

# Miljøundersøkelser i Sunndalfjorden utenfor Raudsand 2013



## RAPPORT

## Hovedkontor

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

## NIVA Region Sør

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

## NIVA Region Innlandet

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

## NIVA Region Vest

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

## NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9  
7034 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

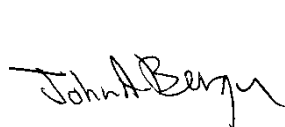
Tittel Miljøundersøkelser i Sunndalsfjorden utenfor Raudsand 2013	Løpenr. (for bestilling) 6578-2013	Dato 24.10.2013
	Prosjektnr. Undernr. O-13109	Sider Pris 66
Forfatter(e) John Arthur Berge Gunhild Borgersen Janne Gitmark	Fagområde Marine miljøgifter og forurensede sedimenter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oslo, Akershus og Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Aleris Aluminium Norway AS/Bergfald miljørådgivere	Oppdragsreferanse Ordrenr./PO: 21949
--	---

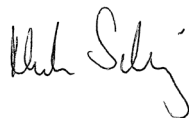
## Sammendrag

Aleris Aluminium Norway AS har utslipp til Sunndalsfjorden ved Raudsand. Hovedkomponentene i utslippet er metaller, ammonium, høy pH (9-11) og salt. Utslippstillatelsen krever undersøkelser av økosystemkomponenter i resipienten. Her presenteres resultater fra undersøkelser foretatt i 2013 av forekomst av (1) alger og dyr på hardbunn (2) bløtbunnsfauna og (3) miljøgifter i sediment. Hardbunnsundersøkelsene viser gode til svært gode forhold i hele undersøkelsesområdet. Store forekomster av grønnalger indikerer at området nær utslippet er næringsaltbelastet, men økt antall arter/taxa tyder på at det har skjedd en forbedring av forholdene på hardbunn siden 2003. Sammensetningen av bløtbunnsfaunaen på stasjonene nærmest utslippet viste god økologisk tilstand iht. anbefalt indeks (NQ11). Faunaen var likevel relativt arts- og individfattig. Stasjonene lenger unna driftsområdet (>1,2 km) viste svært god økologisk tilstand (klasse I) iht. NQ11. Det ble observert en forbedring av den økologiske tilstanden på stasjonene nærmest utslippet (<0,7 km) siden 2003. Det ble observert lave konsentrasjoner av kvikksølv, kadmium og krom i sedimentene i hele undersøkelsesområdet, men noe høyere konsentrasjoner i sediment på stasjonene nærmest hovedutslippet. Et område i Sunndalsfjorden utenfor Raudsand på minst 0,1-0,2 km<sup>2</sup> fremstod som markert til sterkt forurenset med metallene bly og sink. Sedimentet fra alle stasjoner (ca. 30 km<sup>2</sup>) var sterkt til meget sterkt forurenset av kobber og markert til sterkt forurenset av nikkel. Et område på ca. 0,3 km<sup>2</sup> fremstod som markert til sterkt forurenset med PCB. Konsentrasjonene av metaller og PCB som ble observert i sedimentene var gjennomgående lavere enn i 2003 og kan tyde på at tilførselen av metaller (unntatt jern) og PCB har avtatt noe i de senere årene.

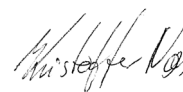
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Miljøtilstand	1. Environmental status
2. Sediment	2. Sediments
3. Bløtbunnsfauna	3. Soft bottom fauna
4. Hardbunnsorganismer	4. Hard bottom organisms



John Arthur Berge  
Prosjektleder



Morten Schaanning  
Forskningsleder



Kristoffer Næs  
Forskningsdirektør

# Miljøundersøkelser i Sunndalfjorden utenfor Raudsand 2013

## Forord

Bergfald miljørådgivere kontaktet NIVA på vegne av Aleris Aluminium Norway AS, Raudsand for å diskutere mulige undersøkelser i Sunndalsfjorden relatert til krav gitt av Klif (nå Miljødirektoratet) i bedriftens utslippstillatelse.

NIVA ble bedt om å utarbeide et utkast til program for slike undersøkelser i Sunndalsfjorden utenfor Raudsand. Utkastet ble diskutert på et møte mellom Bergfald miljørådgivere og NIVA 29. januar 2013. På basis av dette utarbeidet NIVA et endelig tilbud på miljøundersøkelsene. Tilbudet, datert 7. februar 2013, ble oversendt Bergfald miljørådgivere/Aleris Aluminium og omfattet undersøkelser av hard- og bløtbunnsorganismer samt forekomst av miljøgifter i sediment. En bestilling datert 14. februar på disse undersøkelsene ble så oversendt NIVA fra Aleris (ordre nr./PO: 21949).

For innsamling av sedimenter til bløtbunnsundersøkelser og for miljøgifter i sediment ble det benyttet en innleid båt med navn Aslegut med Arne Brattøy som skipper.

Undersøkelsene på hardbunn er gjennomført av Janne Gitmark og Maia Røst Kile. Undersøkelsene på bløtbunn er gjennomført av Gunhild Borgersen og Marijana Brkljacic. Ved NIVA har John Arthur Berge hatt prosjektlederansvaret. Oppdragsgivers representant har vært Christian Rostock hos Bergfald miljørådgivere.

Oslo, 24.10. 2013

*John Arthur Berge*

---

# Innhold

	1
<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
1.1 Utslipp fra Aleris Aluminium	10
1.2 Krav i bedriftens utslippstillatelse til fjorden	10
<b>2. Undersøkelser av alger og dyr på hardbunn</b>	<b>12</b>
2.1 Målsetning	12
2.2 Hardbunnsstasjonene	12
2.3 Metodikk	14
2.3.1 Undersøkelsen i relasjon til Vanndirektivet/Vannforskriften	15
2.4 Resultater	15
2.4.1 Observasjoner og sammenlikninger av videotransektene	15
2.4.2 Resultater og analyser fra strandsoneregistreringene	19
2.5 Konklusjoner fra hardbunnsundersøkelsene	21
<b>3. Bløtbunnsundersøkelser</b>	<b>22</b>
3.1 Historikk	22
3.2 Formål med undersøkelsen	22
3.3 Metodikk	22
3.3.1 Stasjoner og prøvetaking	22
3.3.2 Tilstandsklassifisering	24
3.4 Resultater	25
3.4.1 Beskrivelse av sedimentet	25
3.4.2 Organisk innhold i sediment	27
3.4.3 Bløtbunnsfauna	27
3.4.4 Sammenligning med tidligere år	32
3.5 Konklusjoner – bløtbunnsundersøkelser	33
<b>4. Miljøgifter i sediment</b>	<b>34</b>
4.1 Historikk	34
4.2 Undersøkelser i 2013	36
4.3 Resultater	39
4.4 Konklusjoner	44

---

<b>5. Referanser</b>	<b>46</b>
<b>6. VEDLEGG</b>	<b>47</b>
Vedlegg A.	47
Vedlegg B.	50
Vedlegg C.	51
Vedlegg D.	53
Vedlegg E.	54
Vedlegg F.	61
Vedlegg G.	65

## Sammendrag

Aleris Aluminium Norway AS gjenvinner aluminium fra avfall fra aluminiumsindustrien og produserer rent aluminium og aluminiumsoksid. Bedriften har et avløp til Sunndalsfjorden ved Raudsand på ca. 30 m dyp. Hovedkomponentene i bedriftens avløp er metaller, ammonium og høy pH (pH 9-11), men utslippet inneholder også mye salt. Tidligere industriaktivitet (blant annet gruvedrift) i området har ført til forurensede sedimenter i fjorden utenfor industriområdet og effekter på organismer. Aleris har en utslippstillatelse som krever at bedriften holder løpende oversikt over eventuelle forurensede sedimenter utenfor bedriften. I utslippstillatelsen er det også nevnt at bedriften skal undersøke forholdene i vannforekomsten etter vannforskriftens bestemmelser. Undersøkelsen skal omfatte økosystemkomponenter i Sunndalsfjorden som kan være direkte eller indirekte påvirket av bedriftens utslipp.

I denne rapporten presenteres resultater fra undersøkelser av forekomst av:

- Alger og dyr på hardbunn på grunt vann i nærheten av bedriften (i alt 7 stasjoner).
- Bløtbunnsfauna på 8 stasjoner på dypt vann i Sunndalsfjorden hvorav 3 stasjoner (AF) ligger ca. 200-700 m fra bedriftsområdet og de øvrige 1,2-4,8 km unna.
- Metaller og polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimentprøver innsamlet på i alt 12 stasjoner i en avstand fra 0,2 til 7,5 km fra bedriftsområdet. Resultatene klassifisert i henhold Vannforskriften.

Undersøkelsene er gjennomført med tanke på at resultatene skal kunne sammenlignes med tidligere observasjoner.

### Hardbunnsundersøkelser

- Det ble påvist gode til svært gode forhold i hele undersøkelsesområdet. Den laveste miljøkvaliteten (EQR-verdien) ble registrert på 2 stasjoner som ligger relativt nær bedriftsområdet. Den høyeste EQR-verdien (tilsvarende meget god status) ble registrert på stasjon 7, ca. 3,8 km syd for bedriftsområdet.
- Store forekomster av grønnalger indikerer likevel at nærområdet til utslippet (stasjon 1-4) er næringssaltbelastet. En næringssaltbelastning ble også indikert i 2003.
- Det ble observert en tendens til at nedre dybdegrens for større alger er noe lavere på stasjonene i bedriftens nærrområde (stasjon 1, 2, 3, 4 og 6) enn på stasjoner mer fjernt fra utslippspunktet. Dette kan tyde på at utslippet påvirker lysforholdene i vannet nær utslippspunktet.
- Det ble registrert flere arter/taxa i 2013 enn i 2003 på de fleste stasjoner. Det ble også registrert en høyere forekomst av tare i 2013 enn i 2003. Til sammen tyder dette på at det har skjedd en forbedring av forholdene siden undersøkelsene i 2003.

### Bløtbunnsundersøkelser

- Sedimentet på stasjonene i nærområdet til Aleris hadde et brunaktig finkornet overflatelag på 1-2 cm og et underliggende lag som var gråsvart av farge og besto av sandaktig, sammenkittede partikler med innslag av noe grus. Det brune finkornete overflatelaget har sannsynligvis sedimentert de siste 10 årene.
- Alle stasjonene nærmest bedriftsområdet (AF-stasjonene) hadde god tilstand med hensyn til innhold av organisk karbon i sedimentet. Alle mer fjerntliggende stasjoner (>1,2 km, RU-stasjonene) viste svært god tilstand, med unntak av RU6 (god tilstand).
- Det ble ikke registrert lukt av hydrogensulfid i sedimentet på noen av stasjonene. Dette tyder på at oksygenforholdene i dypvannet er gode.
- Faunasammensetningen på stasjonene nærmest bedriftsområdet (<700 m) viste god økologisk tilstand (klasse II) iht. anbefalt indeks (NQI1). Faunaen var likevel relativt individfattig og

artsfattig. Stasjonene lenger unna bedriftsområdet (<12,2 km, RU-stasjonene) hadde svært god økologisk tilstand (klasse I) iht. samme indeks.

- Det har skjedd en tydelig forbedring av den økologiske tilstanden på stasjonene nærmest bedriften (AF-stasjonene) siden 2003.

#### Miljøgifter i sediment

- Konsentrasjonene av metaller og PCB i sedimentene i 2013 var gjennomgående lavere enn i 2003.
- Resultatene tyder på at en tidligere har hatt større tilførsler av metaller (unntatt jern) og PCB enn i de senere årene.
- Det ble i 2013 observert lave konsentrasjoner av kvikksølv, kadmium og krom i hele undersøkelsesområdet. Det var likevel noe høyere konsentrasjoner av kadmium og krom i sediment på stasjonene nærmest hovedutslippet.
- Et område i Sunndalsfjorden utenfor Raudsand på minst 0,1-0,2 km<sup>2</sup> kunne i 2013 klassifiseres som markert til sterkt forurenset med metallene bly og sink.
- Sedimentet fra alle undersøkte stasjoner inneholdt svært høye konsentrasjoner (sterkt til meget sterkt forurenset) av kobber. Området med høye kobbernivåer er anslått til å være på minst 30 km<sup>2</sup>. I samme området var også konsentrasjonen av nikkel høy (markert til sterkt forurenset).
- Et område på ca. 0,3 km<sup>2</sup> utenfor hovedutslippet fremstod som markert til sterkt forurenset med PCB. Det er også tidligere observert høye konsentrasjoner av PCB i overflatesedimentet i bedriftens nærområde. Konsentrasjonen av kobber og enkelte andre metaller var høye på bløtbunnsstasjonene (se kapittel 4). Dette ser imidlertid ikke ut til å ha gitt dårlig miljøtilstand mht. forekomst av bløtbunnsfauna.



## Summary

Title: Environmental Studies in the Sunndalsfjord at Raudsand in 2013

Year: 2013

Author: John Arthur Berge, Gunhild Borgersen and Janne Gitmark

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6313-8

---

Aleris Aluminium Norway AS recycles aluminum waste and produce pure aluminum and aluminum oxide. The company has a discharge to Sunndalsfjorden at Raudsand at approximately 30 m depth. The main components in the discharge are metals, ammonia and high pH (pH 9-11). Emissions also contain a lot of salt. Former industrial activity (including mining) has led to the presence of contaminated sediments in the fjord outside the industrial site and has caused effects on benthic communities. Aleris has a discharge permit that requires the company to monitor the contaminated sediments in the fjord. The permit also states that the company must take action if there are effects on ecosystem components that might be directly or indirectly linked to their discharges.

This report presents the results of investigations on:

- Algae and animals on hard bottom in shallow water at 7 stations near the discharge point and to the south and north of this.
- Soft bottom fauna at 8 stations in Sunndalsfjorden of which 3 are located approx. 200-700 m from the discharge point and the others from 1.2 to 4.8 km away.
- Metals and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediment samples collected at a total of 12 stations at a distance of 0.2 to 7.5 km from the discharge point at Raudsand. The results are classified according to current Norwegian procedures.

The investigations are conducted so that the results can be compared with earlier observations.

### Hard bottom organisms

- Good to very good conditions were observed throughout the entire study area. The lowest environmental quality (EQR value) was recorded at two stations located relatively close to the discharge point. The highest EQR value (corresponding to very good status) was recorded at a station approximately 3.8 km south of the industrial area.
- High abundance of green algae indicates that the area near the discharge (Station 1-4) is influenced by nutrients. A nutrient load was also indicated in a previous investigation in 2003.
- There was a tendency that algae did not extend as deep at stations near the discharge point as they did at more distant stations. This indicates that the water at the stations near the discharge is more turbid than at the reference stations.
- With the exception of one station more species/taxa were registered in 2013 than in 2003. There was also a higher occurrence of kelp in 2013. Altogether, this suggests that there has been an improvement in the environmental conditions since the survey in 2003.

#### Soft bottom organisms

- The sediment at stations in the vicinity of the discharge had a brownish fine-grained surface layer of 1-2 cm and an underlying layer that was gray in color and consisted of sandy particles cemented together and blended with some gravel. The brown fine-grained surface layer has probably settled the last 10 years.
- All stations closest to the discharge point showed good condition with regard to content of organic carbon in the sediment, whereas the more remote stations (> 1.2 km from the discharge point) showed a very good condition except RU6 that had good condition.
- There was no smell of hydrogen sulfide in the sediments. This indicates good oxygen conditions in the deep water.
- Macrofauna composition at stations close to the discharge point (< 700 m) showed good ecological status (Class II) according to the recommended index (NQI1). The fauna had still relatively low numbers of individuals and species. The stations further away from the industrial site (< 12.2 km) had high ecological status (class I). There has been a clear improvement in the ecological status at the stations close to the discharge point since 2003

#### Contaminants in sediment

- The observed concentrations of metals and PCBs in the sediments were generally lower in 2013 than in 2003.
- The results suggest that the input of metals (except iron) and PCBs has been reduced in recent years.
- Low sediment concentrations of mercury, cadmium, and chromium were observed in the entire survey area. Concentrations of cadmium and chromium were still somewhat higher at the stations closest to the main discharge.
- An area of at least 0.1-0.2 km<sup>2</sup> in the Sunndalsfjord outside Raudsand was classified as markedly to highly contaminated with lead and zinc in 2013.
- Sediments from all stations contained very high concentrations (strongly to very strongly polluted) of copper. The area with high copper levels is estimated to be at least 30 km<sup>2</sup>. This area was also heavily polluted with nickel.
- An area of approx. 0.3 km<sup>2</sup> outside the main discharge point appears to be markedly to highly contaminated with PCBs. High concentrations of PCBs in the surface sediment in the area have also previously been observed.

# 1. Innledning

## 1.1 Utslipp fra Aleris Aluminium

Aleris Aluminium Norway gjenvinner aluminium fra ulike former for avfall fra aluminiumsindustrien og produserer rent aluminium og aluminiumsoksid. Hovedkomponentene i bedriftens avløp er metaller, ammonium og høy pH (9-11), men utslippet inneholder også mye salt. Ammoniumutslippet (beregnet til ca. 59 tonn i 2011) tilsvarer det årlige utslippet av nitrogen i urensset kloakk fra en befolkning på ca. 12.000 personer og må dermed betegnes som stort. Den årlige partikkelmengden i utslippet er for 2011 beregnet til å være ca. 12 tonn. For kobber var utslippet i 2011 beregnet til ca. 50 kg.

Avløpet slippes ut på 30 meters dyp 40 m fra land utenfor Raudsand i Sunndalsfjorden. Utenfor bedriften er totaldyptet i Sunndalsfjorden ca. 340 m. Sunndalsfjorden ved Raudsand har en bredde på ca. 2,5 km. Lengden på Sunndalsfjorden er ca. 45 km. Vannutskiftningen og oksygenforholdene i Sunndalsfjorden er antatt å være relativt gode bedømt ut fra tidligere undersøkelser (Molvær 1990).

Miljøforholdene innerst i Sunndalsfjorden, ca. 27 km fra Raudsand, ble oppdatert gjennom undersøkelser i 2008 (Næs et al. 2010).

Aleris har en drifts- og serviceavtale med NIVA for drift av en målestasjon med kontinuerlige målinger av vannmengde, pH, saltinnhold (salinitet), temperatur samt automatisk prøvetaking for analyse av blant annet metaller i månedsblandprøver i forbindelse med bedriftens utslipp. I deler av 2011 og 2012 ble utslippsbetingelsene overskredet.

## 1.2 Krav i bedriftens utslippstillatelse til fjorden

Utslippskravet er at utslippet skal ha en pH <10 og at partikkelmengden i avløpet skal være <100 mg/L.

I bedriftens utslippstillatelse står det at dersom det suspenderte stoffet i utslippet inneholder metaller/tungmetaller og andre prioriterte stoffer, skal utslipp av stoffene måles eller beregnes selv om spesifiserte utslippsgrenser ikke er satt for alle disse komponentene.

I utslippstillatelsen står det også at bedriften plikter å holde løpende oversikt over eventuelle forurensede sedimenter utenfor bedriften samt vurdere behovet for tiltak.

I utslippstillatelsen er det også nevnt at bedriften skal undersøke forholdene i vannforekomsten (Sunndalsfjorden ved Nesset) etter Vannforskriftens bestemmelser. Undersøkelsen skal omfatte økosystemkomponenter (kvalitetsselementer) i Sunndalsfjorden som kan være direkte eller indirekte påvirket av bedriftens utslipp. Eksempler på aktuelle kvalitetsselementer som flora, fauna, oksygen- og næringsstofforhold og prioriterte kjemiske stoffer i vannforekomsten er nevnt.

Økologisk tilstand: For å avklare om utslippene fra Aleris Raudsand påvirker forholdene i Sunndalsfjorden, ble sammensetning og mengde av planter og dyr som vil kunne bli påvirket av bedriftens utslipp undersøkt. Undersøkelsene er ment å tydeliggjøre hvilke planter og dyr som er mest utsatt for påvirkningen (mest følsomme biologiske kvalitetsselement).

Det er også nevnt at det kan være aktuelt å se på sammensetning og mengde av makroalger og bløtbunnsfauna. I tillegg skal oksygenforhold og andre fysisk- kjemiske og hydromorfologiske forhold (kvalitetslementer) inngå i undersøkelsen dersom disse kan bidra til å tydeliggjøre påvirkning av flora eller fauna, jf. vannforskriften.

Kjemisk tilstand: Dersom kjemiske stoffer i bedriftens utslipp kan påvirke vannforekomstens kjemiske tilstand, skal forekomst av slike stoffer i sediment eller biota inngå i undersøkelsen. Sedimenter utenfor bedriftens utslipp kan være forurenset med kjemiske stoffer fra tidligere virksomhet. Dette kan ha betydning for kjemisk tilstand og for valg av tiltak for å bringe vannforekomsten til god tilstand. Utslippstillatelsen legger også opp til at tidligere undersøkelser, spesielt Rygg et. al 2003, bør legges til grunn for parametervalg og målepunkter.

Etter det en vet ble forslaget til program for overvåkingen (i henhold til tilbudet fra NIVA, datert 7. februar 2013) forelagt Klima- og forurensningsdirektoratet (nå Miljødirektoratet) for eventuelle merknader.

Data som fremskaffes ved overvåking/undersøkelser i vann, inklusiv sediment og biota, skal registreres i databasen Vannmiljø.

