 0,5 FTU.



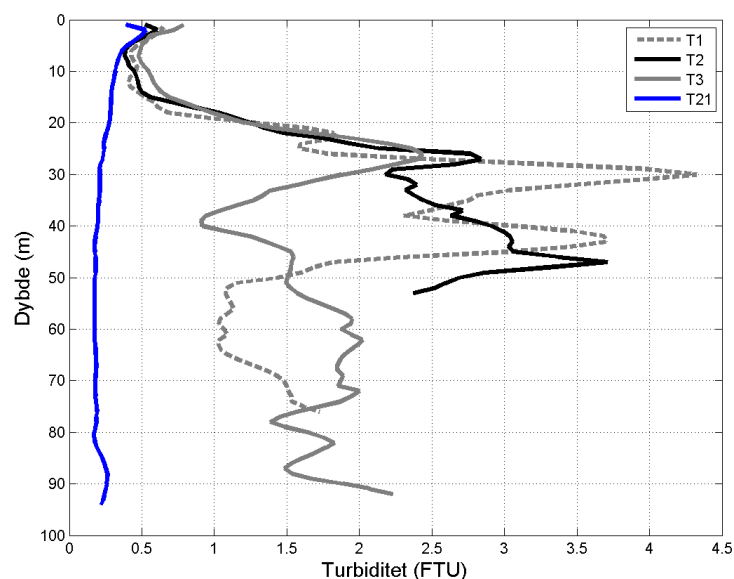
Figur 14. Turbiditet plottet mot saltholdighet for å se sammenhengen mellom disse. For å se detaljer i ved lav turbiditet y-aksen begrenset til 10 FTU i den nederste figuren

I **Figur 15** vises turbiditetsprofilene langs et snitt fra utslippspunktet og ca 2, 8 km ut fjorden (til T10). Figuren viser at turbiditeten er relativt lav i overflaten selv rett ved utslippspunktet. Ved selve utslippet er det flere turbiditets maksima mellom 20 og 40 m. Slike maksima kan også observeres ved T4 (se også **Figur 17**) og T10 (**Figur 19**), men er kraftig redusert i forhold til ved utslippet. Fra ca. 40 meter ved utslippspunktet og ned mot bunnen (knappe 60 m) øker turbiditeten kraftig til ca. 40 FTU.



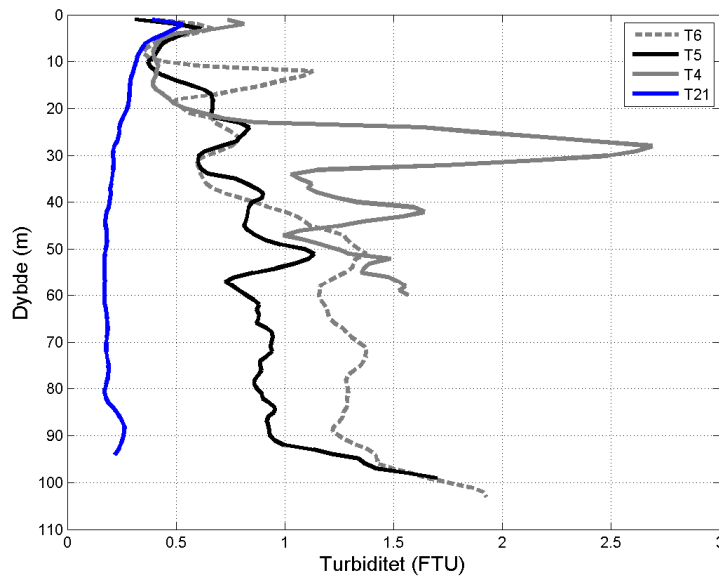
Figur 15. Resultater fra turbiditetsmålingene ved utslippspunktet, T4 og T10 (som er innenfor en avstand av ca. 2,8 km fra utslippspunktet).

Tverrsnittet T1-T2-T3 er det tverrsnittet som ligger nærmest utslippet (**Figur 9**). Stasjon T21 er i figuren brukt som et mål på bakgrunnsverdiene for Bøkfjorden på grunn av den lange avstanden fra utslippet og de tydelig lave turbiditetsverdiene. I **Figur 16** presenteres resultatene fra målingene ved dette tverrsnittet. Generelt er det relativt høye verdier gjennom hele vannsøylen ved disse tre stasjonene, spesielt mellom 20 og 50 m dyp, og det er kun i overflatelaget (0-5 m) at turbiditetsverdiene ved samme nivå som ved T21. I 25-50 m dyp minker turbiditeten fra T1 til T3. Dette har trolig sammenheng med at T1 ligger nærmest utslippspunktet. Til forskjell fra ved utslippspunktet (**Figur 15**) ble det ved stasjonene T1-T3 ikke observert noen kraftig økning av turbiditeten ned mot bunnen. Den høye turbiditeten ved bunnen kan ha satt opp en turbiditetsstrøm, men noen slik strøm ses ikke tydelig ut fra profilene vist i **Figur 16**.



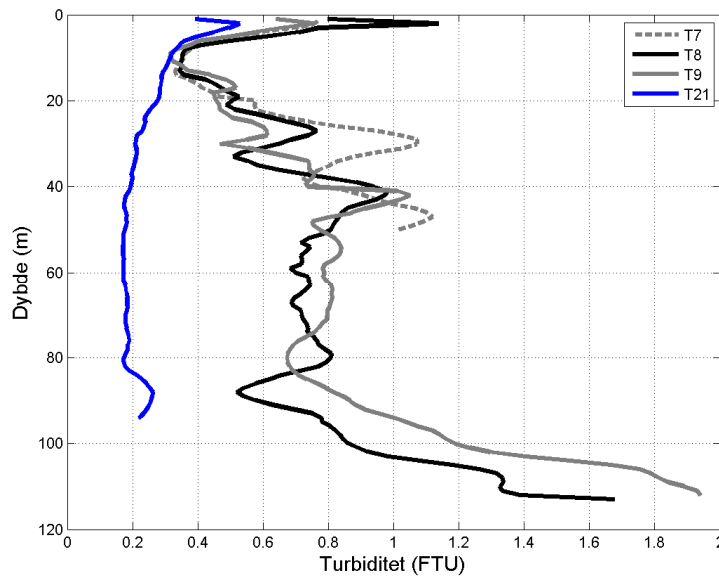
Figur 16. Resultater fra turbiditetsmålingene ved tverrsnittet T1-T2-T3 i Bøkfjorden.

I **Figur 17** vises resultatene fra et tverrsnittet T4-T5-T6 noe lenger nord i fjorden, med stasjon T21 som sammenligningsgrunnlag. Det er den vestligste stasjonen T4 som markerer seg med de høyeste turbiditetsverdiene, opp mot 2,7 FTU. Også i snittet T1-T2-T3 (se **Figur 16**) er det den vestlige stasjonen som har høyest turbiditet. I profilene vist i **Figur 17** er det relativt høye turbiditetsverdier gjennom hele vannsøylen. Dette gjelder spesielt for stasjon T4 og T6 med verdier godt over 1 FTU. For alle de tre stasjonene er det kun overflatelaget (0-10 m) som har verdier under 0,25 FTU som tyder på at utslippet fører til forhøyet turbiditet i dyp større enn 10-20 m. Ved de to dypeste stasjonene ved dette snittet er det en viss økning i turbiditet nederst i vannsøylen (90-100 m).



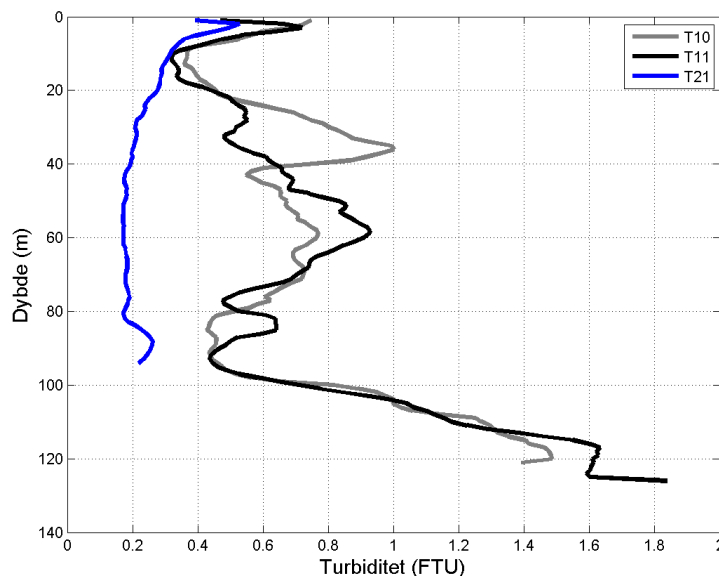
Figur 17. Resultater fra turbiditetsmålingene ved tverrsnittet T6-T5-T4 i Bøkfjorden.

I **Figur 18** presenteres resultatene fra tverrsnittet T7-T8-T9. Generelt er det noe lavere turbiditetsverdier gjennom vannsøylen og mindre variasjon i dette snittet sammenlignet med tverrsnittet T4-T5-T6 (**Figur 17**), men en tydelig forskjell mellom turbiditetsmålingene og bakgrunnsverdiene ved stasjon T21. Turbiditetsprofilene er relativt like, men også i dette snittet er det den vestligste stasjonen, T7, som har den høyeste turbiditetsverdien. Ved de to dypeste stasjonene (T8 og T9) er det en tydelig økning i partikkelmengden i dyp større enn ca 100 m. I omkring 25 m og 45 m ved stasjon T7 og ved ca 40 m dyp på T8 og T9 er det også noe høyere turbiditetsverdier sammenlignet med resten av vannsøylen grunnere enn ca 80 m.



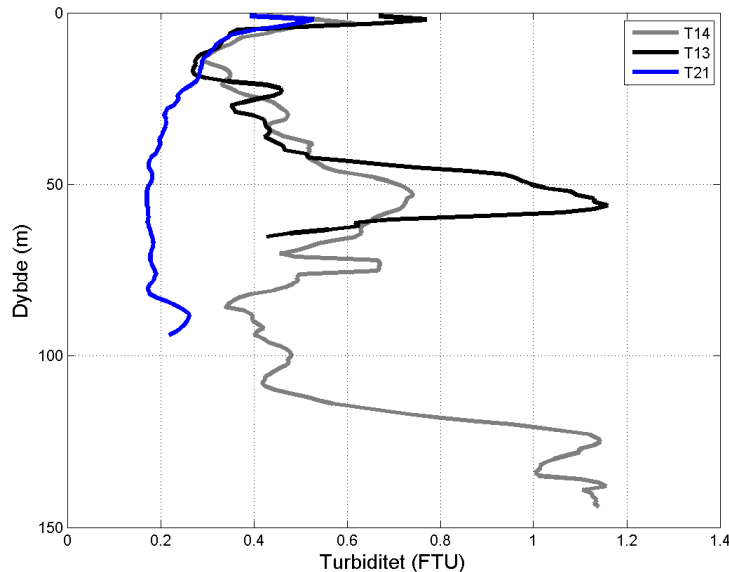
Figur 18. Resultat fra turbiditetsmålingene ved tverrsnittet T7-T8-T9 i Bøkfjorden.

Turbiditetsprofilene i tverrsnittet T10-T11 ses i **Figur 19**. Det ble observert en tydelig forskjell også i dette snittet sammenlignet med kontrollstasjonen T21. Også her er det den vestligste stasjonen T10 som viser den høyest turbiditetsverdi (1 FTU) i dyp grunnere enn 80 m. Turbiditetsverdiene ligger stort sett under 1 FTU gjennom hele vannsøylen med unntak av i dyp større enn 100 m. Også stasjonene T10 og T11 viste på mange måter samme forløp med hensyn til turbiditet som i stasjonene lenger sør (**Figur 17** og **Figur 18**), men profilene gikk ennå dypere og avslørte en videre økning i turbiditet fra ca. 95 m dyp og ned mot den dypeste registreringen (ca 130 m dyp).



Figur 19. Resultat fra turbiditetsmålingene ved tverrsnittet T10-T11 i Bøkfjorden.

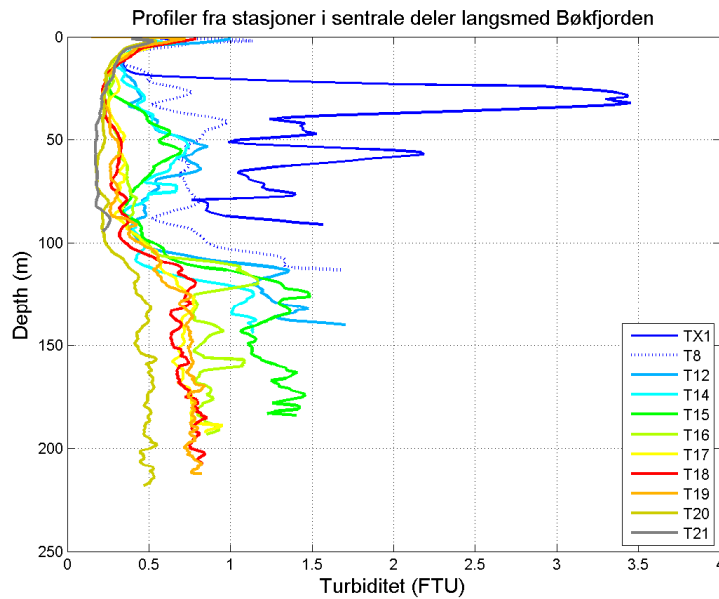
Ved tverrsnittet T13-T14 (5 og 4,4 km fra utslippspunktet) kan en maksimum i turbiditet ses rundt 50 m (**Figur 20**). I motsetning til de tidligere viste snitt er det stasjonen lengst øst (T13) som har høyest turbiditet (opp mot 1,2 FTU) i ca 55 m dyp. På den dypeste stasjonen (T14) som på de øvrige dypstasjonene lenger inn i fjorden er det en klar turbiditetsøkning fra ca 100 m dyp og ned til ca 130 m. Tilsvarende økning er også observert på en del andre dype stasjoner i den indre delen av Bøkfjorden (dvs. T8, T9, T10, T11, T12, T1, T14, T15). Fra 130 -150 m dyp varierte turbiditeten mellom ca 1 og 1,1 FTU uten at det var noen klar økning med dypet.



