

RF – Rogalandsforskning. <http://www.rf.no>

**Øyvind F. Tvedten, Stig Westerlund & Veslemøy Eriksen**  
**Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene**  
**ved Skirne 2002**

Rapport RF – 2003/087

Prosjektnummer: 7151663  
Prosjektets tittel: Troll – Sleipner grunnlagsundersøkelse 2002  
Kvalitetssikrer: Odd Ketil Andersen

Oppdragsgivere: TotalFinaElf

Gradering: Konfidensiell

## Forord

Denne rapporten beskriver resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Skirne i 2002. Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra TotalFinaElf og er beskrevet i kontrakt no. 2002/00345.

TotalFinaElf er operatør på Skirne. Grunnlagsundersøkelsen er gjennomført sammen med grunnlagsundersøkelser på fire andre felt (Byggve, Alfa Nord, Volve og Fram Vest) hvor Hydro, Statoil ASA og TotalFinaElf er operatører. Resultatene fra de andre feltene rapporteres i egne rapporter.

Undersøkelsen har vært utført av RF – Rogalandforskning med Eurofins Norge som underleverandør for de organiske analysene. RF – Rogalandforskning har vært prosjektansvarlig.

Miljørådgiver Ulf Einar Moltu har vært selskapets kontaktperson.

### Prosjektmedarbeidere

#### *Feltarbeid:*

Veslemøy Eriksen, Elin Horve, Hege M Svalheim, Øyvind Tvedten, Stig Westerlund, Endre Aas

#### *Sortering av biologisk materiell:*

Tom Alvestad, Sarah M Angell-Petersen, Øyvind Hansen, Ingunn W. Jolma, Tone E. Nilsen, Tom Sømme

#### *Identifisering av biologiske prøver:*

Veslemøy Eriksen, Øystein Stokland, Anne Helene S. Tandberg, Per Bie Wikander

#### *Metallanalyser:*

Stig Westerlund

#### *Fysiske analyser:*

Randi Mikalsen

#### *Hydrokarbonanalyser (THC, PAH, NPD):*

Eva Kristin Løvseth, Einar Richter Jordfald (Eurofins Norge)

#### *Rapportering:*

Veslemøy Eriksen, Øyvind Tvedten, Stig Westerlund

Stavanger, 21. mars 2003

Veslemøy Eriksen, prosjektleder

## Innhold

Sammendragsrapport .....	i
Summary report .....	v
1 INNLEDNING.....	1
2 MATERIALE & METODE.....	3
2.1 Innsamlingsområdet og stasjonsplassering.....	3
2.2 Feltarbeid.....	5
2.3 Analyse av sedimentet.....	6
2.3.1 Partikkelstørrelsesfordeling.....	6
2.3.2 Totalt organisk materiale (TOM).....	7
2.3.3 Metaller.....	7
2.3.4 Hydrokarboner.....	8
2.3.4.1 Totale hydrokarboner (THC).....	8
2.3.4.2 Andre organiske komponenter.....	9
2.3.5 Grense for signifikant kontaminering (LSC).....	9
2.3.6 Bunndyrsanalyser.....	9
2.3.6.1 Statistiske metoder.....	10
2.4 Kvalitetssikring.....	12
2.4.1 Prøvetaking.....	12
2.4.2 Analyser.....	12
2.4.2.1 Totalt organisk materiale (TOM).....	12
2.4.2.2 Metaller.....	12
2.4.2.3 Hydrokarboner.....	12
2.4.2.4 Bunndyr.....	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON .....	14
3.1 Fysiske karakterisering av sedimentet.....	15
3.1.1 Farge og lukt.....	15
3.1.2 Partikkelstørrelsesfordeling.....	15
3.1.3 Totalt organisk materiale.....	16
3.2 Kjemisk karakterisering av sedimentet.....	16
3.2.1 Metaller.....	16
3.2.2 Hydrokarboner.....	20
3.3 Biologi.....	23
3.3.1 Antall arter, individer og diversitet.....	24
3.3.2 De mest tallrike artene.....	26
3.3.3 Multivariate analyser.....	27
3.4 Sammenligning med de andre grunnlagsundersøkelsene.....	31
4 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON.....	38
5 REFERANSER.....	40
VEDLEGG.....	41

## Sammendragsrapport

### Innledning

Miljøundersøkelser ved petroleumsinstallasjoner i Nordsjøen er regulert av myndighetene. I den forbindelse er Nordsjøen inndelt i ulike regioner. Denne rapporten omhandler resultater fra en grunnlagsmiljøundersøkelse ved Skirne som ligger vest for Bergen i Region II.

Skirne ligger østenfor Frigg og Heimdal og er et lite felt som skal utvinnes ved hjelp av en enkelt brønns undervannssatelittinstallasjon. Feltet forventes å produsere gass og kondensat i ca 4 år og vil da være tilknyttet Heimdal Gass Senter. Før grunnlagsundersøkelsen var det boret én letebrønn i 1990-91.

Undersøkelsen har inkludert fysiske, kjemiske og biologiske analyser av sjøbunnen og ble gjennomført for senere kunne spore om utviklingsaktiviteten av feltet har ført til skader av miljøet. Oppdraget har vært utført av RF – Rogalandsforskning med Eurofins Norge som underleverandør for de organiske analysene. RF – Rogalandsforskning har vært prosjektansvarlig.

### Feltarbeid, materiale og metode

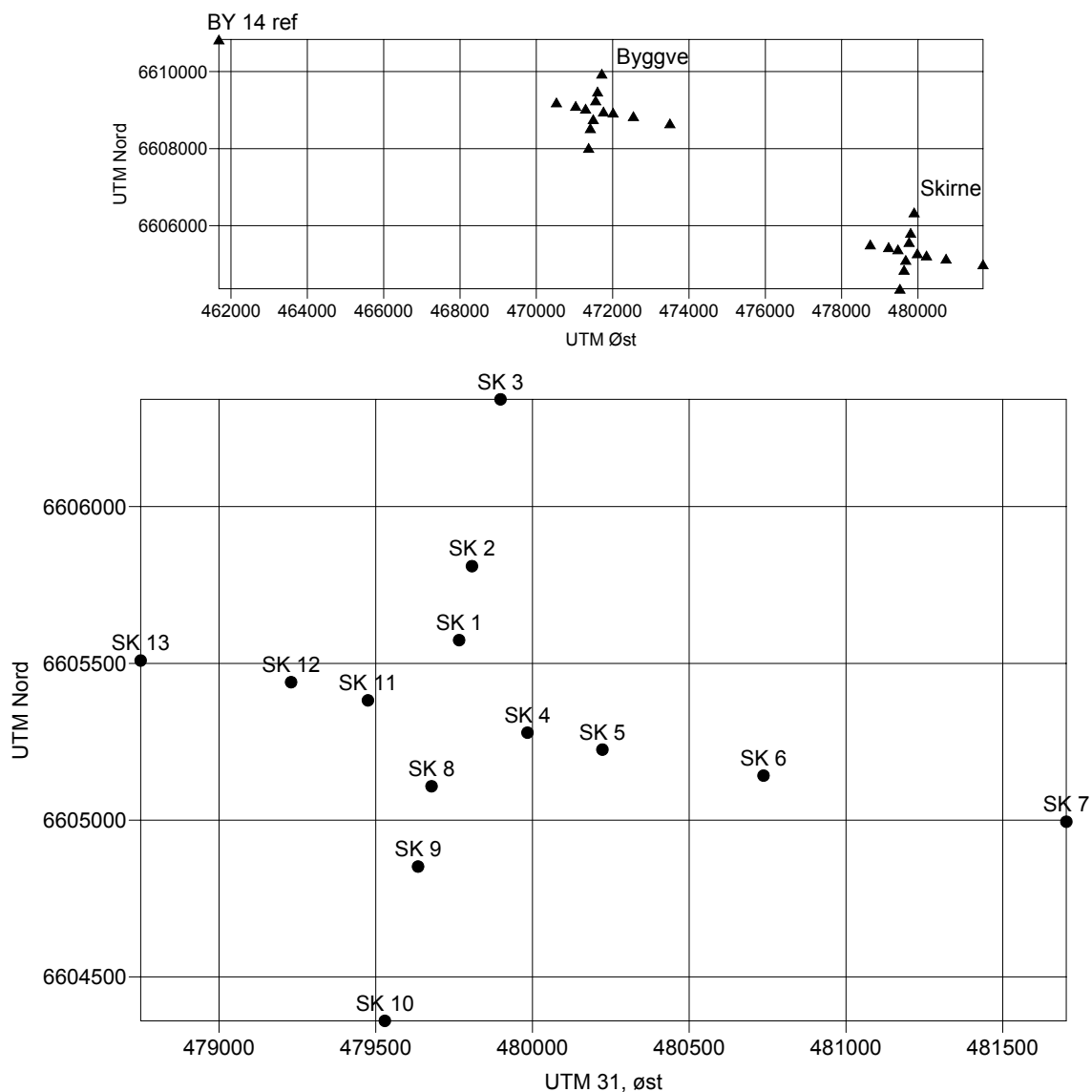
Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 23. til 28. mai i 2002 med fartøyet M/S Stril Herkules. Totalt ble det samlet inn prøver fra 14 stasjoner, 13 ordinære stasjoner og en referansestasjon. Sedimentprøvene ble samlet inn med en 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb, og det ble tatt fem replikate hugg pr. stasjon til bunndyrsanalyser og tre replikate hugg til kjemiske analyser av overflate sediment. På referansestasjonen ble det tatt 10 bunndyrsprøver og 5 prøver til kjemiske analyser. Til analyse av partikkelstørrelsesfordeling ble det tatt en blandprøve av tre replikat. På tre utvalgte stasjoner ble det i tillegg gjort kjemiske analyser på flere sjikt nedover i sedimentet.

Følgende analyser er utført på innsamlet materiale:

- partikkelstørrelsesfordeling
- totalt organisk materiale (som % glødetap)
- metaller: barium (Ba), bly (Pb), kadmium (Cd), kopper (Cu), krom (Cr), sink (Zn) og på tre stasjoner, kvikksølv (Hg)
- hydrokarboner: total mengde hydrokarbon (THC), og på tre stasjoner: polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres C1-C3 alkylhomologer (NPD) og dekaliner
- bunndyr (bentisk makrofauna)

Analysene er utført ved bruk av standardiserte metoder, på akkrediterte laboratorium.

De undersøkte stasjonene er plassert i et aksekors hvor aksene er plassert på langs og på tvers av den dominerende strømretningen mot sør-øst (Figur 1). Referansestasjonen (BY-14-ref) er plassert 19 km vestenfor for Skirne. Stasjon BY-14-ref er også referansestasjon for Byggve feltet.



**Figur 1.** Oversiktskart over Skirne, Byggve og referansestasjon (øverst). Nederst: kart over stasjonsplasseringer på Skirne i 2002. Aksene er orientert i 10°, 100°, 190° og 280°. Stasjonene ligger 250m, 500m, 1000m og 2000m (SK-7) ut fra feltsentrum. Posisjonene er fra skipets logg. Strømretning er antatt å være sør-østlig.

## Resultat og diskusjon

Tabell 1 og 2 oppsummerer resultatene, som målinger og gjennomsnitt per stasjon, samt for hele undersøkelsen. Det generelle inntrykket fra analysene var at sjøbunnen i dette området var nokså homogent når det gjelder kjemiske og fysiske parametre og litt mer variert med hensyn til bunndyr. Sjøbunnen var uforurenset og dypet var rundt 120 m.

Sedimentet på stasjonene var ensartet, og domineres av finkornet sand (79-99 %). Fargen var grålig til brunlig. Innholdet av organisk materiale var lavt (ca 2 %), noe som er vanlig i denne type sandholdige sediment i Nordsjøen.

Gjennomsnittlig bariumpkonsentrasjon var 86 mg/kg. Innholdet av alle de analyserte metallene var tilsvarende det som tidligere er funnet på regionale- og referansestasjoner i Region II. Det var ingen stasjoner som hadde et høyt innhold, men bariuminholdet

var høyest på SK-12 og SK-11 som lå nærmest og nedstrøms posisjonen for leteboring. De to stasjonene hadde også det høyeste (men lavt) THC-innholdet av stasjonene. Sannsynligvis er dette et følge av utslipp ved leteboringen for over 10 år siden.

Resultatene fra referansestasjonen var tilsvarende det som ble funnet på de feltspesifikke stasjonene med hensyn til de kjemiske og fysiske analysene.

THC innholdet var rundt 5 mg/kg og lå på nivå med et vanlig bakgrunnsnivå fra dette området. Det var ikke noen vesentlige forskjeller mellom stasjonene. Analysene viste også at innholdet av THC, PAH og NPD var et resultat av generell bakgrunnstilførsel og ikke av lokalt eller nylig tilførte hydrokarboner. Imidlertid var THC-innholdet på SK-12 og SK-11 ubetydelig høyere enn på de andre stasjonene, trolig på grunn av leteboringen.

**Tabell 1.** Oversikt over resultatene som målinger og gjennomsnittsverdier (Gj.s.) samt standardavvik (SD). Stasjonsdyp, totalt organisk materiale (TOM), pelitt (leire+silt) og totalt hydrokarbon innhold (THC). Dyp i meter, TOM, pelitt og sand i % og de andre resultatene er gitt som mg/kg.