## 2. Undersøkelser av alger og dyr på hardbunn

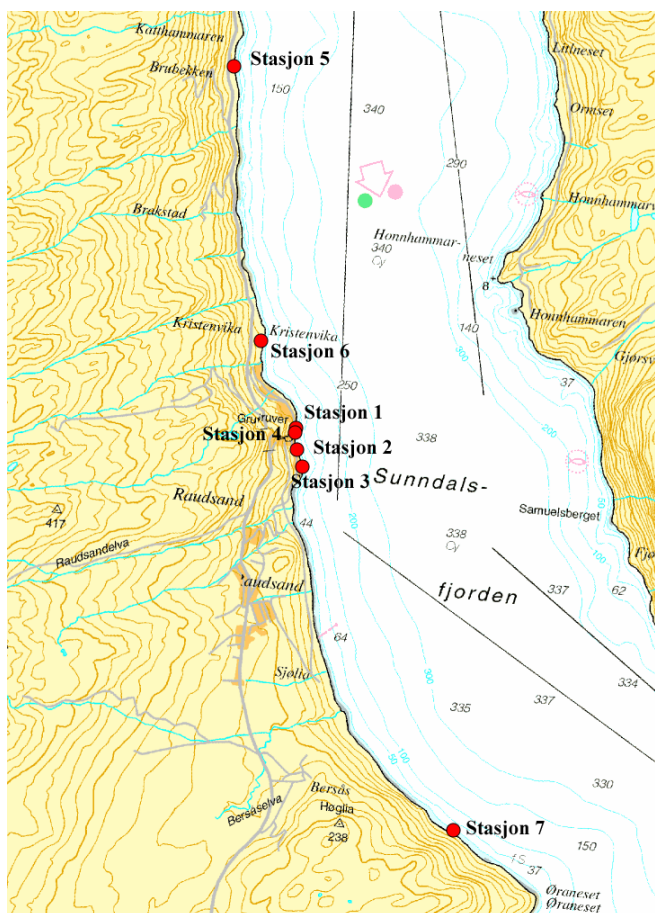
### 2.1 Målsetning

Formålet med hardbunnsundersøkelsen er å gi en tilstandsbeskrivelse av de biologiske samfunnene på grunt vann utenfor Raudsand Gruver og i nærliggende områder, samt å sammenligne undersøkelsene med de som ble foretatt i samme område i 1993 og 2003 (Pedersen & Golmen, 1993, Rygg et. al 2003).

### 2.2 Hardbunnsstasjonene

**Figur 1** viser stasjonsplasseringen for de sju fjærestasjonene undersøkt i 2013. I 1993 ble det utført en dykkerundersøkelse på stasjon 1, 2, 3 og 4 (gammel referansestasjon) for å vurdere de biologiske forholdene på bunnen (til maks. 30 m dyp). I 2003 ble dykkeundersøkelsene byttet ut med filming med en fjernstyrt undervannsbåt (ROV) og snorkling i fjæresonen. Registreringene langs en linje fra overflaten og mot dypere vann (transektene) ble utvidet til 50 m dyp på alle stasjonene. En referansestasjon (stasjon 4) måtte flyttes pga. etablering av oppdrettsanlegg, og den nye stasjonen ble kalt stasjon 7. I tillegg ble ytterligere to stasjoner filmet (stasjon 5 og 6). Hovedutslippsledningen ble filmet rundt utslippsstedet på 34 m dyp. I 2013 ble ROV-undersøkelsene byttet ut med undersøkelser med et nedsenkbar undervannskamera (dropp-kamera).

**Tabell 1** gir en oversikt over stasjonene og hvilke undersøkelser som ble utført de ulike årene. Alle stasjonene som ble undersøkt i 2003 (**Figur 1**) ble også undersøkt i 2013.



**Figur 1.** Stasjonsplasseringen for de sju fjærestasjonene undersøkt i 2013 (kart fra geonorge.no, vms-server). Stasjon 4 markerer punktet der hovedutslippsledningen går ut i fjorden.

**Tabell 1.** Stasjonsoversikt. Stasjonsnummerering refererer seg til den som er brukt i **Figur 1**.

Stasjon	GPS posisjoner (WGS84)		Undersøkt i 1993 med dykking	Undersøkt i 2003 med ROV + snorkling	Undersøkt i 2013 med droppkamera + snorkling	Merknader
1	62,84305	8,12527	x	x	x	
2	62,84138	8,12583	x	x	x	
3	62,84010	8,12713	x	x	x	
4 (hovedutsl. -ledning)	62,84272	8,12530		x	x	
5	62,87060	8,10812		x	x	
6	62,84952	8,11776		x	x	
7	62,81316	8,15931		x	x	
Gammel ref. stasjon (tidl. omtalt som stasjon 4)			x			Utilgjengelig i 2003 pga. etablering av et oppdrettsanlegg ved lokaliteten

## 2.3 Metodikk

På samtlige stasjoner ble det foretatt en registrering av makroskopiske (>1 mm) alger og dyr i fjæra. Undersøkelsen ble utført ved snorkling 15. juli 2013. På hver stasjon ble det undersøkt ca. 10 m av strandlinjen, fra overflaten og ned til ca. 2 m dyp (sagtangbeltet).

Alle fastsittende makroalger og fastsittende/langsamt bevegelige dyr ble registrert. Mengden av de registrerte organismene ble bestemt etter en semi-kvantitativ skala (% dekningsgrad):

- 1 = enkeltfunn
- 2 = spredt forekomst (0 - 10 %)
- 3 = frekvent forekomst (10 - 25 %)
- 4 = vanlig forekomst (25 - 50 %)
- 5 = betydelig forekomst (50 - 75 %)
- 6 = dominerende forekomst (75 - 100 %)

De organismene som ikke kunne identifiseres i felt ble samlet inn og senere bestemt under mikroskop. I tillegg til registrering av organismer i fjæra ble også stasjonens fysiske karakteristika registrert på et skjema i henhold til Veileder 01:2009.

Det ble tatt bilder av samtlige stasjoner, og i tillegg ble karakteristiske trekk ved alle stasjoner dokumentert med undervannsfotografering av fjæresonen.

Det ble også gjennomført en videoregistrering av bunnvegetasjonen/bunnforhold ved hver fjærestasjon med et nedsenkbar undervannskamera (droppkamera). Videoregistreringen foregikk fra båt. Det ble filmet i vertikale transekter (linjer fra strandkanten (0 m) til ca. 50 m dyp) på hver stasjon. Klokkeslett for hver registrering ble notert for evt. å kunne justere observerte dyp mot tidevannet. Droppkameraundersøkelsene ble utført 16. juli 2013.

Det ble tatt GPS-posisjoner langs transektet hvor dyp, substrat, bunnens helningsgrad (flat, skrånende, bratt), terrenguro (ruglete, jevn), arter/organismegrupper og evt. merknader ble notert. Det ble tatt videoopptak kontinuerlig gjennom alle sju transektene. Videoopptakene ble senere sett gjennom for å utfylle og kontrollere registreringene foretatt under feltarbeidet. Artsregistreringen er i likhet med strandsoneregistreringen semi-kvantitativ, men kvantifiseringen av det som observeres vil ha en relativt stor grad av usikkerhet. Det er ofte vanskelig å gjenkjenne og skille arter fra hverandre på videoopptakene, og registreringene fra filmene blir ofte notert som morfologiske grupper som f.eks. "trådformete alger".

Fra videofilmene er det gitt en beskrivelse av biologiske og fysiske forhold på stasjonene i 2013. Beskrivelsene er vurdert opp mot det som ble funnet i undersøkelsene i 1993 og 2003. ROV-opptak gir mer detaljer om forholdene enn opptak med droppkamera, og det er derfor fokusert på endringer i forekomst av større organismer som f.eks. tare, kråkeboller og morfologiske grupper som f.eks. trådformete alger.

Analyser av organismesamfunnene i fjæra er utført ved bruk av programpakken PRIMER (Clarke & Gorley 2001). Likheter/ulikheter mellom artssammensetningen på stasjonen er analysert ved hjelp av multivariate analyser (Bray-Curtis likhetsindeks). I de tilfellene hvor det ble identifisert en gruppering av stasjoner, ble det undersøkt videre hvilke dyr og/eller alger som er årsak til forskjellene mellom gruppene. Før analysene ble foretatt, ble arter som lett kunne forveksles med hverandre slått sammen i overordnede taksonomiske grupper.

### 2.3.1 Undersøkelsen i relasjon til Vanddirektivet/Vannforskriften

Vannforskriften sier at alle vannforekomster skal dokumentere vannkvaliteten ved å benytte biologiske indekser. I Norge har vi per i dag (september 2013) to makroalgeindekser (Fjæreindeksen – RSLA og Nedre voksegrenseindeksen – MSMFI) som benyttes i forskjellige regioner og vanntyper.

I henhold til vannforskriftene er Norge delt inn i seks regioner. Undersøkelsesområdet ligger i region "Norskehavet Sør", og de sju stasjonene som ble undersøkt er alle i vanntypen "Ferskvannspåvirket beskyttet fjord".

Fjæreindeksen er foreløpig godkjent fra Korsfjorden ved Bergen til Polarsirkelen i Nordland, mens nedre voksegrenseindeksen foreløpig kun er godkjent for bruk i tre vanntyper i Skagerrak. Fjæreindeksen vil derfor benyttes i foreliggende undersøkelse for å beregne statusen for vannkvaliteten ved de sju stasjonene.

Fjæreindeksen, RSLA (Reduced Species List with Abundance), baseres på en multimetrisk indeks som inneholder informasjon om antall arter som forekommer i fjæra, forhold mellom grupper og typer av arter, samt justering for en verdisetting av de fysiske forhold i forhold til fjæra (Veileder 01:2009). En EQR-verdi (Ecological Quality Ratio) beregnes automatisk i et regneark utviklet av NIVA og varierer fra 0 (Svært dårlig) til 1 (Svært god). For å tilfredsstille kravene i Vannforskriften må en oppnå en EQR over 0,6 (grenseverdien mellom God og Moderat tilstand). Dersom EQR er lavere enn 0,6 skal det vurderes å sette inn tiltak. Det må påregnes at klassegrensene i det endelige klassifiseringssystemet vil endres noe i forhold til dagens foreslåtte klassegrenser når et mer omfattende datagrunnlag foreligger fra de ulike regionene og vanntypene (Veileder 01:2009).

## 2.4 Resultater

### 2.4.1 Observasjoner og sammenlikninger av videotransektene

I 2003 ble det registrert kråkebollenedbeiting på stasjon 5 og 7. I 2013 ble det kun registrert et lite område med kråkeboller på stasjon 5 og et enkeltfunn på stasjon 1. Det var ellers relativt få ulikheter mellom de to undersøkelsene. På stasjon 1, 2 og 3 ble det registrert lite liv i dypet og det var tegn på at stasjonene var næringssaltbelastet, både i 2003 og i 2013. På stasjon 2, 3, 6 og 7 ble det registrert tare i 2013, mens det kun ble registrert sukkertare på stasjon 1 og 3 i 2003.

Videre følger en generell beskrivelse av videotransektene på stasjonene, i rekkefølge nord-sør (**Figur 1**), og en sammenlikning med observasjonene gjort under ROV-undersøkelsene i 2003. En fullstendig beskrivelse fra droppkamera-undersøkelsene utført i 2013 er gitt i **Vedlegg A**.

#### **Stasjon 5 (Referansestasjon nord)**

Maksimalt undersøkelsesdyp: 50 m.

Substrat: Store stein fra overflaten og ned til ca. 15 m dyp. Dypere var det småstein/grus og bløtbunn med noe sedimentert fjell.

Organismesamfunn: I 2003 ble det registrert kraftig nedbeiting av kråkeboller (*Echinus acutus* og *Echinus esculentus*) mellom ca. 3 og 10 m dyp. I 2013 ble det kun registrert (*Echinus acutus*) på rundt 5 m dyp (**Figur 2a**). I 2003 var vanlig kjerringhår (*Desmarestia aculeata*) vanlig mellom ca. 5 og 20 m dyp, mens denne arten ikke ble registrert i 2013. De første opprette algene ble registrert i 25-30 m intervallet i 2003, mens i 2013 ble den første opprette algen observert på ca. 24 m dyp. I 2013 var martaum (*Chorda filum*) og trådformete alger vanlig/dominerende fra rundt 5 m dyp og opp til overflaten, mens i 2003 var det lavere forekomst av disse algene.

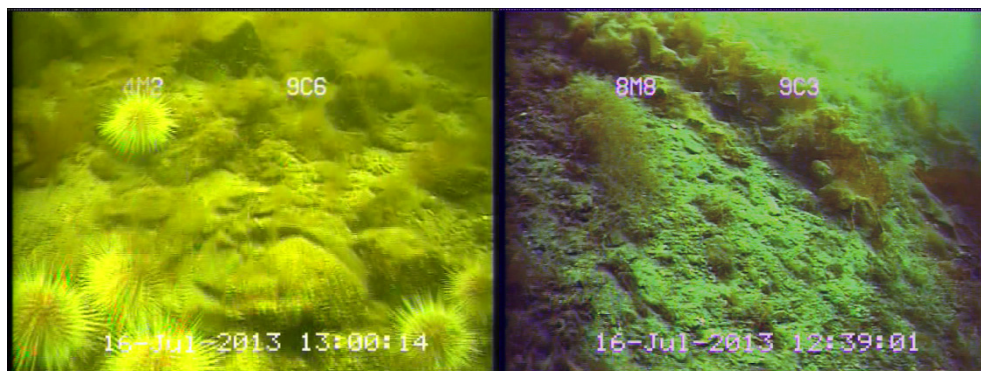


### Stasjon 6

Maksimalt undersøkelsesdyb: 51,6 m.

Substrat: Store stein fra overflaten og ned til ca. 3 m dyp, deretter mindre stein og bløtbunn/sand ned til rundt 25 m dyp. Hovedsakelig bløtbunn dypere.

Organismesamfunn: Sjøfjær (*Pennatula phosphorea*) og piperensere (cf *Virgularia mirabilis*) ble registrert dypere enn ca. 30 m både i 2003 og i 2013. Nedre voksedyp for opprette alger var ca. 20 m i både 2003 og i 2013. I 2013 ble det registrert sukkertare mellom ca. 7 og 20 m (**Figur 2b**), mens denne algen ikke ble registrert i 2003. I 2013 var det vanlig/dominerende med trådformete alger fra overflaten og ned til ca. 7 m. I 2003 ble det også registrert endel trådformete alger ned til ca. 5 m dyp.



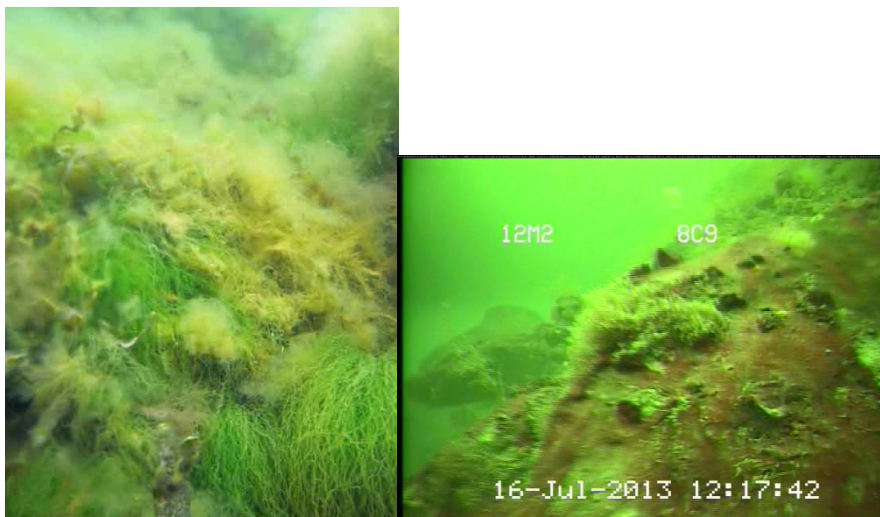
**Figur 2. a.** Kråkeboller på 4,3 m dyp på stasjon 5. **b.** Sukkertare og vanlig kjerringhår på 8,8 m dyp på stasjon 6.

### Stasjon 1

Maksimalt undersøkelsesdyb: 51,5 m.

Substrat: Stein ned til ca. 30 m, fjell dypere. Stein og fjell var kraftig nedslammet.

Organismesamfunn: I 2003 var stasjonen tydelig påvirket av virksomheter på land (Rygg et al. 2003). Det ble i 2003 ikke registrert fastsittende dyr mellom 25 og 50 m dyp og de første opprette algene ble registrert i 20-25 m intervallet. I 2013 ble det ikke registrert fastsittende dyr dypere enn ca. 20 m dyp. Nedre voksedyp var 20 m. I 2003 ble det registrert høye forekomster av tarmgrønsker (*Ulva* spp) og rekeklo (*Ceramium* sp) grunnere enn ca. 5 m. Begge algegruppene er indikatorer på næringssaltbelastning (når de forekommer i store mengder). I 2013 ble det også registrert store forekomster av tarmgrønsker og også trådformete alger (**Figur 3a**). Det ble også registrert et belegg av blågrønnalger (cf *Spirulina* sp) mellom ca. 7 og 15 m dyp, som også er en indikator på næringssaltbelastning (**Figur 3b**).



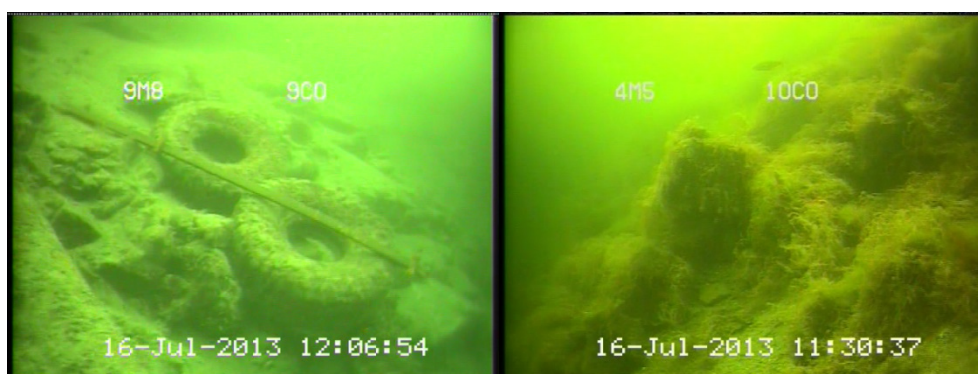
**Figur 3.** Stasjon 1. **a.** Tarmgrønsker og trådformete alger på ca. 1 m dyp. **b.** Blågrønnalgebelegg på stein på 12, 2 m dyp.

#### Stasjon 4 (Utslippsledning)

Maksimalt undersøkelsesdyp: 53,9 m.

Substrat: Fjell og stein i fjæra. Nedslammet fjell, stein og bløtbunn dypere.

Organismesamfunn: I 2003 ble det kun gjort undersøkelser langs utslippsledningen rundt selve utløpet. I 2003 var et brudd i ledningen på 21 m dyp hvor det hadde dannet seg et 2 m høyt tårn av saltutfelling. I 2013 ble ikke selve utløpet observert med droppkamera. På ca. 31 m dyp var det et sprangsjikt hvor det var svært dårlig sikt. Det ble observert enkelte hydroider (*Coymorpha nutans*) på ca. 30 m dyp, men ellers var det lite synlig liv dypere enn 15 m. De første opprette algene ble registrert på ca. 15 m dyp. Det ble registrert sukkertare på ca. 13 m dyp, og endel trådformete alger fra overflaten og ned til ca. 12 m. Det ble observert endel skrot (f.eks. dekk, planker og tauverk) i transektet (**Figur 4a**).



**Figur 4. a.** Skrot på bunnen, ved siden av utslippsrøret, på 9,8 m dyp på stasjon 4. **b.** Trådformete alger på stein på 4,6 m dyp (stasjon 2).

#### Stasjon 2

Maksimalt undersøkelsesdyp: 57,2 m.

Substrat: Stein ned til ca. 3 m dyp. Stein, fjell og bløtbunn ned til 14 m, bløtbunn (muligens svært nedslammet fjell) dypere.

Organismesamfunn: I 2003 var stasjonen tydelig påvirket av virksomheter på land. Det første dyret ble registrert på ca. 25 m dyp, og de første opprette algene ble registrert i 15-20 m intervallet. I de øverste

5 m var det dominerende forekomster av grønnalger (*Ulva* sp. og *Cladophora* sp.) og rekeklo, som indikerer at stasjonen var utsatt for høye næringssaltbelastinger. I 2013 ble det ikke observert synlig liv før ca. 28 m dyp. De første opprette algene ble registrert på 17 m dyp. Store forekomster av trådformete alger, tarmgrønsker og grønn dusker (*Cladophora* sp) fra overflaten og ned til ca. 5 m dyp indikerer næringssaltbelastning (**Figur 4**). Det ble registrert sukkertare mellom 10 og 12 m dyp. Denne arten ble ikke registrert på stasjonen i 2003.

### Stasjon 3

Maksimalt undersøkelsesdyp: 58 m.

Substrat: Stein og mindre områder med bløtbunn (nedslammet fjell) ned til ca. 40 m dyp (**Figur 5**).

Bløtbunn dypere (muligens svært nedslammet fjell).

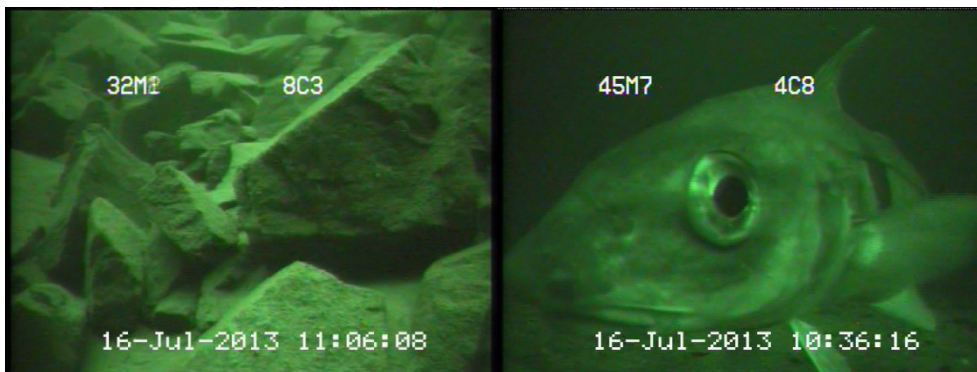
Organismesamfunn: I 2003 ble det ikke observert dyr før på 30 m dyp, og de første opprette algene ble registrert i 10-15 m intervallet. Algevegetasjonen i de øverste 10 m indikerte at stasjonen var næringssaltbelastet. I 2013 ble det observert enkelte slangestjerner på ca. 58 m dyp, og enkelte sjøfjær (*Pennatula phosphorea*) på ca. 52 m dyp, men ellers var det svært lite synlig liv før rundt 20 m dyp. De første opprette algene ble registrert på ca. 20 m dyp. Høye forekomster av trådformete alger som bl.a. grønn dusk, indikerer at stasjonen er næringssaltbelastet.

### Stasjon 7 (Referansestasjon sør)

Maksimalt undersøkelsesdyp: 58,4 m.