Figur 20. Resultat fra turbiditetsmålingene i Bøkfjorden ved T14 T13. Resultatene fra referansestasjonen T21 er også vist.

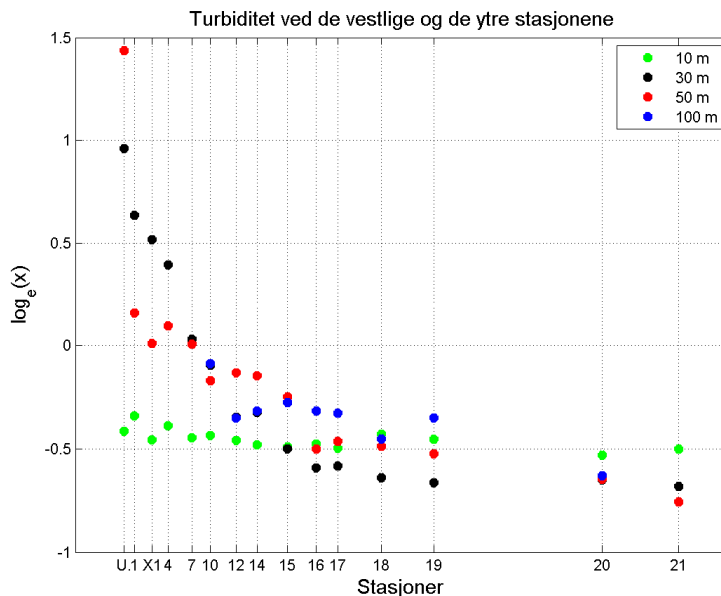
I **Figur 21** vises turbiditetsprofilene langs et snitt med stasjoner omtrent midtfjords i Bøkfjorden fra TX1 (ca 0,8 km fra utslippspunktet) og til T21 (ca 17 km fra utslippet). Figuren viser at turbiditeten er relativt lav og ensartet i den øvre delen av vannmassene i hele fjorden, med unntak av overflaten hvor det er noe forhøyede verdier. Ved TX1 er det flere turbiditetsmaksima fra ca 20 m og ned til bunnen. Slike maxima kan også observeres ved T4 (se også **Figur 17**), T7 (**Figur 18**) og T10 (**Figur 19**), men disse er kraftig redusert i forhold til ved utslippet (**Figur 15**). **Figur 21** viser også at en i den ytre og dypere delen av fjorden ved stasjon T20 har en turbiditet på ca 0,5 FTU. Denne turbiditeten øker innover ettersom en nærmer seg Kirkenes.

I området utenfor Reinøy (T16, T17, T18, T19 og T20, henholdsvis 6,0, 6,6, 8,0, 9,9 og 14,8 km fra utslippet) er turbiditeten i de øvre 70 m av vannsøylen relativt lav (< 0,5 FTU) og relativt lik det som ble observert ute i selve Varangerfjorden ved stasjon T21 (**Figur 21**). Mellom 80 og 110 m øker imidlertid turbiditeten og mest på den innerste av disse stasjonene (T16). I den ytre delen av fjorden er det i den dypere deler noe høyere turbiditet ved noen av stasjonene (T16-T19) sammenlignet med den lenger ute (T20).



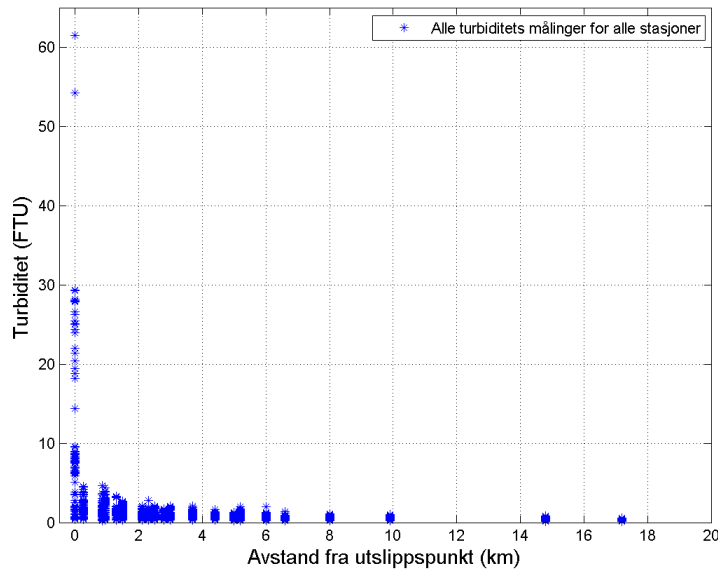
Figur 21. Resultater fra turbiditetsmålingene langs et lengdesnitt av fjorden fra TX1 i syd til T21 i Varangerfjorden i nord.

I **Figur 22** presenteres turbiditet målt ved 10 m, 30 m, 50 m og 100 m dyp som $\log_e(x)$ ved de vestligste stasjonene, dvs. de som ga høyeste turbiditet. Turbiditetsmålingene fra disse dypene er presentert etter økende stasjonsnummer, dvs. fra syd til nord i fjordsystemet. Nærmest utslippet er de høyeste verdiene registrert ved 30 m og 50 m. Turbiditeten i 30 m laget minker ettersom avstanden øker fra utslippet med de laveste verdiene fra stasjon T15 og nordover i Bøkfjorden. Fra og med stasjon T16 er det 100 m dyp som har de høyeste turbiditetsmålingene, med unntak av stasjon T18 hvor overflatelaget har noe høyere verdier. Variasjonen i dette laget er ikke like stor som ved 30 m.



Figur 22. Turbiditetsmålinger ved 10 m, 30 m, 50 m og 100 m presentert for de vestligste og de ytre stasjonene i Bøkfjorden. Økende stasjonsnummer betyr stasjon ut av fjorden (nordover).

Alle turbiditetsmålingene fra alle dyp er vist i **Figur 23**. Figuren viser, naturlig nok, at utslippsstasjonen har tydelig høyere turbiditet enn de andre stasjonene, og at turbiditeten minker utover fjorden.



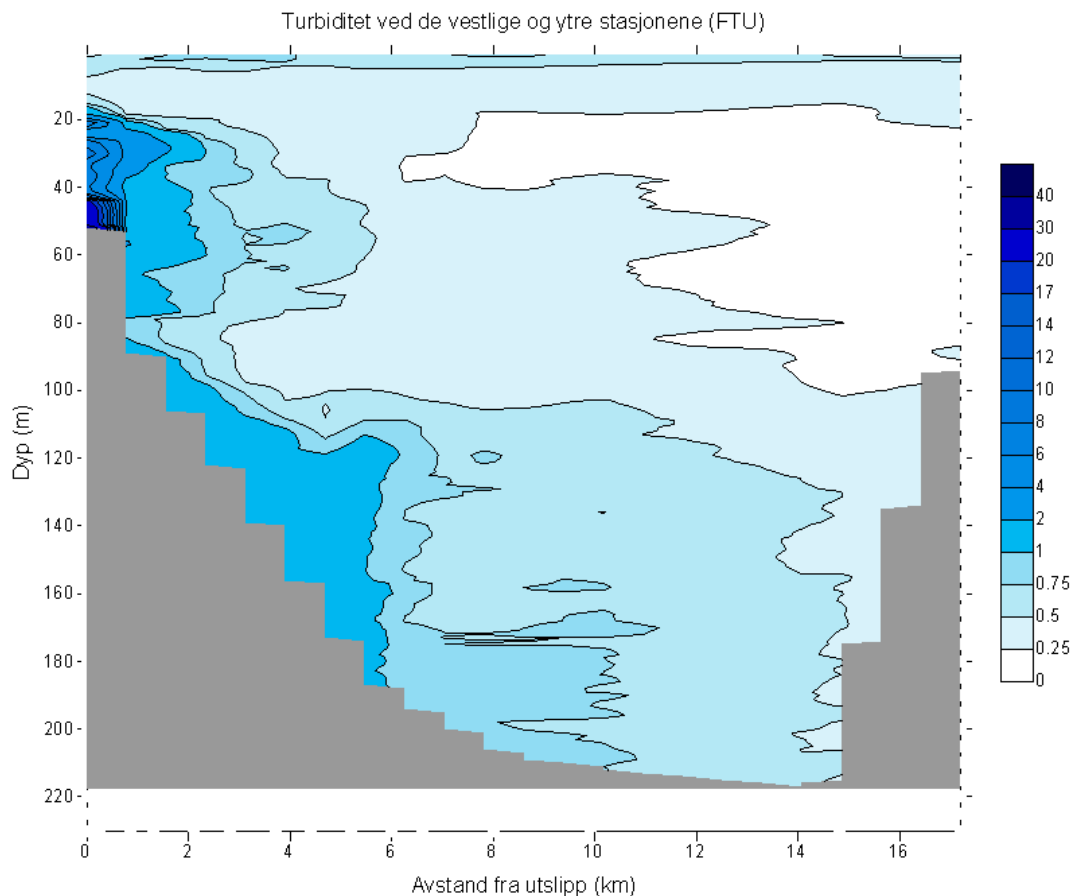
Figur 23. Turbiditetsmålinger ved alle stasjoner og i alle dyp i Bøkfjorden presentert ved avstand fra utslippet hvor 0 km er utslippsstasjonen.

Statistikk over alle turbiditetsmålingene i Bøkfjorden fordelt på ulike dybdeintervaller er vist i **Tabell 4**. Maksimalverdiene var høyest i dybdeintervallet 50-100 m. Generelt er det dybdeintervallet 20-50 m og 100 m - bunn som har de høyeste verdiene (ved 3. kvartil er det likt mellom intervallet 50-100 m og 100 m - bunn), sett bort i fra maksimalverdiene. Det har blitt brukt eksplosiver for å løsne utslippsrøret fra bunnen. Dette kan ha hatt en lokal kortvarig effekt og kan ha bidratt noe til de høye nivået ved bunnen i nærområdet, men er trolig ikke av avgjørende betydning og kan neppe forklare de noe forhøyede verdier dypere enn ca 100 m lenger ut i fjorden (se **Figur 21**).

Tabell 4. Statistikk over alle turbiditetsmålingene i Bøkfjorden.

Dyp (m)	Min	1.kvartil	Median	3.kvartil	Maks
0-20	0.3	0.4	0.5	0.6	4.9
20-50	0.5	0.9	1.5	3.3	27.5
50-100	0.4	0.7	1	1.4	39.9
100-bunn	0.9	1	1.3	1.4	1.5

For å lettere kunne se hvordan partiklene beveger seg horisontalt og vertikalt er hovedmengden av data sammenstilt i **Figur 24**. Figuren viser den horisontale og vertikale fordeling av turbiditet langs et snitt ut fjorden. Her kan en se hvordan partiklene fordeler seg utover i Bøkfjorden. Det ble i 20-80 m dyp observert relativt høye, men avtagende verdier ut til omkring 6 km fra utslippet (stasjon T16, dvs. rett vest for Reinøya). Ved omkring 16 km fra utslippet har vi referansestasjonen T21, som viser verdier omkring 0,25 og 0,5 FTU i overflaten og ned til ca. 20 m. Dette kan vi dermed regne som bakgrunnsverdien i disse lagene. I resten av dypet ved denne stasjonen ble det observert turbiditetsverdier lavere enn 0,25 og ned mot null og antyder at en ikke har noen påvirkning fra utslippet innerst i Bøkfjorden. Sammenstillingen av data i **Figur 24** kan tyde på at deler av avgangen i utslippets nærområde spres som en turbiditetstrøm ved bunnen. Trolig er turbiditeten i dypområdene i den ytre delen av fjorden for liten til å sette opp noen turbiditetsstrøm. Det er imidlertid ikke uvanlig at det i fjorder pga naturlige prosesser opptrer en økning i turbiditet nær bunnen.

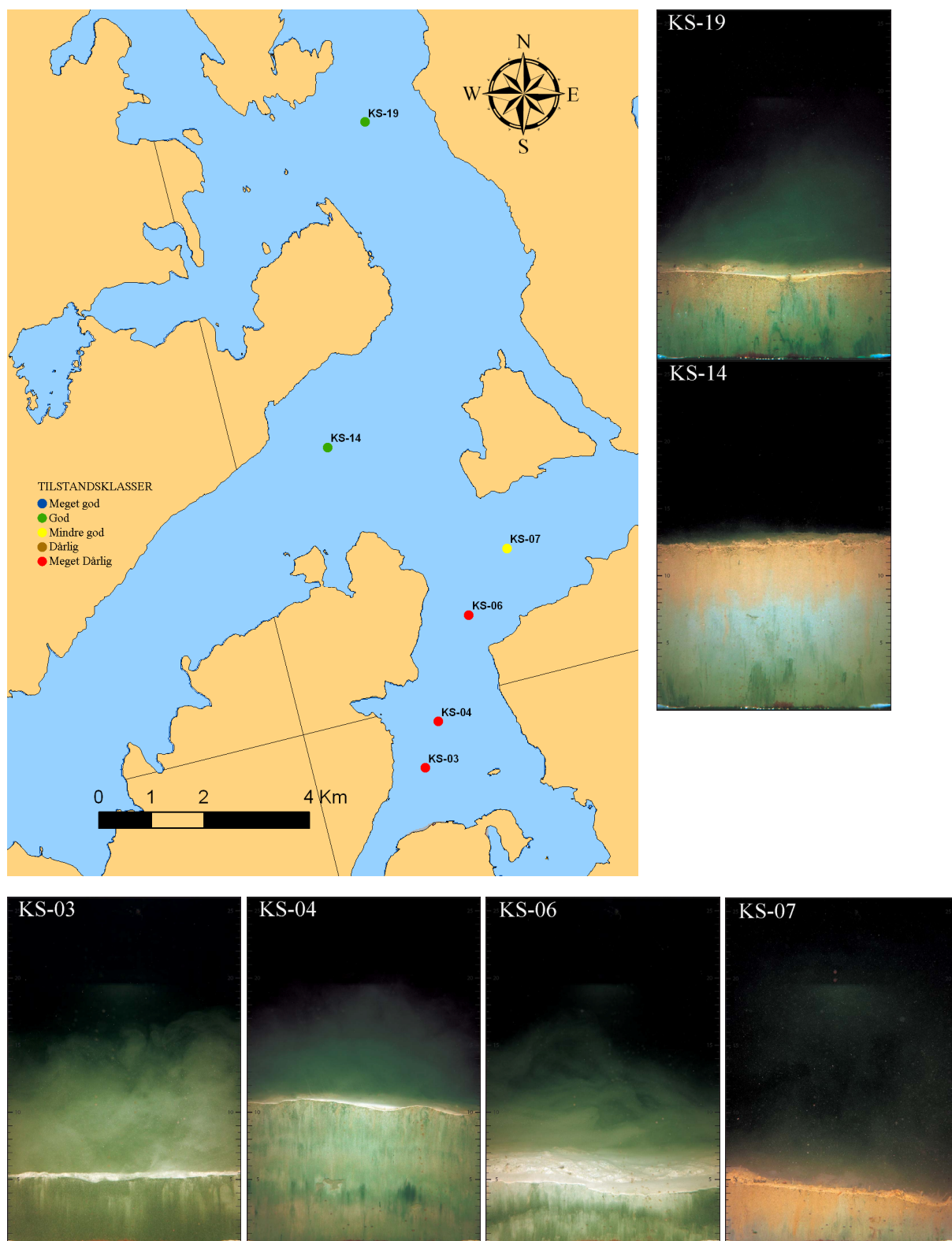


Figur 24. Horisontal og vertikal oversikt over turbiditeten i Bøkfjorden.