Stasjon - grader- avstand	Dyp -	TOM Gj.s.	TOM SD	Pelitt -	Sand -	Ba Gj.s.	Ba SD	Cr Gj.s.	Cr SD	Cu Gj.s.	Cu SD
SK-1-10° 250m	115	2,17	0,12	10	90	71	8	6,9	0,24	1,82	0,12
SK-2-10° 500m	115	2,33	0,06	16	84	82	3	7,5	0,08	2,14	0,17
SK-3-10° 1000m	115	2,20	0,17	5	95	66	12	6,9	0,54	1,68	0,17
SK-4-100° 250m	117	2,30	0,17	8	92	66	10	6,9	0,37	1,74	0,09
SK-5-100° 500m	116	2,23	0,12	8	92	55	11	6,6	0,19	1,66	0,17
SK-6-100° 1000m	117	2,10	0,10	10	90	74	3	6,4	0,17	1,89	0,19
SK-7-100° 2000m	118	2,27	0,06	15	85	65	10	6,4	0,23	1,95	0,38
SK-8-190° 250m	116	2,30	0,26	11	89	76	17	7,1	0,23	1,78	0,27
SK-9-190° 500m	115	2,40	0,10	11	89	81	4	9,1	3,30	2,03	0,10
SK-10-190° 000m	118	2,37	0,23	10	90	89	14	8,1	2,31	1,84	0,15
SK-11-280° 250m	116	2,47	0,31	17	83	105	18	7,4	0,23	2,27	0,23
SK-12-280° 500m	113	2,37	0,21	10	90	185	66	7,1	0,20	2,03	0,18
SK-13-280° 1000m	117	2,37	0,23	12	88	92	17	7,3	0,13	1,97	0,06
BY-14-ref-280° 19 000m	115	1,87	0,32	9	92	77	21	5,6	0,60	1,77	0,43
Gjennomsnitt og SD hele feltet unntatt BY-14	<b>116</b>	<b>2,30</b>	<b>0,18</b>	<b>11</b>	<b>89</b>	<b>86</b>	<b>35</b>	<b>7,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,91</b>	<b>0,23</b>

Stasjon - grader- avstand	Zn Gj.s.	Zn SD	Cd Gj.s.	Cd SD	Pb Gj.s.	Pb SD	Hg Gj.s.	THC Gj.s.	THC SD
SK-1-10° 250m	8,7	0,48	0,021	0,004	4,5	0,39	0,003	4	0,46
SK-2-10° 500m	9,4	0,37	0,018	0,003	4,8	0,16	0,002	5	0,30
SK-3-10° 1000m	8,9	0,54	0,018	0,002	4,2	0,27	-	5	0,44
SK-4-100° 250m	8,6	0,27	0,016	0,002	3,9	0,24	-	5	0,12
SK-5-100° 500m	8,1	0,62	0,016	0,002	3,8	0,44	-	5	0,59
SK-6-100° 1000m	8,5	0,84	0,015	0,003	4,4	0,21	-	5	0,46
SK-7-100° 2000m	8,2	0,25	0,015	0,004	4,2	0,25	-	4	0,49
SK-8-190° 250m	8,9	0,80	0,015	0,001	4,5	0,38	-	5	1,64
SK-9-190° 500m	12	2,61	0,017	0,002	4,6	0,27	-	6	0,75
SK-10-190° 1000m	9,5	2,27	0,020	0,003	4,3	0,49	-	6	1,49
SK-11-280° 250m	9,5	0,83	0,017	0,003	4,6	0,49	-	6	1,66
SK-12-280° 500m	8,9	0,31	0,016	0,001	4,8	0,19	-	8	1,66
SK-13-280° 1000m	8,8	0,28	0,019	0,003	4,2	0,25	-	4	1,39
BY-14-ref-280° 19 000m	7,5	1,11	0,011	0,002	3,7	0,42	0,002	4	0,49
Gjennomsnitt og SD hele feltet unntatt BY-14	<b>9,1</b>	<b>1,33</b>	<b>0,018</b>	<b>0,003</b>	<b>4,4</b>	<b>0,44</b>	<b>0,002</b>	<b>5,1</b>	<b>1,26</b>

Bunnfaunaen var artsrik og bar ikke preg av å være påvirket av noen form for forurensning eller forstyrrelser. Det ble gjennomsnittlig identifisert 113 arter pr stasjon og 679 individer. Det ble funnet flest individer av små og unge ulike kråkeboller og gravende sjøpiggsvin som nylig hadde bunnslått etter et planktonisk larvestadium. Artssammensetningen på referansestasjonen var forskjellig fra stasjonene nærmest feltcenteret, selv om antall arter og individer samt diversitet var likt. Det er trolig andre naturgitte miljøforhold på referansestasjonen enn på Skirne, og dette gjør at det er ulike bunndyr som lever på de to stedene.

**Tabell 2.** Oversikt over bunndyrsresultatene. Antall arter, individer og beregnet jevnhet og diversitet ( $H'$  og  $ES_{100}$ ). Tallene baseres på sum av alle prøvene på hver stasjon, dvs 0,5 m<sup>2</sup> (1,0 m<sup>2</sup> på BY-14 referanse). Alle tall i denne tabellen er oppgitt uten at Echinoidea spp juv er inkludert.

Stasjon - grader- avstand	Antall				
	arter	Antall individer	Jevnhet	Diversitet ( $H'$ )	ES(100)
SK-1-10° 250m	114	536	0,87	5,94	51
SK-2-10° 500m	111	641	0,85	5,80	48
SK-3-10° 1000m	104	656	0,83	5,58	45
SK-4-100° 250m	101	634	0,84	5,60	45
SK-5-100° 500m	116	831	0,81	5,57	45
SK-6-100° 1000m	115	750	0,83	5,67	45
SK-7-100° 2000m	130	800	0,83	5,81	48
SK-8-190° 250m	108	573	0,84	5,69	46
SK-9-190° 500m	108	821	0,80	5,40	41
SK-10-190° 1000m	108	657	0,79	5,36	42
SK-11-280° 250m	122	622	0,84	5,80	48
SK-12-280° 500m	122	619	0,84	5,84	49
SK-13-280° 1000m	113	683	0,82	5,62	46
BY-14-ref-280° 19 000m	130	1108	0,79	5,54	43
Gj. snitt hele feltet uten BY-14 ref.	<b>113</b>	<b>679</b>	<b>0,83</b>	<b>5,67</b>	<b>46</b>

## Konklusjon

Det generelle inntrykket fra undersøkelsen var at sjøbunnen er uforurenset og at resultatene er tilsvarende det som ellers er funnet på uforurensete stasjoner i Regionen. Imidlertid ble det funnet litt høyere barium- og THC-konsentrasjon på to stasjoner som lå nærmest letebrønnen i fra 1990-91 enn på de andre feltstasjonene. Trolig skyldes dette utslipp i forbindelse med boringen. Det var mange arter i bunnen på alle stasjonene og et høyt artsmangfold.

Referansestasjonen skilte seg fra de andre stasjonene med hensyn til artssammensetningen. Dette gjør at det kan være vanskelig å bruke referansestasjonen for å sammenligne endringer i faunaen i senere undersøkelser. Resultatene fra de kjemiske og fysiske analysene på referansestasjonen var tilsvarende det som ble funnet på enkeltstasjoner ved Skirne.

Undersøkelsen danner stort sett et godt utgangspunkt for sammenligning med fremtidige overvåkingsundersøkelser.

## Summary report

### Introduction

Environmental surveys at petroleum installations in the North Sea are regulated by the Norwegian authorities and the area is divided into several geographic regions. This report deals with results from a baseline survey at Skirne, which is situated west of Bergen in Region II.

Skirne is localized east off Frigg and Heimdal and the reservoir will be produced by a single well subsea installation. The field is expected to produce gas and condensate for about four years. There was a wildcat drilling in 1990-91 before this baseline survey, but no production well was yet prepared.

The survey includes physical, chemical and biological analyses of the seabed and was conducted to document the environmental conditions in the area. This baseline surveys will be a basis for later investigation to examine any possible effect of the exploration activity of the field. RF – Rogaland Research was in May 2002 commissioned by TotalFinaElf to carry out the project at Skirne with Eurofins Norge as subcontractor for organic analyses.

### Field work, material and methods

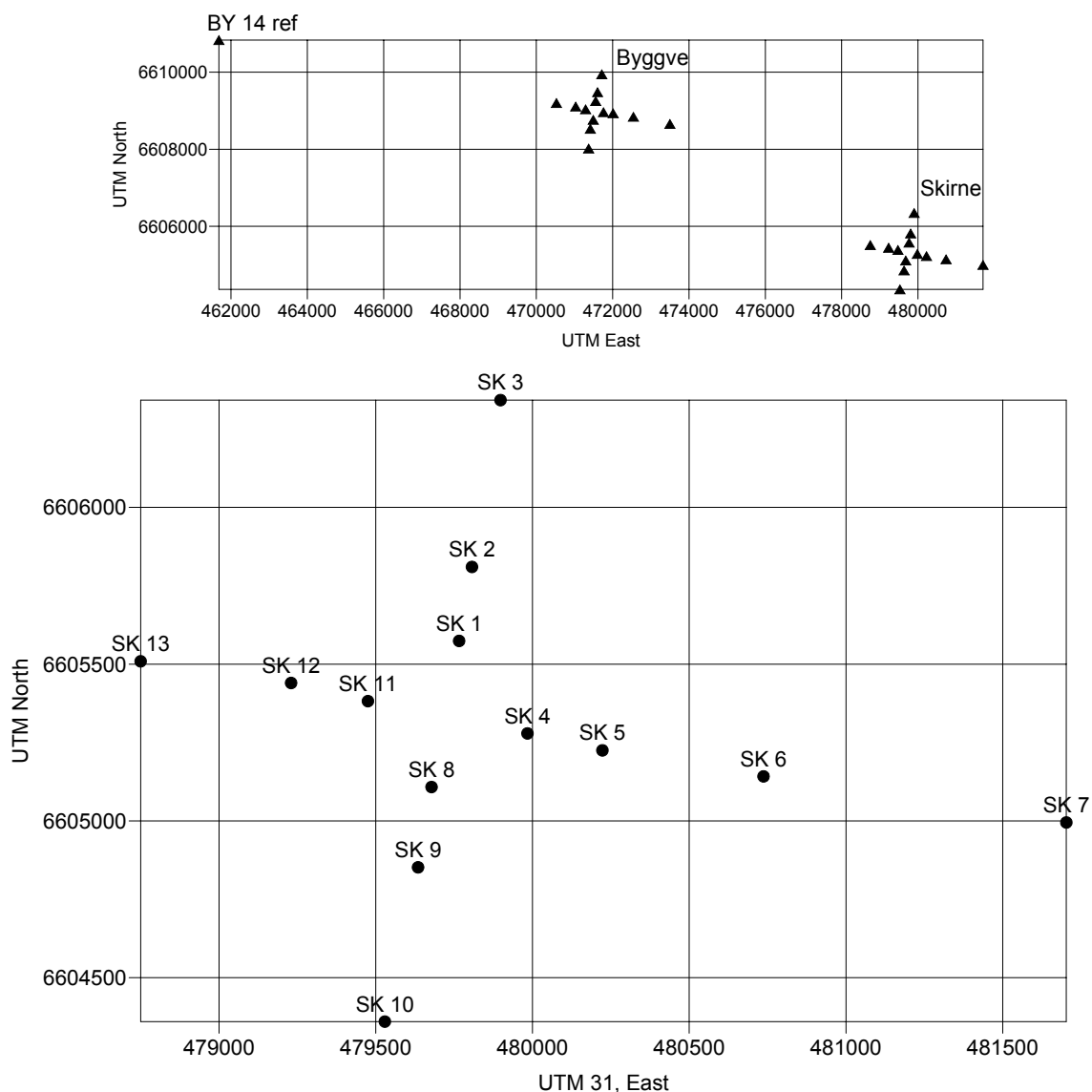
The field work was carried out from M/S Stril Herkules in the period 23rd to 28th May 2002. Sampling stations were placed in two transects, one across and one along the main current direction (Figure 1). Samples were taken from 14 stations, 13 ordinary sites and one reference site. The reference station is situated 19 km west off Skirne and is also reference station Byggve field. A 0.1 m<sup>2</sup> van Veen grab was used for sediment sampling (a detailed field report in English is given in Appendix).

Chemical analyses of surface sediment were performed at three samples from all stations (five at reference) and grain size distribution in a mixed sample from each station. Five replicates for macro fauna were sampled at 13 sites, while ten replicates were sampled at the reference station. In addition, the vertical distribution (0-1, 1-3 and 3-6 cm) of hydrocarbons and metals were analysed from three selected stations.

The following analyses have been carried out:

- total organic material (TOM, as loss on ignition)
- metals: barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chromium (Cr), zinc (Zn) and mercury (Hg) in addition at three stations
- hydrocarbons: Total Hydrocarbon content (THC) and at three stations: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) naphthalene, phenathrene, dibenzophthiophene and C1-C3 alkyl homologues (NPD) and Decalines
- soft bottom fauna

All analyses were carried out using standard methods.



**Figure 1.** Overview chart over stations at Byggve, Skirne and reference site (BY-14) (upper chart). Sampling stations at Skirne in May 2002. The axes are oriented at 10°, 100°, 190° and 280° and the stations is situated at 250m, 500m, 1000m and 2000m (SK-7) from the field centre. Current direction is assumed to be towards south-east. Station positions from the navigation log.