Substrat: Stein ned til ca. 15 m dyp. Bløtbunn/sand og stein dypere.

Organismesamfunn: I 2003 ble det registrert en rekke dyr helt ned til 50 m dyp, og de første opprette algene ble registrert i 15-20 m intervallet. Det var et rikere alge- og dyreliv på denne stasjonen enn på noen av de andre stasjonene, men store forekomster av kråkeboller hadde beitet ned bunnen mellom 1,5 m og 10 m dyp. Det ble også registrert endel ung fisk, og i fjæra var alger og dyr dekket av forrester og et fettbelegg fra før, trolig fra oppdrett av fisk. I 2013 var det lite synlig liv (fastsittende) før rundt 30 m dyp, men det ble observert enkelte fisk (**Figur 5**). Nedre voksegrense for alger var ca. 30 m. Det ble registrert to enkeltfunn av tare/stortare (*Laminaria* sp/*Laminaria hyperborea*) på hhv. 8 og 2 m dyp. Det ble ikke observert tare på stasjonen i 2003. Det ble ikke observert kråkeboller på stasjonen.



**Figur 5. a.** Stein uten synlig liv på 32, 2 m dyp, på stasjon 3. **b.** Kolje (*Melanogrammus aeglefinus*) på 45,7 m dyp på stasjon 7.

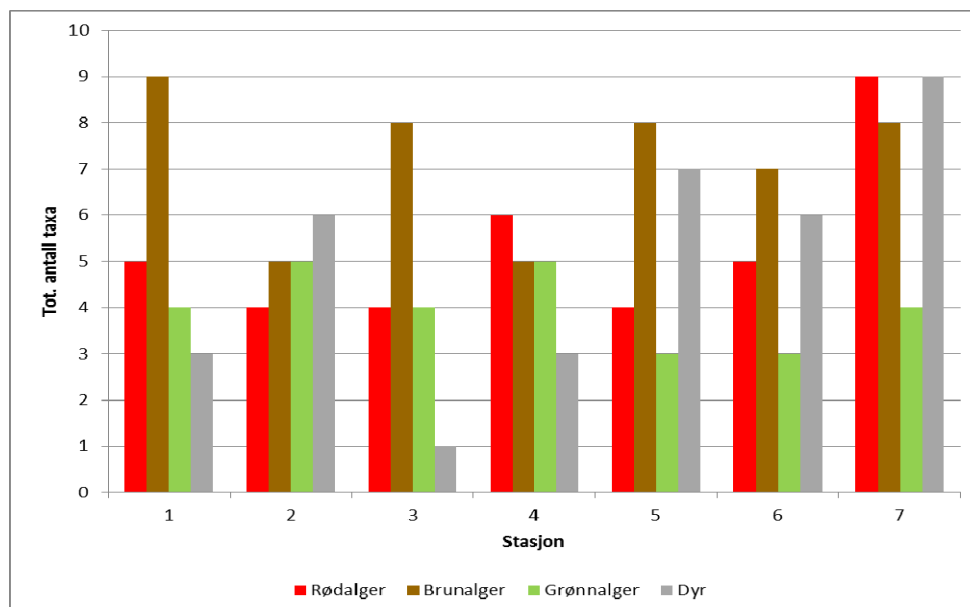
### 2.4.2 Resultater og analyser fra strandsoneregistreringene

Basert på makroalgevegetasjonen i fjæra, er det ikke påvist dårlige forhold i undersøkelsesområdet. På alle stasjonene ble vannkvaliteten klassifisert til å være i enten God eller Svært god status (**Tabell 2**). Den nedre grenseverdien til god status er 0,6, så stasjon 2 og 4 ligger nær grensen mellom god og moderat status. Den nedre grenseverdien til svært god status er 0,8, så stasjon 7 ligger nær grensen mellom svært god og god status.

**Tabell 2.** EQR-verdi (regnet fra fjæreindeksen) og status for vannkvalitet for sju stasjoner som ble undersøkt i 2013.

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
EQR-verdi	0,74	0,63	0,72	0,63	0,74	0,76	0,82
Status for vannkvalitet	God	God	God	God	God	God	Svært god

Det ble registrert totalt 33 taxa makroalger og 12 taxa dyr i undersøkelsesområdet. **Figur 6** viser at det ble registrert flest algearter på stasjon 7 og færrest på stasjon 2, mens det ble registrert flest dyr på stasjon 7 og færrest på stasjon 3. Artslister for undersøkelsen er gitt i **Vedlegg E**.



**Figur 6.** Antall arter/taxa rødalger, brunalger, grønnalger og dyr som ble registrert i fjæra på de 7 stasjonene undersøkt i 2013.

Det ble registrert flere arter/taxa i 2013 enn i 2003 på samtlige stasjoner, med unntak av stasjon 6 hvor det ble registrert likt antall de to undersøkelsesårene (**Tabell 3**). På stasjon 4, ved utslippsledningen, ble det ikke foretatt strandsonundersøkelser i 2003.

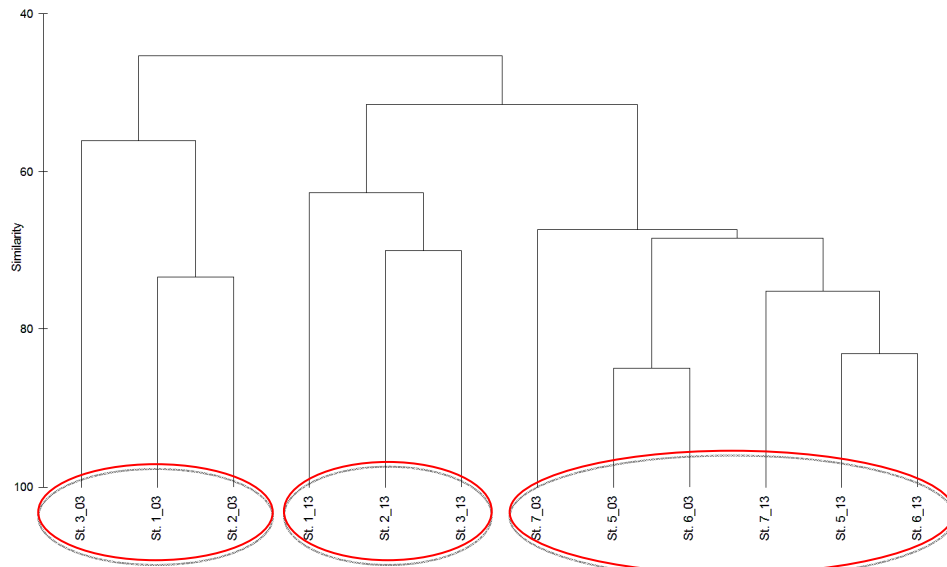
**Tabell 3.** Antall arter/taxa registrert i fjæra på stasjon 1-7 i 2003 og 2013.

Stasjon	Antall arter/taxa registrert i 2003	Antall arter/taxa registrert i 2013
1	20	21
2	13	20
3	13	17
4	-	19
5	17	22
6	21	21
7	25	30

En sammenlikning med undersøkelsene gjort i 2003 viser at artssammensetningene på stasjon 5, 6 og 7 var relativt like (>60 % likhet) de to undersøkelsesårene (**Figur 7**). Registreringen gjort på stasjon nær utslippet (Stasjon 1, 2 og 3) skiller seg ut fra de andre registreringene og var ulike i 2003 og 2013 (**Figur 7**). Det ble utført en SIMPER-analyse for å klargjøre hvilke arter/taxa som er hovedårsaken til ulikhetene i de tre grupperingen som ble avdekket med klusteranalysen (**Vedlegg C**).

Det ble registrert større forekomst av bl.a. skorpeformete rødalger (Coralliniacea indet. og *Hildenbrandia rubra*), grønnalgen grønndusk (*Cladophora rupestris*), vanlig strandsnegl (*Littorina littorea*) og skorpeformete mosdyr (*Electra/Membranipora*), men lavere forekomst av bl.a. dvergtarmgrønske (*Blidingia minima*), fine trådformete grønnalger (*Rhizoclonium/Ulotrhix/Urospora*), vanlig fjærehinne (*Porphyra umbilicalis*) og rekeklo (*Ceramium* spp) på stasjon 5, 6 og 7 enn ved stasjon 1, 2 og 3. Det ble registrert mer nedslamming av fjell og stein på stasjon 1-3 enn ved de resterende stasjonene, hvilket kan være ugunstig for skorpeformete alger. Høyere forekomst av dvergtarmgrønske, vanlig fjærehinne, rekeklo og fine trådformete grønnalger indikerer at stasjonene 1-3 er nærings saltbelastet.

De artene/taxa som bidro mest til ulikhetene mellom registreringene gjort på stasjon 1-3 i 2003 og 1-3 i 2013 var blåskjell (*Mytilus edulis*), som ble registrert i 2003 men ikke i 2013. Dvergtarmgrønske, vanlig strandsnegl og bruntufs (*Sphacelaria cirrosa*) ble registrert i 2013, men ikke i 2003. Det ble også registrert lavere forekomst av rekeklo i 2013.



**Figur 7.** Dendrogram fra en klusteranalyse av strandsoneregistreringene utført i 2003 og 2013 på stasjon 1, 2, 3, 5, 6 og 7. Figuren illustrerer likhet mellom prøver med hensyn til sammensetning av alge- og dyresamfunn i fjæra. Grupperinger av registreringene er merket med 3 røde omriss. Grupperingene fra venstre mot høyre er 1) St\_3\_03, St\_1\_03 og St\_2\_03; 2) St\_1\_13, St\_2\_13 og St\_3\_13; 3) St\_7\_03, St\_5\_03; St\_6\_03, St\_7\_13, St\_5\_13 og St\_6\_13.

## 2.5 Konklusjoner fra hardbunnsundersøkelsene

- Basert på makroalgevegetasjonen i fjæra er det påvist gode til svært gode forhold i undersøkelsesområdet. De laveste EQR-verdiene ble registrert på stasjon 2 og 4 som ligger relativt nær bedriftsområdet. Begge stasjonene hadde en Ecological Quality Ratio (EQR-verdi) ned mot nedre grense for god status. Den høyeste EQR-verdien (tilsvarende meget god status) ble registrert på stasjon 7 ca. 3,8 km syd for bedriftsområdet.
- Store forekomster av grønnalger indikerer allikevel at området rundt anlegget (stasjon 1-4) er nærings saltbelastet, som det også var i 2003.
- Det er en tendens til at nedre dybdegrense for større alger som vokser vertikalt opp fra bunnen er noe lavere på stasjonene 1, 2, 3, 4 og 6 (15-20 m) enn på stasjoner mer fjernt fra utslippspunktet (25-30 m), dvs. på stasjon 5 og 7. Dette kan også tyde på at vannet på stasjonen nær utslippet er mer turbid (dårligere gjennomskinnelighet) enn på referansestasjonene.
- Det ble registrert flere arter/taxa i 2013 enn i 2003 på samtlige stasjoner, med unntak av stasjon 6.
- Det ble også registrert en høyere forekomst av tare i 2013 enn i 2003. Dette tyder på at det har skjedd en forbedring av forholdene siden undersøkelsene i 2003.
- Organismesamfunnet på hardbunn består av både ettårige- og flerårige arter og utvalg og mengde av de ulike artene vil variere lokalt, regionalt og sesongmessig. Naturlige faktorer som f.eks. bølge-, strøm- og eksponeringsgrad, ferskvannspåvirkning og isskuring kan også påvirke artssammensetning helt lokalt. En kan derfor ikke se bort fra at endringer som her er observert over en 10-årsperiode også kan ha en komponent som skyldes naturlige faktorer.

## **3. Bløtbunnsundersøkelser**

### **3.1 Historikk**

I det mest forurensede fjordpartiet utenfor Raudsand er det tidligere påvist at bløtbunnsfaunaen var forskjellig fra faunaen lenger unna Raudsand. Artsmangfoldet var lavere og forurensningstolerante børstemark dominerte. De høye kobberkonsentrasjonene er blitt nevnt som en mulig årsak til at bunnfaunaen er påvirket (Rygg & Næs 1989). De siste bløtbunnsundersøkelsene i området ble gjort i 2003 (Rygg et al. 2003). Undersøkelsene viste at bløtbunnsfaunaen i nærområdet til industriområdet (som den gang ble disponert av Aluscan) var fattig og forurensningspreget. På stasjonene lenger unna, på større dyp i fjordbassenget, var faunaen tilnærmet normal. Flere årsaker til den fattige faunaen i nærområdet ble nevnt. Lukten av hydrogensulfid og det mørkegrå sedimentet tydet på oksygenmangel i sedimentet, som kan føre til kraftig utarming av faunaen. Det er imidlertid tidligere vist at oksygenforholdene og vannutskiftningen i dypvannet i Sunndalsfjorden ved Raudsand er gode (Molvær, 1990). Høye konsentrasjoner av forurensningskomponenter, særlig kobber, ble også nevnt som en mulig medvirkende årsak. Dessuten var det grunn til å anta at den fysiske beskaffenheten av sedimentet, med kompakt sammenkittet overflate av aluminiumholdige partikler, var et ugunstig levested for mange arter.

Oksygenmangel i sedimentet kan føre til kraftig utarming av bunnfaunaen. Det er nok med en episodisk hendelse med lavt oksygeninnhold for at et bunndyrsamfunn skal bli negativt berørt. En tidligere undersøkelse tyder på at både vannutskiftningen og oksygenforholdene i Sunndalsfjordens dypvann er gode (Molvær 1990). Funn av sediment med hydrogensulfidlukket på enkelt stasjoner i 2003 skyldes derfor neppe generelt dårlige oksygenforhold i fjordens bunnvann, men kan skyldes kjemisk oksygenforbruk og produksjon av hydrogensulfid som følge av sedimentasjon av reaktive aluminiumpartikler. Vi har derfor ikke inkludert oksygenmålinger som støtteparameter for bløtbunnsundersøkelsene. Dersom oksygenmålinger skulle vært inkludert som en støtteparameter/forklaringsvariabel måtte en ha fulgt oksygenforholdene over lengre tid før bløtbunnsundersøkelsen.

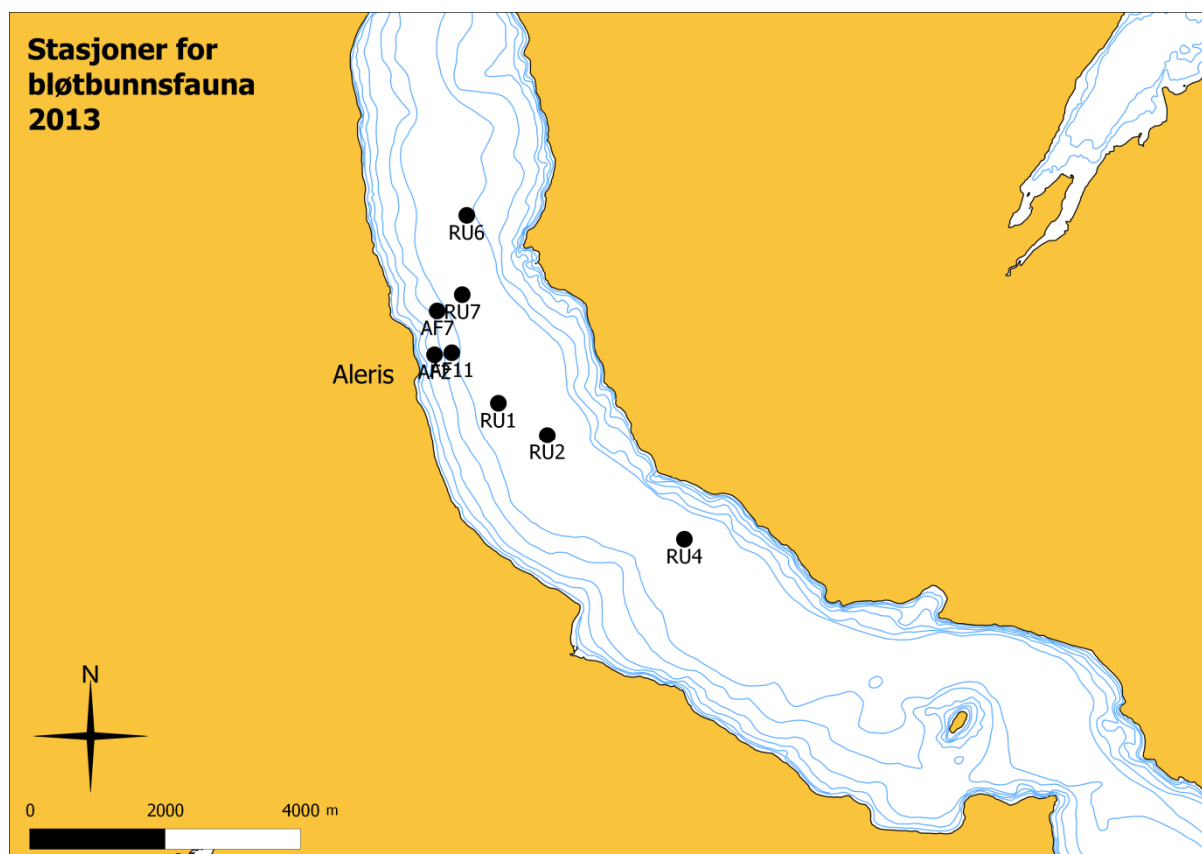
### **3.2 Formål med undersøkelsen**

Formålet med bløtbunnsundersøkelsene i 2013 var å beskrive tilstanden for bløtbunnsfauna og sediment (mht. organisk belastning som støtteparameter) på åtte stasjoner utenfor Raudsand i Tingvollfjorden. Den økologiske tilstanden ble bestemt i tråd med de kriteriene som er satt i Vanndirektivet. Videre vil resultatene sammenlignes med tidligere undersøkelser i området (Rygg & Næs 1988, Rygg et al. 2003), og vi har vurdert i hvilken grad tilstanden har endret seg over tid.

### **3.3 Metodikk**

#### **3.3.1 Stasjoner og prøvetaking**

Stasjonene som ble undersøkt for bløtbunnsfauna er i all hovedsak de samme som i 2003, med unntak av RU9 som ble erstattet av RU6 nord for Raudsand (prøvetatt i 1988). Stasjonenes plassering er vist i Figur 8. AF-stasjonene ligger i nærområdet til Aleris (0,5-1 km), mens RU-stasjonene ligger på større dyp langs bunnen av fjordbassenget. Stasjonenes posisjoner og dyp er gitt i Tabell 4.



**Figur 8.** Stasjonene som inngikk i undersøkelsen av bløtbunnsfauna i 2013.

**Tabell 4.** Stasjonenes posisjoner og dyp, og dato for prøvetaking.

Stasjon	Dato for prøvetaking	Breddegrad	Lengdegrad	Dyp (m)	Avstand fra bedriftsområde (km)
RU1	26.6.2013	62,8354	8,1502	326	1,3
RU2	26.6.2013	62,8312	8,1645	329	2,7
RU4	24.6.2013	62,8176	8,2046	330	4,8
RU6	25.6.2013	62,8602	8,1403	329	2,1
RU7	25.6.2013	62,8497	8,1393	329	1,2
AF2	27.6.2013	62,8417	8,1315	146	0,2
AF7	27.6.2013	62,8475	8,1321	238	0,5
AF11	27.6.2013	62,8420	8,1365	274	0,7

Alle faunaprøvene ble tatt med en van Veen grabb med prøvetakingsareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Det ble tatt fire parallelle prøver på RU-stasjonene og to parallelle prøver på AF-stasjonene. Hver prøve ble kontrollert for å se etter forstyrrelse av sedimentet, og gitt en visuell beskrivelse av sedimentets karakter (farge, lukt, konsistens). Sedimentvolum ble målt til nærmeste cm fylling i grabben og deretter ble prøven vasket gjennom sikter med henholdsvis 5 mm og 1 mm runde hull. Sikteresten ble så konserverert i en 4-10 % formalinløsning nøytralisert med boraks og tilsatt fargestoffet bengalrosa for å gjøre sorteringen lettere. Sedimentprøver for analyse av kornfordeling og total organisk karbon (TOC) ble tatt fra separate grabbprøver.



Sikteresten ble grovsortert i hovedgrupper ved NIVAs biologilaboratorium, og lagt over på 80 % sprit. All sortert fauna ble artsbestemt til lavest mulig taksonomiske nivå, og alle individer av hver art talt. Sedimentprøvene ble analysert for kornfordeling (andel finstoff, dvs. leire og silt) og TOC ved NIVAs kjemilaboratorium. Kornfordeling ble analysert på øvre 0-5 cm sjikt og TOC på øvre 0-1 cm sjikt av sedimentet.

Prøvetaking, sortering og artsidentifisering ble utført i henhold til ISO 16665 (Water quality - Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna, 2005) og NIVAs interne akkrediterte prosedyrer. Undersøkelsen ble utført iht. kravene i overvåkningsveileder til vannforskriften (veileder 02-2009 "Overvåkning av miljøltilstanden i vann").

### 3.3.2 Tilstandsklassifisering

Bløtbunnsfauna karakteriseres ved total antall arter, total antall individer og artssammensetning. På grunnlag av artslistene beregnes indekser for artsmangfold og ømfintlighet. Følgende indekser ble benyttet:

- artsmangfold ved Shannon-Wiener indeksen  $H'$  ( $\log_2$ ) og Hurlberts diversitetsindeks  $ES_{100}$  (forventet antall arter per 100 individer)
- ømfintlighet ved indeksen ISI
- kvalitetsindeksene NQI1 og NQI2, sammensatte indekser som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Indeksverdiene ble beregnet for hver grabbprøve og videre ble stasjonens middelverdi beregnet og brukt til tilstandsklassifisering. Klassifiseringen ble utført i henhold til veileder 01:2009 (Klassifisering av miljøltilstand i vann). Det anbefales i veilederen å vektlegge NQI1 (Norwegian Quality Index) siden denne er interkalibrert mellom flest land. Klassegrensene for alle indeksene er gitt i Tabell 5. Klassifiseringssystemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra svært god (klasse I) til svært dårlig tilstand (klasse V). Vanddirektivet har som generelt mål at alle vannforekomster minst skal opprettholde eller oppnå god tilstand (klasse II).

**Tabell 5** Oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene som benyttes for klassifisering av økologisk tilstand for bløtbunnsfauna (fra veileder 01:2009).