3.3 Forholdene på bløtbunn i dypområdene undersøkt med SPI

SPI-undersøkelsen viste at en i 2010 hadde meget dårlige forhold for bløtbunnsfauna fra Kirkenes og ca 4 km nordover (dvs. på stasjon KS-03, KS-04 og KS-06) (**Figur 25**). Dette er et område som også viste turbiditetsverdier rundt ca 2 FTU ved bunnen (se TX1 og T12 i **Figur 21** og T5 i **Figur 17**), dvs klart over bakgrunn. Forholdene var noe bedre på KS-07, men man måtte i 2010 utenfor Reinøy før forholdene kunne karakteriseres som gode (KS-14 og KS-19) med hensyn til bløtbunnsfauna. Turbiditeteten ved bunnen ved KS 7 var ca 0,5 FTU (se T13 i **Figur 20**) og var trolig også i samme nivå eller svakt høyere nær bunnen utenfor Reinøy (**Figur 21**) hvor alle SPI stasjonene lå dypere enn 100 m dvs. under terskeldyp.

Undersøkelsene viser at forholdene for bunnfauna nærmest Kirkenes har forverret seg fra 2007 til 2010 (**Tabell 5**), dvs. etter oppstart av gruvevirksomheten i 2009. Denne forverringen er mest tydelig på stasjonene KS-03, KS-04 og KS-06 hvor en i 2010 har en betydelig lavere BHQ-indeks. En ser også et relativt sterkt innsalg av nyavsatt finpartikulært materiale (avgang) uten infauna (dyr som lever nede i sedimentet) og uten tegn på biologisk aktivitet på disse tre stasjonene. SPI-bildene viser at overflatesedimentet på stasjonene KS-03, KS-04 og KS-06 hadde klart mer biologisk aktivitet i 2007 enn i 2010. Trolig skyldes dette avsetningen av avgang etter at bedriften startet opp i 2009. Kongekrabbe er ansette som en forstyrrende faktor for blant annet bløtbunnsfauna (se kapitel 1.2). I Bøkfjorden og særlig i den indre delen tror vi imidlertid at det er avgangsutslippene som er forklaringen på de dårlige forhold som er observert for bløtbunnsfauna.



Figur 25. SPI-stasjoner med tilstandsklasse(se kart) og bildeeksempler. De øvrige bildene finnes i vedlegg (kapitel SPI-bilder). Fargekoder brukt til klassifisering ses i **Figur 5** (rødt =klasse 5 meget dårlig,, gult=klasse 3 mindre god, grønn= klasse 2 god).

Tabell 5. Gjennomsnittlig tilstandsklasse og BHQ-indeks på de ulike SPI-stasjonene basert på analyse av 2-6 bilder (rådata ses i kapittel 6.4 og 6.5 i vedlegg).

Stasjon	Dy(m)	2007		2010	
		Tilstandsklasse	BHQ	Tilstandsklasse	BHQ
KS-03	80	3	6	5	0
KS-04	109	2	8,8	5	1,75
KS-06	137	2	9,5	5	0,5
KS-07	70	2	9,2	3	5,5
KS-14	201	1	11,3	2	7,67
KS-19	250	2	8,5	2	9

3.4 Forholdene på hardbunn langs land

I de neste 6 avsnitt gis en beskrivelse av observasjonene gjort med ROV på de seks undersøkte lokalitetene. Observasjonene er gjort langs transekt fra overflaten og ned til 35 - 81 m dyp, avhengig av forholdene på den enkelte lokalitet. I kapitlet har en også referert til resultater fra turbiditetsmålinger gjort på de turbiditetsstasjonene som ligger nærmest hver av de seks ROV-lokalitetene. En skal imidlertid være klar over at selv om en har noe høy turbiditet i et bestemt dyp så behøver ikke nedslammingen av bunnen å være tilsvarende høy. Dette har sammenheng med at graden av nedslamming også bestemmes av strømforholdene. Ved sterk strøm kan nedslammingen være minimal selv om en har høy turbiditet.

I slik sammenheng opererer en ofte med 3 hovedtyper av bunn:

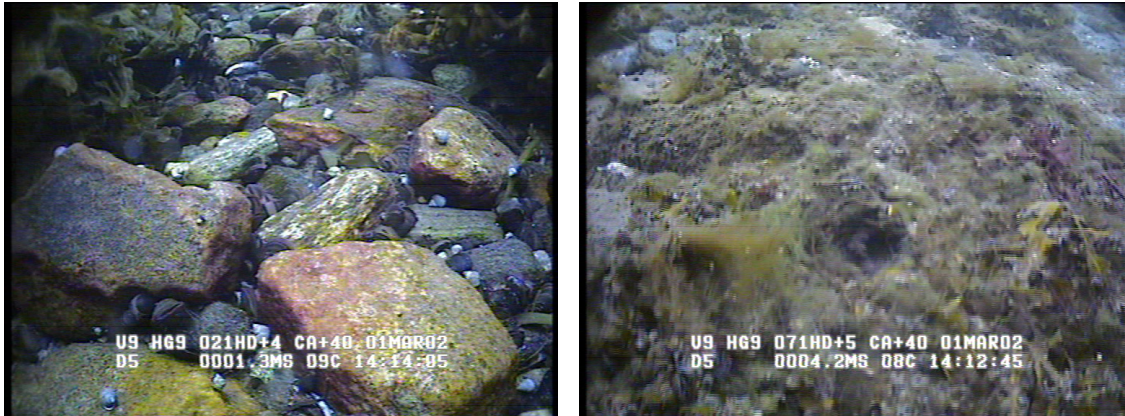
- Akkumulasjonsbunn – bunn hvor strømmen er såpass lav at en har netto sedimentering
- Erosjonsbunn - bunn hvor strømmen er såpass høy at partiklene ikke sedimenterer, men hvor strømmen ser såpass høy at den eroderer partikler fra bunnen
- Transportbunn – bunn hvor partikler verken sedimenteres eller eroderes. Slik bunn opptrer der en har hardt substrat, mye strøm og eventuelt også bratt terreng.

Det er vanskelig å gjenkjenne og skille arter fra hverandre på videoopptakene. Registreringene fra filmene blir derfor ofte notert som morfologiske grupper som f.eks. ”trådformete alger”, eller grovere taksonomiske grupper som f.eks. snegl. Der hvor det registreres organismer som likner på en art/slekt men hvor det ikke kan sies med sikkerhet om det er den arten/slekten, noteres observasjonen som cf arts/slektsnavnet. cf kan da oversettes med ”likner på”.

3.4.1 ROV 1

Stasjonen lå ca 650 m fra utslippspunktet, Transektet gikk fra 0 - 48,1m.

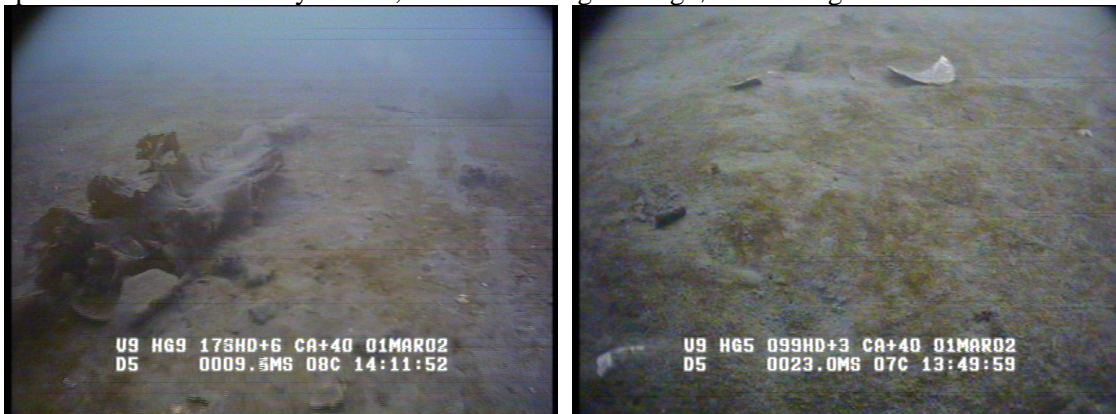
Øverste 2 m. Svakt skrånende fjellbunn med store stein (**Figur 26**, venstre). Grisetang (*Ascophyllum nodosum*), blæretang (*Fucus vesiculosus*) og sagtang (*Fucus serratus*) veksler mellom å være dominerende. Tangen er frisk og fin ut; det er lite epifytter (påvekstorganismer) på tangen. Det er spredte forekomster av snegl (*Littorina sp.*), og tomme muslingskall. Ingen sedimentering.



Figur 26. Bilder av bunnen på 1,3 (venstre) og 4,2 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROVI.

2 - 9 m. Fra rundt 2 m kommer det inn mer trådformete alger (lurv) (**Figur 26**, høyre), søl (*Palmaria palmata*) og vanlig kjerringhår (*Desmarestia aculeata*). Bunnen går over til mer sandbunn med noe stein. Fra ca 5 m er det en svakt skrånende bløtbunn med småstein. Det er vanlig med lurv og spredt med vanlig kjerringhår.

9 - 25 m. Fra ca 9 m observeres det spredte forekomster med sukkertare (*Saccharina latissima*) (**Figur 27**, venstre), tomme muslingskall, vanlig kjerringhår og blekker (*Phyllophora sp.*). Bløtbunnen er relativt fast og ser ut til å ha et belegg med kiselalger (brunt belegg) på. Dette fortsetter ned til ca 15 m dyp. Dypere er det lite liv (**Figur 27** høyre). Det ble kun observert noe kiselalgebelegg på bløtbunnen, spredte forekomster av hydroider, tomme muslingskall og løsrevet tang ned til ca 25 m.



Figur 27. Bilder av bunnen på 9,5 (venstre) og 23 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROVI

25 - 28 m. Fra 25 til 48 m ble det observert svakt skrånende bløtbunn med lite synlig liv (**Figur 28**). Turbiditetsmålingene på en nærliggende stasjon (T1) viste relativt høye turbiditetsverdier (maksimalverdi verdi 4,5 FTU, se **Figur 16**) i dyp på 25 - 45 m, og kan være en medvirkende årsak til at en observert lite synlig liv fra 25 - 48 m. Noen koljer (*Melanogrammus aeglefinus*) ble imidlertid observert på ca 35 m dyp.

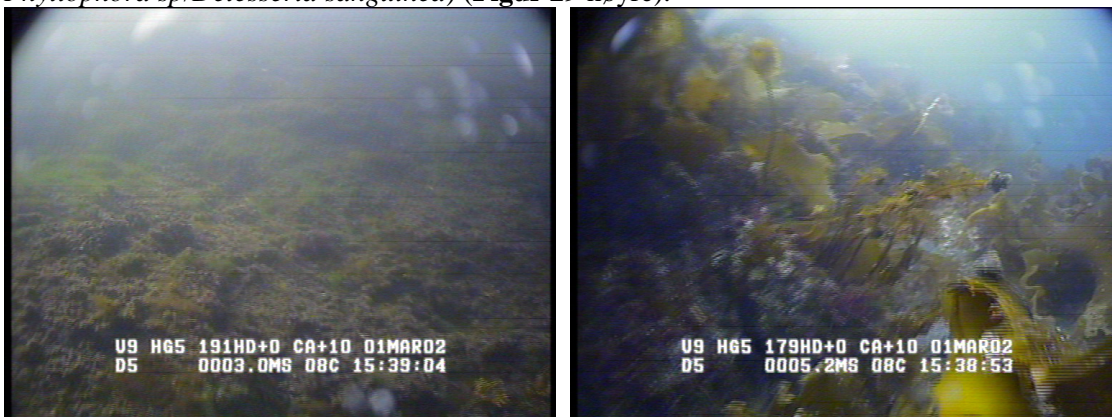


Figur 28. Bilder av bunnene på 28,8 (venstre) og 48 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 1.

3.4.2 ROV 2

Stasjonen lå 2,7 km fra utslippspunktet. Transektet gikk fra 0 – 81,2 m.

Øverste 5 m. I den øverste meteren er det svakt skrånende fjell med lite/ingen sedimentering. Grisetang og blæretang er vanlig, og det er spredte forekomster av lurv (diverse trådformete alger). Mot 3 m forsvinner tangen og lurven blir dominerende (**Figur 29** venstre). Det er vanlig med blåskjell (*Mytilus edulis*) og grønnalger som sannsynligvis er arten havsalat (*Ulva lactuca*). Mot 5 m blir bunnen mer skrånende. Det er fremdeles fjell og steinbunn med lite sedimentering; sukkertare blir vanlig og det er spredte forekomster av butare (*Alaria esculenta*) og diverse rødalger (bl.a. cf *Phyllophora sp/Delesseria sanguinea*) (**Figur 29** høyre).



Figur 29. Bilder av bunnen på 3 (venstre) og 5,2m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV2.