## Results & discussions

Table 1 and 2 summarizes the results as measurements and averages from the analyses at each station and the whole survey. The overall conclusion was that the sea bottom was unpolluted and there were no major differences in the physical and chemical parameters between the stations. The composition of the bottom fauna was a little more variable.

Water depths in the survey area were about 120 meters and the sediment consisted of mainly fine grained sand (19-99 %) with low organic content (2 %), which is normal in this kind of sandy sediment in the North Sea.

The mean barium concentration at the field was 86 mg/kg and the content of all the analysed metals was comparable to earlier investigations at reference and regional stations in Region II. No station had high concentrations, but the barium levels were elevated at SK-12 and SK-11 the stations which were situated closest and downstream the wildcat drilling. The two stations had also the highest (but low) THC content. Probably this was due to discharges when the wildcat drilling was conducted over 10 years ago.

The results from the physical and chemical analyses at the reference station were similar to the detected levels at the station at Skirne.

**Table 1.** Overview of the results as measurements and average (Aver.) and corresponding standard deviation (SD). Water depth, total organic matter (TOM), pelite (clay and silt), metals and total hydrocarbon content (THC). Depth in meter, TOM, pelite (clay+silt) and sand in percentage and the rest of the results as mg/kg.

Station - direction- distance	Depth	TOM	TOM	Pelite	Sand	Ba	Ba	Cr	Cr	Cu	Cu
	-	Aver.	SD	-	-	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD
SK-1-10° 250m	115	2.17	0.12	10	90	71	8	6.9	0.24	1.82	0.12
SK-2-10° 500m	115	2.33	0.06	16	84	82	3	7.5	0.08	2.14	0.17
SK-3-10° 1000m	115	2.20	0.17	5	95	66	12	6.9	0.54	1.68	0.17
SK-4-100° 250m	117	2.30	0.17	8	92	66	10	6.9	0.37	1.74	0.09
SK-5-100° 500m	116	2.23	0.12	8	92	55	11	6.6	0.19	1.66	0.17
SK-6-100° 1000m	117	2.10	0.10	10	90	74	3	6.4	0.17	1.89	0.19
SK-7-100° 2000m	118	2.27	0.06	15	85	65	10	6.4	0.23	1.95	0.38
SK-8-190° 250m	116	2.30	0.26	11	89	76	17	7.1	0.23	1.78	0.27
SK-9-190° 500m	115	2.40	0.10	11	89	81	4	9.1	3.30	2.03	0.10
SK-10-190° 000m	118	2.37	0.23	10	90	89	14	8.1	2.31	1.84	0.15
SK-11-280° 250m	116	2.47	0.31	17	83	105	18	7.4	0.23	2.27	0.23
SK-12-280° 500m	113	2.37	0.21	10	90	185	66	7.1	0.20	2.03	0.18
SK-13-280° 1000m	117	2.37	0.23	12	88	92	17	7.3	0.13	1.97	0.06
BY-14-ref-280° 19 000m	115	1.87	0.32	9	92	77	21	5.6	0.60	1.77	0.43
Average and SD all stns. Reference not included	<b>116</b>	<b>2.30</b>	<b>0.18</b>	<b>11</b>	<b>89</b>	<b>86</b>	<b>35</b>	<b>7.2</b>	<b>1.1</b>	<b>1.91</b>	<b>0.23</b>

Station - direction- distance	Zn	Zn	Cd	Cd	Pb	Pb	Hg	THC	THC
	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	Aver.	SD
SK-1-10° 250m	8.7	0.48	0.021	0.004	4.5	0.39	0.003	4	0.46
SK-2-10° 500m	9.4	0.37	0.018	0.003	4.8	0.16	0.002	5	0.30
SK-3-10° 1000m	8.9	0.54	0.018	0.002	4.2	0.27	-	5	0.44
SK-4-100° 250m	8.6	0.27	0.016	0.002	3.9	0.24	-	5	0.12
SK-5-100° 500m	8.1	0.62	0.016	0.002	3.8	0.44	-	5	0.59
SK-6-100° 1000m	8.5	0.84	0.015	0.003	4.4	0.21	-	5	0.46
SK-7-100° 2000m	8.2	0.25	0.015	0.004	4.2	0.25	-	4	0.49
SK-8-190° 250m	8.9	0.80	0.015	0.001	4.5	0.38	-	5	1.64
SK-9-190° 500m	12	2.61	0.017	0.002	4.6	0.27	-	6	0.75
SK-10-190° 1000m	9.5	2.27	0.020	0.003	4.3	0.49	-	6	1.49
SK-11-280° 250m	9.5	0.83	0.017	0.003	4.6	0.49	-	6	1.66
SK-12-280° 500m	8.9	0.31	0.016	0.001	4.8	0.19	-	8	1.66
SK-13-280° 1000m	8.8	0.28	0.019	0.003	4.2	0.25	-	4	1.39
BY-14-ref-280° 19 000m	7.5	1.11	0.011	0.002	3.7	0.42	0.002	4	0.49
Average and SD all stns. Reference not included	<b>9.1</b>	<b>1.33</b>	<b>0.018</b>	<b>0.003</b>	<b>4.4</b>	<b>0.44</b>	<b>0.002</b>	<b>5.1</b>	<b>1.26</b>

The THC content was round 5 mg/kg which is similar to normal background level in the area found in earlier investigations. The concentration was uniform at the stations, only insignificant higher at two stations (SK-11 and SK-12). Also the analyses of PHAs and NPD indicated that there was no current local source for contamination of hydrocarbons.

A high number of species was found in the sediment and the area had a diverse bottom fauna. No effect of pollution or disturbance was detected. At average there was identified 113 species and counted 679 individuals pr station. The most numerous species was different kind of juvenile sea urchins which newly had settled on the bottom after a planktonic larvae stage. Although the number of species, individuals and diversity were similar at the reference site and the stations at Skirne, the fauna composition was not the same. This had probably natural causes, but makes it difficult in the future to compare changes in the bottom fauna in the two areas.

**Table 2.** Presentation of the bottom fauna results as average at each station and the whole area. Number of species and individuals together with calculated evenness and diversity ( $H'$  and  $ES_{100}$ ). The figures are calculated on the sum of all samples at each station (0.5 m<sup>2</sup> at ordinary stations and 1.0 m<sup>2</sup> at BY-14 reference station). Echinoidea spp juv is not included in the table.

Station	No species	No individuals	Evenness	Diversity ( $H'$ )	ES(100)
SK-1-10° 250m	114	536	0.87	5.94	51
SK-2-10° 500m	111	641	0.85	5.80	48
SK-3-10° 1000m	104	656	0.83	5.58	45
SK-4-100° 250m	101	634	0.84	5.60	45
SK-5-100° 500m	116	831	0.81	5.57	45
SK-6-100° 1000m	115	750	0.83	5.67	45
SK-7-100° 2000m	130	800	0.83	5.81	48
SK-8-190° 250m	108	573	0.84	5.69	46
SK-9-190° 500m	108	821	0.80	5.40	41
SK-10-190° 1000m	108	657	0.79	5.36	42
SK-11-280° 250m	122	622	0.84	5.80	48
SK-12-280° 500m	122	619	0.84	5.84	49
SK-13-280° 1000m	113	683	0.82	5.62	46
BY-14-ref-280° 19 000m	130	1108	0.79	5.54	43
Average all stations					
Reference not included	<b>113</b>	<b>679</b>	<b>0.83</b>	<b>5.67</b>	<b>46</b>

## Conclusions

The general impression from the Skirne baseline survey was that the sea bottom was unpolluted and the levels of metals and hydrocarbons were within the range for background concentrations in the Region. However, insignificant elevated levels of barium and THC were detected at the two stations closest to the previous wildcat drilling in 1090-91. A high number of species was found in the sediment and the area had a diverse bottom fauna.

The reference station had a rather similar chemical and physical condition in the sediment compared to the stations closer to the Skirne field centre. Also the number of species and individuals were similar, but the fauna composition was not the same. Due

to the differences in the fauna it can be difficult to use the reference station for later comparisons of changes in the benthic fauna.

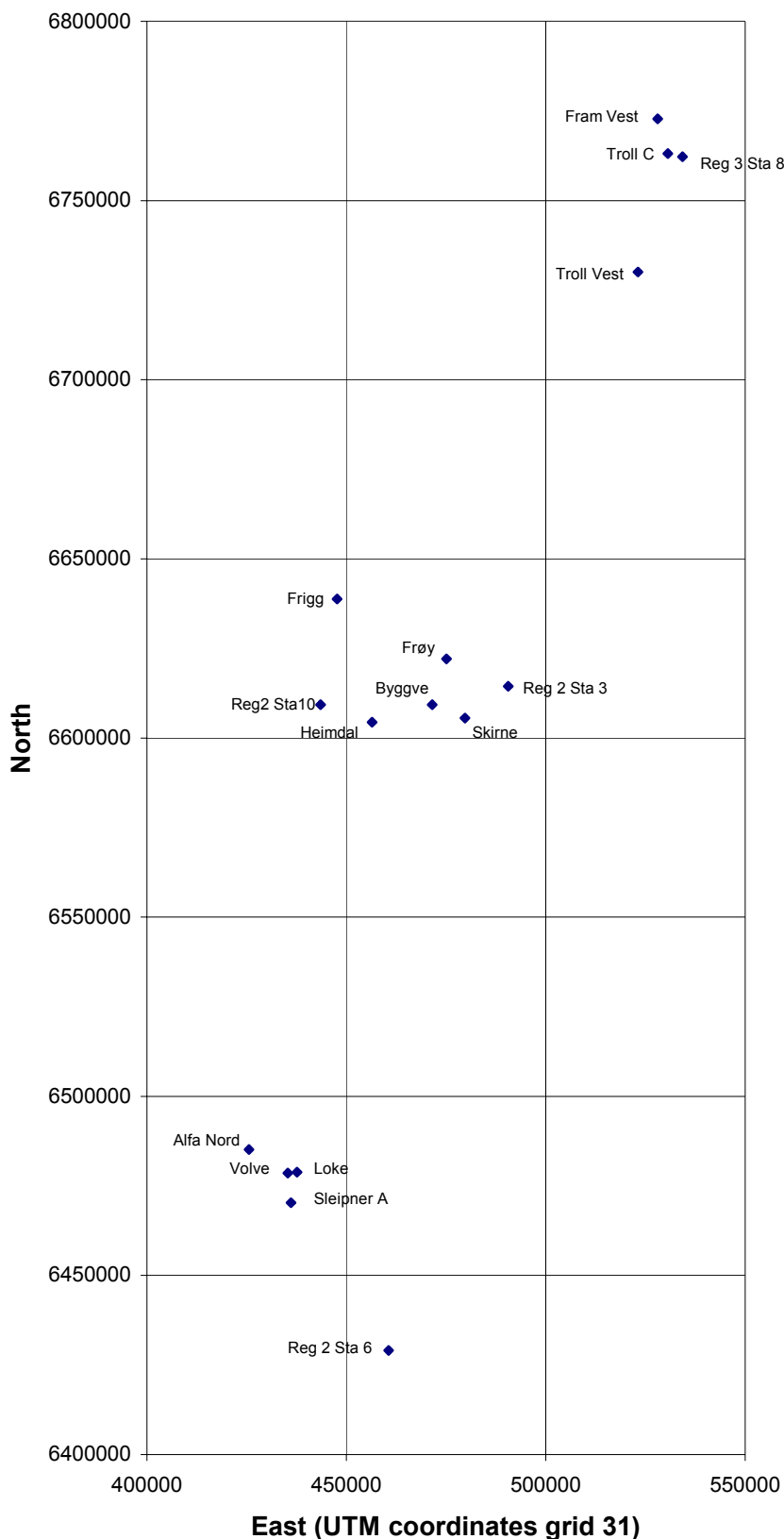
The survey has generally established a good basis for later monitoring surveys in the area to investigate the possible effects of gas and condensate exploration at Skirne.

## 1 Innledning

Miljøundersøkelser ved petroleumsinstallasjoner i Nordsjøen er regulert av myndighetene. I den forbindelse er Nordsjøen inndelt i ulike regioner. Denne rapporten omhandler resultater fra en grunnlagsundersøkelse ved Skirne som ligger vest for Bergen i Region II. Skirne ligger østenfor Frigg og Heimdal (Figur 1.1) og er et lite felt som skal utvinnes ved hjelp av en enkeltbrønns undervannssatellittinstallasjon. Feltet ligger 22,5 km vest for Heimdal og forventes å produsere gass og kondensat i ca 4 år og være tilknyttet Heimdal Gass Senter (HGS). Det var planlagt å bore én produksjonsbrønn høsten 2002 (etter grunnlagsundersøkelsen). Ved Skirne ga leteboring (brønn-navn: 25/7-3) våren 1990 i posisjon 6605469 N 479087 Ø et utslipp på 800 tonn med vannbasert borevæske, hvorav 550 tonn barittslam og 120 tonn bentonittslam 1990-91.

Undersøkelsen har inkludert fysiske, kjemiske og biologiske analyser og gjennomføres for å senere kunne spore om produksjonen av feltet har ført til utslipp og skader av miljøet. Prøvene ble samlet inn i perioden 23.-28. mai 2002. Undersøkelsen er utført i henhold til *Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumssektoren (aktivitetsforskriften OD 01.09.01); Vedlegg 1, Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel*, og beskrevet i arbeidsbeskrivelsen som var utarbeidet av operatørene.