Indeks	Type indeks	Økologisk tilstandsklasse basert på bunnfauna i sediment					Referanseverdi
		Svært dårlig (V)	Dårlig (IV)	Moderat (III)	God (II)	Svært god (I)	
NQI1	Sammensatt	<0,31	0,31-0,49	0,49-0,63	0,63-0,72	>0,72	0,78
NQI2	Sammensatt	<0,20	0,20-0,38	0,38-0,54	0,54-0,65	>0,65	0,73
$H'$	Artsmangfold	<0,9	0,9-1,9	1,9-3,0	3,0-3,8	>3,8	4,4
ES100	Artsmangfold	<5	5-10	10-17	17-25	>25	32
ISI	Ømfintlighet	<4,2	4,2-6,1	6,1-7,5	7,5-8,4	>8,4	9

For klassifisering av tilstand etter organisk innhold i sediment (iht. veileder SFT 97:03) må TOC-verdiene korrigeres for sedimentets innhold av finstoff (% <63 $\mu$ m, dvs. leire og silt). Dette gjøres ved at prøven standardiseres for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

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

hvor F er lik andelen finstoff.

TOC benyttes som et supplement til faunadataene for å få informasjon om graden av organisk belastning. Klassegrensene for innhold av TOC i sediment er gitt i Tabell 6.

**Tabell 6** Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment. TOC-verdiene er korrigert for innhold av finstoff forut for klassifiseringen. Fra SFT 97:03.

Parameter	Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment (SFT 97:03)				
	Svært dårlig	Dårlig	Mindre god (moderat)	God	Svært god
Organisk karbon (TOC) (mg/g)	>41	34-41	27-34	20-27	<20

### 3.4 Resultater

#### 3.4.1 Beskrivelse av sedimentet

På stasjonene i nærområdet til Aleris (AF-stasjonene) hadde sedimentet en gråsvart farge og besto av sandaktige, sammenkittede partikler, også med innslag av noe grus. Dette sedimentet dannet en hard, skorpelignende overflate som grabben tidvis hadde vanskeligheter med å trenge gjennom, særlig på AF2 (**Figur 9**). Over dette gråsvarte, sammenkittede sedimentet fantes det et mykt, finkornet, brunt overflatelag på 1-2 cm (**Figur 10**). Dette brune overflatelaget er ikke beskrevet i Rygg (2003), og har sannsynligvis sedimentert de siste ti årene. På grunn av grabbens vanskeligheter med å trenge gjennom sedimentet og få tatt gode prøver, var i noen tilfeller det brune overflatelaget delvis skylt bort.

RU-stasjonene ute i fjorden hadde mørk grått, finkornet sediment (leire, silt) med et brunt overflatelag, ganske typisk for marint sediment (**Vedlegg D.**). Det var ingen lukt av hydrogensulfid fra noen av stasjonene. Se vedlegg for en mer detaljert beskrivelse av sedimentets beskaffenhet på de ulike stasjonene.



**Figur 9.** Sediment fra stasjon AF2 (venstre) og AF7 (høyre).



**Figur 10.** Sediment fra stasjon AF11. Kjernen til venstre viser et ca. 2 cm tykt overflatelag av brunt finkornet sediment over det grovere gråsvarte sedimentet.



**Figur 11.** Sediment fra en RU-stasjonen. Sedimentet består av grå leire/silt med et brunt overflatelag.

### 3.4.2 Organisk innhold i sediment

Resultatene fra analyse av sedimentets kornfordeling og innhold av TOC er vist i **Tabell 7**. Innhold av organisk karbon ligger vanligvis på rundt 10-50 mg/g (1-5 %) i marine sediment, og resultatene fra alle stasjonene ligger således innen normalområdet. Innhold av TOC vil vanligvis være høyere i finkornet enn i grovt sediment, og må derfor justeres for innhold av finstoff forut for tilstandsklassifisering. Alle RU-stasjonene har svært god tilstand for organisk innhold i sediment, med unntak av RU6 (god tilstand). Alle AF-stasjonene har god tilstand. AF2 hadde grovere sediment enn de øvrige stasjonene, med kun 20 % finfraksjon.

**Tabell 7.** Total organisk karbon (TOC) fra øvre 0-1 cm, og kornstørrelse (finfraksjon < 63  $\mu\text{m}$ ) fra øvre 0-5 cm i sedimentet. TOC63 er organisk karbon i sediment korrigert for andel finstoff, og tilstanden er klassifisert iht. Tabell 6.

STAS	korn	TOC	TOC63	Tilstandsklasse
RU1	90	12,5	14,3	Svært god
RU2	93	14,1	15,4	Svært god
RU4	96	18,4	19,1	Svært god
RU6	93	20	21,3	God
RU7	88	15,7	17,9	Svært god
AF2	20	8,8	23,2	God
AF7	95	22,2	23,1	God
AF11	83	22,1	25,2	God

### 3.4.3 Bløtbunnsfauna

Indeksenes stasjonsvise middelerverdi og tilstandsklassifisering er gitt i Tabell 8. Indekser per grabb for alle stasjoner og fullstendige artslistene er gitt i vedlegg. Klassifisering av tilstand i henhold til NQI1 og H' er også vist i Figur 12 og Figur 13.

Resultatene viser at alle RU-stasjonene hadde svært god økologisk tilstand (klasse I) iht. NQI1-indeksen. Det er imidlertid et sprik mellom de sammensatte-/sensitivitetsindeksene (NQI1, NQI2 og ISI), og diversitetsindeksene ( $H_{\log 2}$ ,  $ES_{100}$ ) på 1-2 tilstandsklasser. Dette skyldes at det ble funnet relativt få arter og lav diversitet på stasjonene, men at artssammensetningen hadde høy andel av arter som er sensitive eller nøytrale overfor forurensning eller forstyrrelse (økologisk gruppe I og II).

De tre AF-stasjonene hadde god økologisk tilstand (klasse II) iht. NQI1, til tross for at faunaen var relativt individfattig og artsfattig. Dette skyldes igjen at en stor andel av artene som ble funnet er sensitive eller nøytrale overfor forurensning eller forstyrrelse.

**Tabell 8.** Indeksenes stasjonsvise middelverdi i 2013. NQI1=Norwegian Quality Index 1; NQI2=Norwegian Quality Index 2;  $H_{\log 2}$ =Shannon-Wieners diversitetsindeks;  $ES_{100}$ =Hurlberts indeks; ISI=sensitivitetsindeks. NQI1 er vektlagt ved klassifiseringen i henhold til veileder 01:2009.

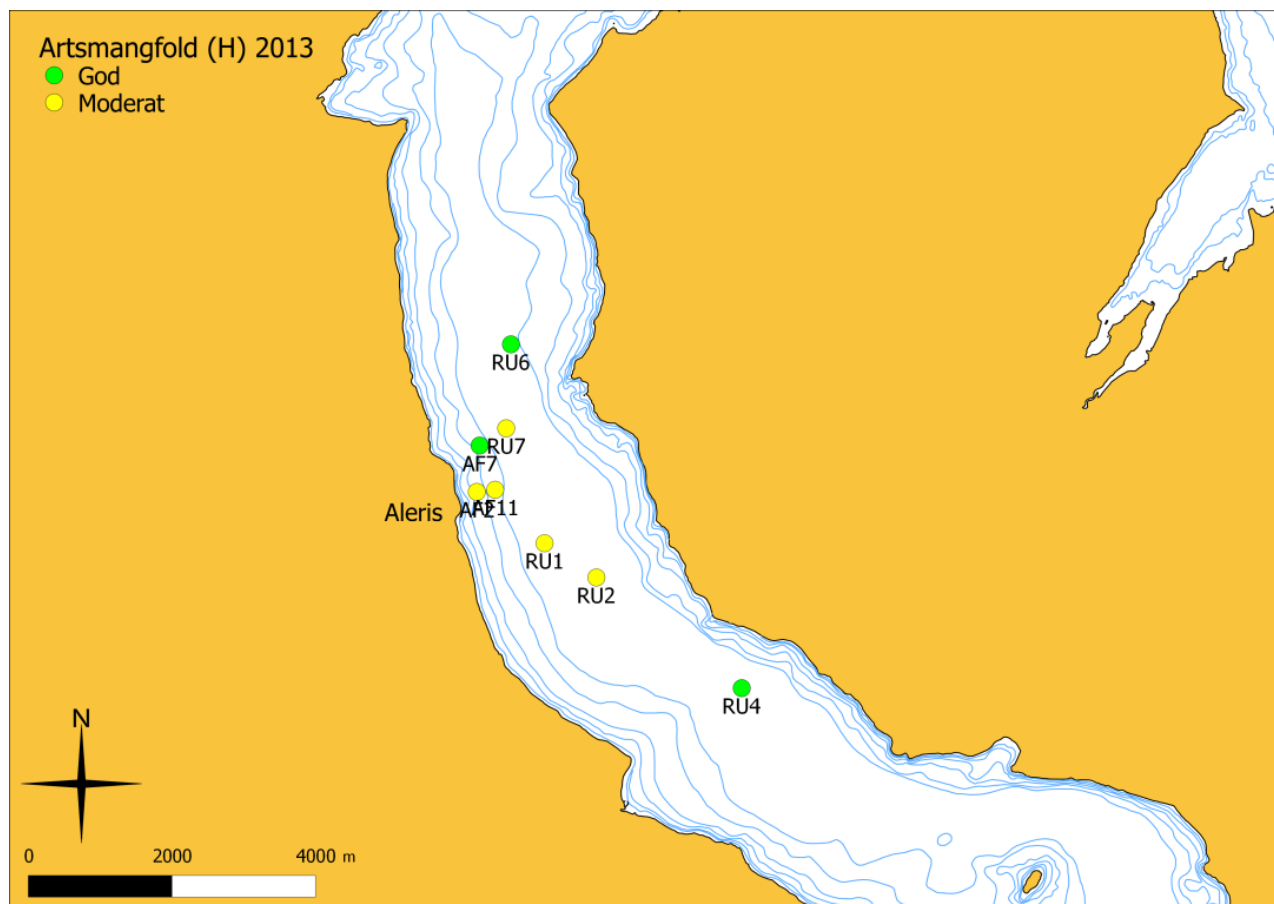
Stasjon	NQI1	NQI2	$H_{\log 2}$	$ES_{100}$	ISI	Tilstandsklasse
RU1	0,77	0,66	2,40	14,7	10,44	Svært god (I)
RU2	0,75	0,66	2,88	16,5	9,50	Svært god (I)
RU4	0,77	0,73	3,69	19,8	10,34	Svært god (I)
RU6	0,78	0,72	3,71	22,9	10,50	Svært god (I)
RU7	0,80	0,64	1,93	14,4	10,06	Svært god (I)
AF2	0,71	0,64	3,31	13,5	8,46	God (II)
AF7	0,71	0,64	2,76	9,5	10,36	God (II)
AF11	0,70	0,63	2,69	11,0	10,07	God (II)

Tilstands- klasse	Svært dårlig (V)	Dårlig (IV)	Moderat (III)	God (II)	Svært god (I)
----------------------	---------------------	----------------	------------------	-------------	------------------

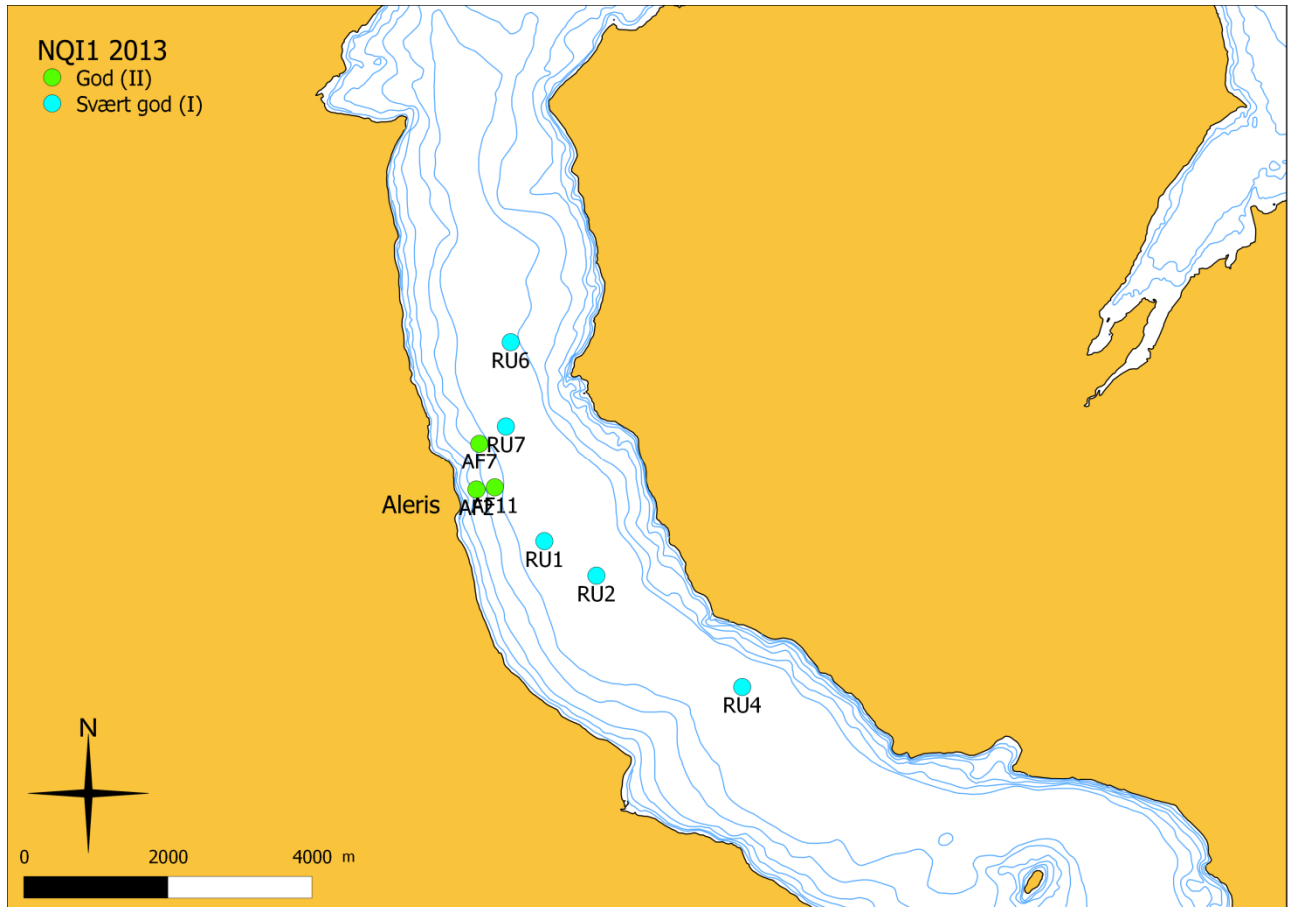
Bløtbunnsfaunaen var dominert av flerbørstemark (Polychaeta) og muslinger (Bivalvia) på alle stasjoner (**Tabell 9**). Det ble funnet få arter av krepsdyr (Crustacea), og pigghuder (Echinodermata) var nesten totalt fraværende. Faunaen var totalt sett ikke preget av spesielt forurensningstolerante arter, men fravær av krepsdyr og pigghuder kan tyde på at bunnfaunaen er forstyrret. Det ble ikke funnet noen store gravende arter som kråkeboller eller sjømus. Slike dyr bearbeider sedimentet og sørger for transport og utveksling av vann, oksygen og nedbrytningsprodukter i sedimentene, og er derfor viktige for et godt bunnmiljø.

**Tabell 9.** Oversikt over de ti mest tallrike artene på hver stasjon i 2013.

GRUPPE	ART/TAKSON	AF2	GRUPPE	ART/TAKSON	AF7
MUSLING	Thyasira sp.	9	MUSLING	Thyasira sp.	10
FLERBØRSTEMARK	Paramphinome jeffreysii	6	FLERBØRSTEMARK	Nephtys incisa	10
FLERBØRSTEMARK	Laonice sp.	5	FLERBØRSTEMARK	Terebellides stroemii	3
FLERBØRSTEMARK	Trichobranchus roseus	4	MUSLING	Adontorhina similis	3
FLERBØRSTEMARK	Nephtys incisa	3	SNEGLE	Philine scabra	2
FLERBØRSTEMARK	Glycera alba	3	SLANGESTJERNE	Ophiura sp.	2
HALEKREPS	Diastylodes biplicatus	3	MUSLING	Vesicomya abyssicola	2
FLERBØRSTEMARK	Pholoe baltica	2	MUSLING	Mendicula ferruginosa	2
FLERBØRSTEMARK	Caulleriella sp.	2	SJØTANN	Dentalium sp.	2
MUSLING	Bivalvia	1	SLANGESTJERNE	Ophiuroidea juvenil	1
GRUPPE	ART/TAKSON	AF11	GRUPPE	ART/TAKSON	RU1
MUSLING	Thyasira sp.	29	MUSLING	Vesicomya abyssicola	324
FLERBØRSTEMARK	Nephtys incisa	12	FLERBØRSTEMARK	Nephtys incisa	35
MUSLING	Vesicomya abyssicola	12	FLERBØRSTEMARK	Siboglinidae	34
FLERBØRSTEMARK	Glycera lapidum	3	MUSLING	Thyasira sp.	31
FLERBØRSTEMARK	Terebellides stroemii	3	FLERBØRSTEMARK	Spiochaetopterus typicus	22
MUSLING	Adontorhina similis	3	MUSLING	Thyasira obsoleta	14
FLERBØRSTEMARK	Paramphinome jeffreysii	2	MUSLING	Yoldiella lucida	13
FLERBØRSTEMARK	Lumbrineris cingulata	2	MUSLING	Adontorhina similis	9
MUSLING	Yoldiella lucida	2	FLERBØRSTEMARK	Lumbrineris cingulata	7
FLERBØRSTEMARK	Neoleanira tetragona	1	HALEKREPS	Diastylodes serratus	7
GRUPPE	ART/TAKSON	RU2	GRUPPE	ART/TAKSON	RU4
MUSLING	Vesicomya abyssicola	288	FLERBØRSTEMARK	Nephtys incisa	51
FLERBØRSTEMARK	Nephtys incisa	67	MUSLING	Thyasira sp.	47
FLERBØRSTEMARK	Heteromastus sp.	55	STJERNEORM	Nephasoma sp	39
FLERBØRSTEMARK	Siboglinidae	41	MUSLING	Vesicomya abyssicola	24
MUSLING	Thyasira sp.	32	STJERNEORM	Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	24
FLERBØRSTEMARK	Spiochaetopterus typicus	25	FLERBØRSTEMARK	Spiochaetopterus typicus	19
FLERBØRSTEMARK	Aphelochaeta sp.	18	MUSLING	Yoldiella lucida	14
MUSLING	Adontorhina similis	13	FLERBØRSTEMARK	Siboglinidae	13
FLERBØRSTEMARK	Lumbrineris cingulata	11	MUSLING	Adontorhina similis	12
NEMERTEA	Nemertea	7	FLERBØRSTEMARK	Heteromastus sp.	11
GRUPPE	ART/TAKSON	RU6	GRUPPE	ART/TAKSON	RU7
MUSLING	Vesicomya abyssicola	140	MUSLING	Vesicomya abyssicola	478
FLERBØRSTEMARK	Heteromastus sp.	87	FLERBØRSTEMARK	Nephtys incisa	31
FLERBØRSTEMARK	Siboglinidae	60	MUSLING	Yoldiella lucida	28
MUSLING	Yoldiella lucida	44	MUSLING	Thyasira sp.	21
MUSLING	Thyasira sp.	42	MUSLING	Adontorhina similis	21
FLERBØRSTEMARK	Nephtys incisa	32	FLERBØRSTEMARK	Siboglinidae	11
STJERNEORM	Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	28	FLERBØRSTEMARK	Spiochaetopterus typicus	10
FLERBØRSTEMARK	Spiochaetopterus typicus	24	MUSLING	Yoldiella sp.	10
FLERBØRSTEMARK	Lumbrineris cingulata	22	FLERBØRSTEMARK	Ampharetidae	10
MUSLING	Adontorhina similis	19	FLERBØRSTEMARK	Lumbrineris cingulata	8



**Figur 12.** Klassifisering av tilstand for bløtbunnsfauna basert på arts mangfold (Shannon-Wiener indeksen  $H'$ ).



**Figur 13.** Klassifisering av tilstand for bløtbunnsfauna basert på den sammensatte kvalitetsindeksen NQI1.



### 3.4.4 Sammenligning med tidligere år

**Tabell 10** viser resultatene fra faunaundersøkelsene i 1988, 2003 og 2013. Det har skjedd en tydelig forbedring av den økologiske tilstanden på AF-stasjonene siden 2003. Antall arter har økt markant, og alle indekser har økt fra 2003 til 2013.

For RU-stasjonene er ikke endringene fra 2003 like entydige. På RU1 og RU7 (nærmest utslippspunktet av RU-stasjonene) har antallet arter økt, men diversiteten gått noe ned. Den økologiske tilstanden iht. NQI1 er forbedret. På RU2 har antallet arter gått ned, og alle indekser med unntak av NQI1 viser en forverring. På RU4 har antall arter blitt redusert, men de øvrige indeksene viser en forbedring. RU6 ble ikke prøvetatt i 2003, men viser en tydelig forbedring i miljøtilstand sammenlignet med 1988.

**Tabell 10.** Faunaparametre per stasjon i 1988, 2003 og 2013. S=Antall arter; N=Antall individer; NQI1=Norwegian Quality Index 1; NQI2=Norwegian Quality Index 2;  $H_{\log 2}$ =Shannon-Wieners diversitetsindeks;  $ES_{100}$ =Hurlberts indeks; ISI=sensitivitetsindeks.