5 - 35 m. Ned til ca 15 m dyp er det skrånende steinbunn/fjell med noe sediment/sand. Sukkertare er vanlig og det er spredt med småfisk og diverse rødalger (cf *Delesseria sanguinea* og *Phyllophora sp*). Fra 15 m er det lavere forekomst av sukkertare (**Figur 30**), men den blir registrert i spredte forekomster ned til ca 26 m. Fra ca 30 m er det ingen opprette alger, med ett unntak: på 33 m blir det observert en enkelt sukkertare som ser ut til å være fastsittende, ellers observeres det kun skorpeformede rødalger (cf *Lithothamnion sp*).



Figur 30. Bilder av bunnen på 18,1 (venstre) og 26,5m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV2.

35 - 45 m. Svakt skrånende bløtbunn med småstein og noen større stein. Det er spredte forekomster av tomme muslingkall og skorpeformede rødalger (**Figur 31**, høyre) og svært spredte forekomster av anemoner (**Figur 31**, venstre), oransje og gul svamp, og oransje skorpeformet mosdyr på stein.



Figur 31. Bilder av bunnen på 38,5 (venstre) og 39,4m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV2.

45 - 70 m. Sterkt sedimentert, skrånende fjell anemoner (**Figur 32**, venstre). Det er spredt med tomme skall og anemoner (**Figur 31** venstre). Fra rundt 55 m observeres det spredte forekomster av blå, hvite og gule skorpeformete svamper, hydroider og kalkrørsmark (**Figur 32**, høyre).



Figur 32. Bilder av bunnen på 56,1 (venstre) og 67,4m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV2.

70 – 81,2 m. Svakt skrånende bløtbunn med stein. Det kan være vanskelig å registrere bunntyper ved å se på undervannsfilmene. Selv om det ser ut til å være bløtbunn, kan det muligens være svært

nedslammet fjell (**Figur 33**). Det observeres svært spredte forekomster av noe som likner kålrabisvamp (cf *Geodia baretii*) (**Figur 33**, venstre), og spredte forekomster av hydroider, kalkrørsmark og anemoner (**Figur 33**, høyre). Det er vanskelig å koble observasjonene fra ROV kjøringen (nedslammingsgrad) til turbiditetsmålingene foretatt på T7.

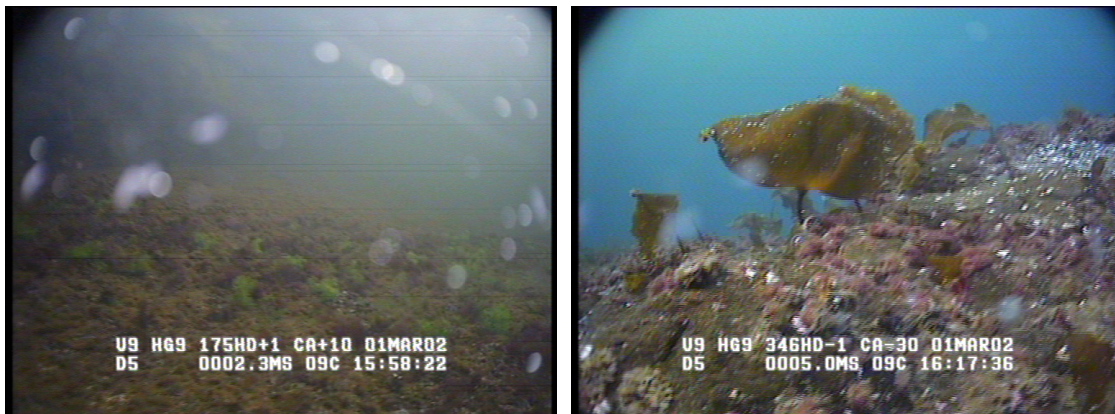


Figur 33. Bilder av bunnen på 70,8 (venstre) og 81,4 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV2.

3.4.3 ROV3

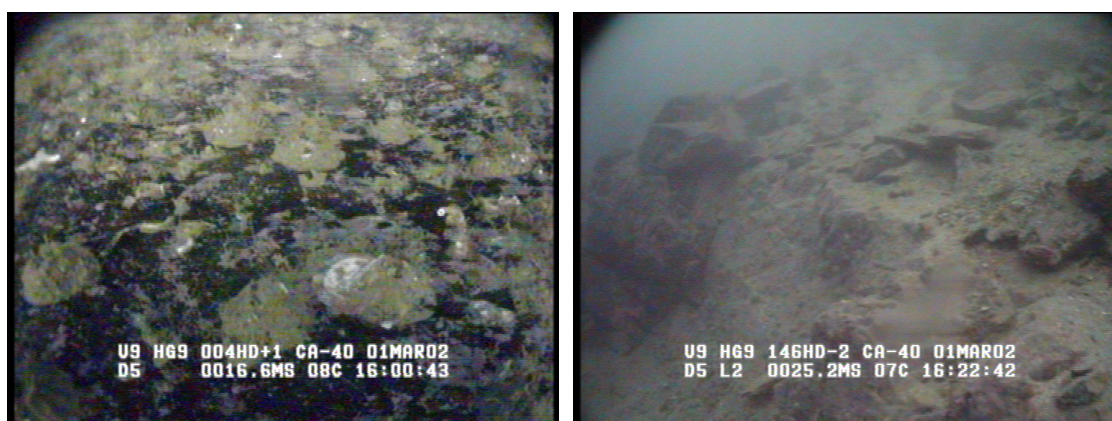
Stasjonen lå 3,5 km fra utslippspunktet. Transektet gikk fra 0 – 62,1 m

Øverste 5 m. Skrånende fjell med lite/intet sediment. I den øverste meteren er det spredt med blæretang, rur (*Balanus spp*) og trådformede alger (lurv). Mot 2 m dyp begynner lurv og bli mer dominerende. Det er også vanlig med blåskjell (*Mytilus edulis*), og spredt med stortare (*Laminaria hyperborea*), diverse røde buskalger (bl.a. cf *Ceramium spp* og cf *Polysiphonia spp*), og havsalat. Mot 5 m dyp blir forekomsten av lurv lavere; kun spredte forekomster på 5 m dyp (**Figur 34**).



Figur 34. Bilder av bunnen på 2,3 (venstre) og 5 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV3.

5 – 30 m. Skrånende fjellbunn med noe sediment. Ned til ca 8 m dyp er det spredte forekomster av sukkertare, stortare, diverse rødalger (bl.a. cf *Delesseria sanguinea*, cf *Phyllophora sp.*), skorpeformete rødalger og blåskjell. På deler av fjellet er det dominerende med sedimentering/sand. Det observeres generelt få organismer dypere enn 10 m dyp. Den opprette algevegetasjonen (diverse rødalger) slutter på ca 27 m dyp. Det er vanlig med skorpeformete rødalger, og det observeres også noe mosdyr og rur. Sedimenteringer er spredt på 12 m, men blir mer og mer vanlig i dypet (**Figur 35**, høyre). På 28 m er sedimentering vanlig/dominerende. Økende nedslamming med dypet er i tråd med at en på stasjon T11 (nærmeste stasjon til ROV3) observerer økende turbiditet fra 20-60 m (**Figur 19**).



Figur 35. Bilder av bunnen på 16,6 (venstre) og 25,2 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV3.

30 – 62,1 m. Skrånende/bratt fjellbunn med dominerende sedimentering (**Figur 36** og **Figur 1**). Det ble observert spredte forekomster av sjønellik (*Metridium senile*) (**Figur 36**, venstre), anemoner, hvit og gul skorpefomet svamp, kalkrørsmark og rur (**Figur 37**).



Figur 36. Bilder av bunnen på 33,6 (venstre) og 46,7 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV3.

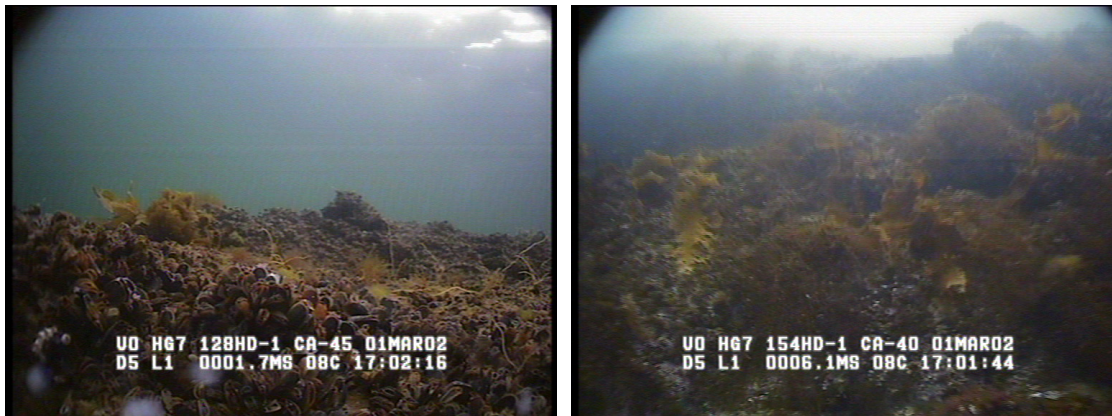


Figur 37. Bilder av bunnen på 57,6 (venstre) og 62 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV3.

3.4.4 ROV 4

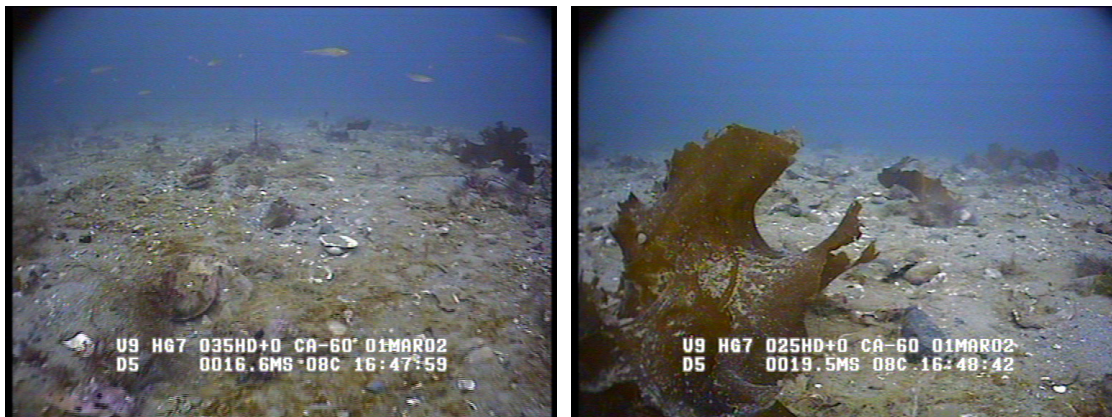
Stasjonen lå 4,6 km fra utslippspunktet. Transektet gikk fra 0 – 52,5 m

Øverste 5 m. Svakt skrånende fjell uten sedimentering. Dominerende forekomst av lurv. Blåskjell er dominerende/vanlig fra 1,5 til 2,5 m dyp (**Figur 38**, venstre). Spredte forekomster av sagtang og rur observeres ned til ca 4,4 m dyp. På ca 4,5 m kommer det inn spredte forekomster av sukkertare (**Figur 38**, høyre).



Figur 38. Bilder av bunnen på 1,7 (venstre) og 6,1m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV4.

5 – 35 m. Svakt skrånende fjellbunn, med lite sedimentering, ned til ca 14 m dyp. På 10 m kommer det inn mer sand og stein på fjellbunnen, og fra 14 m går bunnen over til å bli en svakt skrånende sandbunn med noe småstein (**Figur 39**). Det virker å være et belegg med kiselalger på sanden (brunt belegg). Lurv er vanlig/dominerende ned til 6 – 7m, og spredt videre ned til ca 15 m dyp. Spredte forekomster av sukkertare, bortsett fra på 10 m hvor den var vanlig (**Figur 39**, høyre). Fra 10 m er det spredt med diverse rødalger (bl.a. cf *Delesseria sanguinea*, *Phyllophora* sp og cf *Lithothamnion* sp). Det ble observert en kråkebolle på 10,6 m dyp. Vanlig kjerringhår viste spredt forekomst fra 6 – 10 m. Spredte forekomster med tomme muslingskall fra ca 20 m dyp. På 31,5 m ser det ut til å være ett par fastsittende sukkertarestilker, ellers er det ingen opprette alger til stede.



Figur 39. Bilder av bunnen på 16,6 (venstre) og 19,5m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV4.

35 – 52,5 m. På ca 35 m dyp kommer fjellbunnen tilbake. Det er dominerende med sediment/sand og spredt med tomme muslingskall på fjellet. Det observeres lite liv; kun spredte forekomster av skorpeformete rødalger. På 41,5 m dyp ble det observert noe som liknet en trollkrabbe (kan ikke sies med sikkerhet pga. dårlig bilde). På rundt 45 m dyp endres bunnen til en svakt skrånende bløtbunn. Som nevnt tidligere kan det være vanskelig å bestemme bunntypen ut ifra filmer, så det er mulig at det fremdeles er nedslammet fjellbunn. Det er svært lite synlig liv. Det er spredt/vanlig forekomst av tomme muslingskall, og fra ca 50 m er det dominerende (**Figur 40**).

Ingen tydelig nedslamming ble observert på hardbunnen i de øverste 14 m av vannsøylen. Det er heller ingen tydelige tegn på nedslamming på sukkertarebladene. Det er vanskelig å avgjøre i hvilken grad det sedimenterte fjellet fra 35 m dyp, og bløtbunnen fra 45 m var påvirket av avgang. Det store innslaget av tomme skjell (**Figur 40**) tyder på at det ikke er noen massiv nedslamming. Turbiditetsmålingene på en nærliggende stasjon (T14, se **Figur 20**) viser imidlertid en turbiditetstopp på ca 50 m dyp.



Figur 40. Bilder av bunnen på 40,7 (venstre) og 51,8 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 4.

3.4.5 ROV 5

Stasjonen lå 6,1 km fra utslippspunktet. Transektet gikk fra 0 – 62,9 m dyp.

Øverste 2 m. Svakt skrånende fjell og steinbunn. I den øverste meteren er det dominerende med trådformede alger (lurv), men også spredt med søl, snegl (cf *Littorina spp*) og havsalat (**Figur 41**). På 2 m dyp kommer det inn spredte forekomster med sukkertare. Det er lite/ingen nedslamming her.