Grunnlagsundersøkelsen ved Skirne ble utført samtidig med grunnlagsundersøkelser på feltene Fram Vest, Byggve, Alfa Nord og Volve. Skirne ligger ca 10 km sør-øst for Byggve og det ble opprettet felles referansestasjon for de to feltene, vest for Skirne og Byggve. Det er utarbeidet en samlet feltjournal for alle feltene (Vedlegg 1), og det er også utført en kort sammenligning og total vurdering av alle feltene i denne rapporten.



**Figur 1.1.** Plassering av Skirne i forhold til nærliggende felt. Regionale stasjoner samt andre felt hvor det ble utført grunnlagsundersøkelser i 2002 er også inkludert i kartet.

## 2 Materiale & metode

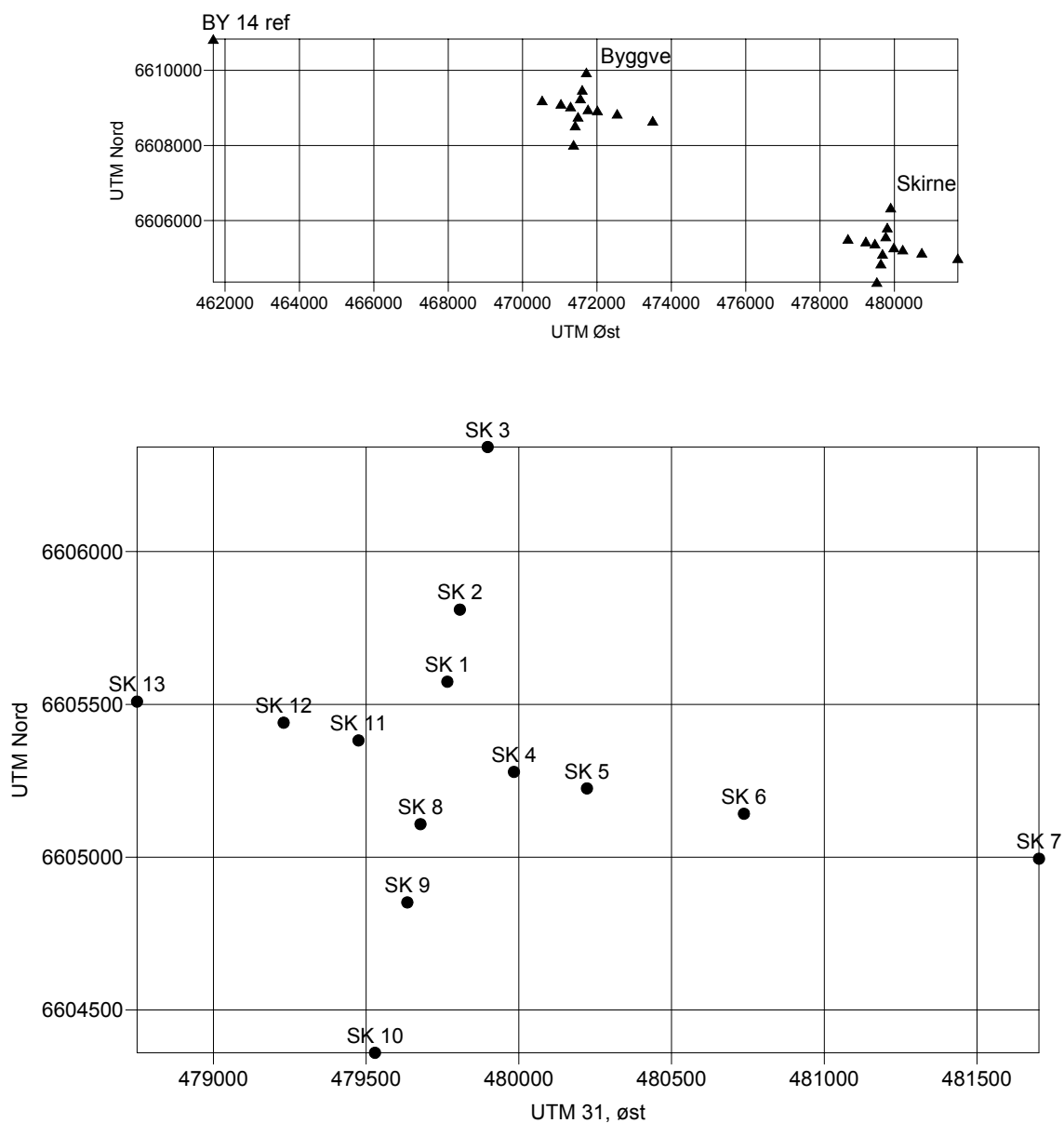
### 2.1 Innsamlingsområdet og stasjonsplassering

De undersøkte stasjonene på Skirne er plassert i et aksekors hvor aksene er plassert på langs og på tvers av den dominerende strømretningen, som i følge arbeidsbeskrivelsen antas å være sør-østlig, som ellers på Frigg og Heimdal området (Mannvik m.fl. 2001). Stasjonene er plassert i faste avstander til feltets senter, med avstandene 250, 500, 1000, og i retning nedstrøms feltetsenteret ut til 2000m. Tabell 2.1 oppsummerer prøveomfanget. I Figur 2.1 vises stasjonsplasseringen på aksekorretningene: 10° (nordlig), 100° (østlig), 190° (sørlig) og 280° (vestlig). Tilsvarende akseretninger er tidligere benyttet på stasjoner ved Heimdal og Frigg. Referansestasjonen (BY-14-ref) er plassert ca 19 km i nord-vestlig retning (ca 280°) fra feltet og er også referansestasjon for Byggve feltet (rapportert i en egen rapport) som ligger mellom Skirne og referansestasjonen. Ut fra aktivitetsforskriften skal det tas seksjonerte prøver nedstrøms feltetsenteret og det skal legges en stasjon lenger borte nedstrøms fra senteret enn på de andre aksene. Ved Skirne ligger SK-7 2000m nokså rett øst (100°) for senteret. De seksjonerte prøvene ble tatt på SK-1 og SK-2 i nordlig retning.

Letebrønnen i fra 1990 var plassert ca 100m vest for SK-12, og ca 650m vest fra feltetsenteret.

Sedimentet på Skirne bestod hovedsaklig av finkornet sand. Dybdeforholdene på de undersøkte stasjonene varierte mellom 113 og 118 m.

For å sammenligne resultatene fra grunnlagsundersøkelsen med tidligere resultat fra de nærmeste områdene, ble noen regionale stasjoner (REG2-03, REG2-10) og en stasjon ved Heimdal og Frøy valgt ut til å være med i en del av plottene. Disse stasjonene har likhetstrekk med hensyn til dybde og sedimentforhold som de undersøkte stasjonene på Skirne. I tillegg sammenlignes resultatene med omfattende undersøkelser i Region II i 1997 og 2000 (Mannvik m.fl. 1998, 2001). Tidligere data er i stor grad tilgjengelig i OLFs database for miljøundersøkelsene i Nordsjøen.



**Figur 2.1.** Oversiktskart over Skirne, Byggve og referansestasjon (øverst). Nederst: kart over stasjonsplasseringer på Skirne i 2002. Aksene er orientert i 10°, 100°, 190° og 280°. Stasjonene ligger 250m, 500m, 1000m og 2000m (SK-7) ut fra feltet sentrum. Posisjonene er fra skipets logg. Strømretning er antatt å være sør-østlig.

**Tabell 2.1.** Oversikt over prøveinnsamlingsomfanget i undersøkelsen. Koordinater i UTM rute 31, ED 50. Stasjonskoordinater fra skipets logg. Bunnfaunaprøver (BIO), kornstørrelse (kornst.), totalt organisk materiale (TOM), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og kvikksølv (Hg).

Stasjon	Retning	Avstand	Nord	Øst	BIO	Kornst.	TOM	THC	Metaller	PAH	Hg	Kommentar
<b>Skirne senter</b>			0	6605335	479732							
SK1	10°	250	6605574	479766	5	1	3	5	5	3	3	Sjikt
SK2	10°	500	6605810	479807	5	1	3	5	5	3	3	Sjikt
SK3	10°	1000	6606342	479898	5	1	3	3	3			
SK4	100°	250	6605279	479984	5	1	3	3	3			
SK5	100°	500	6605225	480223	5	1	3	3	3			
SK6	100°	1000	6605142	480737	5	1	3	3	3			
SK7	100°	2000	6604995	481703	5	1	3	3	3			
SK8	190°	250	6605108	479678	5	1	3	3	3			
SK9	190°	500	6604852	479635	5	1	3	3	3			
SK10	190°	1000	6604360	479529	5	1	3	3	3			
SK11	280°	250	6605382	479475	5	1	3	3	3			
SK12	280°	500	6605440	479230	5	1	3	3	3			
SK13	280°	1000	6605509	478750	5	1	3	3	3			
BY 14- ref	Ca 280°	19 000	6610833	461684	10	1	3	7	7	5	5	Sjikt
<b>Skirne</b>					<b>75</b>	<b>14</b>	<b>42</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	

## 2.2 Feltarbeid

Innsamling av prøver ble foretatt fra M/S Stril Herkules i perioden 23.-28. mai 2002. Skipet var leid inn av operatørene til gjennomføring av feltarbeid for grunnlagsundersøkelsen. For detaljer angående metoder og utstyr i forbindelse med prøveinnsamlingen henvises det til feltrapporten i vedlegg. Det ble totalt samlet inn sedimentprøver på 14 stasjoner inkludert referansestasjonen. Det ble ført toktjournal for prøvetakingen, hvor relevante opplysninger om prøvene og innsamlingen ble registrert (Vedlegg 1).

M/V “Stril Herkules” ble holdt manuelt i posisjon med hjelp av skipets propellsystem. Stasjonen og skipet ble vist på en monitor (DGPS signaler) slik at det var lettere å holde rett posisjon. De fleste prøvene ble tatt 10-20 m fra eksakt posisjon, sjelden over 40 m borte og ikke over 50 m.

Prøvetaking ble utført i henhold til Norsk Standard (NS 9420, NS 9422 og NS 9423) og vedlegg 1 i Aktivitetsforskriften. Sedimentprøvene ble samlet inn med en 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb, og det ble tatt fem replikate hugg pr. stasjon til bunndyrsanalyser og tre replikate hugg til kjemiske analyser. Til analyse av partikkelstørrelsesfordeling ble det tatt en blandprøve av tre replikat. På referansestasjonen BY-14 ble det samlet inn 10 replikate hugg til bunndyrsanalyser og 5 replikate hugg til kjemiske analyser. Prøvene til bunndyrsanalysene ble siktet gjennom sikter med hulldiameter på 5 og 1 mm, slik at prøvene er kvantitative for bentisk infauna > 0,1 mm. Prøvene ble fiksert med 4 % formalin og nøytralisert med boraks.

Prøver til metall-, hydrokarbon-, og glødetapsanalyser ble tatt fra en luke øverst på grabben, og representerer 0-1 cm av sedimentet. Til partikkelstørrelsesfordeling ble det tatt prøve fra 0-5 cm i sedimentet. Alle prøvene ble oppbevart i frossen tilstand frem til analyse. I tillegg ble det tatt seksjonerte prøver fra tre stasjoner (SK-1, SK-2 og BY-14, referansestasjon) for å undersøke dybdefordeling av metaller og THC samt PAH og NPD. De seksjonerte prøvene ble tatt fra 1-3 cm og 3-6 cm dybde i sedimentet. De seksjonerte prøvene ble tatt ved at pleksiglassrør ble presset ned i grabbprøven og tatt ut for så å bli delt i rette sedimentlag. NPD og PAH og kvikksølv i overflatesedimentet ble kun målt på SK-1, SK-2 og BY-14-ref.

Under feltarbeidet ble sedimentet beskrevet med hensyn til farge og lukt. Fargen ble sammenlignet med fargekart i Munsell Soil Colour Chart System. Sedimentfargen ble gjengitt med koder i følge fargekartet. I tillegg til beskrivelse av farge og lukt samt prøvevolum ble også tilstedeværelse av større dyr notert (se Vedlegg 1 for detaljerte beskrivelser).

## 2.3 Analyse av sedimentet

### 2.3.1 Partikkelstørrelsesfordeling

Analysene av kornfordeling ble foretatt ved RF-Miljølab etter intern metode basert på Buchanan (1984) (ikke akkreditert). Sedimentet ble tørket over natten ved 105 °C. 20-30 g prøve ble veid inn til analyse. Deretter ble prøven splittet i to fraksjoner ved våtsikting (0,063 mm). Den grove fraksjonen (> 63 µm = 0,063 mm) ble analysert ved tørrsikting etter at prøven var tørket over natten ved 105 °C. Det tørre sedimentet ble deretter overført til en sikteserie med åpninger fra 4 til 0,063 mm (Tabell 2.2). Materialet som ble liggende igjen på de ulike siktene ble veid til nærmeste 0,01 gram. Andel partikler (vekten) som var mindre enn 0,063 mm ble bestemt ved å trekke summen av vekten til de andre partikkelstørrelsene (> 0,063 mm) fra utgangsvekten til prøven.

**Tabell 2.2.** Klassifisering av sediment. Siktstørrelser for analyse av grovfraksjon i sedimentet er markert med #.  $\phi$  (phi-verdiene) fremkommer ved å ta  $-\log_2$  av størrelsen i mm.