Stasjon	År	S	N	NQI1	NQI2	H(log2)	ES100	ISI
RU1	1988	7	87	0,45	0,40	2,11		5,49
RU1	2003	35	610	0,64	0,56	3,28	17,8	9,09
RU1	2013	35	547	0,82	0,68	2,62	17,1	10,27
RU2	1988	7	42	0,55	0,50	2,34		7,46
RU2	2003	65	697	0,78	0,75	4,52	30,1	10,37
RU2	2013	42	624	0,79	0,68	3,12	18,4	9,72
RU4	1988	11	49	0,64	0,59	2,96		8,13
RU4	2003	48	347	0,78	0,70	3,91	24,7	10,23
RU4	2013	40	326	0,81	0,77	4,15	24,4	9,72
RU6	1988	9	31	0,55	0,51	2,92		7,48
RU6	2013	60	616	0,82	0,75	4,09	24,0	10,18
RU7	1988	17	95	0,58	0,53	3,30		7,92
RU7	2003	36	659	0,67	0,58	3,17	16,5	9,01
RU7	2013	36	675	0,83	0,65	2,07	15,0	9,81
AF2	2003	4	6	0,58	0,50	1,92		6,91
AF2	2013	22	50	0,75	0,70	4,01	22	9,05
AF7	2003	10	23	0,65	0,56	2,58		8,10
AF7	2013	14	41	0,74	0,68	3,26	14	10,45
AF11	2003	5	40	0,51	0,44	1,65		7,18
AF11	2013	19	78	0,76	0,67	3,12	19	10,05

### 3.5 Konklusjoner – bløtbunnsundersøkelser

- På stasjonene i nærområdet til Aleris (AF-stasjonene) hadde sedimentet et brunaktig finkornete overflatelag på 1-2 cm som ikke er nevnt i undersøkelsen for 10 år siden og et underliggende lag som var gråsvart av farge og besto av sandaktig, sammenkittede partikler med innslag av noe grus. Dette underliggende laget hadde en hard, skorpelignende overflate. Det brune finkornete overflatelaget har sannsynligvis sedimentert de siste 10 årene.
- RU-stasjonene ute i fjorden hadde mørk grått, finkornet sediment (leire, silt) med et brunt overflatelag, ganske typisk for marint sediment.
- Det var ingen lukt av hydrogensulfid fra noen av stasjonene. Dette tyder på at oksygenforholdene i dypområdene har vært relativt gode.
- Sedimentanalysene viste at alle stasjonene nærmest bedriftsområdet(AF-stasjonene) hadde god tilstand med hensyn til innhold av organisk karbon. Alle RU-stasjonene viste svært god tilstand med hensyn til organisk innhold i sediment, med unntak av RU6 (god tilstand). Det ble ikke registrert noen hydrogensulfidlukkt av sedimentet på noen av stasjonene.
- Faunasammensetningen på de tre AF-stasjonene nærmest bedriftsområdet tyder på god økologisk tilstand (klasse II) iht. NQI1, til tross for at faunaen var relativt individfattig og artsfattig. RU-stasjonene som ligger lenger unna bedriftsområdet hadde svært god økologisk tilstand (klasse I) iht. samme indeks. Det var imidlertid et språk i klassifiseringen mellom de sammensatte sensitivitetsindeksene (NQI1, NQI2 og ISI), og diversitetsindeksene ( $H_{log2}$ ,  $ES_{100}$ ) på 1-2 tilstandsklasser. Dette skyldes at det ble funnet relativt få arter og lav diversitet på stasjonene, men at artssammensetningen hadde høy andel av arter som er sensitive eller nøytrale overfor forurensning eller forstyrrelse (økologisk gruppe I og II).
- Det har skjedd en tydelig forbedring av den økologiske tilstanden på AF-stasjonene siden 2003. For RU-stasjonene er ikke endringene fra 2003 like entydige.
- Konsentrasjonen kobber og enkelte andre metaller var høye på bløtbunnsstasjonene (se kapittel 4). Dette ser imidlertid ikke ut til å ha gitt dårlig miljøtilstand mht. forekomst av bløtbunnsfauna. En mulig forklaring på dette er at metallene er hardt bundet til mineralene slik at de ikke lekker ut til porevannet i tilstrekkelig grad til å gi en giftvirkning.

## 4. Miljøgifter i sediment

### 4.1 Historikk

Sedimentene i midtre del av Sunndalsfjorden er tidligere påvist å være forurenset med gruveavgang fra Rødsand Gruber som drev på en jernmalforekomst som hadde et magnetittkonsentrat som produkt, som igjen inneholdt jern og vanadium.

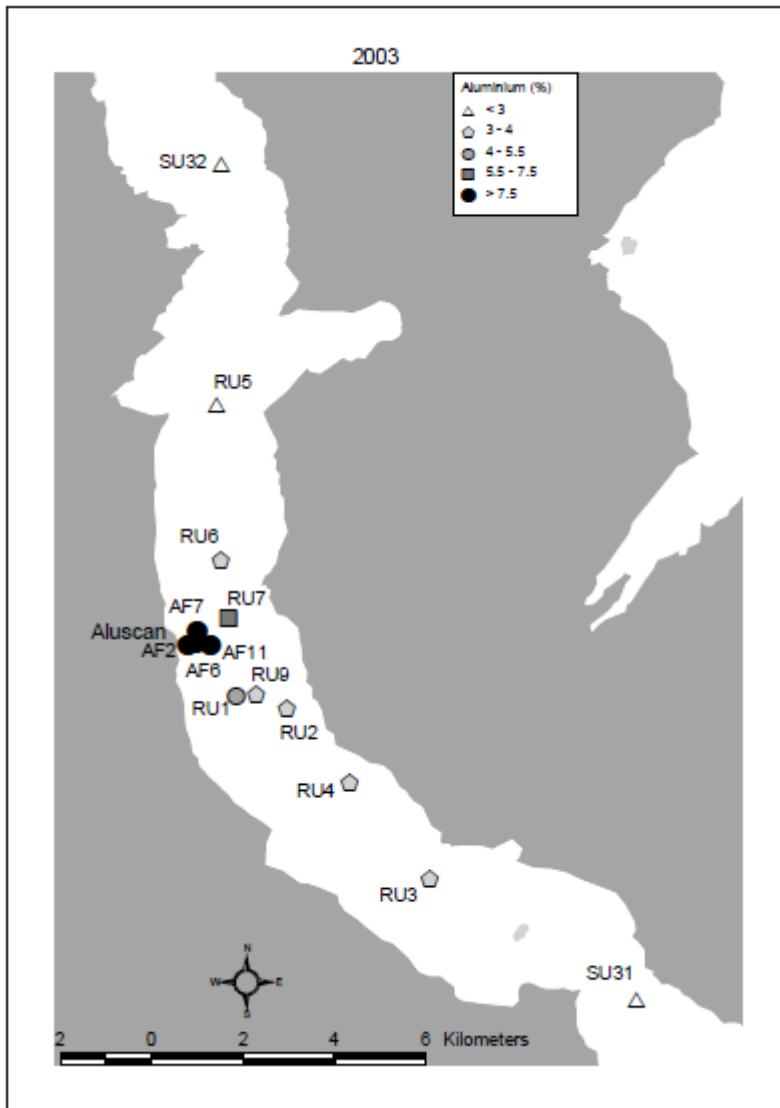
Utslippene av gruveavgang opphørte i 1983. Et ca. 4 km<sup>2</sup> stort område ved Raudsand var imidlertid fortsatt påvirket i 1988. Her var kobber-, vanadium- og jernkonsentrasjonene henholdsvis 10, 6 og 3 ganger høyere enn normalt. I det mest forurensete fjordpartiet var bløtbunnsfaunaen forskjellig fra faunaen lenger bort fra Raudsand. Artsmangfoldet var lavere og forurensningstolerante børstemark dominerte. To muslingarter, som var vanlige ellers i fjorden, manglet. Deres fravær skyldes høyst sannsynlig virkninger av de høye kobberkonsentrasjonene som trolig skyldes utslipp fra tidligere virksomhet. Faunaen i det avgangspåvirkete området ble klassifisert som moderat påvirket (Rygg & Næs 1989).

Industriområdet ved Raudsand har etter at gruvedriften opphørte også blitt benyttet til annen virksomhet (AluWest AS, Aluscan AS), blant annet gjenvinning av aluminium fra ulike typer avfallsprodukter. Denne virksomheten har trolig medført utslipp av aluminiumsholdige partikler til fjorden.

De siste sedimentundersøkelsene ble gjort i 2003 (Rygg et al 2003). Også i 2003 ble det påvist forurensete sedimenter utenfor industriområdet. Resultatene viste en økning i konsentrasjonene av aluminium, kobber, sink og krom. Forurensningen var sterkest i nærområdet til industriområdet (som den gang ble disponert av Aluscan), men også ute i fjordens dypbasseng var det en økning av sink og særlig kobber. Også tidligere (før 1989) var det en markert kobberforurensning av fjordbunnen utenfor Raudsand gruver.

Stasjonen som ble undersøkt i 2003 er vist i **Figur 14**. Innholdet av miljøgifter i sedimentet i prøvene fra 2003 er vist i **Tabell 11**. Av tabellen ses at sedimentene på stasjonene AF 2, AF 6, AF 7, AF 11, RU 7, RU 1, RU 9, RU 2, RU 6 ble klassifisert til tilstandsklasse III eller høyere for minst 3 metaller. Stasjonene RU 4, RU 5, RU 3, SU 32 og SU 31 ble klassifisert til tilstandsklasse II for 3 metaller mens klassifiseringen ga klasse I for de øvrige metallene.

Kildene til de høye PCB-verdiene på AF 7 og AF 11 er ifølge Rygg et al. 2003 ikke kjent. En mulig forklaring kan være tilførsler fra tekniske installasjoner brukt ved tidligere drift i gruva eller oppredningsverk.








**Figur 14.** Sedimentstasjoner undersøkt i 2003. Konsentrasjoner av aluminium (Al) i sediment er indikert (kilde Rygg 2003).

**Tabell 11.** Metaller og PCB i overflatesedimentene i 2003. Stasjonene er sortert etter avstand fra Aluscan (AF2 nærmest, SU31 lengst vekk). ---: ikke analysert (kilde Rygg et al. 2003)

Lokalitet	Al (µg/g)	Cd (µg/g)	Cr (µg/g)	Cu (µg/g)	Fe (µg/g)	Pb (µg/g)	V (µg/g)	Zn (µg/g)	Li (µg/g)	Ni (µg/g)	PCB (µg/kg t.v.)
AF 2	142000	2,4	226	1840	7900	228	75,6	666	64,2	127	---
AF 6	181000	1,6	309	2740	11700	237	68,5	1280	26,3	198	68,3
AF 7	136000	1,3	243	1730	8750	220	78,5	607	144	118	264,7
AF 11	120000	1,5	219	1540	15000	187	105	610	98,7	114	177,3
RU 7	69100	0,59	159	1220	37900	176	204	338	65,7	123	---
RU 1	45600	0,3	94	677	49100	68,6	240	227	62,4	106	28,8
RU 9	34800	0,2	60,5	460	53500	35	246	174	35,4	120	<3
RU 2	32700	0,2	89,1	215	47300	38,3	178	149	39,7	79,2	---
RU 6	35600	0,2	80	338	48600	43,7	206	166	38,9	86,7	---
RU 4	31700	<0,2	101	108	46700	33,6	147	136	43,1	71,4	---
RU 5	29700	<0,2	88,2	117	44400	38,8	155	146	38,8	70,1	---
RU 3	31100	<0,2	106	92,6	45100	33,4	144	133	42,8	69,6	---
SU 32	25600	<0,2	78,3	68,4	35400	45,2	122	117	35,5	51,5	<2
SU 31	29100	0,2	102	72,7	44200	26,9	150	132	43,4	68,1	---

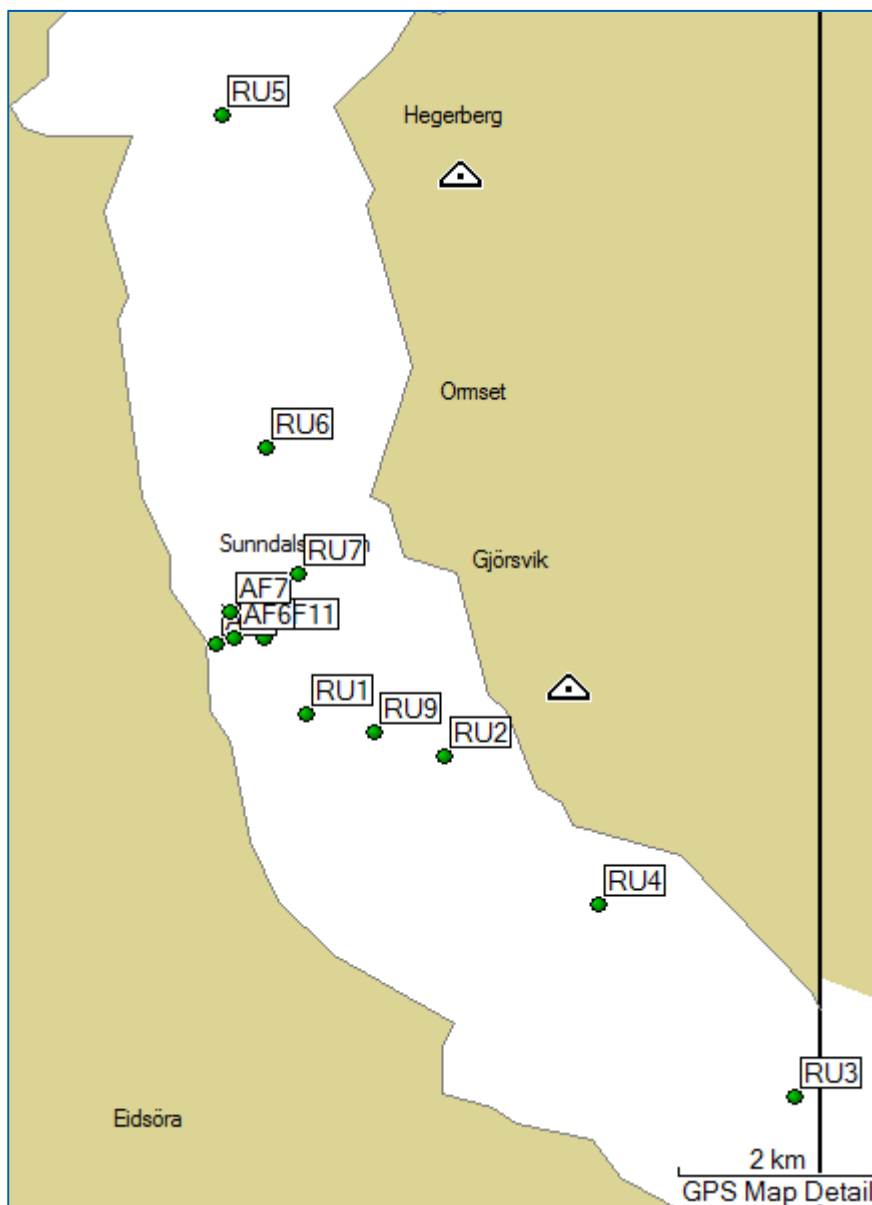
#### Forurensningsgrad

	I	Ubetydelig-lite forurenset
	II	Moderat forurenset
	III	Markert forurenset
	IV	Sterkt forurenset
	V	Meget sterkt forurenset

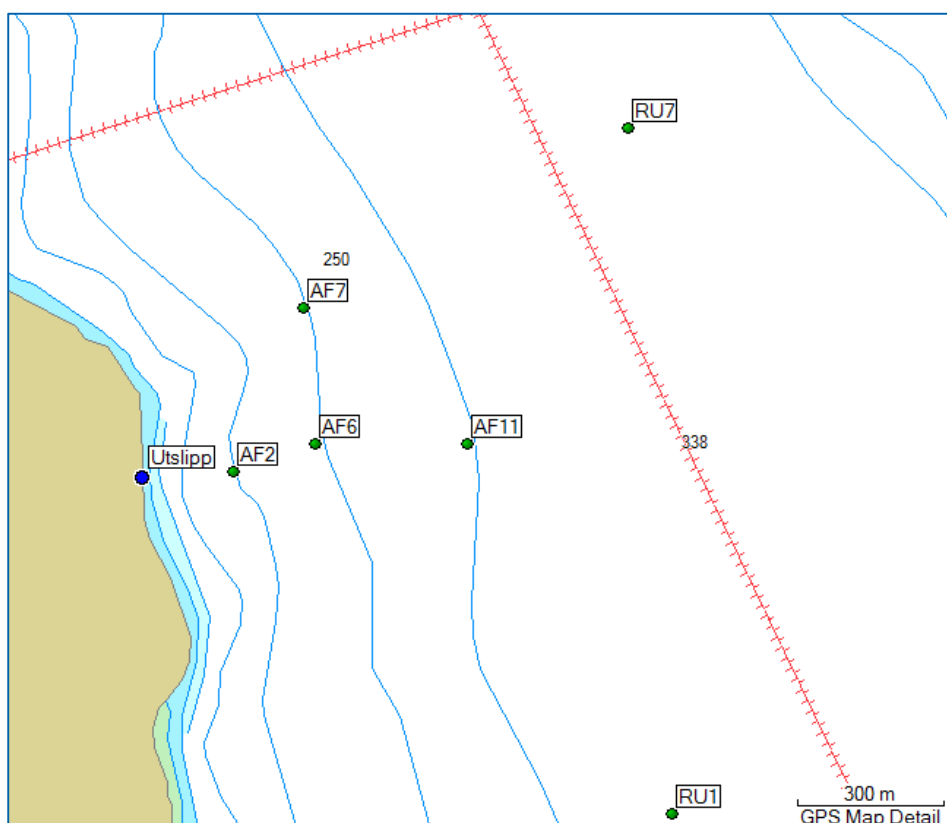
## 4.2 Undersøkelser i 2013

For undersøkelsene som ble gjennomført i 2013 benyttet en de samme stasjoner som i 2003 med unntak av de to mest fjerntliggende (SU 32 og SU 31). Stasjonenes plassering ses i **Figur 15** og **Figur 16**. Undersøkelsen omfattet stasjoner som var påvirket ved siste undersøkelse samt tre stasjoner (RU3, RU 4 og RU 5) som tidligere ikke var påvirket, men som ligger opp mot det tidligere påvirkede området. På denne måten oppnår man å kunne se utvikling og status for tidligere påvirkede stasjoner og en får også belyst om det har skjedd noen utvidelse av det påvirkede området.

I rapporten er forekomst av miljøgifter i sediment klassifisert i henhold til eksisterende nasjonal klassifisering (TA 2229). Dette klassifiseringssystemet er under revisjon og det er laget et utkast (TA 3001) som nå er på høring, men som ikke er endelig ferdigstilt.



**Figur 15.** Oversiktskart som viser plassering av stasjonene for prøvetaking av sediment ifm. undersøkelsene i 2013.



**Figur 16.** Detaljkart som viser plassering av stasjonene for prøvetaking av sediment ifm. undersøkelsene i 2013.

De samme forbindelser som i 2003 ble undersøkt, dvs.: aluminium (Al), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), bly (Pb), vanadium (V), sink (Zn), lithium (Li), nikkel (Ni) og polyklorete bifenyler (PCB) på alle stasjonene. I tillegg har en analysert for kvikksølv (Hg) og støtteparametere som total mengde organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN) og andel av sediment med en partikkelstørrelse mindre enn 63  $\mu\text{m}$ .

Sedimentprøvene ble innsamlet med grabb. Fra hver stasjon er topplaget (0-2 cm) av sedimentet analysert for miljøgifter.

Metallanalysene er gjort av Eurofins, mens de øvrige analysene (støtteparametere) er gjort av NIVA. En kort beskrivelse av analysemetodene finnes i kapittel 6. Vedlegg G.

På stasjonen AF11 var overflatesedimentet og det dypereleggende sedimentet svært forskjellig (**Figur 10**). Fra denne stasjonen ble det derfor analysert 3 prøver:

- AF11: En prøve som ble tatt som de øvrige prøver.
- AF11F: Løst, brunt overflatelag (finkornet), trolig sedimentert de siste 10 årene.
- AF11G: Grovt, sammenkittet og svart sediment under det brune overflatelaget.

### 4.3 Resultater

Alle analyseresultater finnes i kapittel 6. Vedlegg F.

#### Aluminium, jern, vandium og lithium

Konsentrasjonen av aluminium (Al), jern (Fe), vanadium (V) og lithium (Li) i sediment på stasjonene i Sundalsfjorden ses i **Tabell 13**. Ingen av disse metallene inngår i gjeldende klassifiseringssystem (TA-2929/2007). Det var høyere konsentrasjoner av aluminium på alle stasjoner i 2003 enn i 2013. Tilsvarende ble også observert for Jern med unntak for AF6 og AF7, for vanadium med unntak for AF2, AF6 og AF7 og for lithium med unntak for AF6.

Det var klart høyere konsentrasjoner av aluminium og vanadium på stasjoner nær hovedutslippet (AF2, AF6, AF7 og AF11) enn på de øvrige stasjoner (**Tabell 13**). Området med høye konsentrasjoner utgjør 0,1-0,2 km<sup>2</sup>. Til forskjell fra aluminium og vanadium inneholdt sedimentet på AF2, AF6, AF7 og AF11 lavere konsentrasjoner av jern enn de øvrige stasjonene.

Jern og vanadium er metaller som var typiske for utslippene fra tidligere Rødsand Gruber, men virksomheten etter at gruvedriften opphørte har gitt utslipp av aluminium.

#### Kadmium

Konsentrasjonen av kadmium i sedimentene var relativt lav både i 2003 og i 2013 (**Tabell 14**). Konsentrasjonene var også gjennomgående lavere i 2013 enn i 2003 uten at dette har gitt store utslag i klassifiseringen av miljøtilstand. Konsentrasjonsnivået var noe høyere (klasse II) i et område (AF2, AF6, AF7 og AF11) utenfor hovedavløpet enn på de øvrige stasjonene. Området med sedimenter i tilstandsklasse II anslås å ha et areal på 0,1- 0,2 km<sup>2</sup>.

#### Krom

Også konsentrasjonen av krom i sedimentene var med unntak av én stasjon (AF6 i 2003) relativt lave (klasse I og II) både i 2003 og i 2013 (**Tabell 14**). Konsentrasjonsnivået var også for krom gjennomgående lavere i 2013 enn i 2003. Konsentrasjonsnivået var likevel noe høyere i et område (AF2, AF6, AF7 og AF11) utenfor hovedavløpet enn på de øvrige stasjonene.