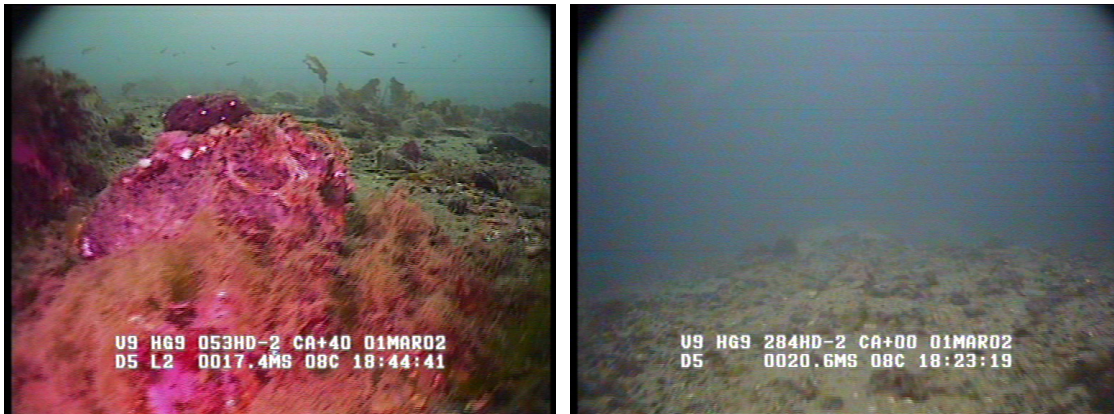


Figur 41. Bilder av bunnen på 0,1 (venstre) og 0,4 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 5.

2 - 14 m. Mellom 2 og 14 m var filmen svært dårlig. Det ble stort sett filmet ut i vannmassene, så det ble ikke gjort noen registreringer mellom disse dypene.

14 – 30 m. På 14 – 16 m dyp er det skrånende sand og steinbunn, og sukkertare er vanlig/spredt. Det observeres spredte forekomster av diverse rødalger (bl.a. cf *Delesseria sanguinea*, cf *Phyllophora sp* og cf *Lithothamnion sp*). På rundt 17 m blir bunnen mer steinete, og røde skorpeformete kalkalger er vanlig. Det observeres spredte forekomster av kalkrørsmark, småfisk og diverse rødalger (bl.a. cf *Delesseria sanguinea*, cf *Phyllophora sp.*), og svært spredte forekomster av stortare (**Figur 42**, venstre). Det er svært spredte forekomster av sukkertare mellom 17 til ca 23 m dyp. På rundt 20 m

virker det som bunnen består av stein og sand på fjellbunn (**Figur 42**, høyre). Fra ca 30 m dyp er det ingen opprette alger.



Figur 42. Bilder av bunnen på 17,4 (venstre) og 20,6 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 5.

30 – 50 m. Svakt skrånende fjellbunn, med dominerende forekomst av sediment/sand. Det observeres spredte forekomster av røde skorpeformete kalkalger og oransje skorpeformete mosdyr. På rundt 31 m dyp endres bunnen fra fjell til svakt skrånende sandbunn med stein. Og på ca 40 m dyp er det mer store stein med sand og sediment. Det er lite synlig liv; kun spredte forekomster av røde skorpeformete kalkalger og kalkrørsmark (**Figur 43**).



Figur 43. Bilder av bunnen på 46,4 (venstre) og 47,9 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 5.

50 – 62,9 m. Svakt skrånende steinbunn med vanlig/dominerende grad av sedimentering (**Figur 44** og **Figur 45**). Det observeres spredte forekomster av kalkrørsmark, sjønellik, hydroider og mosdyr (**Figur 44**, venstre og **Figur 45**, venstre). Fra rundt 60 m observeres kun spredte forekomster av tomme skall, 2 koljer og noe som likner på en død trollkrabbe (**Figur 45**, høyre)

Det er vanskelig å avgjøre i hvilken grad sedimentet på steinbunnen (**Figur 45**) skyldes avgangspartikler. Nedslammingen er uansett ikke massiv. Turbiditetsmålingene på en nærliggende stasjon (T15, se **Figur 21**) viser økende turbiditetsverdier fra ca 20 til ca 50 m dyp.



Figur 44. Bilder av bunnen på 57,4 venstre) og 58,6 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 5.



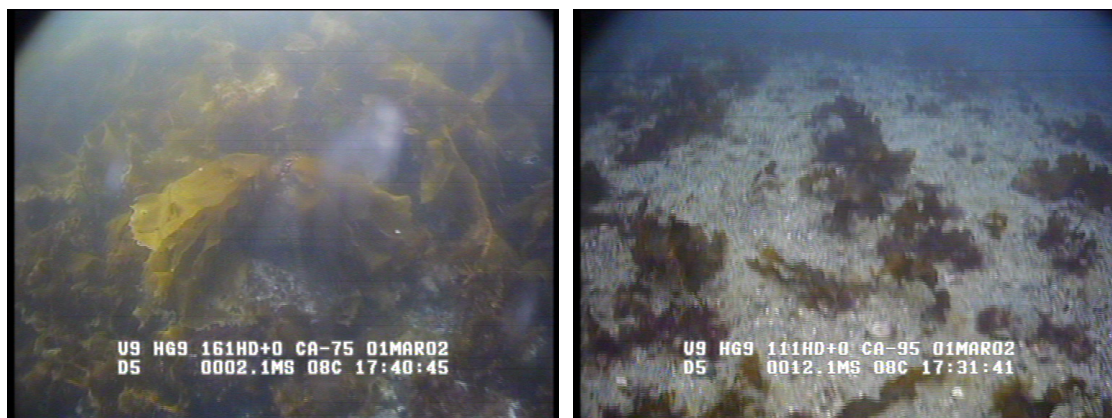
Figur 45. Bilder av bunnen på 59,6 venstre) og 61,1 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 5.

3.4.6 ROV 6

Stasjonen lå 8,8 km fra utslippspunktet. Transektet gikk fra 0- 35,2 m dyp.

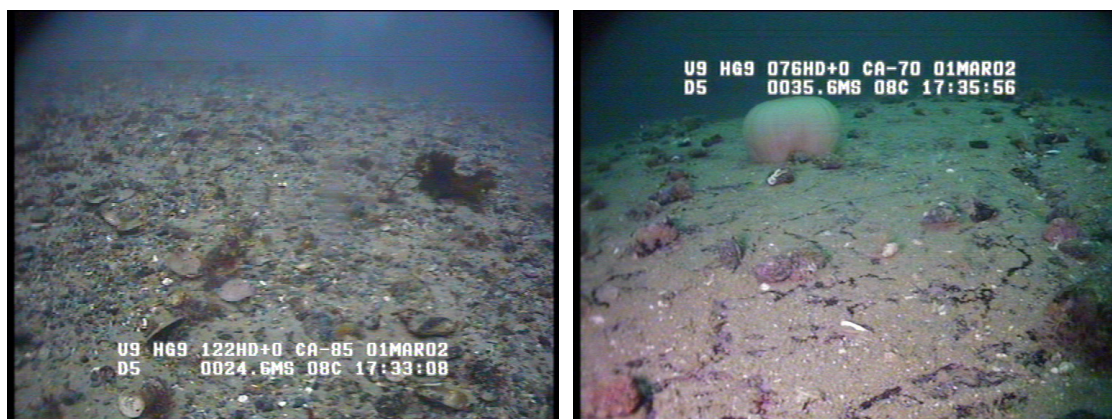
Øverste 5 m. Skrånende/svakt skrånende fjellbunn uten sedimentering. På ca 2 m dyp endres bunnen til å bestå hovedsakelig av stein. I den øverste meteren er det vanlig/dominerende forekomst av søl, og spredte forekomster av havsalat, snegl og bendelsleipe (cf *Dumontia contorta*). Fra 1 m dyp er det vanlig med stortare, og spredt med sukkertare og butare (**Figur 46** venstre).

5 – 20 m. På ca 5 m dyp går bunner over til svakt skrånende sandbunn med stein. Stortare og butare forsvinner, mens sukkertare blir vanlig (**Figur 46** høyre). Det er også spredte forekomster av vanlig kjerringhår og diverse rødalger (bl.a. cf *Delesseria sanguinea*, cf *Phyllophora* sp). På ca 15 m blir forekomsten av sukkertare noe lavere; spredt.



Figur 46. Bilder av bunnen på 2,1 venstre) og 12,1 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 6.

20 – 35,2 m. På ca 30 m dyp går det fra sand til svakt skrånende fjellbunn. Det observeres svært spredte forekomster av sukkertare ned til ca 29 m dyp (**Figur 47**, venstre). Fra ca 30 m er det ingen opprette alger, men spredte forekomster av røde skorpeformede kalkalger, kalkrørsmark og enkeltvis med sjønellik nedover til 35 m. Sedimentering er vanlig/dominerende (**Figur 47**, høyre).



Figur 47. Bilder av bunnen på 24,6 (venstre) og 35,6 m dyp (høyre) i transektet på stasjon ROV 6.

Sedimentet på steinbunnen på rundt 36 m dyp skyldes trolig i liten grad sedimentering av avgang (**Figur 47**). Nedslammingen er uansett ikke massiv. Turbiditetsmålingene på en nærliggende stasjon (T18, se **Figur 21**) viser relativt lave turbiditetsverdier i de dyp hvor ROVen ble kjørt.

3.5 Forekomst av akrylamid

Resultatene viser at alle vannprøver inneholder mindre enn 0,02 µg/L med akrylamid (nedbrytningsprodukt av Magnafloc 10) og alle sedimentprøvene mindre enn 0,5 µg/g akrylamid (**Tabell 6** og **Tabell 7**).

Til sammenligning kan det nevnes at grenseverdi for kroniske effekter i vann (PENEC-verdi) er beregnet å være ca 20 µg/L (EU, 2002) dvs. 3 størrelsesordner høyere enn deteksjonsgrensen på 0,02 µg/L. Resultatene tyder derfor på at akrylamid ikke utgjør noe miljøproblem i resipienten. Dette er også bekreftet ved giftighetstester utført på avgangen fra bedriften (Berge et al. 2010).

Tabell 6. Resultater fra analyse av akrylamid i vannprøver fra Bøkfjorden.

Stasjon	Konsentrasjon av akrylamid (µg/L)
T1	<0.02
T2	<0.02
T8	<0.02
T14	<0.02
T16	<0.02

Tabell 7. Resultatene fra analyse av akrylamid i sedimentprøver fra Bøkfjorden. Tørstoffinnhold (TTS), andelen av sedimentet med en kornstørrelse mindre enn 63 µm, og total mengde organisk karbon i sedimentet er også vist.

Stasjon	Akrylamid (µg/g)	TTS (%)	Kornstørrelse (<63µm fraksjon i %)	Total mengde organisk karbon (µg C/mg TS)
KS 03	<0.5	74.8	47	<1.0
KS 04	<0.5	68.1	98	<1.0
KS 06	<0.5	74.3	67	<1.0
KS 14	<0.5	37.5	91	17.4

4. Konklusjoner

I Bøkfjorden er det ingen markert terskel før en kommer 15-17 km ut fra Kirkenes. I dette området grunner fjorden opp i en terskel på ca 100 m som begrenser vannskiftningen mellom de dypere deler av Bøkfjorden og Varangerfjorden utenfor. Partikler som synker dypere enn ca 100 m før de når ut til terskelen vil i hovedsak forblir inne i Bøkfjorden og sedimenterer der.

I det øvre vannlaget (0-6 m) i Bøkfjorden er det mye ferskvann og sterk sjiktning. Under dette brakkvannslaget (fra 7-8 m) øker saltholdighet sakte (33.62-34.02) ned til bunn (34.33-34.45). Også vannets tetthet øker sakte fra omkring 7-8 m og ned til bunn, hovedsaklig styrt av saltholdigheten.

Den lave turbiditeten som ble observert i sjøvann med lav saltholdighet tyder på at Pasvikelven i september 2010 bidro lite til partikkelmengden som ble observert i sjøvannet i Bøkfjorden.

Utslippet av avgang går normalt ut på 28 m dyp i et område med et totaldyp på ca 50 m. På et visst tidspunkt (mars/april, men mulig allerede tidligere) sviktet imidlertid utslippsledningens oppheng og ledningen falt ned på bunnen og utslippet gikk deretter ut i ca 52 dyp. Denne situasjonen vedvarte til utslippsledningen ble reparert 5/9-2010 slik at utslippet igjen gikk ut i ca 28 m dyp.

Endringene i utslippsdyp introduserer en usikkerhet med hensyn til hvilken grad registreringene representerer en situasjon som er typisk for SGs normale utslippsarrangement med et utslipp på 28 m.

4.1 Turbiditet

Vi tror at de avvikende utslippsforholdene har hatt relativt liten effekt på det hovedbilde (se **Figur 24**) en har fått på fordelingen av partikler i indre del av Bøkfjorden, men kan i teorien ha ført til at turbiditeten lenger ut er svakt underestimert i ca 20-50 m dyp og overestimert i større dyp. Nye turbiditesmålinger bør derfor gjennomføres etter en periode med stabil drift med ordinært utslippsarrangement.

Bakgrunnsverdien for turbiditet i Bøkfjorden lå i september 2010 i nærheten av 0,5 FTU, som tilsvarer en partikkelmengde på ca 0,5 mg /L.

Turbiditeten var relativt lav i overflatelaget i hele fjorden og relativt lik det som ble observert på referanselokaliteten (T21) i Varangerfjorden (**Figur 21**, **Figur 24**). Selv rett ved utslippunktet var turbiditeten relativt lav i overflatelaget (**Figur 15**).

Nær utslippet ble det observert flere turbiditetsmaksima mellom 20 og 40 m (maksimalverdi opp mot 10 FTU). Fra ca 40 meter ved utslippunktet og ned mot bunnene på knappe 60 m økte turbiditeten kraftig til ca 40 FTU (dvs. en partikkelmengde tilsvarende ca. 40 mg/L) pga. massiv tilførsel av avgangspartikler. Den høye turbiditeten ved bunnen kan ha delvis sammenheng med bruk av eksplosiver for å få løs avgangsledningen i uken før feltarbeidet ble gjennomført, men er likevel svært lav i forhold det som teoretisk vil kunne opptre nær utslippet (anslagsvis 52,0 g/L ved 10 x fortykning av primærutslippet).

De observerte maksimale turbiditetsverdiene/partikkelmengdene i vannet er lave i forhold til det som er kjent om grenseverdier for effekter på fisk og skjell (Dahle et al, 2008).