Navn	Størrelse (mm)	Størrelse ( $\phi$ )
Grus	4	-2
Sand	2#	-1
	1#	0
	0.5#	1
	0.25#	2
	0.125#	3
Silt	0.063#	4
	0.031	5
	0.015	6
	0.008	7
	0.004	8
Leire	< 0.004	9

Beregning av geologiindeks er basert på et beregningsprogram utviklet av Tucker (1988). Indeksene som beregnes er sorting (standardavvik), skevness og kurtosis (Tabell 2.3). Sorting viser antall størrelsesfraksjoner som finnes i sedimentet. Det best sorterte sedimentet består av bare en partikkelstørrelse. Skevness angir normalfordelingen av partiklene. Positive skevness verdier indikerer at man har flere små enn store partikler, negative verdier indikerer flere større partikler. Kurtosis angir forholdet mellom den beregnede fordelingskurven sammenlignet med normalfordelingen. Tabell 2.4 gir en oversikt over parametre som er beregnet med tilhørende forklaring. I tillegg ble median partikkeldiameter ( $\Phi$ ) av sedimentet beregnet.  $\Phi$  er midtpunktet på den kumulative kornfordelingskurven.

Siden det bare er utført sikteanalyser for sedimentet er det vanskelig å sammenligne de beregnede indeksene med tidligere data hvor pelitt (leire + silt) andelen er høy. Denne fraksjonen er ikke tildelt noen partikkelstørrelse i beregningene.

**Tabell 2.3.** Oversikt over beregnete parametre med forklaring til beregning av geologiindeks.

Parameter	Indeks	Forklaring	Indeks	Forklaring
Standardavvik (Sorting)	<0,35	Svært godt sortert	>4	Ekstremt dårlig sortert
Skevness	+0,3 til +1,0 $\Phi$	Meget skjev finkornet	-0,3 til -1,0 $\Phi$	Meget skjevt grovkornet
Kurtosis	<0,67	Meget platykurtisk	>3	Ekstremt leptokurtisk

### 2.3.2 Totalt organisk materiale (TOM)

Prøvene for analyse av totalt organisk materiale (TOM) ble først tørket ved 50 °C til konstant vekt. Deretter ble prøvene knust og homogenisert i en agarmorter og siktet gjennom en 0,5 mm nylon sikt. Dette ble gjort for å fjerne grovere materiale og i tillegg oppnå bedre homogenitet i prøvene. I sikteprosessen kan sedimentet trekke til seg inntil 1 % vann, derfor ble prøvene igjen tørket ved 105 °C før gløding.

Mengde TOM ble analysert som glødetap (vektreduksjon), etter gløding ved 550 °C i minimum 2 timer (NS 4764). Analysen ble utført av RF – Miljølab.

### 2.3.3 Metaller

Prøvene til metallanalysene ble oppsluttet i henhold til Norsk Standard 4770. Sedimentprøvene ble tørket ved 50 °C til konstant vekt. Prøvene ble deretter knust og homogenisert i en agarmorter og siktet gjennom en 0,5 mm nylon sikt. Videre analyser ble utført av fraksjonen av partikler mindre enn 0,5 mm.

Metallene ble ekstrahert ved at 0,5 gram av fraksjonen ble tilsatt 5 ml 7 M salpetersyre (Merck Suprapure grad). Prøvene ble deretter overført til en autoklav med konstant temperatur på 120 °C i 30 minutter. Etter avkjøling ble prøvene fortynnet med destillert vann til 25 ml. Hver tiende prøve som ble oppsluttet var en replikat prøve, dette ble

gjort for å vurdere presisjon og homogenitet i prøvene. I tillegg ble blanker og referansemateriell oppsluttet for kontroll og validering av metoden. Oppslutningen var lik for alle analyserte prøver.

Sedimentet ble analysert for følgende metaller i henhold til aktivitetsforskriften: barium (Ba), krom (Cr), kadmium (Cd), kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb), og kvikksølv (Hg). I tillegg ble nikkel (Ni) og Arsen (As) analysert. Metallene ble, med unntak av kvikksølv, analysert i en ICP-MS med indium som intern standard. Det ble brukt en VG-PQ2+ICP-MS med en Meinard forstøver og et ”spay chamber” av kvarts nedkjølt til 5 °C. I overgangen mellom plasma og massespektrometer ble det brukt en 1 mm standard sampling cone og en 0,8 mm standard skimmer cone, begge av nikkel. For å optimalisere analysen ble prosedyren ”Peak-Jump” brukt, denne måler to ulike masser (vekt) av hvert resultat for å forsikre at det ikke er interferens. Ved vurdering av resultatene velges den vekten som gav best presisjon. For kvikksølv ble det benyttet kalddamp-atomabsorpsjon (CV-AAS) med et automatisk injeksjonssystem (FIMS) fra Perkin-Elmer. Ved kvantifisering av resultatene fra både ICP-MS og FIMS ble det brukt en standardkurve som ble laget i samme matrisen som de oppsluttede prøvene. Deteksjonsgrenser for metallanalysene er gitt i Tabell 2.4. Analysen ble utført av RF – Miljølab.

**Tabell 2.4.** Deteksjonsgrenser for de ulike metallene som ble analysert i 2002. Deteksjonsgrensene er beregnet fra resultat av ti blank prøver.

<b>Metall</b>	<b>Deteksjonsgrense (mg/kg)</b>
Cr	0,06
Ni	0,02
Cu	0,04
Zn	0,4
As	0,006
Cd	0,001
Ba	2
Pb	0,01
Hg	0,001

## **2.3.4 Hydrokarboner**

### **2.3.4.1 Totale hydrokarboner (THC)**

Prøven forsåpes først i metanolisk KOH, deretter filtreres prøven, og filtratet ekstraheres med diklormetan (Anon 1982). Den polare fraksjonen fjernes ved kolonnekromatografi. Etter inndamping analyseres ekstraktet ved gasskromatografi med flamme-ionisasjonsdetektor (GC/FID). Baseoljen HDF 200 ble brukt som ekstern standard ved evalueringen av resultatene.

### 2.3.4.2 Andre organiske komponenter

Prøven forsåpes først i metanolisk KOH, deretter filtreres prøven, og filtratet ekstraheres med diklormetan (Anon 1982). Den polare fraksjonen fjernes ved kolonnekromatografi. Etter inndamping analyseres ekstraktet ved gasskromatografi med massespektrometrisk detektor (GC/MS-SIM). Fire deuterede PAH:er ble brukt som intern standard.

Tabell 2.5 viser en oversikt over deteksjonsgrenser for de organiske analysene. Det henvises til Vedlegg 4 for mer utfyllende beskrivelser av metoder for analyse av organiske komponenter. Alle de organiske analysene er utført ved Eurofins AS (tidligere Miljøkjemi AS).

**Tabell 2.5.** Deteksjonsgrenser for de organiske komponentene. NB! Deteksjonsgrensene gjelder for hver enkel komponent (PAH og NPD); dvs at usikkerheten ved sum PAHer (EPAs liste av 16 forbindelser) vil den totale usikkerheten være +/- 0,032 mg/kg.

Komponent	Deteksjonsgrense (mg/kg)	Kommentar
THC	2	Basert på tørrvekt av sediment
PAH	0,002	Basert på våtvekt av sediment
NPD	0,002	Basert på våtvekt av sediment
Dekaliner	0,005	Basert på våtvekt av sediment

### 2.3.5 Grense for signifikant kontaminering (LSC)

Siden dette er en grunnlagsundersøkelse er ikke LSC beregnet (jmf. Aktivitetsforskriften av 3. september 2001).

### 2.3.6 Bunndyrsanalyser

Bunndyrsanalysene ble utført i henhold til NS 9423. Bunndyrsfaunaen er hovedsaklig lite mobil, og kan ofte gi et bilde på miljøltilstanden i et område. Antall arter, antall individ og faunatype er avhengig av sedimenttype og eventuell kontaminering.

I laboratoriet ble innholdet i prøveboksene overført til sifter (< 1 mm). I sikten ble prøvene skylt med ferskvann for å fjerne restene av formalin. Sortering ble foretatt under lupe, og dyrene ble gruppert etter fylum og lagret i etanol. Dyrene ble identifisert til lavest mulige taxa. Resultatet fra identifiseringen presenteres som en artsliste.

Det ble gjennomført flere statistiske analyser (univariate og multivariate) på resultatene fra bunndyrsidentifiseringen. Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm

Dette medfører at grupper som rundmark samt kolonidannende arter som hydrozoer, bryozoer og svamper ikke er tatt med i analysene. Krepser uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analysene. Juvenile individ er inkludert i analysene, men dersom juvenile var blant de ti mest dominerende organismene ble også de statistiske analysene utført uten juvenile individ.

På Skirne var det mange individer av ulike små kråkeboller og gravende (irregulære) sjøpiggsvin (*Echinoidea Irregularia* indet juv., *Echinoidea Regularia* indet juv., *Echinus acutus* juv., *Echinus esculentus* juv, *Echinus* sp, *Echinus* spp juv., *Echinus* spp juv.) Disse artene ble slått i sammen og kalt *Echinoidea* spp juv. **før alle analyser**. I tillegg ble flere analyser utført med og uten *Echinoidea* spp juv. Årsaken til at artene ble slått sammen var at de var nokså tallrike og ble identifisert og plassert som forskjellige arter i artslisten. Individene (artene) er vanskelig å skille fra hverandre når de er så små. Uten sammenslåingen vil det bli noen flere arter på stasjonene og bunndyrssamfunnene på stasjonene ville opptre som mer forskjellig fra hverandre. I tillegg vil de fleste av disse unge individene forsvinne i løpet av forholdsvis kort tid, og er dermed ikke en del av den mer permanente bunndyrfaunaen.

Resultatene fra bunndyranalysene er presentert ved bruk av følgende metoder:

- Fullstendig artsliste
- Antall arter og individer pr grabbprøve og totalt pr stasjon
- Kumulativt antall arter pr grabbprøve på referansestasjon
- Tabell over de ti mest dominerende taxa pr stasjon
- Shannon diversitetsindeks på  $\log_2$  basis (Shannon & Weaver 1949)
- Jevnhet som Pielous "J" (Pielou 1966)
- Forventet antall arter per 100 individ (Hurlberts indeks  $ES_{100}$ )
- Cluster-analyse basert på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957)
- MDS ordinasjon

### 2.3.6.1 Statistiske metoder

#### (1) Univariante metoder

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene på artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individ fordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ) (Shannon & Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Hvor  $p_i = n_i / N$ ,  $s$  = totalt antall arter,  $n_i$  = antall individer av  $i$ 'te art og  $N$  = totalt antall individer.

Jevnhet ( $J$ ) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at  $H' = \log_2 S = H_{max}$ . Forholdet mellom observert ( $H'$ ) og maksimal diversitet ( $H_{max}$ ), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Magurran 1988). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{max}}$$

Et annet mål på artsrikdom er beregnet etter Hurlberts formel (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left[ 1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

hvor  $E(S_n)$  = forventet antall arter i en delprøve av  $n$  tilfeldig valgte individer,  $N$  = totalt antall individer i prøven,  $S$  = totalt antall arter i prøven, og  $N_i$  = antall individer av art  $i$ .

Formelen beregner et forventet antall arter en vil finne i en prøve ut fra et visst antall tilfeldig valgte individer (normalt 100 individ,  $ES_{n=100}$ ).

## (2) Multivariate metoder

Klassifisering (klusteranalyse) og ordinerings (MDS) er benyttet for å undersøke likheten mellom bunndyrprøvene fra de ulike innsamlingstidspunkt og likheten mellom stasjonene for innsamlingen. BIO-ENV ble brukt for å finne korrelasjoner mellom faunadata og miljødata.

Multi Dimensional Scaling (MDS) og klusteranalysen ble utført i programpakken PRIMER v5.2.9 (Clarke & Gorley 2001). Metodene begynner med å måle likheten mellom to og to prøver basert på Bray-Curtis similaritets indeks (Bray & Curtis 1957). Den resulterende similaritetsmatrisen brukes til å dele prøvene inn i grupper. Likheten mellom disse gruppene fremstilles deretter grafisk som dendrogram fra klusteranalysen, eller som to dimensjonale plott fra MDS analysen.

*Stress*-faktoren for analyseresultatet forteller hvor godt det to-dimensjonale plottet reflekterer mange-dimensjonaliteten i dataene. Clarke (1993) foreslår følgende "tommelfingerregler" for tolkning av *stress* – faktoren:

*Stress* < 0,05 – gir en meget god gjengiving

*Stress* < 0,10 – gir en god gjengiving

$Stress < 0,20$  – krever varsom tolkning

$Stress > 0,20$  – plottet kan være "farlig" å tolke, og hvis verdien når 0.35-0.40, så er prøvene tilfeldig plassert i plottet.

Dersom ikke annet er oppgitt er analysene gjennomført med standardoppsett ("default") i PRIMER. Det vil blant annet si kvadratrottransformerte individantall og "group average linking".

BIO-ENV er også utført ved bruk av PRIMER og er beskrevet av Clarke & Ainsworth (1993). BIO-ENV er basert på rank korrelasjoner mellom MDS ordinasjon av fauna data og PCA ordinasjon av miljøvariabler. Spearmans rank koeffisient ( $\rho_w$ ) ble brukt til å kalkulere korrelasjoner mellom de to ordinasjonene.  $\rho_w$  varierer mellom -1 og +1, og vil være høyest når det er en sterk sammenheng mellom bunnfauna og miljøvariabler.