#### Kobber

Konsentrasjonen av kobber var svært høy på alle undersøkte stasjoner (**Tabell 14**) og området kan karakteriseres som sterkt til meget sterkt forurenset. Fjordområdet med høye kobberkonsentrasjoner (dvs. fra RU5 i nord til RU3 i syd) utgjør et areal på størrelsesorden 30 km<sup>2</sup>. Konsentrasjonsnivået var likevel gjennomgående lavere i 2013 enn i 2003. Med unntak av stasjon RU6 ga ikke dette utslag i endring i tilstandsklasse.

#### Kvikksølv

Kvikksølv ble ikke analysert i forbindelse med undersøkelsene i 2003. Analysene fra 2013 viser imidlertid at det er lave konsentrasjoner av dette metallet i hele undersøkelsesområdet (**Tabell 15**).

#### Bly

Konsentrasjonen av bly i sedimentene var i 2013 høye (**Tabell 15**), dvs. nivåer tilsvarende klasse IV (sterkt forurenset) på 4 stasjoner (AF2, AF6, AF7 og AF11) i dypområdet utenfor hovedutslippet. Konsentrasjonsnivået var imidlertid gjennomgående lavere i 2013 enn i 2003. Konsentrasjonsnivået var noe høyere (klasse II) i et område (AF2, AF6, AF7 og AF11) utenfor hovedavløpet enn på de øvrige stasjonene. Dette ga seg utslag i en forbedring av tilstandsklasse på 6 stasjoner (se **Tabell 15**). Området med sedimenter i tilstandsklasse IV anslås å ha et areal på 0,1-0,2 km<sup>2</sup>.



Sink

Konsentrasjonen av sink i 2013 varierte relativt mye og dekket 4 tilstandsklasser (**Tabell 15**). De høyeste konsentrasjoner ble observert på AF6 og AF11 (sterkt forurenset) i dypområdet (200-300m dyp) utenfor hovedutslippet, mens de laveste konsentrasjonene (ubetydelig til lite forurenset) lå på stasjoner mere fjernt fra utlippsområdet (RU2, RU3, RU4, RU5 og RU6). Også konsentrasjonen av sink var gjennomgående lavere i 2013 enn i 2003. Dette ga seg utslag i en forbedring av tilstandsklasse på 4 stasjoner (RU6 og AF2, AF7 og AF11). Fjordområdet med høye sinkkonsentrasjoner (dvs. med konsentrasjoner som ligger i tilstandsklasse III og IV) utgjør et areal på størrelsesorden 0,1-0,2 km<sup>2</sup>.

Nikkel

Konsentrasjonen av nikkel var høy (Klasse III og IV) på alle undersøkte stasjoner (**Tabell 15**) og området kan karakteriseres som markert til sterkt forurenset (kun AF6 i 2013) med nikkel. Fjordområdet med høye nikkelkonsentrasjoner (dvs. fra RU5 i nord til RU3 i syd) utgjør et areal på størrelsesorden 30 km<sup>2</sup>. Konsentrasjonsnivået var likevel gjennomgående lavere i 2013 enn i 2003. Dette ga seg utslag i en forbedring av tilstandsklasse på 2 stasjoner (RU7 og AF2).

PCB

Forekomst av PCB i sedimentene ble kun undersøkt på 5 stasjoner i 2003 mot 12 stasjoner i 2013 (**Tabell 16**). Det ble observert lave konsentrasjoner (ubetydelig forurenset) på stasjonene noe fjernt fra hovedutslippet, mens det i et område utenfor utslippet (RU7, AF2, AF6, AF7 og AF11) ble observert høyere konsentrasjoner (dvs. i klasse III). Konsentrasjonsnivået av PCB var imidlertid gjennomgående lavere i 2013 enn i 2003. Fjordområdet med høye PCB-konsentrasjoner (dvs. med konsentrasjoner som ligger i tilstandsklasse III eller høyere) utgjør et areal på størrelsesorden 0,3 km<sup>2</sup>.

**Tabell 12.** Tørrstoffinnhold (TTS), total mengde nitrogen (Tot N) og karbon (Tot C) i sediment på stasjoner utenfor Raudsand i 2003 (Rygg et al 2003) og 2013 (denne undersøkelse).

Lokalitet	TTS (%)		Tot N (µg N/mg TS)		Tot C (µg C/mg TS)	
	2003	2013	2003	2013	2003	2013
<i>Årstall</i>	<b>2003</b>	<b>2013</b>	<b>2003</b>	<b>2013</b>	<b>2003</b>	<b>2013</b>
RU 1	27,5	36	<1	<1,0	14,3	11,1
RU 2	34,2	40	<1	1,1	17,3	12,4
RU 3	30,0	28	<1	1,6	17,9	16,7
RU 4	31,2	26	<1	1,8	18,2	17,6
RU 5	36,8	33	2,4	2,0	19	19,4
RU 6	41,1	33	<1	1,6	16,3	16,5
RU 7	34,0	28	<1	2,2	14,5	17,7
RU 9	44,0	34	<1	1,3	9,5	13,6
AF 2	-	48	-	5,0	-	7,7
AF 6	74,5	54	11,8	6,4	2,7	10,2
AF 7	26,6	25	10,8	1,6	10,5	16,9
AF 11	22,5	28	15,5	3,4	21,8	15,1
AF11F	-	23	-	3,8	-	22,2
AF 11G	-	31	-	2,2	-	11,5

**Tabell 13.** Konsentrasjonen av aluminium (Al), jern (Fe), vanadium (V) og lithium (Li) i sediment på stasjoner utenfor Raudsand i 2003 (Rygg et al 2003) og 2013 (denne undersøkelse). Metallene inngår ikke i klassifiseringsystemet.

Lokalitet	Al (µg/g)		Fe (µg/g)		V (µg/g)		Li (µg/g)	
	2003	2013	2003	2013	2003	2013	2003	2013
<i>Årstall</i>	<b>2003</b>	<b>2013</b>	<b>2003</b>	<b>2013</b>	<b>2003</b>	<b>2013</b>	<b>2003</b>	<b>2013</b>
RU 1	45600	20000	49100	36000	240	35	62,4	22
RU 2	32700	17000	47300	34000	178	26	39,7	18
RU 3	31100	16000	45100	33000	144	25	42,8	22
RU 4	31700	17000	46700	36000	147	28	43,1	23
RU 5	29700	16000	44400	32000	155	29	38,8	19
RU 6	35600	16000	48600	34000	206	30	38,9	18
RU 7	69100	26000	37900	25000	204	67	65,7	25
RU 9	34800	18000	53500	35000	246	29	35,4	20
AF 2	142000	43000	7900	5600	75,6	100	64,2	38
AF 6	181000	83000	11700	18000	68,5	200	26,3	35
AF 7	136000	52000	8750	12000	78,5	160	144	99
AF 11	120000	55000	15000	13000	105	180	98,7	110
AF11F		42000		19000		100		54
AF 11G		64000		7500		220		120
SU 32	25600		35400		122		35,5	
SU 31	29100		44200		150		43,4	

**Tabell 14.** Konsentrasjonen av kadmium (Cd), krom (Cr) og kobber (Cu) i sediment på stasjoner utenfor Raudsand i 2003 (Rygg et al 2003) og 2013 (denne undersøkelse). Konsentrasjonene er klassifisert i henhold til TA-2229/2007.

Lokalitet	Cd (µg/g)		Cr (µg/g)		Cu (µg/g)	
	2003	2013	2003	2013	2003	2013
<i>Årstad</i>						
RU 1	0,3	0,087	94	53	677	360
RU 2	0,2	0,046	89,1	54	215	190
RU 3	<0,2	0,043	106	71	92,6	64
RU 4	<0,2	0,044	101	73	108	78
RU 5	<0,2	0,038	88,2	64	117	81
RU 6	0,2	0,043	80	49	338	180
RU 7	0,59	0,15	159	76	1220	490
RU 9	0,2	0,054	60,5	51	460	240
AF 2	2,4	0,75	226	140	1840	1200
AF 6	1,6	0,50	309	170	2740	1800
AF 7	1,3	1,0	243	170	1730	1200
AF 11	1,5	1,3	219	190	1540	1400
AF11F		0,28		120		750
AF 11G		1,4		220		1800
SU 32	<0,2		78,3		68,4	
SU 31	0,2		102		72,7	

**Tabell 15.** Konsentrasjonen av kvikksølv (Hg), bly (Pb) og sink (Zn) i sediment på stasjoner utenfor Raudsand i 2003 (Rygg et al 2003) og 2013 (denne undersøkelse). Konsentrasjonene er klassifisert i henhold til TA-2229/2007.

Lokalitet	Hg (µg/g)	Pb (µg/g)		Zn (µg/g)		Ni (µg/g)	
		2003	2013	2003	2013	2003	2013
<i>Årstall</i>	<b>2013</b>	<b>2003</b>	<b>2013</b>	<b>2003</b>	<b>2013</b>	<b>2003</b>	<b>2013</b>
RU 1	0,045	68,6	35	227	150	106	87
RU 2	0,044	38,3	26	149	120	79,2	63
RU 3	0,053	33,4	25	133	110	69,6	52
RU 4	0,063	33,6	28	136	120	71,4	56
RU 5	0,070	38,8	29	146	120	70,1	48
RU 6	0,059	43,7	30	166	120	86,7	58
RU 7	0,060	176	67	338	180	123	60
RU 9	0,046	35	29	174	130	120	69
AF 2	0,038	228	100	666	470	127	92
AF 6	0,031	237	200	1280	720	198	140
AF 7	0,093	220	160	607	460	118	98
AF 11	0,083	187	180	610	520	114	110
AF11F	0,078		100		270		70
AF 11G	0,086		220		600		120
SU 32		45,2		117		51,5	
SU 31		26,9		132		68,1	

**Tabell 16.** Konsentrasjonen av polyklorerte bifenyler (PCB<sub>7</sub>, summen av 7 kongener dvs. kongener nr. 28, 52, 101, 118, 153, 138 og 180) i sediment på stasjoner utenfor Raudsand i 2003 (Rygg et al 2003) og 2013 (denne undersøkelse). Konsentrasjonene er klassifisert i henhold til TA-2229/2007. Ved beregning av PCB7 inngår halve deteksjonsgrensen i summen for de kongenene som lå under denne.

Lokalitet	PCB <sub>7</sub> (µg/kg t.v.)	
	2003	2013
<i>Årstill</i>		
RU 1	28,8	6,6
RU 2	---	1,75
RU 3	---	3,5
RU 4	---	3,5
RU 5	---	1,75
RU 6	---	1,75
RU 7	---	17,9
RU 9	<3	2,95
AF 2	---	53,3
AF 6	68,3	34,56
AF 7	264,7	139,4
AF 11	177,3	86,2
AF11F		43,8
AF 11G		136,4
SU 32	<2	
SU 31	---	

#### 4.4 Konklusjoner

- Det var en gjennomgående tendens til at konsentrasjonene av metaller og PCB som ble observert i sedimentene i 2013 var lavere enn i 2003.
- På stasjonen AF11 var det lavere konsentrasjoner i overflatesedimentet (AF11F) enn i dypereleggende sediment (AF11G) for alle metallene unntatt jern. Også for PCB var det på AF11 lavere konsentrasjoner i overflatelaget enn i det grove, sammenkittede svarte sedimentet under. Resultatene tyder på at en tidligere har hatt større tilførsler av metaller (unntatt jern) og PCB enn det en har hatt de senere årene.
- Det ble i 2013 observert lave konsentrasjoner av kvikksølv i hele undersøkelsesområdet. Noe tilsvarende ble også observert for kadmium og krom. For disse metallene var det likevel noe høyere konsentrasjoner i sediment på stasjonene nærmest hovedutslippet.
- Et område i Sundalsfjorden utenfor Raudsand på minst 0,1-0,2 km<sup>2</sup> (dekket av stasjonene AF2, AF6 AF7 og AF11) fremstod fra prøvene tatt i 2013 som markert til sterkt forurenset med metallene bly og sink.

- Sedimentet fra alle undersøkte stasjoner inneholdt svært høye konsentrasjoner (sterkt til meget sterkt forurenset) med kobber. Området med høye kobbernivåer er anslått til å være på minst 30 km<sup>2</sup>. I dette området var også konsentrasjonen av nikkel høy (markert til sterkt forurenset).
- Et område på ca. 0,3 km<sup>2</sup> utenfor hovedutslippet fremstod som markert til sterkt forurenset med PCB. Det er også tidligere observert høye konsentrasjoner av PCB i overflatesedimentet i bedriftens nærområde (Rygg et al. 2003). Kilden til PCBen er ikke kjent, og vi har ikke informasjon som tyder på at PCB kan ha blitt tilført fra produksjonen som ulike bedrifter har drevet på Raudsand. PCB finnes imidlertid i eldre transformatoroljer, eldre elektroniske komponenter (kondensatorer) og eldre spesialmørtel. Dersom slikt materiell er brukt eller lagret på bedriftsområdet, kan PCB lekke ut og bli transportert ut i resipienten.

## 5. Referanser

Clarke K.R. & R.N. Gorley. 2001. PRIMER v5: User manual/tutorial. PRIMER-E Ltd: Plymouth.

Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. 181 s.

Molvær, J, 1990. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden. Delrapport 6: Vannutskifting og vannkvalitet. NIVA-rapport nr. 2406, 45s.

Næs, K, Allan, I., Oug, E., Nilsson, H.C., Håvardstun, J. 2010. Oppdatering av miljøstatus for Sunndalsfjorden i 2008. Vannmasser, sediment og organismer. NIVA-rapport 5941, 92s.

Pedersen, A., Golmen, L. 1993. ALUSCAN A/S. Marine environmental impact from the discharge water. Report from a survey in October 1993. NIVA-report 2957 (in English), 33 p.

Rygg B., Næs, K. 1989. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 4. Gruveforurensning av fjordbunnen ved Rausand. Undersøkelser i 1988. Overvåkingsrapport nr. 349/89. NIVA-rapport 2266, 29s.

Rygg, B, Pedersen, A., Uriansrud, F., 2003. Kartlegging av miljøtilstand i fjordområdet ved Rausand, Sunndalsfjorden i 2003. Undersøkelser utført for Aluvest AS. NIVA-rapport 4727, 57s.

## **6. VEDLEGG**

### **Vedlegg A.**

**Observasjoner gjort under undersøkelsen videoopptak av bunnvegetasjonen/  
bunnforhold ved hver av de 7 fjærestasjonene undersøkt i 2013. GPS posisjon er oppgitt i  
WGS 84.**



Stasjon	GPS		Tid	Dyp (m)	Substrat	Sediment	Terrenguro		Observerte arter/taxa	Merknad
	LAT	LONG								
7	62,81383	8,16019	10:37	58,4	Sand + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	En al? (57,3m), cf POLXS, enkelte fisk	Dårlig film, lite synlig liv
	62,81373	8,15980	10:39	50	Sand + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	Nyskjerrig hyse på 48-35m	Lite synlig liv
	62,81360	8,15945	10:43	39,9	Sand + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	DELSA-e (33,1m)	lite synlig liv
	62,81346	8,15932	10:45	29,8	Sand + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, CORAX, CORNU (fra 23m), HYDRX, POMTR, MUSVA	
	62,81329	8,15926	10:47	20,7	Stein + Sand	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, CORNU, HYDRX, MUSVA, CORAC, cfDELSA	
				15	Store stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH (mest rødt), DELSA, DESAC, ASTRU, MARGL	
	62,81310	8,15932	10:49	8	Store stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH (mest rødt), DESAC, ASTRU, MARGL, LAMIZ-e	
				6	Store stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH (mest rødt), CHOFI	
				2	Store stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH (mest rødt), CHOFI, LAMHY	
			1	Store stein		Skrånende	Ruglete	FUCSE		
62,81298	8,15932	10:51	0	Stein		Skrånende	Ruglete	ASCNO		
3	62,84080	8,12891	11:02	58	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Ruglete	OPHIX-ev	Fjell med veldig mye sediment? Noe fjell som stikker opp. lite synlig liv
	62,84078	8,12835	11:06	51,9	Fjell/Bløtbunn	Dominerende	Skrånende	Ruglete	PENPH	
				47	Bløtbunn?		Skrånende	Jevnt		Lite synlig liv
	62,84073	8,12808	11:09	40,6	Store stein + Bløtbunn	Dominerende	Skrånende	Ruglete		Lite synlig liv
				38	Store stein (+Bløtbunn)	Vanlig	Skrånende	Ruglete	Enklele fisk	Lite synlig liv
	62,84070	8,12759	11:11	32,3	Store stein	Vanlig	Skrånende	Ruglete	cfCORAX	
				27	Stein + Bløtbunn		Skrånende	Ruglete		Lite synlig liv
				24	Stein + Bløtbunn		Skrånende	Ruglete	ALGXH-e	Lite synlig liv
	62,84068	8,12716	11:13	20,3	Stein + Bløtbunn	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH	
				17	Stein + Bløtbunn		Skrånende	Ruglete	ALGXH, DELSA/PHYRU	
				14	Stein + Bløtbunn		Skrånende	Ruglete	ALGXH, DELSA/PHYRU, cfSPLSZ	
	62,84075	8,12690	11:14	10	Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, SACLA, cfSPLSZ, SPIRZ, DESAC	
				3	Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH (mye grønt), SACLA	Hadde drevet litt langt sør, så vi kjørte ut til 17 m og kjørte nytt transekt litt lenger nord mot fjærestasjonen
	62,84046	8,12729	11:17	17	Store stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, Berggylt, SACLA (12,5m)	
	62,84035	8,12714	11:19	7,5	Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, SACLA, DESAC, ASTRU	
			3	Store stein	Vanlig	Skrånende	Ruglete	ALGXH		
			1	Store stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, FUCSE		
62,84020	8,12704	11:20	0	Store stein		Skrånende	Ruglete	FUCUZ		
2	62,84183	8,12753	11:25	57,2	Fjell m/ sediment	Dominerende	Skrånende	Ruglete		Fjell helt dekket av sediment. Ikke noe synlig liv
	62,84178	8,12709	11:28	50,7	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Ruglete		Bløtbunn eller fjell helt dekket av sediment. Ikke noe synlig liv
	62,84175	8,12674	11:30	39,8	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Jevnt		Bløtbunn eller fjell helt dekket av sediment. Ikke noe synlig liv
	62,84170	8,12648	11:31	28,5	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Jevnt	CORNU-ev	Bløtbunn eller fjell helt dekket av sediment. Lite synlig liv
	62,84164	8,12623	11:33	19,7	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Ruglete	CORNU, ALGXH (17m)	Bløtbunn eller fjell helt dekket av sediment. Lite synlig liv
				14	Bløtbunn/Fjell + Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, CORNU	
				12	Stein + Bløtbunn/Fjell	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, SACLA, HYDRX, Torsk, CORNU, ASTRU, MARGL	
	62,84151	8,12604	11:34	9,7	Stein + Bløtbunn/Fjell	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, SACLA, HYDRX, MARGL, ASTRU	
				6	Stein + Bløtbunn/Fjell	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, DESAC	
				3	Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, ASTRU	
			1	Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, FUCSE		
62,84133	8,12589	11:37	0	Stein		Skrånende	Ruglete	FUCUZ, ULVAZ		
1	62,84375	8,12659	12:16	51,5	Fjell	Dominerende	Skrånende/Bratt	Ruglete	POMTR-e	Lite synlig liv
	62,84367	8,12624	12:18	39,5	Fjell	Dominerende	Skrånende	Ruglete		Ikke noe synlig liv
	62,84358	8,12596	12:20	30,1	Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete		Ikke noe synlig liv
	62,84347	8,12574	12:22	19,6	Stein	Vanlig	Skrånende/Bratt	Ruglete	ALGXH, POMTR, CORAX, HYDRX, cfSPLSZ (fra ca 15m)	
				13	Stein	Vanlig	Skrånende/Bratt	Ruglete	ALGXH, POMTR, CORAX, HYDRX, cfSPLSZ, DESAC	
	62,84339	8,12552	12:23	10,6	Stein	Vanlig	Skrånende/Bratt	Ruglete	ALGXH, POMTR, CORAX, HYDRX, DESAC (vanlig 7-10m), ECHES-e (6m)	
62,84325	8,12525	12:25	0	Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, FUCUZ, ULVAZ		