Avgangspartiklene synker mer og mer ut av vannmassene over terskelnivå (dvs. ca 100 m) dess lenger en kommer ut i fjorden (**Figur 24**). Utenfor stasjon 15 (5,2 km fra utslippet) ses ikke lenger noen tydelige turbiditetsmaksimum i de øvre 100 m. Mesteparten av avgangen havner trolig innenfor Reinøy, men selv på stasjon 18 og 19 (8-10 km fra utslippspunktet) ble det i dyp større enn ca 100 m observert turbiditetsverdier over 0,5 FTU (**Figur 21, Figur 24**), noe som kan tyde på en viss avgangspåvirkning også der. Resultatene kan tyde på at deler av avgangen spres som en turbiditetstrøm ved bunnen (**Figur 24**).

Generelt var det under overflatelaget noe høye turbiditets verdier i forhold til bakgrunnsnivå på stasjonene T1-T2-T3 (henholdsvis 0,25, 0,95 og 1,5 km fra utslippet) og spesielt mellom 20 og 50 m dyp med en maksimalverdi på ca 4,5 FTU (**Figur 16**). I 25-50 m dyp var det en tendens til økende verdier fra T1 til T3. Dette har trolig sammenheng med at T1 ligger nærmest utslippspunktet. På den dypeste stasjonen (T3) ble det observert en viss økning i turbiditet nederst i vannsøylen (85-95 m). Sterk sedimentasjon og fortykning i utslippets nærområde er trolig hovedgrunnen til at en selv nær utslippet observerer partikkelmengder som er langt lavere enn det en forventer i selve primærplumen.

Registreringene av turbiditet i et tverrsnitt noe lenger nord (T4-T5-T6, henholdsvis 1,3, 1,5 og 2,1 km fra utslippspunktet) viser at utslippet fører til forhøyet turbiditet i dyp større enn 10-20 m med en maksimalverdi på ca 2,7 FTU (**Figur 17**). Også i dette snittet er det den vestlige stasjonen hvor en har høyest turbiditet. Noe høy verdier i forhold til bakgrunn ble også observert dypere enn ca. 50 m, spesielt for stasjon T4 og T6 med verdier over 1 FTU. Det ble observert en viss økning i turbiditet nederst i vannsøylen (90-100 m dyp) på de to dypeste stasjonene.

Turbiditetsprofilene i tverrsnittet T7-T8-T9 (henholdsvis 2,1, 2,3 og 2,5 km fra utslippspunktet) (se **Figur 18**) viste på mange måter samme forløp som i stasjonene lenger sør (**Figur 17**), men med litt lavere turbiditetsverdier. På grunn av større dyp i dette området (T8 og T9) gikk profilene noe dypere og avslørte økende turbiditet fra ca 80 m dyp og ned mot ca. 115 m dyp.

Også stasjonene T10 og T11 viste på mange måter samme forløp med hensyn til turbiditet (se **Figur 19**) som ved stasjonene lenger sør (**Figur 17** og **Figur 18**), men profilene strakte seg ennå dypere og avslørte en økning i turbiditet fra ca. 95 m dyp og ned mot dypeste registrering som her var ca 130 m.

På T13 og T14 (5 og 4,4 km fra utslippspunktet) ble det observert et maksimum i turbiditet rundt 50 m (**Figur 20**). På den dypeste stasjonen (T14) ble det som på de øvrige dypstasjonene lenger inn i fjorden observert en klar turbiditetsøkning fra ca 100 m dyp og ned til ca 130 m. Fra 130 -150 m dyp varierte turbiditeten mellom ca 1 og 1,4 FTU (**Figur 20**) uten at det var noen klar økning med dypet.

I området utenfor Reinøy (T16, T17, T18, T19 og T20, henholdsvis 6,0, 6,6, 8,0, 9,9 og 14,8 km fra utslippet) er turbiditeten i de øvre 70 m av vannsøylen lav (< 0,5 FTU), relativt lik det som ble observert ute i selve Varangerfjorden ved stasjon T21 (**Figur 21, Figur 24**) og en kan ikke se noen spor av utslippet til SG. Mellom 80 og 110 m øker imidlertid turbiditeten, og mest ved den innerste av disse stasjonene (dvs. T16). For noen av stasjonene iden ytre delen av fjorden (T16-T19) er det i den dypere deler noe høyere turbiditet enn ved stasjonen T20 lenger ute. Dette kan tolkes i retning av at utslippene til SG kan spores i alle fall ut til stasjon 19 (ca 10 km fra utslippet) i dypvannet i Bøkfjorden.

4.2 Forholdene på bløtbunn i dypområdene

Stasjonen nærmest utslippet (KS-03) ligger på 80 m dyp og ca 650 m fra utslippspunktet. Vi tror at de avvikende utslippsforholdene ikke har medført endringer i miljøtilstanden på de besøkte stasjoner ut over det en ville ha sett dersom utslippet hele tiden hadde vært i 28 m dyp.

Undersøkelsen viste at en i 2010 hadde meget dårlige forhold for bløtbunnsfauna fra Kirkenes og ca. 4 km nordover (dvs. på stasjon KS-03, KS-04 og KS-06) (**Figur 25**). Forholdene var noe bedre 1 km lenger ut (KS-07), men man måtte i 2010 utenfor Reinøy (KS-14 og KS-19, henholdsvis 7 og 8,6 km fra utslippspunktet) før forholdene kunne karakteriseres som gode med hensyn til bløtbunnsfauna.

Undersøkelsene viser at forholdene for bunnfauna nærmest Kirkenes har forverret seg fra 2007 til 2010 (**Tabell 5**), dvs. etter oppstart av gruvevirksomheten i 2009. Denne forverringen er mest tydelig på stasjonene KS-03, KS-04 og KS-06 hvor en i 2010 har en betydelig lavere BHQ-indeks.

4.3 Forholdene på hardbunn langs land

Hardbunnsorganismene i overflatelaget synes ikke å være nedslammet av gruveavgang. De øverste par meterne på alle stasjonene har frisk og fin algevegetasjon med lite/ingen sedimentering. I dypene med dominerende – spredt forekomst av algevegetasjon (stort sett 0 – 20/30 m) var det lite sedimentering.

På stasjonen nærmest utslippet (ca. 650 m fra utslippspunktet) var det bløtbunn fra rundt 5 m dyp. Det er vanskelig å avgjøre om bunnen er påvirket av avgang. Det ble målt noe høye turbiditetsverdier i forhold til bakgrunnsverdier (maksimalverdi verdi 4,5 FTU, se **Figur 16**) i dyp på 25 - 45 m og kan være en medvirkende, men trolig ikke avgjørende grunn til at en observerte lite synlig liv fra 25 - 48 m.

På stasjon 6, som er stasjonen lengst unna utslippspunktet (8,8 km) ble det registrert sterkt nedslammet fjellbunn dypere enn ca 30 m. Turbiditetsmålingene på en nærliggende stasjon (T18, se **Figur 21**) viste relativt lave turbiditetsverdier i de dypene hvor ROVen ble kjørt. Turbiditetsmålingene fra september gir derfor ikke holdepunkter for at sedimenteringen på fjellet her skyldes avgang.

De resterende 4 stasjonene har av en blanding av fjell, stein, sand og bløtbunn. Under 30 m dyp var det stort sett sterkt sedimentert fjellbunn. Turbiditetsmålingene fra de nærliggende stasjonene viste varierende verdier, så det er vanskelig å avgjøre i hvilken grad sedimentet på fjellet skyldes avgangspartikler. Observasjoner av tomme muslingskall og organismene som vokser på fjell og stein tyder uansett på at nedslammingen ikke er massiv.

4.4 Forekomst av akrylamid

Resultatene fra analysene viser at alle vannprøver inneholder mindre enn 0,02 µg/L og alle sedimentprøvene mindre enn 0,5 µg/g med akrylamid. Resultatene og sammenligninger av disse med grenseverdier for giftighet tyder på at akrylamid ikke utgjør noe miljøproblem i resipienten

5. Referanser

- Berge, J.A. 2009. Gruvekjemikalier i sedimentene i sjøområdene utenfor Kirkenes i 2009. NIVA-rapport nr. 5860, 34s.
- Berge, J.A., Tobiesen, A. og Øxnevad, S. 2010. Giftighetstester av flotasjonskemikaliet Lilaflo D 817M. Effekter på alger, børstemark og fisk. NIVA rapport 6044-2010, 34s.
- Dahle, T., Kvassnes, A. og Iversen E.R., 2008. Risikoen for skader på fisk og blåskjell ved gruveaktivitet på Engebøneset. En litteratustudie om effekter av metaller og suspenderte partikler. NIVA rapport nr 5689, 38s.
- EU, 2002. Acrylamid, CAS No:79-06-1, EINECS No: 201-173-7, Summary Risk Assessment Report, European Commission, Joint Research Centre, 17s.
- Nilsson, H.C., Rosenberg, R. (1997) Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images. *Journal of Marine Systems* 11:249-264
- Nilsson, H.C., Rosenberg, R. (2006) Collection and interpretation of Sediment Profile Images (SPI) using the Benthic Habitat Quality (BHQ) index and successional models. NIVA Rapport 5200-2006, 26s.
- Oug, E., Cochrane, S.K.J., Sundet, J.H., Norling, K., Nilsson H.C., Vansteenbrugge, L. 2010. Effekter av kongekrabben på økosystemet på bløtbunn: Undersøkelser i Varanger 2006-2009. NIVA rapport nr.6037, 12s.
- Pearson, T.H., Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 16:229-311.
- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H.C., Cederwall, H., Dimming, A. (2004) Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 49:728-739
- Skaare B.B., Oug E. og Nilsson, H.C. 2007. Miljøundersøkelser i fjordsystemet utenfor Kirkenes i Finnmark 2007. Sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport nr 5473, 68s.
- Skei, J. og Rygg, B., 1989. Miljøundersøkelser i fjordsystemet utenfor Kirkenes i Finnmark. 1. Bløtbunnfauna og sedimenter. NIVA-rapport nr.2213, 80s.
- Skei, J., Rygg, B. og Sørensen, K., 1995. Miljøundersøkelser i fjordsystemet utenfor Kirkenes i Finnmark. Bløtbunnsfauna, sedimenter og partikler i vann juni 1994. NIVA-rapport 3281, 66 sider.

6. Vedlegg

6.1 Geografiske koordinater for stasjoner der det ble foretatt turbiditetsmålinger

Stasjon	Geografiske koordinater	Avstand fra utslippspunktet (km)
T1	N69 44.177 E30 02.678	0,25
T2	N69 44.252 E30 04.206	0,95
T3	N69 44.309 E30 05.069	1,5
T4	N69 44.734 E30 03.107	1,3
T5	N69 44.654 E30 04.446	1,5
T6	N69 44.782 E30 05.320	2,1
T7	N69 45.126 E30 03.922	2,1
T8	N69 45.090 E30 04.680	2,3
T9	N69 45.063 E30 05.318	2,5
T10	N69 45.440 E30 04.477	2,8
T11	N69 45.414 E30 05.349	3,0
T12	N69 45.864 E30 05.425	3,7
T13	N69 46.254 E30 07.327	5,0
T14	N69 46.203 E30 05.566	4,4
T15	N69 46.699 E30 05.379	5,2
T16	N69 47.195 E30 04.802	6,0
T17	N69 47.545 E30 04.720	6,6
T18	N69 48.262 E30 05.437	8,0
T19	N69 49.127 E30 07.540	9,9
T20	N69 51.898 E30 06.913	14,8
T21	N69 53.188 E30 07.692	17,2
TX	N69 44.464 E30 03.426	0,85
Utslippspunkt	N69 44.052 E30 02.843	0*

*Turbiditetsmålingene ble gjennomført i en viss avstand (<50 m) fra selve utslippsarrangementet.

6.2 Analyseresultater: Akrylamid i vannprøver



NIVA
Gautstadalleen 21
0349 OSLO
Attn: Bente Lauritzen

Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1506 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
Fax: +47 69 27 23 40

AR-10-MM-015806-01



EUNOMO-00021115

Prøvemottak: 28.09.2010
Temperatur:
Analyseperiode: 28.09.2010-13.10.2010
Referanse: 2121, uke 29

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: Prøvetakingsdato: Prøvetaker: Analysestartdato: Prøvetype: Prøvemerkning:		439-2010-09280107 13.09.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sjøvann 2121-1	439-2010-09280108 13.09.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sjøvann 2121-2	439-2010-09280109 13.09.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sjøvann 2121-3						
Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Enhet	Metode	LOQ
Akrylamid		a) <0.02		a) <0.02		a) <0.02		µg/l	Internal method	0.02

Prøvenr.: Prøvetakingsdato: Prøvetaker: Analysestartdato: Prøvetype: Prøvemerkning:		439-2010-09280110 13.09.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sjøvann 2121-4	439-2010-09280111 13.09.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sjøvann 2121-5							
Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Enhet	Metode	LOQ
Akrylamid		a) <0.02		a) <0.02				µg/l	Internal method	0.02

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) ISO/EC 17025:2005 SWEDAC 1977 - Eurofins Food/Agro Lidköping

Teorforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Målesikkerhet

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

AR-10-MM-015806-01



EUNOMO-00021115



Tesnforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 2 av 2

6.3 Analyseresultater: Akrylamid i sedimentprøver



NIVA
Gautadalleen 21
0349 OSLO
Attn: Bente Lauritzen

Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1506 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
Fax: +47 69 27 23 40

AR-10-MM-015268-01



EUNOMO-00021119

Prøvemottak: 28.09.2010
Temperatur:
Analyseperiode: 28.09.2010-05.10.2010
Referanse: 0-10292b

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: Prøvetaksdato: Prøvetaker: Analysestartdato: Prøvetype: Prøvemerkning:	439-2010-09280133 01.07.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sedimenter 2188-1	439-2010-09280134 01.07.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sedimenter 2188-2	439-2010-09280135 01.07.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sedimenter 2188-3							
Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Enhet	Metode	LOQ
Akrylamid		a) <0.5		a) <0.5		a) <0.5		mg/kg	Intern metode	0.1

Prøvenr.: Prøvetaksdato: Prøvetaker: Analysestartdato: Prøvetype: Prøvemerkning:	439-2010-09280136 01.07.2010 Oppdragsgiver 28.09.2010 Sedimenter 2188-4									
Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Enhet	Metode	LOQ
Akrylamid		a) <0.5						mg/kg	Intern metode	0.1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) DIN EN ISO/IEC 17025:2005 DAC-PL-0526-07-06 - SOFIA

Tegnforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)
< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2



Kopier til:

Karin Lang-Ree (karin.lang-ree@niva.no)

AR-10-MM-015268-01



EUNOMO-00021119

5. oktober 2010

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "MDS".