## 2.4 Kvalitetssikring

Prøvetaking, kjemiske og biologiske analyser er utført akkreditert, i henhold til ISO-17025 og vedlegg 1 i Aktivitetsforeskriften: Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel. Det er ført feltjournal og detaljerte sjekklister på laboratoriet for å sikre sporbarhet til hver enkel prøve.

### 2.4.1 Prøvetaking

Under prøvetaking ble hver prøve kontrollert og prøver med utilfredsstillende kvalitet ble forkastet. Kjemiske og biologiske prøver ble dobbeltmerket for å sikre identitet av prøvene.

### 2.4.2 Analyser

#### 2.4.2.1 Totalt organisk materiale (TOM)

Ved glødetap brukes jord som kontrollprøve. Resultatet fra kontrollprøvene gav tilfredsstillende resultat.

#### 2.4.2.2 Metaller

Kvalitetssikringen omfattet alle faser av analysen inkludert oppslutning av referansemateriale, oppslutning av blanker og oppslutning av replikate prøver. Som referansemateriale ble det valgt MESS. Resultatene fra referansematerialet gav resultater som er normale i henhold til Norsk Standard. Vedlegg 3 viser oppsummeringen fra kvalitetskontrollen.

#### 2.4.2.3 Hydrokarboner

Ved analyse av hydrokarboner brukes et standardsediment (ikke tørket) både som kontroll og for å bestemme deteksjonsgrense. Dette betyr at de oppgitte deteksjonsgrensene er basert på våtvekt mens resultatene er gitt i tørrvekt.

#### **2.4.2.4 Bunn dyr**

For å sikre at sorteringen av biologiske prøver ble utført tilfredsstillende ble ca 10 % av de biologiske prøvene kontrollsorert (i henhold til RFs interne metode). Dersom det under kontrollsorering blir funnet mer enn 5 % av dyrene i prøvene, vil alle prøvene sortert av personen re-sorteres. Dette innebærer at dersom ikke 95 % av dyrene er sortert ut, sortereres prøvene på nytt.

Personell ved RF som identifiserer bunndyr og innleide identifiserer har referanse-samlinger som brukes som kvalitetssikring i forbindelse med identifisering av bunnprøver. Rapportene fra bunnfaunaanalysene ble kontrollert av en kvalitetsansvarlig.

### 3 Resultater og diskusjon

Hensikten med undersøkelsen er hovedsakelig å frembringe data som benyttes som referanse opp mot senere oppfølgende undersøkelser for å se om utbyggingen og produksjonen av feltet påvirker bunnforholdene. Undersøkelser har vist at det kan være gradienter (økt forurensning) i sedimentet inn mot utslipp fra installasjoner. Ved Skirne var det som før skrevet ikke boret produksjonsbrønn, men en letebrønn ble boret ved SK-12 i 1990.

Gjennomsnittsverdier og standardavvik for de fleste resultatene unntatt bunnfauna er vist i Tabell 3.1, og er ellers presentert i figurer under hvert kapittel. Se vedlegg for detaljer.

**Tabell 3.1.** Oversikt over resultatene som målinger og gjennomsnittsverdier (Gj.s.) samt standardavvik (SD). Stasjonsdyp, totalt organisk materiale (TOM), pelitt (leire+silt) og totalt hydrokarbon innhold (THC). Dyp i meter, TOM, pelitt og sand i % og de andre resultatene er gitt som mg/kg.

Stasjon - grader- avstand	Dyp	TOM		Pelitt	Sand	Ba		Cr		Cu	
	-	Gj.s.	SD	-	-	Gj.s.	SD	Gj.s.	SD	Gj.s.	SD
SK-1-10° 250m	115	2,17	0,12	10	90	71	8	6,9	0,24	1,82	0,12
SK-2-10° 500m	115	2,33	0,06	16	84	82	3	7,5	0,08	2,14	0,17
SK-3-10° 1000m	115	2,20	0,17	5	95	66	12	6,9	0,54	1,68	0,17
SK-4-100° 250m	117	2,30	0,17	8	92	66	10	6,9	0,37	1,74	0,09
SK-5-100° 500m	116	2,23	0,12	8	92	55	11	6,6	0,19	1,66	0,17
SK-6-100° 1000m	117	2,10	0,10	10	90	74	3	6,4	0,17	1,89	0,19
SK-7-100° 2000m	118	2,27	0,06	15	85	65	10	6,4	0,23	1,95	0,38
SK-8-190° 250m	116	2,30	0,26	11	89	76	17	7,1	0,23	1,78	0,27
SK-9-190° 500m	115	2,40	0,10	11	89	81	4	9,1	3,30	2,03	0,10
SK-10-190° 000m	118	2,37	0,23	10	90	89	14	8,1	2,31	1,84	0,15
SK-11-280° 250m	116	2,47	0,31	17	83	105	18	7,4	0,23	2,27	0,23
SK-12-280° 500m	113	2,37	0,21	10	90	185	66	7,1	0,20	2,03	0,18
SK-13-280° 1000m	117	2,37	0,23	12	88	92	17	7,3	0,13	1,97	0,06
BY-14-ref-280° 19 000m	115	1,87	0,32	9	92	77	21	5,6	0,60	1,77	0,43
Gjennomsnitt og SD hele feltet unntatt BY-14	<b>116</b>	<b>2,30</b>	<b>0,18</b>	<b>11</b>	<b>89</b>	<b>86</b>	<b>35</b>	<b>7,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,91</b>	<b>0,23</b>

Stasjon - grader- avstand	Zn		Cd		Pb		Hg	THC	
	Gj.s.	SD	Gj.s.	SD	Gj.s.	SD	Gj.s.	Gj.s.	SD
SK-1-10° 250m	8,7	0,48	0,021	0,004	4,5	0,39	0,003	4	0,46
SK-2-10° 500m	9,4	0,37	0,018	0,003	4,8	0,16	0,002	5	0,30
SK-3-10° 1000m	8,9	0,54	0,018	0,002	4,2	0,27	-	5	0,44
SK-4-100° 250m	8,6	0,27	0,016	0,002	3,9	0,24	-	5	0,12
SK-5-100° 500m	8,1	0,62	0,016	0,002	3,8	0,44	-	5	0,59
SK-6-100° 1000m	8,5	0,84	0,015	0,003	4,4	0,21	-	5	0,46
SK-7-100° 2000m	8,2	0,25	0,015	0,004	4,2	0,25	-	4	0,49
SK-8-190° 250m	8,9	0,80	0,015	0,001	4,5	0,38	-	5	1,64
SK-9-190° 500m	12	2,61	0,017	0,002	4,6	0,27	-	6	0,75
SK-10-190° 1000m	9,5	2,27	0,020	0,003	4,3	0,49	-	6	1,49
SK-11-280° 250m	9,5	0,83	0,017	0,003	4,6	0,49	-	6	1,66
SK-12-280° 500m	8,9	0,31	0,016	0,001	4,8	0,19	-	8	1,66
SK-13-280° 1000m	8,8	0,28	0,019	0,003	4,2	0,25	-	4	1,39
BY-14-ref-280° 19 000m	7,5	1,11	0,011	0,002	3,7	0,42	0,002	4	0,49
Gjennomsnitt og SD hele feltet unntatt BY-14	<b>9,1</b>	<b>1,33</b>	<b>0,018</b>	<b>0,003</b>	<b>4,4</b>	<b>0,44</b>	<b>0,002</b>	<b>5,1</b>	<b>1,26</b>

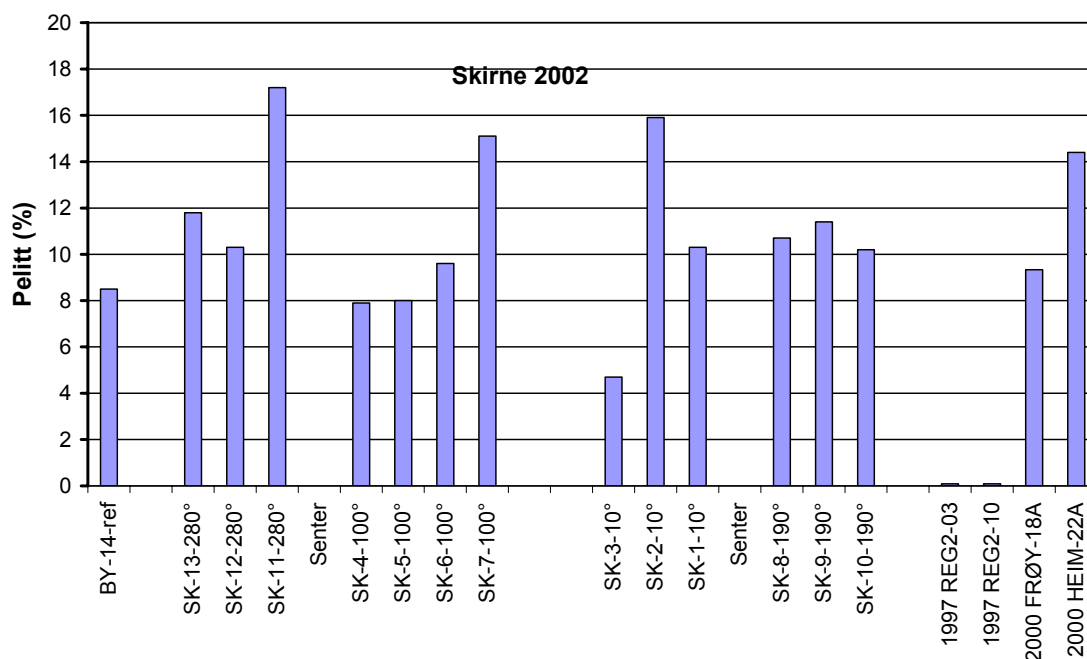
## 3.1 Fysiske karakterisering av sedimentet

### 3.1.1 Farge og lukt

Sedimentet på stasjonene var ensartet, og domineres av finkornet sand. Fargen var grålig til brunlig (Munsell 5Y 4/2). Vanlig prøvevolum var ca 8 liter, men det varierte fra 4 til 11. Det ble ikke registrert noen spesiell lukt og det var en del lett synlige dyr i prøvene. Detaljerte beskrivelser av sedimentet på hver stasjon og hugg er gitt i vedlegg til feltrapporten.

### 3.1.2 Partikkelstørrelsesfordeling

Andel finpartikulært materiale (% pelitt) i sedimentet varierte mellom 5-17 % (Figur 3.1). På SK-3 var det minst pelitt (5 %) og høyest innhold var det på SK-11 (17 %). Referansestasjonen hadde litt lavere pelittinnhold enn gjennomsnittet av stasjonene nærmere feltcenteret. Analysen viste også at det meste av sanden bestod av partikler som var mindre enn 0,5 mm. Det var ikke noen systematiske forskjeller mellom stasjonene i forhold til feltcenteret og forskjellene mellom stasjonene skyldes trolig naturlig variasjon. Mannvik m.fl. 2001 rapporterer at pelittinnholdet i Sleipner-, Heimdal- og Friggområdet stort sett er mellom på 5-10 % og resultatene fra Skirne passer bra med dette, men noen av stasjonene hadde et høyere innhold.



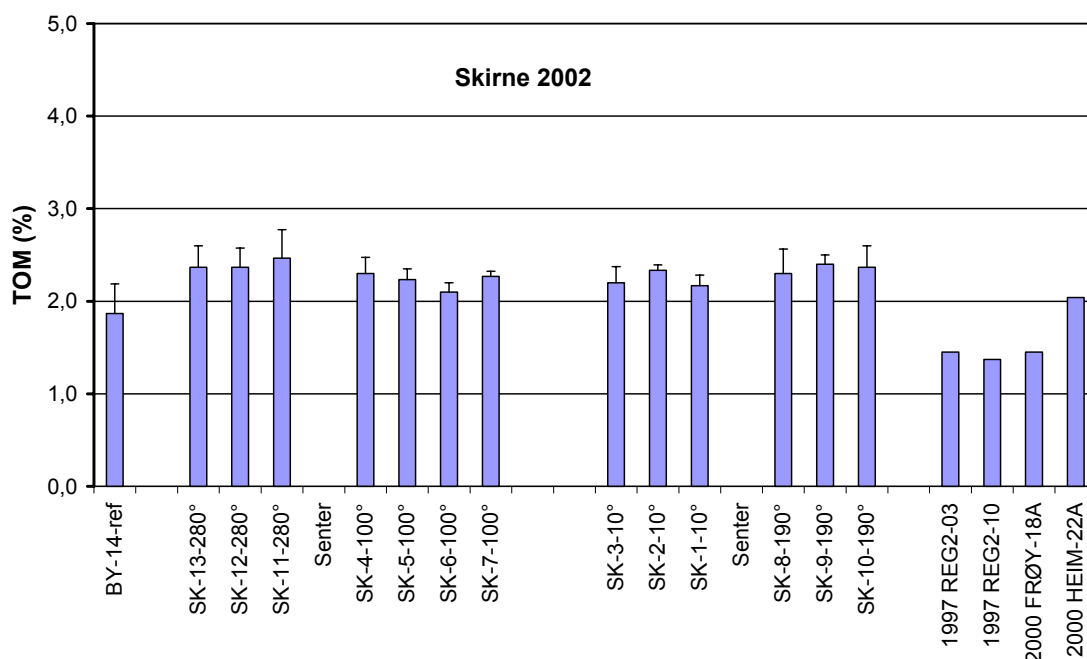
**Figur 3.1.** Prosentandel pelitt (silt+leire) på Skirne i 2002. Søylene representerer resultat fra en blandprøve fra de tre første huggene på hver stasjon. Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senter. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

Sedimentet bestod for det meste av finkornet sand. Dette betyr at det normalt ikke vil inneholde like mye organisk materiale (og eventuelle forurensninger) som i et meget finkornet sediment. Årsaken til det er blant annet fordi det er mye mindre partikkeloverflate i grove sediment enn i finpartikulære hvor forurensning kan adsorberes. Kornstørrelsen viser også at det til tider er bra med strøm over bunnen, og

fra andre undersøkelser viser et slikt sediment at det vil være perioder med transport av overflatesediment (erosjonsbunn).