Stasjon	GPS		Tid	Dyp (m)	Substrat	Sediment	Terrenguro		Observerte arter/taxa	Merknad
	LAT	LONG								
4	62,84272	8,12514	11:41	0	Fjell-Stein		Skrånende/Bratt	Ruglete	ALGXH, ASCNO	Hull i rør ved overflaten
				1	Fjell + Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, FUCSE	
				3	Fjell/Bløtbunn + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, CHOFI, DESAC	
	62,84276	8,12542	11:43	12,7	Fjell/Bløtbunn + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, SACLA, ASTRU, HYDRX, POMTR, DELSA/PHYRU	Skrot (dekk o.l)
				11,1	Fjell/Bløtbunn + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH, cfSPLSZ	Skrot (dekk o.l)
				12	Fjell/Bløtbunn + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete		Rørledning
	62,84288	8,12556	11:47	21	Fjell/Bløtbunn + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete		Lite synlig liv, rørledning
				25	Fjell/Bløtbunn + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete		Rørledning
	62,84304	8,12635	11:56	36,8	Fjell/Bløtbunn + Stein	Dominerende	Skrånende	Jevnt		Ikke noe synlig liv
	62,84304	8,12681	11:59	53,9	Fjell/Bløtbunn	Dominerende	Skrånende	Jevnt		Dårlig film, Fjell dekket av et tykt lag sediment. Ikke noe synlig liv
				44	Stein + Fjell/Bløtbunn	Dominerende	Skrånende	Ruglete	POMTR	Dårlig film, mye partikler
	62,84294	8,12615	12:03	38,5	Fjell/Bløtbunn + Stein	Dominerende	Skrånende	Ruglete		Dårlig film
	62,84296	8,12587	12:07	32	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Ruglete	CORNU-ev	
	62,84284	8,12594	12:09	30,1	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Jevnt		Utslipp på ca 31m? Sjøtt i vannet ("tåke"). Dårlig film. Ikke noe synlig liv
				25	Fjell/Bløtbunn + Store stein		Skrånende	Jevnt		Rørledning
	62,84292	8,12547	12:11	14,9	Fjell/Bløtbunn + Store stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, HYDRX, DELSA/PHYRU	
62,84300	8,12546	12:12	9	Store stein + Fjell/Bløtbunn	Dominerende	Skrånende	Ruglete	ALGXH		
6	62,84962	8,12037	12:34	51,6	Fjell	Dominerende	Skrånende	Ruglete	PENPH	
				47,6	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Jevnt	PENPH, cfVIRMI	
	62,84953	8,11950	12:38	39,2	Fjell/Bløtbunn		Skrånende	Jevnt	PENPH, cfVIRMI, MUSVA	
	62,84941	8,11892	12:41	30	Bløtbunn		Skrånende	Jevnt	PENPH, cfVIRMI, MUSVA	
				26	Bløtbunn		Skrånende	Jevnt	MUSVA	
	62,84939	8,11861	12:42	19,5	Bløtbunn + Små stein		Skrånende	Jevnt	SACLA-ev, MUSVA, ASTRU	
				16	Bløtbunn + Små stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, SACLA, ASTRU, MUSVA	
	62,84946	8,11827	12:44	10,8	Bløtbunn + Små stein	Dominerende	Skrånende	Jevnt	ALGXH, SACLA, MUSVA, DESAC	
				7	Bløtbunn + Små stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, SACLA, CHOFI, DESAC	
				3	Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, FUCSE (fra ca 2m)	
62,84944	8,11789	12:45	0	Stein		Skrånende	Ruglete	ASCNO, FUCVE		
5	62,87090	8,11086	12:53	50	Fjell/Stein + Bløtbunn	Dominerende	Skrånende	Ruglete	POLXS-ev, HYDRX, ASTRU-e (46m)	
				40,9	Små stein + Bløtbunn/Fjell	Dominerende	Skrånende	Ruglete	HYDRX, ASTRU-ev	
	62,87076	8,11021	12:56	38	Små stein	Vanlig	Skrånende	Ruglete	MUSVA, HYDRX	
				31,3	Små stein	Vanlig	Skrånende	Ruglete	MUSVA, HYDRX	
	62,87075	8,10959	12:59	24	Små stein + Bløtbunn	Dominerende	Skrånende	Jevnt	ALGXH, MUSVA, cfPHYLZ-e	
				19,5	Små stein	Spredd	Skrånende	Jevnt	Steinbit, ALGXH, DELSA/PHYRU-ev	
	62,87074	8,10899	13:02	15	Stein	Vanlig	Skrånende	Ruglete	ALGXH, DELSA/PHYRU, cfPOMTR, CORAX	
				10	Stein	Vanlig	Skrånende	Ruglete	ALGXH, DELSA/PHYRU, POMTR, CORAX	
	62,87075	8,10871	13:05	5	Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, ECHAC, MARGL-e	
4				Stein	Vanlig	Skrånende	Ruglete	ALGXH, CHOFI (til 1,5m)		
62,87071	8,10839	13:06	0	Stein		Skrånende	Ruglete	ALGXH, FUCUZ		

Forklaringer til kolonnen "Observerte arter/taxa": Taxa i uthevet font indikerer at det er vanlig/dominerende forekomst, ikke uthevet font indikerer spredt forekomst. e=enkeltobsnasjon, ev=enkeltvisse obsnasjoner, cf=confer=likner på

ALGXH=ubest. trådformet alge, ASCNO=Ascophyllum nodosum (grisetang), ASTRU=Asterias rubens (vanlig korstroll), CHOFI=Chorda filum(martaum), CORAX=rød skorpeformet kalkalge, CORNU=Corymorpha nutans (hydroide), DESAC=Desmarestia aculeata (vanlig kjerringhår), DESLA=Delesseria sanguinea (fagerving), ECHAC=Echinus acutus (langpiggete kråkebolle), ECHES=Echinus esculentus (rød kråkebolle), FUCSE=Fucus serratus (sagtang), FUCVE=Fucus vesiculosus (blæretang), FUCUZ=ubestemt tang, HYDRX=ubest. Hydroida (hydroide), LAMIZ=Laminaria sp (tare), LAMHY=Laminaria hyperborea (stortare), MARGL=Marthasterias glacialis (piggsjøstjerne), MUSVA=tomme muslingeskall, OPHIX=Ophiuroidea (slangestjerne), PHYLZ=Phyllophora sp. (blekke), PHYRU=Phycodrys rubens (eikeving), POLXS=ubest. Polychaeta mudderrør (flerbørstemark), PENPH=Pennatulida phosphorea (vanlig sjøfjær), POMTR= Polatoceros triquetar (trekantmark), SACLA=Saccharina latissima (sukkertare), SPIRZ=Spirorbis sp (posthomsmark), SPLSZ=Spirulina sp (blågrønnalge belegg), VIRMI=Virguliana mirabilis (liten piperenser), ULVAZ=Ulva spp. (tarmgrønsker)

## Vedlegg B.

Arts/taxaliste for alger og dyr i strandsonen på 7 stasjoner undersøkt i 2013. 1 = enkeltfunn, 2 = spredt forekomst (0 - 10 %), 3 = frekvent forekomst (10 - 25 %), 4 = vanlig forekomst (25 - 50 %), 5 = betydelig forekomst (50 - 75 %), 6 = dominerende forekomst (75 - 100 %)

Rausand - Aleris - Strandsonen 15.7.13							
STASJON	1	2	3	4	5	6	7
TID	15:15	14:00	13:20	14:50	16:30	15:45	12:40
Acrosiphonia arcta	2						
Blidingia minima	4	3	3	5			
Cladophora rupestris				2	4	3	3
Cladophora cf sericea		5	4	4	2	4	3
Rhizoclonium riparium	5	3	2				
Spongomorpha aeruginosa		1		2			2
Ulva compressa					3	2	2
Ulva intestinalis	6	6	3	3			
<b>TOT. ANT. GRØNNALGER</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Ascophyllum nodosum	2	2	2	4	6	6	6
Ectocarpales	3						
Elachista fucicola	3		2	3	3		3
Fucus serratus	3	4	6	3	5	3	6
Fucus vesiculosus	4	4	5	3	5	4	6
Chorda filum	1		4		1	1	
Laminaria hyperborea							2
Pelvetia canaliculata					4	1	
Pylaiella littoralis	2	2	2		3	1	3
Sphacelaria sp		1					
Sphacelaria cirrosa	2		5		2	2	4
Sphacelaria plumosa	2		2	2			2
<b>TOT. ANT. BRUNALGER</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Ceramium rubrum							1
Ceramium strictum	2						
Chondrus crispus	2	1		2	3	3	4
Coralliniacea indet.					4	3	4
Furcellaria lumbricalis						2	2
Hildenbrandia rubra	2			5	6	4	4
Membranoptera alata							1
Polysiphonia fibrillosa		2	3	2		2	
Polysiphonia fucoides			4				1
Polysiphonia stricta				2			
Porphyra umbilicalis	2						
Rhodomela confervoides	3	4	1	2	2		4
Rhodochorton purpureum		2	2	4			2
<b>TOT. ANT. RØDALGER</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>9</b>
<b>TOTALT ANT. ALG</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>21</b>
<b>DYR</b>							
Alcyonidium cf gelatinosum		2			2		2
Balanus sp. juvenil	2			2	2	3	
Balanus balanoides							2
Balanus improvisus					3	2	2
Skorpeformet bryozo på fjell - hvit	2	2			2	2	2
Carcinus maenas		1					
Dynamena pumila				2	2	2	2
Electra pilosa				2	2	2	2
Laomedea gelationsa		2					
Laomedea sp							2
Littorina littorea	2	2	2		2	1	1
Membranipora membranacea							2
Pomatoceros triqueter		2					
<b>TOT. ANT. DYR</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

## Vedlegg C.

SIMPER analyse av strandsonedata fra 2003 og 2013.

Standardise data: No, Transform: Square root, Cut off for low contributions: 90,00%

**Groups 2 (Stasjon 1-3 2013) & 3 (Stasjon 5-7 2003 og 2013)**

**Average dissimilarity = 48,49**

Species	Group 2	Group 3	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Cladophora rupestris	0,00	2,67	2,74	6,69	5,65	5,65
Blidingia minima	2,33	0,00	2,55	8,22	5,26	10,90
Rhizoclonium/Ulothrix/Urospora	2,33	0,00	2,55	8,22	5,26	16,16
Electra/Membranipora	0,00	2,00	2,38	10,06	4,90	21,06
Coralliniacea indet.	0,00	2,33	2,28	2,13	4,71	25,77
Hildenbrandia rubra	0,67	3,17	2,22	1,81	4,58	30,35
Dynamena pumila	0,00	2,17	2,17	2,04	4,48	34,83
Pelvetia caniculata	0,00	1,50	1,88	1,93	3,87	38,70
Rhodomela confervoides	2,00	0,83	1,74	1,67	3,60	42,30
Balanus spp	0,67	2,00	1,68	1,28	3,46	45,75
Sphacelaria plumosa	1,33	0,33	1,48	1,20	3,05	48,81
Polysiphonia spp	1,67	1,00	1,46	1,14	3,01	51,81
Sphacelaria cirrosa	2,00	1,17	1,42	1,26	2,92	54,74
Chondrus crispus	1,00	2,67	1,41	1,24	2,91	57,65
Audouinella/Rhodochorton sp	1,33	1,33	1,37	1,10	2,82	60,47
Chorda filum	1,33	0,83	1,33	1,16	2,74	63,21
Elachista fucicola	1,33	1,00	1,22	0,96	2,52	65,72
Ceramium spp	0,67	1,00	1,21	1,01	2,51	68,23
Skorpeformet bryozo på fjell - hvit	1,33	1,00	1,19	0,96	2,46	70,69
Cladophora sp	2,00	2,17	1,09	1,12	2,25	72,95
Alcyonidium sp	0,67	0,67	1,03	0,86	2,13	75,08
Ascophyllum nodosum	2,00	4,00	0,98	10,06	2,03	77,11
Laomedea spp	0,67	0,33	0,90	0,77	1,85	78,95
Porphyra umbilicalis	0,67	0,33	0,89	0,77	1,84	80,79
Mytilus edulis	0,00	0,67	0,85	0,69	1,76	82,55
Spongonema tomentosum	0,00	0,67	0,85	0,69	1,76	84,31
Pomatoceros triqueter	0,67	0,00	0,78	0,68	1,60	85,91
Furcellaria lumbricalis	0,00	0,67	0,77	0,68	1,58	87,49
Acrosiphonia arcta	0,67	0,00	0,77	0,68	1,58	89,07
Laminaria hyperborea	0,00	0,67	0,75	0,68	1,55	90,62

**Groups 2 (Stasjon 1-3 2013) & 1 (Stasjon 1-3 2003)**

**Average dissimilarity = 57,65**

Species	Group 2	Group 1	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Mytilus edulis	0,00	3,00	3,49	7,84	6,05	6,05
Blidingia minima	2,33	0,00	3,05	7,03	5,29	11,34
Ceramium spp	0,67	3,67	2,92	1,90	5,07	16,41
Littorina littorea	2,00	0,00	2,85	7,84	4,94	21,35
Sphacelaria cirrosa	2,00	0,00	2,80	3,37	4,86	26,22
Rhodomela confervoides	2,00	0,00	2,76	4,33	4,79	31,00
Fucus serratus	3,00	0,67	2,45	1,62	4,25	35,26
Porphyra umbilicalis	0,67	2,67	2,35	1,55	4,07	39,33
cf Astropecten irregularis	0,00	2,00	2,23	1,30	3,88	43,20
Polysiphonia spp	1,67	0,00	2,16	1,27	3,75	46,96
Spongonema tomentosum	0,00	1,67	2,00	1,33	3,48	50,43
Balanus spp	0,67	2,00	1,94	1,31	3,36	53,79
Sphacelaria plumosa	1,33	0,00	1,92	1,30	3,33	57,12
Skorpeformet bryozo på fjell - hvit	1,33	0,00	1,84	1,31	3,19	60,31
Audouinella/Rhodochorton sp	1,33	1,00	1,83	1,22	3,18	63,49
Cladophora sp	2,00	1,67	1,63	0,93	2,83	66,32
Chorda filum	1,33	1,33	1,59	1,19	2,75	69,08
Ulva spp	3,33	2,67	1,56	0,85	2,71	71,79
Chondrus crispus	1,00	0,67	1,48	1,15	2,57	74,36
Elachista fucicola	1,33	1,67	1,47	0,98	2,54	76,90

Hildenbrandia rubra	0,67	1,00	1,38	0,91	2,39	79,29
Desmarestia aculeata	0,00	1,00	1,25	0,67	2,17	81,46
Rhizoclonium/Ulothrix/Urospora	2,33	1,33	1,23	0,78	2,13	83,59
Electra/Membranipora	0,00	0,67	1,02	0,67	1,78	85,37
Dynamena pumila	0,00	1,00	0,98	0,67	1,70	87,07
Cladophora rupestris	0,00	1,00	0,98	0,67	1,70	88,77
Laomedea spp	0,67	0,00	0,93	0,66	1,61	90,38

**Groups 3 (Stasjon 5-7 2003 og 2013) & 1(Stasjon 1-3 2003)****Average dissimilarity = 53,19**

Species	Group 3		Group 1		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
Porphyra umbilicalis	0,33	2,67	2,58	2,32	4,85	4,85
Coralliniacea indet.	2,33	0,00	2,49	2,08	4,68	9,53
Hildenbrandia rubra	3,17	1,00	2,35	1,39	4,43	13,96
Littorina littorea	1,67	0,00	2,35	4,36	4,42	18,38
Ceramium spp	1,00	3,67	2,30	1,47	4,32	22,70
Mytilus edulis	0,67	3,00	2,24	1,83	4,21	26,91
Chondrus crispus	2,67	0,67	2,24	1,56	4,20	31,11
Fucus serratus	3,00	0,67	2,22	1,77	4,17	35,28
Cladophora rupestris	2,67	1,00	2,19	1,42	4,12	39,40
Pelvetia caniculata	1,50	0,00	2,06	1,88	3,86	43,26
cf Astropecten irregularis	0,00	2,00	2,04	1,33	3,84	47,10
Dynamena pumila	2,17	1,00	1,96	1,36	3,68	50,78
Electra/Membranipora	2,00	0,67	1,67	1,33	3,13	53,92
Rhizoclonium/Ulothrix/Urospora	0,00	1,33	1,67	1,33	3,13	57,05
Ascophyllum nodosum	4,00	1,33	1,62	3,01	3,04	60,09
Spongonema tomentosum	0,67	1,67	1,57	1,17	2,95	63,05
Ulva spp	2,33	2,67	1,56	1,44	2,94	65,99
Audouinella/Rhodochorton sp	1,33	1,00	1,53	1,05	2,87	68,85
Elachista fucicola	1,00	1,67	1,49	1,07	2,80	71,65
Chorda filum	0,83	1,33	1,46	1,31	2,75	74,40
Sphacelaria cirrosa	1,17	0,00	1,35	0,96	2,54	76,95
Skorpeformet bryozo på fjell - hvit	1,00	0,00	1,27	0,95	2,39	79,33
Polysiphonia spp	1,00	0,00	1,20	0,91	2,26	81,59
Cladophora sp	2,17	1,67	1,17	0,89	2,19	83,79
Desmarestia aculeata	0,00	1,00	1,14	0,68	2,14	85,92
Rhodomela confervoides	0,83	0,00	0,89	0,68	1,67	87,59
Furcellaria lumbricalis	0,67	0,00	0,84	0,68	1,57	89,16
Laminaria hyperborea	0,67	0,00	0,82	0,68	1,53	90,69

## Vedlegg D.

Beskrivelse av sedimentets beskaffenhet på alle stasjonene som inngikk i undersøkelsen i 2013, både fauna og sediment. Munsell viser til fargekode iht. Munsells fargekart for jord og sedimenter.

Stasjon	Beskrivelse av sediment	Volum (L)	Fauna	Sediment
RU1	Lettspylt, finkornet sediment (leire, silt). Noen polychaet-rør, ellers lite synlig fauna. Overflatelag brunt (Munsell 2.5Y 3/3), under overflaten mørk grått sediment (Munsell GLEY1 3/5G).	18-19	x	x
RU2	Lettspylt, finkornet sediment (leire, silt). Enkelte <i>Abra</i> og <i>Thyasira</i> , og polychaetrør. Overflatelag brunt (Munsell 2.5Y 3/3), under overflaten grått sediment (Munsell GLEY1 4/5G).	14-19	x	x
RU3	Topplag brunt (Munsell 2.5Y 4/4), under grått (Munsell 5/3.).			x
RU4	Brunt topplag (Munsell 2.5Y 3/3), grått under (Munsell 5Y 4/1). Sjøtann, noen polychaeter og tomme polychaetrør, ellers lite synlig fauna.	20	x	x
RU5	Brunt topplag (Munsell 2.5Y 3/3), grått under (Munsell 5Y 4/1).			x
RU6	Brunt topplag (Munsell 2.5Y 3/2), grått under (Munsell GLEY1 3/5G). Polychaetrør, <i>Nephtys</i> , mudderreke, <i>Abra</i> , ellers lite synlig fauna.	16-21	x	x
RU7	Samme som de øverige RU-stasjonene, brunt overflatelag, mørk grått under. Noen polychaeter, mye tomme rør, snegl, sjøfjær, <i>Nereis</i> , ellers lite synlig fauna.	10-12	x	x
RU9	Brunt overflatelag (Munsell 2.5Y 3/2), mørk grått under (Munsell GLEY1 4/5 GY).			x
AF2	Overflatelaget besto av mykt, finkornet brunt sediment (1-2 cm), under var sedimentet hardpakket og besto av sandaktig, sammenkittede partikler med gråsvart farge. Grovt sediment, også noe grus.	3-4	x	x
AF6	Overflatelaget besto av mykt, finkornet brunt sediment (1-2 cm), under var sedimentet hardpakket og besto av sandaktig, sammenkittede partikler med gråsvart farge. Grovt sediment, også noe grus. Munsell 2.5Y 3/3			x
AF7	Overflatelaget besto av mykt, finkornet brunt sediment (1-2 cm), under var sedimentet hardpakket og besto av sandaktig, sammenkittede partikler med gråsvart farge. Grovt sediment, også noe grus. Munsell 2.5Y 3/3. Mange slangestjerner.	8-9 og 21	x	x
AF11	Overflatelaget besto av mykt, finkornet brunt sediment (1-2 cm), under var sedimentet sandaktig med gråsvart farge. Grovt sediment, også noe grus. Munsell 2.5Y 5G.	21	x	x

## Vedlegg E.

### Fullstendige artslister for bløtbunnsfauna i 2013

STASJON: AF2

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	G1	G2
POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii	5	1
POLYCHAETA	Aphroditidae	Aphrodita aculeata	1	
POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica	1	1
POLYCHAETA	Syllidae	Syllidae juvenil	1	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa		3
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	1	2
POLYCHAETA	Spionidae	Laonice sp.	1	4
POLYCHAETA	Cirratulidae	Caulleriella sp.		2
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.		1
POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharetidae		1
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchus roseus	2	2
OPISTHOBANCHIA	Philinidae	Philine scabra	1	
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata		1
BIVALVIA		Bivalvia		1
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.		9
BIVALVIA	Cardiidae	Parvicardium minimum		1
CUMACEA	Leuconidae	Eudorella truncatula		1
CUMACEA	Diastylidae	Diastylidae		1
CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes biplicatus	3	
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Oedicerotidae	1	
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp.		1
ECHINOIDEA		Irregularia		1

STASJON: AF7

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	G1	G2
POLYCHAETA	Polynoidae	Polynoidae		1
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	8	2
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii	3	
OPISTHOBANCHIA	Philinidae	Philine scabra	1	1
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.	1	
BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis	2	1
BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa		2
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	2	8
BIVALVIA	Kelliellidae	Vesicomya abyssicola	1	1
SCAPHOPODA	Dentaliidae	Dentalium sp.		2
SCAPHOPODA	Entalinidae	Entalina tetragona	1	
ASTEROIDEA	Astropectinidae	Psilaster andromeda		1
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil		1
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp.		2

**STASJON: AF11**

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	G1	G2
POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii		2
POLYCHAETA	Sigalionidae	Neoleanira tetragona	1	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	8	4
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera lapidum	3	
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata	2	
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata	1	
POLYCHAETA	Trichobranthidae	Terebellides stroemii		3
BIVALVIA		Bivalvia	1	
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella cf. lucida		2
BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis	3	
BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa	1	
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	7	22
BIVALVIA	Kelliellidae	Vesicomya abyssicola	7	5
BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata	1	
TANAIDACEA	Parathanidae	Tanaidacea	1	
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Arrhis phyllonyx	1	
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula	1	
DECAPODA	Galatheidae	Munida sarsi	1	
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil	1	

**STASJON: RU1**

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	G1	G2	G3	G4
ANTHOZOA		Anthozoa		1		
NEMERTEA		Nemertea	2			
POLYCHAETA	Polynoidae	Polynoidae	1		1	
POLYCHAETA	Sigalionidae	Neoleanira tetragona		1		1
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata	1			
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	11	3	5	16
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys paradoxa				2
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera lapidum				1
POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra fiordica	1			1
POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra quadricuspis		1		
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica		2		
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata	2	2	2	1
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	6	12	1	3
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis				6
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.	1	1	1	
POLYCHAETA	Maldanidae	Asychis biceps	3	3		
POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymeninae			3	
POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria (Pectinaria) belgica				1
POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharetidae	1			
POLYCHAETA	Trichobranthidae	Terebellides stroemii			1	2
POLYCHAETA	Siboglinidae	Siboglinidae	7	10	3	14
OPISTHOBANCHIA	Retusidae	Cylichnina sp.				1
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella cf. lucida	2	2	3	6
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.			3	
BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis		7		2
BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa			2	



BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. obsoleta	7	7		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	16	2	5	8
BIVALVIA	Kelliellidae	Vesicomya abyssicola	67	148	95	14
BIVALVIA	Cuspidariidae	Cuspidaria sp.		1		
BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata	1			
CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus		5		2
AMPHIPODA	Hyperiididae	Hyperiididae	1			
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Oedicerotidae			2	
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil		1		