Marianne Isebakke

ASM

Teorforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

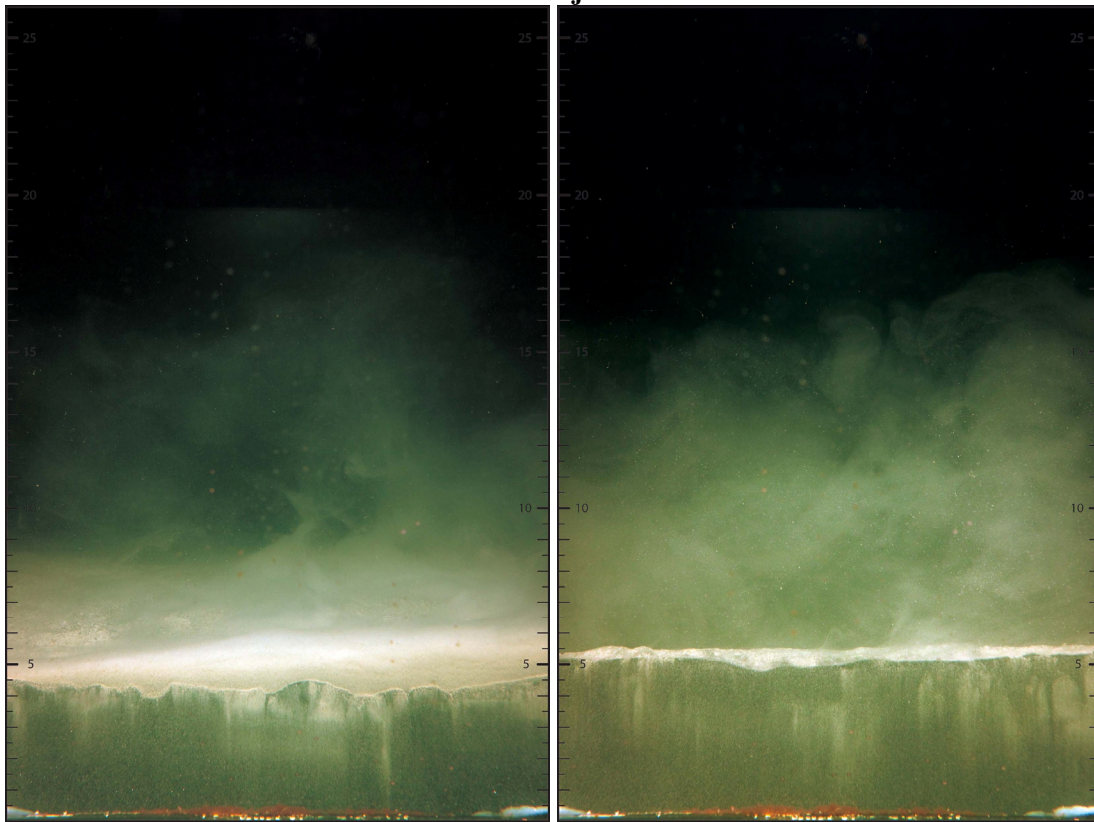
Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

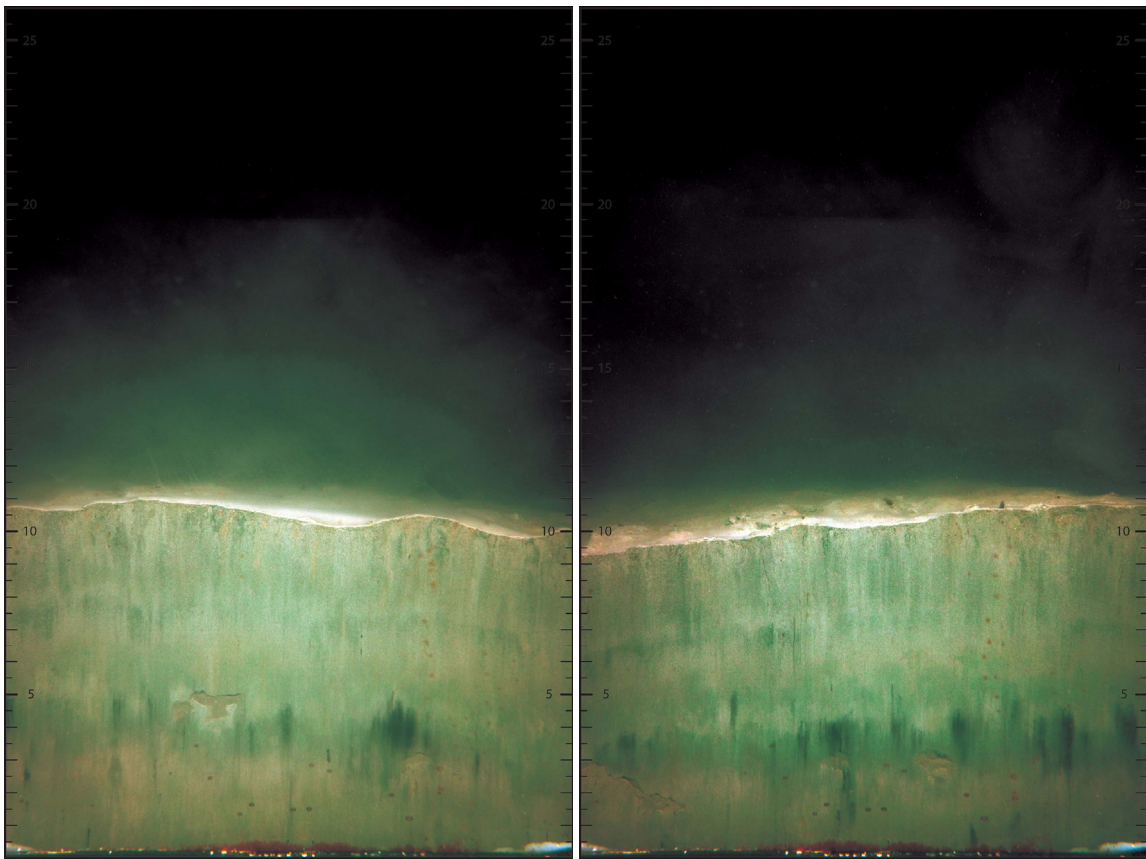
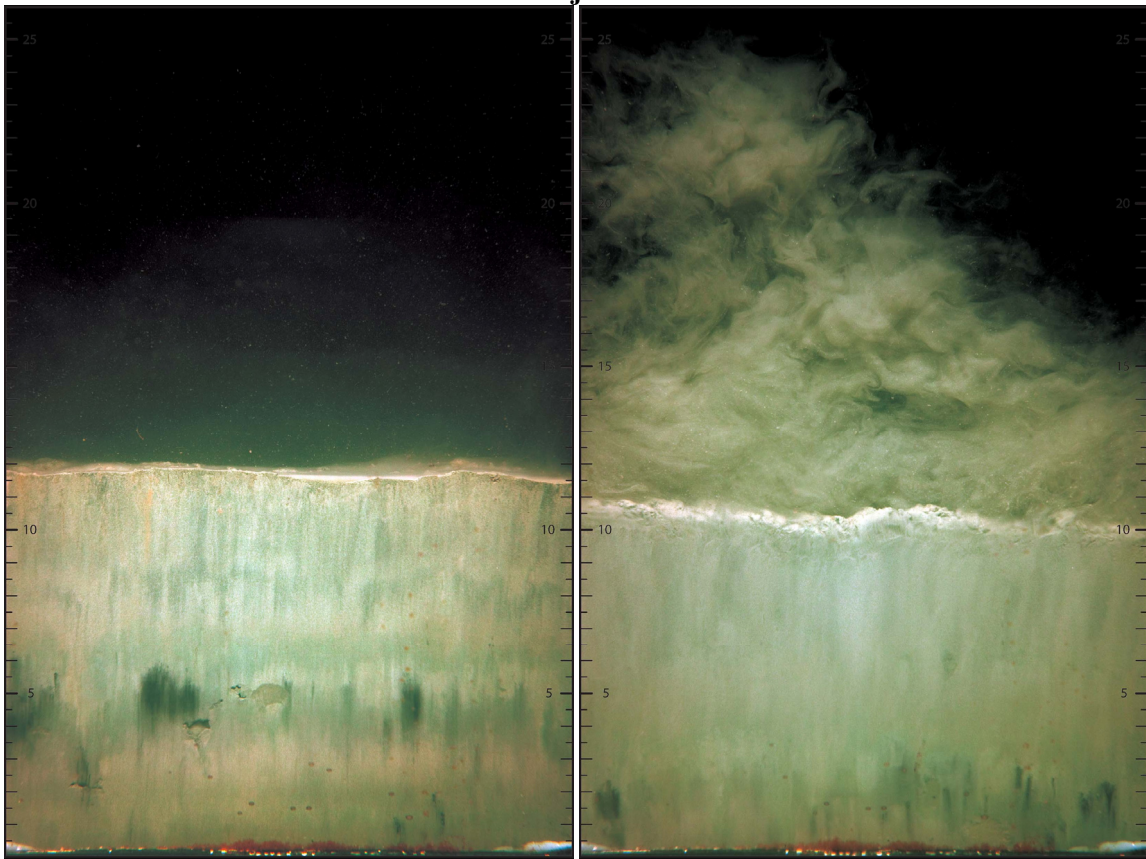
Side 2 av 2