### 3.1.3 Totalt organisk materiale

Totalt organisk materiale (TOM) er vist i Figur 3.2. TOM i sedimentprøvene varierte fra ca 1,9 % til 2,5 %. Resultatene viser at det er lite organisk materiale i sedimentet. På referansestasjonen (BY-14) var TOM i underkant av det som ble målt på de andre stasjonene. Det var liten variasjon i glødetap mellom stasjonene. Innholdet av totalt organisk materiale på Skirne var litt høyere enn resultatene på stasjon REG2-03 og REG2-10 i 1997, samt Frøy-18A og Heim22A i 2000 (Figur 3.2). Det var også litt i overkant av de fleste regionale og referansestasjoner i Region II i 2000 (Mannvik m. fl. 2001).



**Figur 3.2.** Totalt organisk materiale (TOM), målt som % glødetap, i overflatesediment ved Skirne i 2002. De enkelte søylene representerer middelerverdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

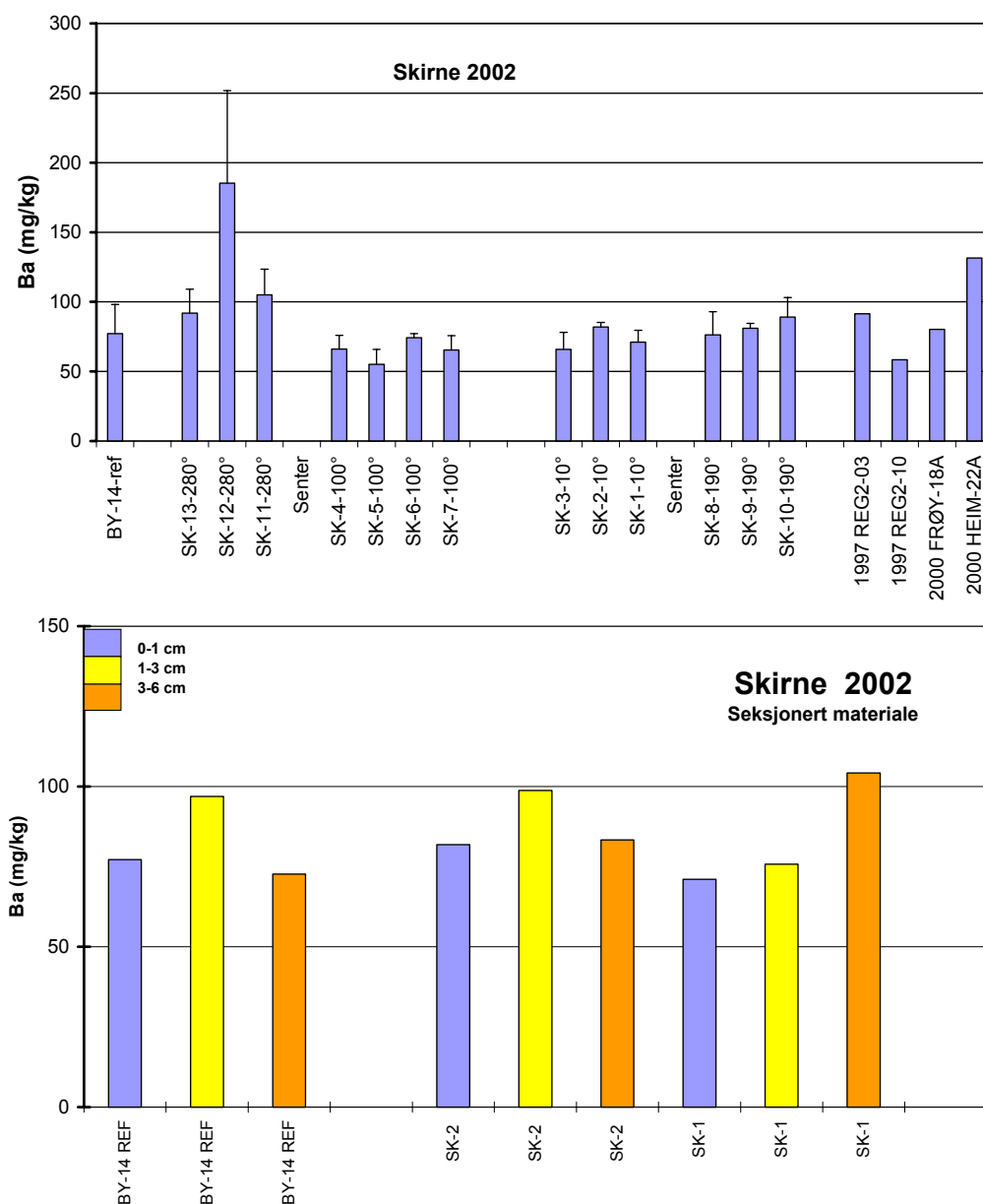
## 3.2 Kjemisk karakterisering av sedimentet

### 3.2.1 Metaller

Barium er trolig den beste parameteren til å spore utslipp fra boreaktivitet fordi bariumsulfat er en viktig bestanddel i borevæsker og metallet kan bare forsvinne ved at det transporteres bort. Andre metall kan også, men i mindre grad knyttes til lokale utslipp. Forhøyet sinkinnhold i sedimentet rundt petroleumsinstallasjoner kan for eksempel stamme fra anoder. Det henvises til Vedlegg 3 for metallanalyseresultatene. I Figur 3.3 er bariuminnholdet på stasjonene ved Skirne vist sammen med noen andre målinger. Bariumnivået ved Skirne lå generelt på det samme nivå som på regionale og referansestasjoner i Region II, hvor det i 2000 ble målt et typisk innhold på under 100

mg/kg (Mannvik m.fl. 2001). Generelt sett var bariuminnholdet nokså enhetlig på stasjonene og tilsvarende innholdet på referansestasjonen BY-14-ref. Imidlertid var det noe høyere innhold på SK-12 enn på resten av stasjonene. Et stort standardavvik viser at bariuminnholdet var forskjellig i de tre prøvene fra stasjonene. Ettersom det ble boret en letebrønn ca 100m vest for stasjonen, og strømmen går mot øst, er det grunn til å tro at det forhøyede innholdet av barium på stasjonen kan skyldes utslippet fra leteboringen. Det kan hende at leteboringen også har ført til høyere bariuminnhold på SK-11 (500m øst for SK-12), men innholdet på denne stasjonen var bare ubetydelig høyere enn ved de andre stasjonene.

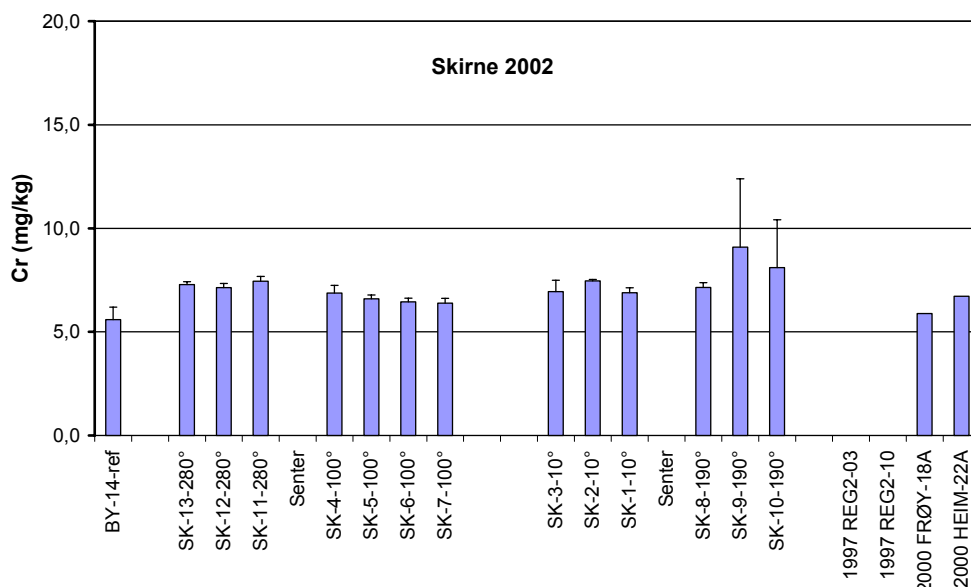
Analysene av barium i ulike sjikt i sedimentet på SK-1, SK-2 og BY-14 viste ingen systematisk variasjon.



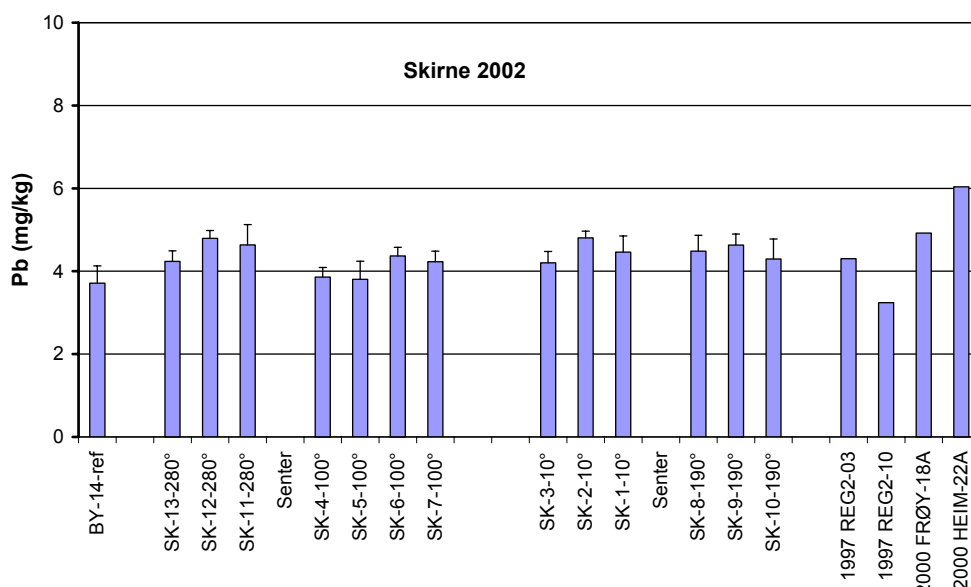
**Figur 3.3.** Øverst: Resultater fra analyse av barium ved Skirne i 2002. De enkelte søylene representerer middelerverdi fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon. Nederst: barium i sedimentoverflate og seksjonerte prøver.

Metallinnholdet i sedimentet var nokså jevnt fordelt på stasjonene og det var ingen trender i dataene slik at enkelte stasjoner skiller seg ut (Figur 3.4-3.8). Imidlertid var e innhold av krom på SK-9 og SK-10 noe høyere enn på de andre stasjonene. Generelt var det lavest metallinnhold på referansestasjonen, men alle stasjoner hadde et metallinnhold som var på nivå med det som ellers er funnet som bakgrunnsnivå i området.

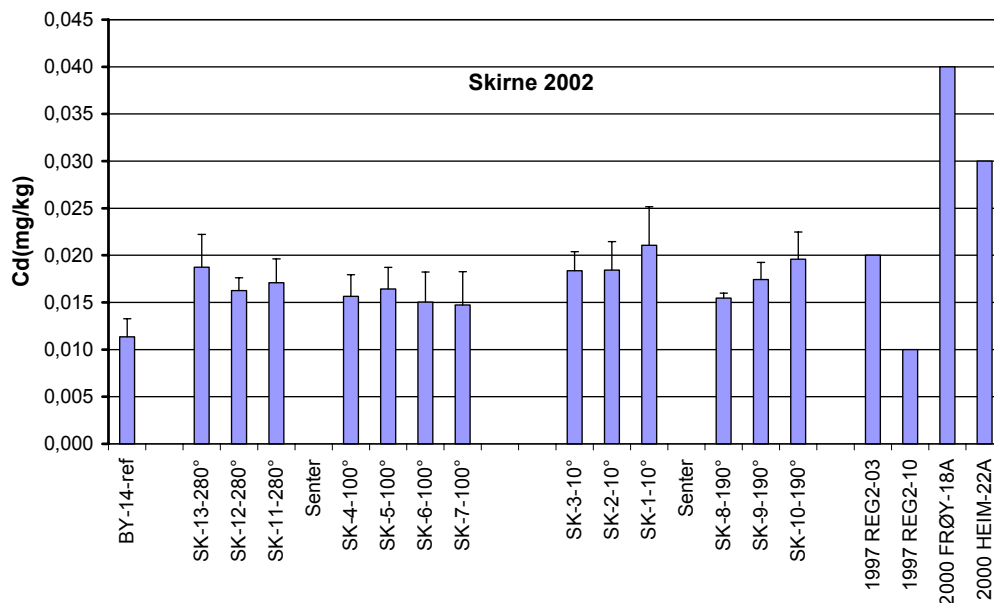
Kvikksølvinnholdet ble målt på BY-14, SK-1 og SK-2 og var lavt (opptil 0,003 mg/kg) eller nær deteksjonsgrensen.