**STASJON: RU2**

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	G1	G2	G3	G4
NEMERTEA		Nemertea	1	3	2	1
POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii	1			
POLYCHAETA	Aphroditidae	Aphrodita aculeata		1		
POLYCHAETA	Sigalionidae	Neoleanira tetragona	2			
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	22	10	23	12
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys paradoxa	1		3	
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera lapidum			1	
POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra fiordica	1			
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica	3	1	3	
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata	1	5	3	2
POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra			1	
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	5	5	8	7
POLYCHAETA	Cirratulidae	Aphelochaeta sp.	3	5	6	4
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.	1			
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.	18	5	26	5
POLYCHAETA	Maldanidae	Maldanidae				2
POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	1		1	
POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharetidae			1	5
POLYCHAETA	Terebellidae	Terebellidae				2
POLYCHAETA	Trichobanchidae	Terebellides stroemii	3		1	
POLYCHAETA	Siboglinidae	Siboglinidae	4	26	11	
PROSOBRANCHIA		Gastropoda		2		
OPISTHOBANCHIA	Retusidae	Cylichnina sp.	1			
BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.		6		
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella cf. lucida		2		2
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.			1	
BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis	5	1	1	6
BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa	1	1		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. obsoleta		2		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	8	3	6	15
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida		1		
BIVALVIA	Kelliellidae	Vesicomya abyssicola	56	96	103	33
BIVALVIA	Cuspidariidae	Cuspidaria cf. obesa			1	
BIVALVIA	Cuspidariidae	Cuspidaria rostrata			1	
BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata				1
SCAPHOPODA	Dentaliidae	Dentalium sp.				1
OSTRACODA	Cypridae	Macrocypis minna		1		
CUMACEA	Diastylidae	Diastylidae	1			

CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus			1	
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Oedicerotidae			1	
SIPUNCULIDA		Golfingiida		3		
OPHIUROIDEA	Amphilepididae	Amphilepis norvegica		1	1	
HEMICHORDATA		Hemichordata	1			

**STASJON: RU4**

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	G1	G2	G3	G4
NEMERTEA		Nemertea	1			
POLYCHAETA	Sigalionidae	Neoleanira tetragona			2	
POLYCHAETA	Pilargidae	Glyphohesione klatti	1			
POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni			1	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	8	9	23	11
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys sp.		1		
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica	2	1	2	
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata	3	5	3	
POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra		2		
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri		1		
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	9	3	1	6
POLYCHAETA	Cirratulidae	Aphelochaeta sp.		1		
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.		3	6	2
POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	1	1		
POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria (Pectinaria) cf. belgica			2	
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata	1			
POLYCHAETA	Siboglinidae	Siboglinidae			10	3
PROSOBRANCHIA	Eulimidae	Eulima bilineata			1	
BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.				1
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella cf. lucida	3	3	5	3
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.	1	5		2
BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis	3	1	6	2
BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa	1			
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	8	11	15	13
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasiridae				3
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida		1		1
BIVALVIA	Kelliellidae	Vesicomya abyssicola	4	13	2	5
BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata		1		
SCAPHOPODA	Dentaliidae	Antalis occidentalis			2	
SCAPHOPODA	Dentaliidae	Dentalium sp.	1			
OSTRACODA		Ostracoda	1			
OSTRACODA	Cypridinidae	Cypridina cf. megalops	1			
OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes (Philomedes) lilljeborgi	2		2	
OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes sp.		1		
CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus	4	1		2
AMPHIPODA	Melitidae	Eriopisa elongata			1	
DECAPODA		Galatea larve			2	
SIPUNCULIDA		Nephasoma sp	23	4	8	4
SIPUNCULIDA		Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	5	6	5	8
OPHIUROIDEA	Amphilepididae	Amphilepis norvegica	3		1	

## STASJON: RU6

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	G1	G2	G3	G4
ANTHOZOA		Pennatulacea		1		
NEMERTEA		Nemertea	2			
POLYCHAETA	Aphroditidae	Aphrodita aculeata				1
POLYCHAETA	Polynoidae	Polynoidae			1	
POLYCHAETA	Sigalionidae	Neoleanira tetragona			1	
POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica			1	
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata		1		
POLYCHAETA	Pilargidae	Glyphohesione klatti		1		
POLYCHAETA	Syllidae	Syllidae		1		
POLYCHAETA	Nereidae	Eunereis longissima			1	
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	7	11	8	6
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys paradoxa		1		
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera lapidum		1		
POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra sp.				1
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica		1	1	
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata	9	5	4	4
POLYCHAETA	Arabellidae	Drilonereis filum		1		
POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra		1	1	1
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	3	8	2	11
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina norvegica				1
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina sp.			1	
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.	2	13	8	4
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.	6	24	24	6
POLYCHAETA	Maldanidae	Asychis biceps	5	2		1
POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymeninae		1		
POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata				1
POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria (Pectinaria) belgica				1
POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharetidae	1	1		2
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata	1			
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii	2	6	4	1
POLYCHAETA	Siboglinidae	Siboglinidae	34	13	9	4
PROSOBRANCHIA		Gastropoda				1
PROSOBRANCHIA	Naticidae	Euspira sp.		1		
OPISTOBRANCHIA	Philinidae	Philina scabra	1		1	
BIVALVIA		Bivalvia		1		1
BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.	1	4		
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella cf. lucida	8	14	12	10
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.	3		6	7
BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus		1		
BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis	4	14	1	
BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa		2		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. obsoleta		2	2	3
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	16	8	11	7
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasiridae				1
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	1			
BIVALVIA	Kelliellidae	Vesicomya abyssicola	58	71	6	5
BIVALVIA	Cuspidariidae	Cuspidaria sp.	1			

BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata		2	1	
SCAPHOPODA	Dentaliidae	Antalis cf. entalis			1	
OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes (Philomedes) lilljeborgi		1		
CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus		1		5
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon longimanus		1	1	
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Oediceropsis brevicornis			1	
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Synchelidium cf. haplocheles		1		
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Synchelidium sp.			1	
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula		1		1
DECAPODA	Crangonidae	Pontophilus norvegicus		1		
DECAPODA	Galatheididae	Munida sarsi	1			
SIPUNCULIDA		Onchnesoma steenstrupii		8	7	13
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil		3	2	
VARIA		Vermiformis		1	1	

**STASJON: RU7**

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	G1	G2	G3	G4
ANTHOZOA		Kophobelemnion stelliferum			1	1
NEMERTEA		Nemertea	1	1		
POLYCHAETA	Sigalionidae	Neoleanira tetragona			1	
POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica			1	
POLYCHAETA	Pilargidae	Glyphohesione klatti		1		
POLYCHAETA	Nereidae	Alitta virens				1
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	8	6	8	9
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera lapidum		1	1	1
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica		3		
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineridae	1			
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata		4	2	2
POLYCHAETA	Orbiniidae	Orbinia sp.	1			
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	7	2		1
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina sp.			1	
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.		1		
POLYCHAETA	Maldanidae	Asychis biceps			2	1
POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharetidae	1	4	3	2
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii	4		4	
POLYCHAETA	Siboglinidae	Siboglinidae	4	3		4
OPISTHOBANCHIA	Philinidae	Philina scabra	1			
BIVALVIA		Bivalvia				1
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella cf. lucida	4	7	2	15
BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.	5	1	4	
BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis	1	3	16	1
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. obsoleta	1	1	1	
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	4	9	5	3
BIVALVIA	Kelliellidae	Vesicomya abyssicola	149	84	145	100
BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata				1
SCAPHOPODA	Dentaliidae	Dentalium sp.		1		
CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus		1		
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon longimanus	1	1	1	

AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula			1	1
DECAPODA		Caridea	1			
DECAPODA		Galatea larve				1
DECAPODA	Galatheidae	Munida sarsi				1
SIPUNCULIDA		Sipuncula	1	1		

**Vedlegg B: Indekser per grabb i 2013**

S=Antall arter; N=Antall individer; NQI1=Norwegian Quality Index 1; NQI2=Norwegian Quality Index 2;  $H_{log2}$ =Shannon-Wieners diversitetsindeks;  $ES_{100}$ =Hurlberts indeks; ISI=sensitivitetsindeks.

Stasjon	Grabb	S	N	NQI1	NQI2	$H_{log2}$	$ES_{100}$	ISI
RU1	G1	17	130	0,77	0,67	2,61	15,2	10,23
RU1	G2	18	209	0,79	0,64	1,91	13,5	11,51
RU1	G3	14	127	0,78	0,62	1,69	13,0	10,49
RU1	G4	17	81	0,76	0,71	3,40	17,0	9,54
RU2	G1	21	140	0,74	0,65	3,02	18,0	8,90
RU2	G2	21	180	0,79	0,68	2,66	17,0	10,27
RU2	G3	23	206	0,75	0,64	2,71	16,1	9,53
RU2	G4	15	98	0,72	0,67	3,12	15,0	9,30
RU4	G1	22	86	0,80	0,75	3,74	22,0	10,35
RU4	G2	21	74	0,78	0,74	3,81	21,0	9,69
RU4	G3	21	100	0,77	0,73	3,72	21,0	10,94
RU4	G4	15	66	0,75	0,71	3,51	15,0	10,38
RU6	G1	20	166	0,78	0,71	3,12	16,7	9,66
RU6	G2	38	231	0,80	0,72	3,77	24,4	11,04
RU6	G3	28	120	0,75	0,69	3,85	25,4	9,88
RU6	G4	25	99	0,78	0,75	4,07	25,0	11,43
RU7	G1	18	195	0,79	0,62	1,64	12,9	9,73
RU7	G2	20	135	0,81	0,67	2,39	17,3	10,29
RU7	G3	18	199	0,80	0,63	1,77	13,0	10,25
RU7	G4	18	146	0,81	0,64	1,93	14,3	9,99
AF2	G1	10	17	0,69	0,62	3,01	10,0	8,65
AF2	G2	17	33	0,72	0,66	3,61	17,0	8,28
AF7	G1	8	19	0,69	0,62	2,52	8,0	11,19
AF7	G2	11	22	0,73	0,66	3,00	11,0	9,53
AF11	G1	16	40	0,76	0,70	3,45	16,0	10,35
AF11	G2	6	38	0,63	0,57	1,92	6,0	9,79

## Vedlegg F.

### Rådata for analyser av miljøgifter i sediment.

Side nr.61/67

Norsk  
 Institutt  
 for  
 Vannforskning

Gaustadalléen 21  
 0349 Oslo  
 Tel: 22 18 51 00  
 Fax: 22 18 52 00

# ANALYSE RAPPORT



Navn **Raudsand/Tingvollfjorden**  
 Adresse

**Deres referanse:**

GBO

**Vår referanse:**

Rekv.nr. 2013-1645 v01

O.nr. O 13109 03

**Dato**

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	RU 1	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
2	RU 2	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
3	RU 3	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
4	RU 4	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
5	RU 5	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
6	RU 6	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
7	RU 7	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09

Prøvenr	1	2	3	4	5	6	7	
<b>Analysevariabel</b>								
<b>Metode</b>								
<b>Enhet</b>								
Tørrstoff NS 4764	%	36	40	28	26	33	33	28
Nitrogen, total N/mg TS G 6	µg	<1,0	1,1	1,6	1,8	2,0	1,6	2,2
Karbon, org. total C/mg TS G 6	µg	11,1	12,4	16,7	17,6	19,4	16,5	17,7
Aluminium TS NS EN ISO 11885	mg/kg	20000	17000	16000	17000	16000	16000	26000
Kadmium TS NS EN ISO 17294-2	mg/kg	0,087	0,046	0,043	0,044	0,038	0,043	0,15
Krom TS NS EN ISO 11885	mg/kg	53	54	71	73	64	49	76

Kobber	mg/kg	360	190	64	78	81	180	490
TS NS EN ISO 11885								
Jern	mg/kg	36000	34000	33000	36000	32000	34000	25000
TS NS EN ISO 11885								
Kvikksølv	mg/kg	0,045	0,044	0,053	0,063	0,070	0,059	0,060
TS NS-EN ISO 12846								
Litium	mg/kg	22	18	22	23	19	18	25
TS NS EN ISO 11885 *								
Nikkel	mg/kg	87	63	52	56	48	58	60
TS NS EN ISO 11885								
Bly	mg/kg	35	26	25	28	29	30	67
TS NS EN ISO 11885								
Vanadium	mg/kg	160	130	100	110	100	130	110
TS NS EN ISO 11885								
Sink	mg/kg	150	120	110	120	120	120	180
TS NS EN ISO 11885								
PCB-28	mg/kg	0,00056	<0,0005	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,0005	<0,001
TS ISO/DIS 16703-Mod								
PCB-52	mg/kg	0,0012	<0,0005	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,0005	0,0033
TS ISO/DIS 16703-Mod								
PCB-101	mg/kg	0,0016	<0,0005	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,0005	0,0045
TS ISO/DIS 16703-Mod								
PCB-118	mg/kg	0,00090	<0,0005	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,0005	0,0028
TS ISO/DIS 16703-Mod								
PCB-153	mg/kg	0,00099	<0,0005	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,0005	0,0027
TS ISO/DIS 16703-Mod								
PCB-138	mg/kg	0,0011	<0,0005	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,0005	0,0036
TS ISO/DIS 16703-Mod								
PCB-180	mg/kg	<0,0005	<0,0005	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,0005	<0,001
TS ISO/DIS 16703-Mod								

\* : Metoden er ikke akkreditert.

### **Kommentarer**

- 1 PCB, metaller, TTS utført av Eurofins  
Resultater fra EF sendt til kunde 18.07.2013 KBA

# ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2013-1645 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	RU 9	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
9	AF 2	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
10	AF 6	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
11	AF 7	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
12	AF 11	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
13	AF 11 F	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09
14	AF 11 G	2013.06.28	2013.07.03	2013.07.12-2013.09.09

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	8	9	10	11	12	13	14
	Tørrstoff	%	34	48	54	25	28	23	31
	NS 4764								
	Nitrogen, total	µg N/mg	1,3	5,0	6,4	1,6	3,4	3,8	2,2
	TS G 6								
	Karbon, org. total	µg C/mg	13,6	7,7	10,2	16,9	15,1	22,2	11,5
	TS G 6								
	Aluminium	mg/kg	18000	43000	83000	52000	55000	42000	64000
	TS NS EN ISO 11885								
	Kadmium	mg/kg	0,054	0,75	0,50	1,0	1,3	0,28	1,4
	TS NS EN ISO 17294-2								
	Krom	mg/kg	51	140	170	170	190	120	220
	TS NS EN ISO 11885								
	Kobber	mg/kg	240	1200	1800	1200	1400	750	1800
	TS NS EN ISO 11885								
	Jern	mg/kg	35000	5600	18000	12000	13000	19000	7500
	TS NS EN ISO 11885								
	Kvikksølv	mg/kg	0,046	0,038	0,031	0,093	0,083	0,078	0,086
	TS NS-EN ISO 12846								
	Litium	mg/kg	20	38	35	99	110	54	120
	TS NS EN ISO 11885 *								
	Nikkel	mg/kg	69	92	140	98	110	70	120
	TS NS EN ISO 11885								
	Bly	mg/kg	29	100	200	160	180	100	220
	TS NS EN ISO 11885								
	Vanadium	mg/kg	140	35	75	73	80	95	61
	TS NS EN ISO 11885								
	Sink	mg/kg	130	470	720	460	520	270	600
	TS NS EN ISO 11885								
	PCB-28	mg/kg	<0,0005	0,0054	0,0043	0,016	0,0067	0,0056	0,017



TS	ISO/DIS 16703-Mod							
PCB-52	mg/kg	<0,0005	0,0091	0,0062	0,022	0,014	0,0074	0,022
TS	ISO/DIS 16703-Mod							
PCB-101	mg/kg	0,00062	0,013	0,0084	0,033	0,021	0,011	0,033
TS	ISO/DIS 16703-Mod							
PCB-118	mg/kg	<0,0005	0,0073	0,0051	0,020	0,013	0,0056	0,019
TS	ISO/DIS 16703-Mod							
PCB-153	mg/kg	0,00065	0,0065	0,0039	0,017	0,011	0,0050	0,016
TS	ISO/DIS 16703-Mod							
PCB-138	mg/kg	0,00068	0,0099	0,0057	0,026	0,017	0,0076	0,024
TS	ISO/DIS 16703-Mod							
PCB-180	mg/kg	<0,0005	0,0021	0,00096	0,0054	0,0035	0,0016	0,0054
TS	ISO/DIS 16703-Mod							

\* : Metoden er ikke akkreditert.

### Norsk institutt for vannforskning

Trine Olsen  
Kvalitetsleder

## Vedlegg G.

### Analysemetoder.

#### **ISO 16703-MOD (MOD= modifisert ISO-metode)**

#### **Jordkvalitet - Bestemmelse av innholdet av hydrokarboner i størrelsesområdet C10 til C40 ved hjelp av gasskromatografi (ISO 16703:2004)**

ISO 16703:2004 specifies a method for the quantitative determination of the mineral oil (hydrocarbon) content in field-moist soil samples by gas chromatography. The method is applicable to mineral oil contents (mass fraction) between 100 mg/kg and 10 000 mg/kg soil, expressed as dry matter, and can be adapted to lower detection limits. ISO 16703:2004 is applicable to the determination of all hydrocarbons with a boiling range of 175 °C to 525 °C, n-alkanes from C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> to C<sub>40</sub>H<sub>82</sub>, isoalkanes, cycloalkanes, alkylbenzenes, alkylnaphthalenes and polycyclic aromatic compounds, provided that they are not absorbed on the specified column during the clean-up procedure. ISO 16703:2004 is not applicable to the quantitative determination of hydrocarbons < C<sub>10</sub> originating from gasolines. On the basis of the peak pattern of the gas chromatogram obtained, and of the boiling points of the individual n-alkanes listed in Annex B, the approximate boiling range of the mineral oil and some qualitative information on the composition of the contamination can be achieved.

#### **ISO 11885**

#### **Vannundersøkelse - Bestemmelse av utvalgte elementer ved induktivt koblet plasma-optisk emisjonsspektrometrisk analyse**

This International Standard specifies a method for the determination of dissolved elements, elements bound to particles ("particulate") and total content of elements in different types of water (e.g. ground, surface, raw, potable and waste water) for the following elements: Aluminium, antimony, arsenic, barium, beryllium, bismuth, boron, cadmium, calcium, chromium, cobalt, copper, gallium, indium, iron, lead, lithium, magnesium, manganese, molybdenum, nickel, phosphorus, potassium, selenium, silicon, silver, sodium, strontium, sulfur, tin, titanium, tungsten, vanadium, zinc and zirconium. Taking into account the specific and additionally occurring interferences, these elements can also be determined in digests of water, sludges and sediments (for example digests of water as specified in ISO 15587 1 or ISO 15587 2). The method is suitable for mass concentrations of particulate matter in waste water below 2 g/l. The scope of this method may be extended to other matrices or to higher amounts of particulate matter if it can be shown that additionally occurring interferences are considered and corrected for carefully. It is up to the user to demonstrate the fitness for purpose. Recommended wavelengths, limits of quantification and important spectral interferences for the selected elements are given in Clause 5 (Table 1).

#### **ISO 17294-2 Vannundersøkelse - Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) - Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer (ISO 17294-2:2003)**

ISO 17294-2:2003 specifies a method for the determination of the elements aluminium, antimony, arsenic, barium, beryllium, bismuth, boron, cadmium, caesium, calcium, cerium, chromium, cobalt, copper, dysprosium, erbium, europium, gadolinium, gallium, germanium, gold, hafnium, holmium, indium, iridium, lanthanum, lead, lithium, lutetium, magnesium, manganese, molybdenum, neodymium, nickel, palladium, phosphorus, platinum, potassium, praseodymium, rubidium, rhenium,

rhodium, ruthenium, samarium, scandium, selenium, silver, sodium, strontium, terbium, tellurium, thorium, thallium, thulium, tin, tungsten, uranium, vanadium, yttrium, ytterbium, zinc, and zirconium in water (for example drinking water, surface water, groundwater, wastewater and eluates).

Taking into account the specific and additionally occurring interferences, these elements can also be determined in digests of water, sludges and sediments. The working range depends on the matrix and the interferences encountered. In drinking water and relatively unpolluted waters, the limit of application is between 0,1 micrograms per litre and 1,0 micrograms per litre for most elements. The detection limits of most elements are affected by blank contamination and depend predominantly on the laboratory air-handling facilities available. The lower limit of application is higher in cases where the determination is likely to suffer from interferences or in case of memory effects.

### **NS-EN ISO 12846:2012**

#### **Vannundersøkelse - Bestemmelse av kvikksølv - Atomabsorpsjonsspektrometrisk metode med og uten anriking (ISO 12846:2012)**

ISO 12846:2012 specifies two methods for the determination of mercury in drinking, surface, ground, rain and waste water after appropriate pre-digestion. For the first method, an enrichment step by amalgamation of the Hg on, for example, a gold/platinum adsorber is used. For the second method, the enrichment step is omitted.

The choice of method depends on the equipment available, the matrix and the concentration range of interest. Both methods are suitable for the determination of mercury in water. The method with enrichment commonly has a practical working range from 0,01 µg/l to 1 µg/l. The mean limit of quantification (LOQ) reported by the participants of the validation trial was 0,008 µg/l. This information on the LOQ gives the user of ISO 12846:2012 an orientation and does not replace the estimation of performance data from laboratory specific data. It has to be considered that it is possible to achieve lower LOQs with specific instrumentation (e.g. single mercury analysers).

The method without enrichment commonly has a practical working range starting at 0,05 µg/l. The LOQ reported by the participants of the validation trial was 0,024 µg/l. It is up to the user, based on the specific application, to decide whether higher concentrations are determined by omitting the enrichment step and/or by diluting the sample(s). The sensitivity of both methods is dependent on the selected operating conditions.

Another possibility for the determination of extremely low Hg concentrations down to 0,002 µg/l without pre-concentration is the application of atomic fluorescence spectrometry (see ISO 17852). Specific atomic-absorption mercury analysers allow determinations down to 0,010 µg/l without pre-concentration.

In general, the determination of trace concentrations of Hg by AAS (or AFS) is dependent on clean operating conditions in the laboratory and on the use of high-purity chemicals with negligible low-Hg blanks.

Note that ISO 12846:2012 may be applied to industrial and municipal waste water after an additional digestion step performed under appropriate conditions and after suitable method validation. A potential sample stability issue (mercury loss) for anaerobic reducing industrial effluents has to be considered thoroughly.

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)