6.4 SPI bilder

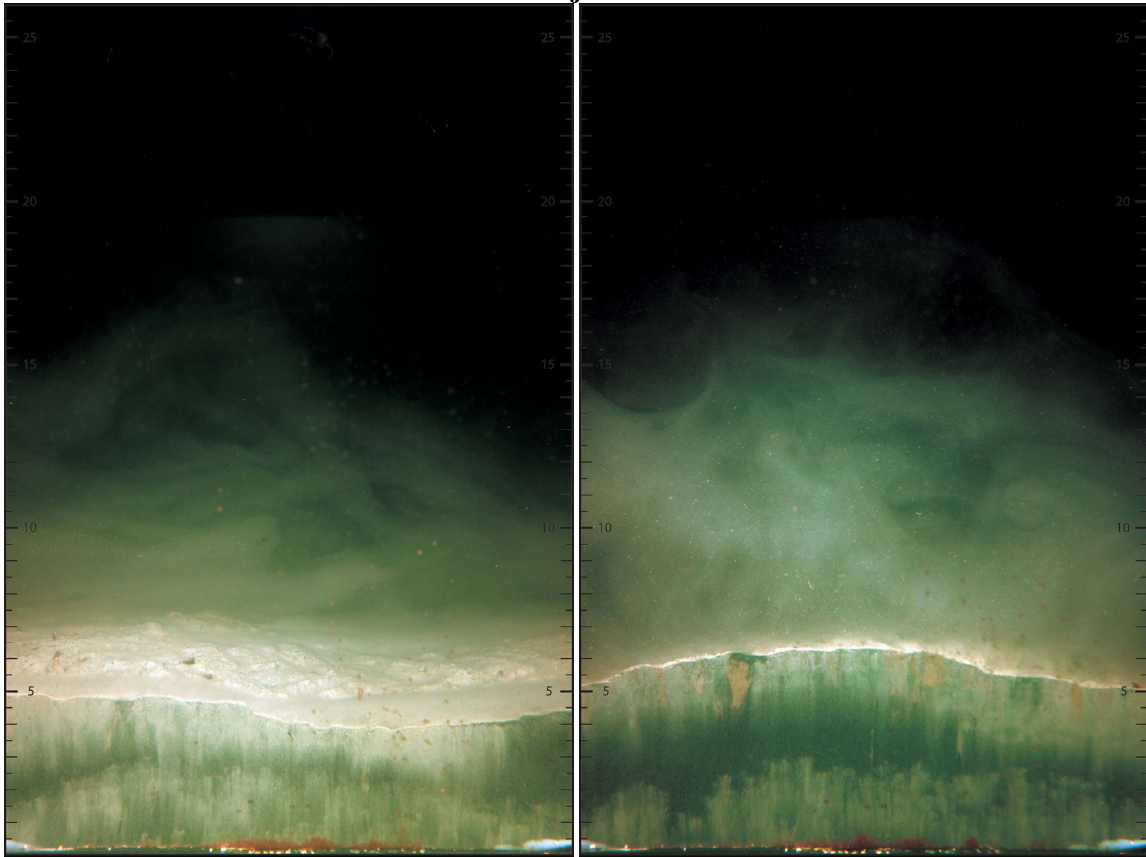
Stasjon KS-03



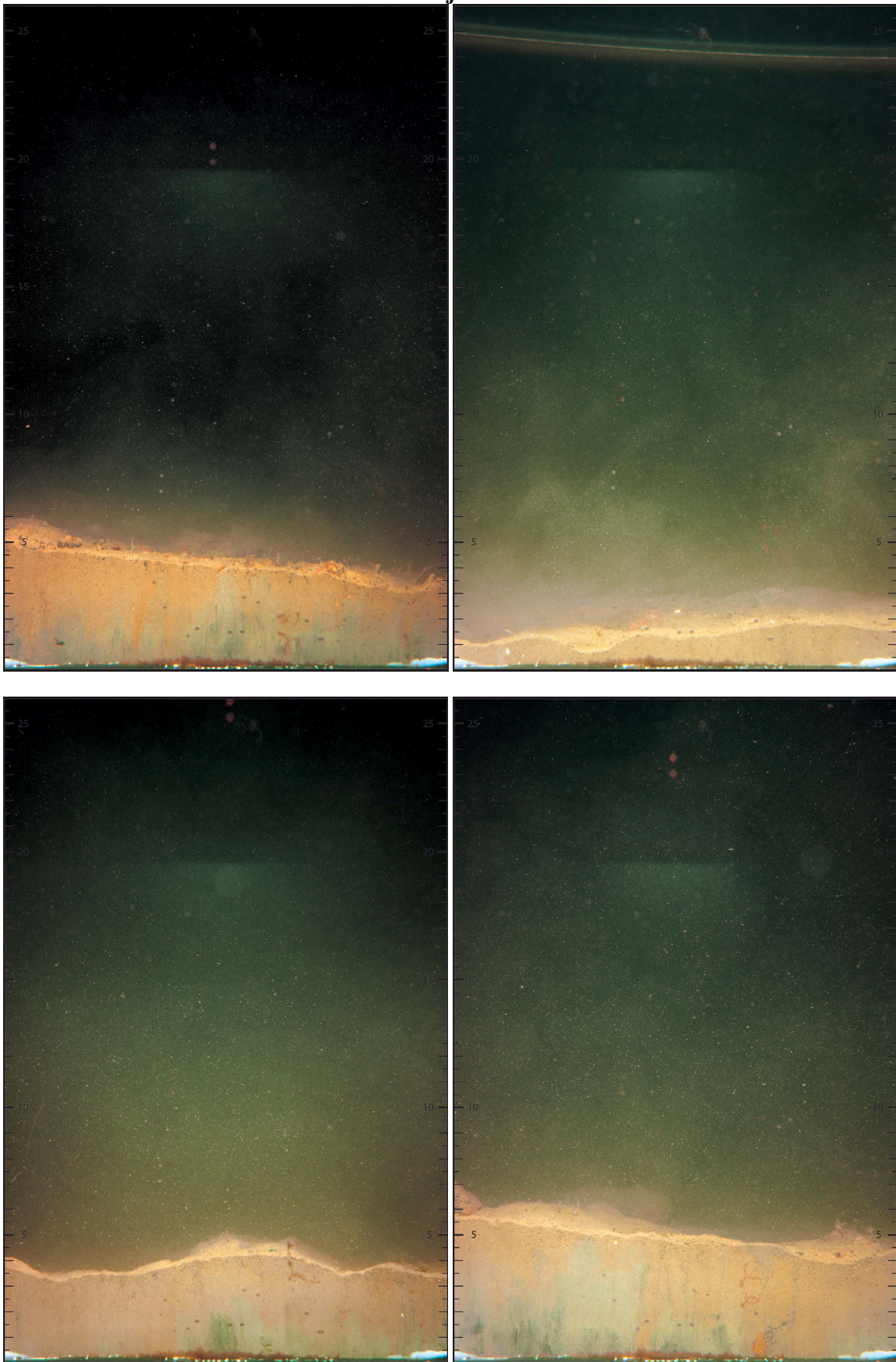
Stasjon KS-04



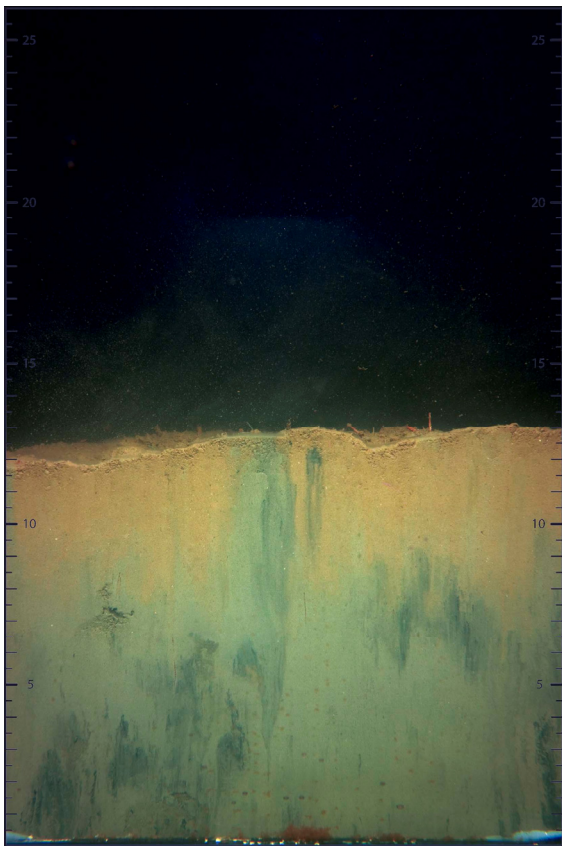
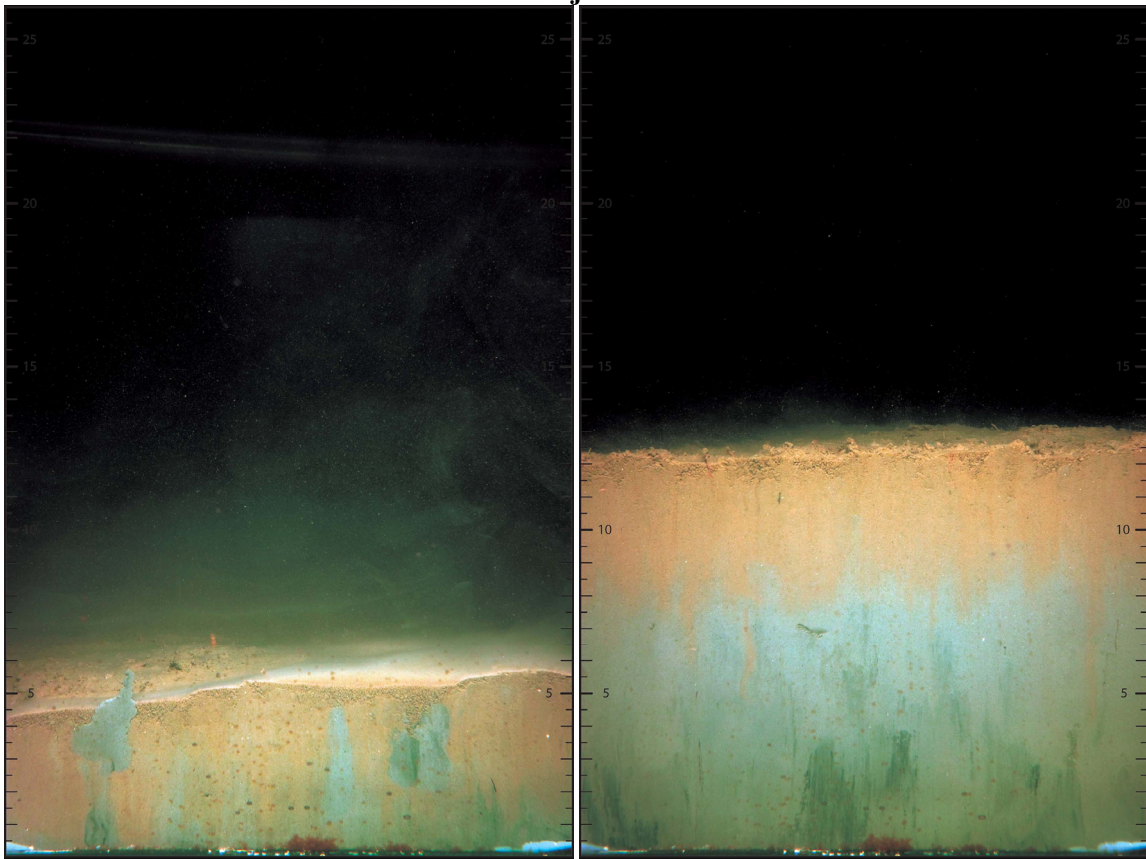
Stasjon KS-06



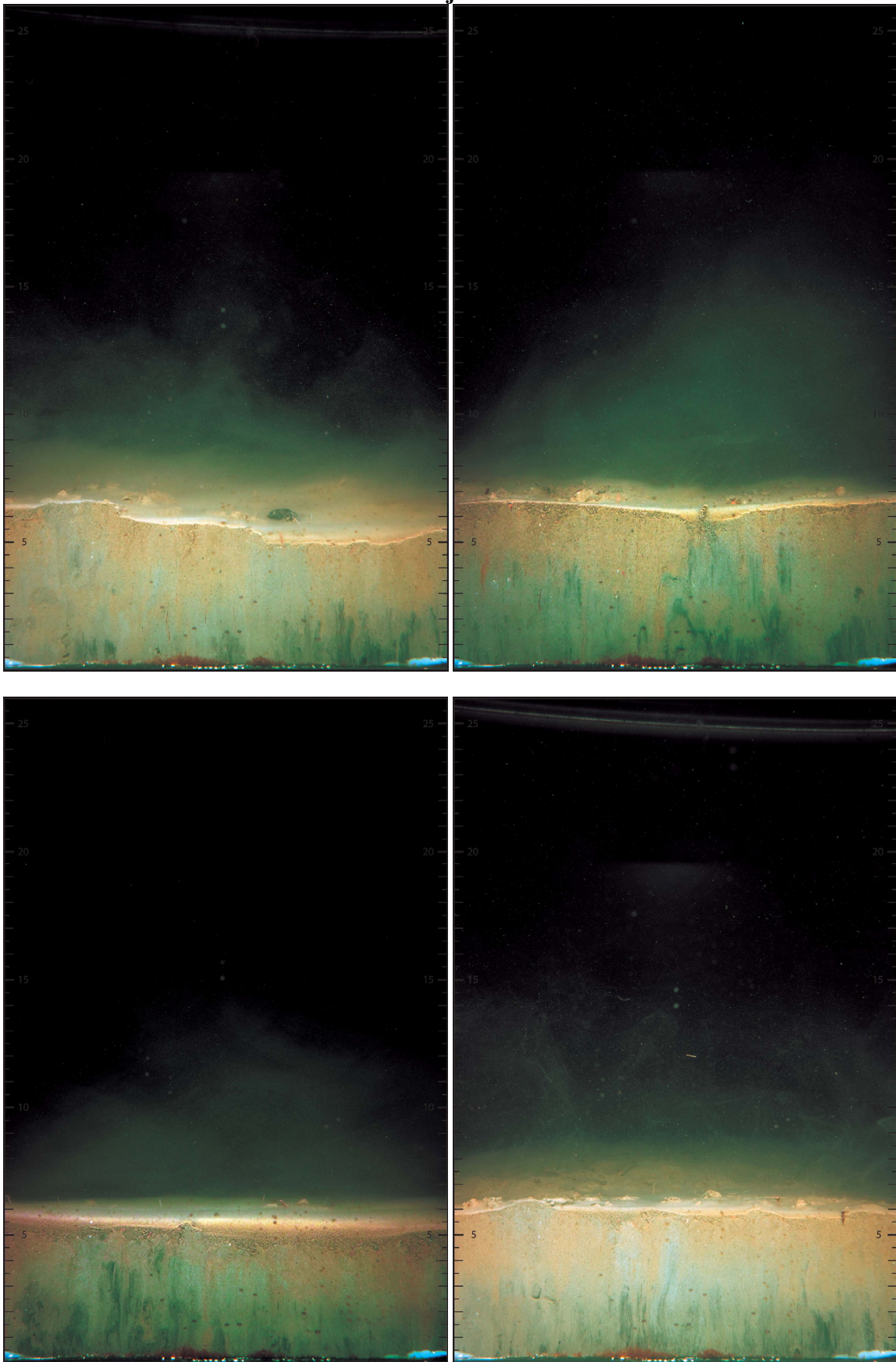
Stasjon KS-07



Stasjon KS-14



Stasjon KS-19



6.5 Observasjoner fra enkeltbilder

Stasjon	Bildenr	Tillstånds klass	BHQ indeks	Dyp faunagang	Fekalpellet	Fødegrop	Fødehaug	Grun faunagang	Infauna	Oksidert tomrom
KS-03	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
KS-03	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
KS-03	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0
KS-03	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0
KS-03	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
KS-03	6									
KS-04	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
KS-04	2	4	3	0	1	0	0	0	0	6,5
KS-04	3	4	3	0	1	0	0	0	0	8
KS-04	4	5	1	0	1	0	0	0	0	0
KS-06	1	5	1	0	1	0	0	0	0	0
KS-06	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
KS-07	1	4	4	0	1	0	0	0	0	0
KS-07	2	3	5	0	1	0	0	1	0	0
KS-07	3	3	7	0	1	0	0	3	1	0
KS-07	4	3	6	0	1	0	0	2	0	0
KS-14	1	2	8	4	1	0	0	2	2	0
KS-14	2	2	8	3	1	0	0	2	3	0
KS-14	3	3	7	0	1	0	0	3	1	0
KS-19	1	2	10	3	1	1	0	6	3	0
KS-19	2									
KS-19	3	2	8	0	1	0	0	5	1	0
KS-19	4	2	9	2	1	0	0	7	3	6

Stasjon	Bilde nr	Reducert tomrom	aRPD	Sesil epifuana	Slangestjerne arm	Små rør	Store rør	Successin stadié	Penetrasjon dyp	SPI vekt	Note
KS-03	1	0		0	0	0	0	0	4,5	26	
KS-03	2	0		0	0	0	0	0	4,5	26	
KS-03	3	0		0	0	0	0	0	4,5	26	
KS-03	4	0		0	0	0	0	0	5	26	
KS-03	5	0		0	0	0	0	0	10	26	
KS-03	6								14,5	26	
KS-04	1	0		0	0	0	0	0	10	26	
KS-04	2	7,5		0	0	0	0	1	10,5	26	
KS-04	3	8		0	0	0	0	1	10	26	
KS-04	4	7,5		0	0	0	0	0	11,5	26	
KS-06	1	0		0	0	0	0	0	5,5	26	
KS-06	2	0		0	0	0	0	0	4,5	26	
KS-07	1	0	1,39	0	0	1	0	1	1,5	26	underestimert pga lavt penetrasjonsdyp?
KS-07	2	0	2,72	0	0	0	0	2	4	26	underestimert pga lavt penetrasjonsdyp?
KS-07	3	0	2,20	0	0	1	0	2	5	26	underestimert pga lavt penetrasjonsdyp?
KS-07	4	3,5	1,79	0	0	5	2	2	4	26	
KS-14	1	5	2,77	0	0	3	0	2	12,5	26	
KS-14	2	5	2,66	0	0	4	0	2	12,5	26	
KS-14	3	0	2,14	0	0	1	0	2	5	26	
KS-19	1	0	1,91	0	3	1	0	3	6,5	26	
KS-19	2									26	
KS-19	3	3,5	1,39	0	1	1	0	2	6	26	
KS-19	4	0	1,62	0	0	2	0	2	5,5	26	

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 samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

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