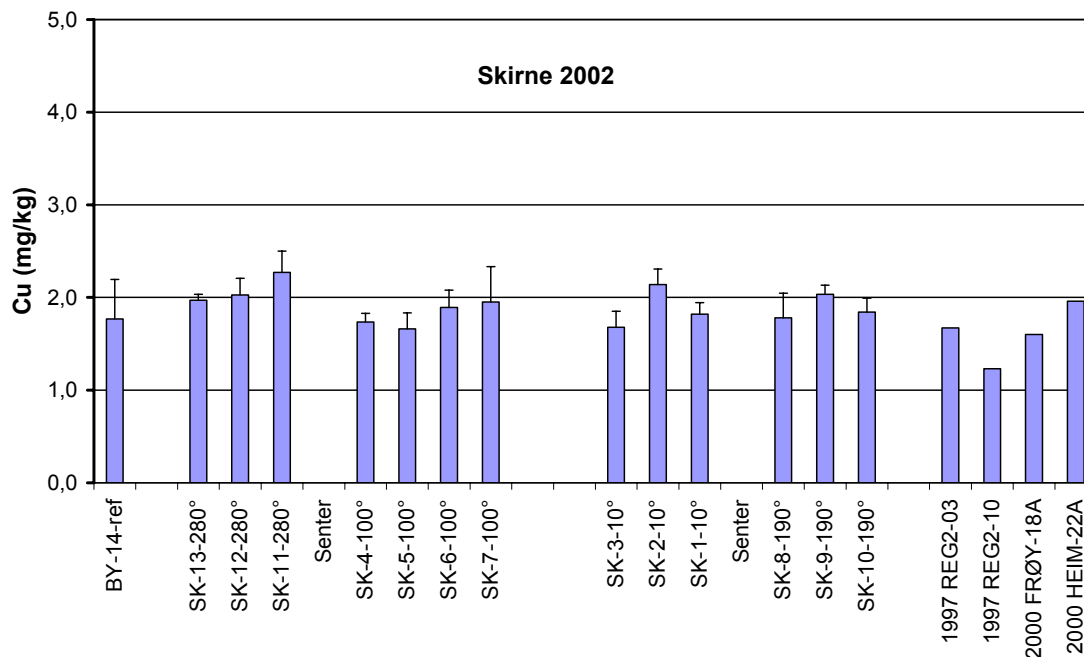
**Figur 3.4.** Resultater fra analyse av krom ved Skirne i 2002. De enkelte søylene representerer middelværdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon. Data fra 1997 mangler i OLFs database.



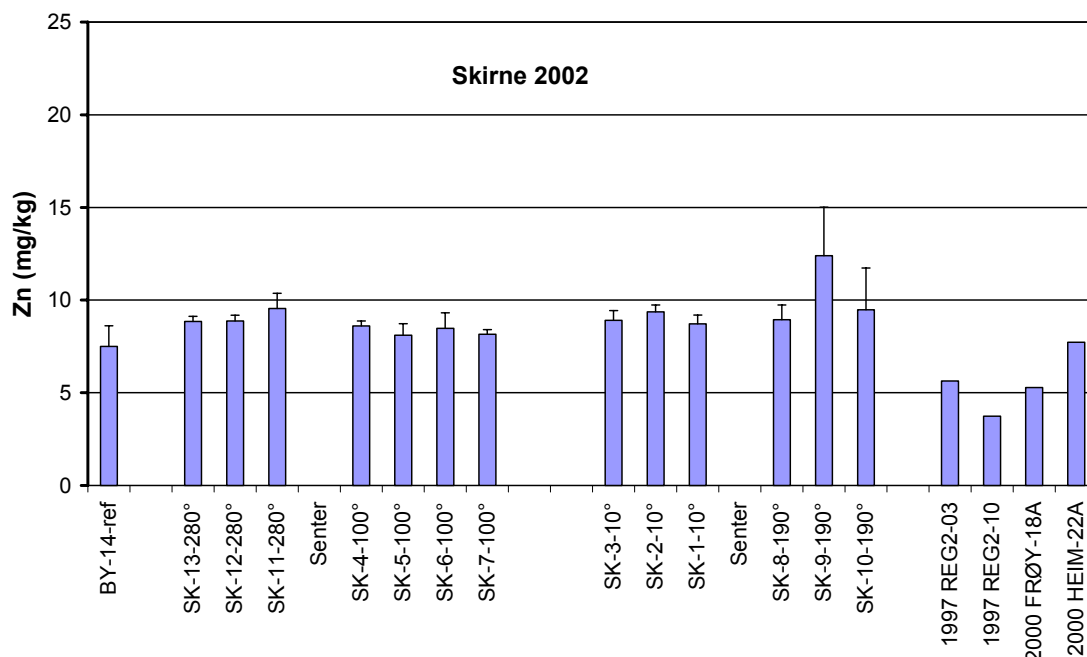
**Figur 3.5.** Resultater fra analyse av bly ved Skirne i 2002. De enkelte søylene representerer middelværdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.



**Figur 3.6.** Resultater fra analyse av kadmium ved Skirne i 2002. De enkelte søylene representerer middelerverdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.



**Figur 3.7.** Resultater fra analyse av kobber ved Skirne i 2002. De enkelte søylene representerer middelerverdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

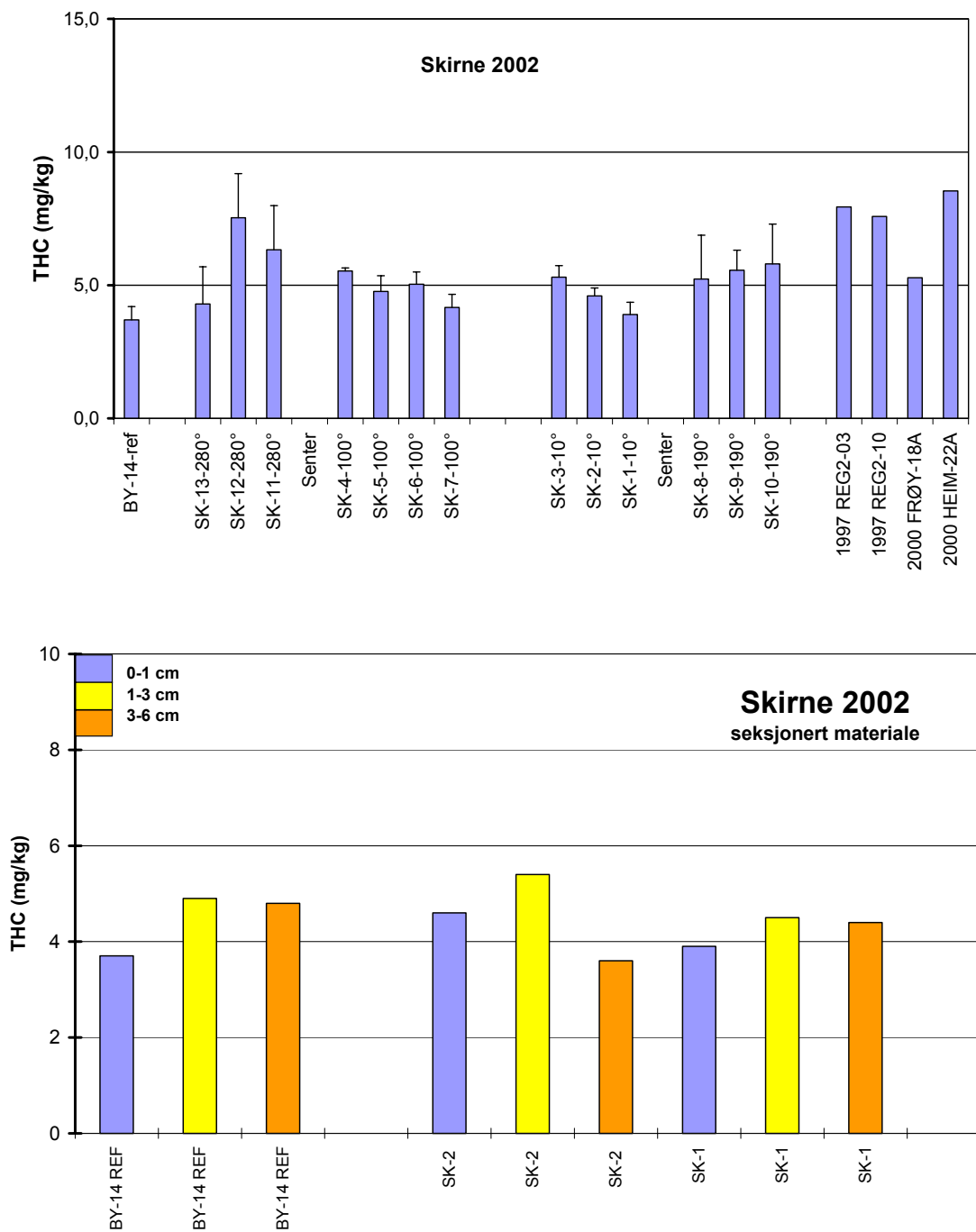


**Figur 3.8.** Resultater fra analyse av sink ved Skirne i 2002. De enkelte søylene representerer middelværdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

### 3.2.2 Hydrokarboner

De målte verdiene for total mengde hydrokarboner (THC) brukes til å vurdere om det har vært lokale eller regionale tilførsler som kan spores i sedimentene. Ved Skirne lå THC innholdet rundt 5,0 mg/kg og det var noe variasjon mellom stasjonen (Figur 3.9). Det var ingen systematisk endring i forhold til ulike sjikt i sedimentet. THC-innholdet var lavest på referansestasjonen og høyest på SK-12. Figur 3.10 viser eksempler på kromatogrammene og viser at THC innholdet er beregnet ut fra et nokså uspesifikt signal og ikke noe typisk oljeforurenset sediment. Resultatene viser at det er delvis nedbrutte hydrokarboner som finnes i sedimentet. Målingene viser at det ikke var noen sporbar lokal forurensning i det undersøkte området. Imidlertid var det mest THC på stasjonene som lå nærmest og nedstrøms letebrønnen. Når en vet det, er det mulig å trekke slutningen at leteboringen har resultert i et høyere THC-innhold på de to stasjonene (SK-12 og SK-11). Nivået er ellers så lavt at det ligger innenfor tilsvarende resultater fra de regionale og referansestasjoner i Region II i 2000 (2-9 mg/kg) (Mannvik m. fl. 2001). Det lave THC nivået kan forklares med at det er 10 år siden leteboringen og hydrokarbonene fra dette vil for en stor del være nedbrutt og spredt, samt at tilførselen trolig var forholdsvis liten siden det ble benyttet en vannbasert borevæske.

Detaljert rapport fra THC analysene er gitt i Vedlegg 4, der er også alle kromatogram fra analysene vist.



**Figur 3.9.** Øverst: Resultater fra analyse av totalt hydrokarbon (THC) ved Skirne i 2002. De enkelte søylene representerer middelerverdiene fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekoret) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon. Nederst: THC i overflate og seksjonerte prøver.



### 3.3 Biologi

Det ble samlet inn bunnfauna på 13 stasjoner i tillegg til referansestasjonen (BY-14-ref). Generelt viser resultatene at det var en artsrik og upåvirket bunnfauna ved Skirne. Hovedtrekkene i analysene er satt opp i Tabell 3.2.

**Tabell 3.2.** Oversikt over bunndyrsresultatene. Antall arter, individer og beregnet jevnhet og diversitet ( $H'$  og  $ES_{100}$ ). Tallene baseres på sum av alle prøvene på hver stasjon, dvs 0,5 m<sup>2</sup> (1,0 m<sup>2</sup> på BY-14 referanse). Alle tall er oppgitt uten at Echinoidea spp juv er inkludert.

Stasjon - grader-avstand	Antall arter	Antall individer	Jevnhet	Diversitet ( $H'$ )	ES(100)
SK-1-10° 250m	114	536	0,87	5,94	51
SK-2-10° 500m	111	641	0,85	5,80	48
SK-3-10° 1000m	104	656	0,83	5,58	45
SK-4-100° 250m	101	634	0,84	5,60	45
SK-5-100° 500m	116	831	0,81	5,57	45
SK-6-100° 1000m	115	750	0,83	5,67	45
SK-7-100° 2000m	130	800	0,83	5,81	48
SK-8-190° 250m	108	573	0,84	5,69	46
SK-9-190° 500m	108	821	0,80	5,40	41
SK-10-190° 1000m	108	657	0,79	5,36	42
SK-11-280° 250m	122	622	0,84	5,80	48
SK-12-280° 500m	122	619	0,84	5,84	49
SK-13-280° 1000m	113	683	0,82	5,62	46
BY-14-ref-280° 19000m	130	1108	0,79	5,54	43
Gj. snitt hele feltet uten BY-14 ref.	<b>113</b>	<b>679</b>	<b>0,83</b>	<b>5,67</b>	<b>46</b>

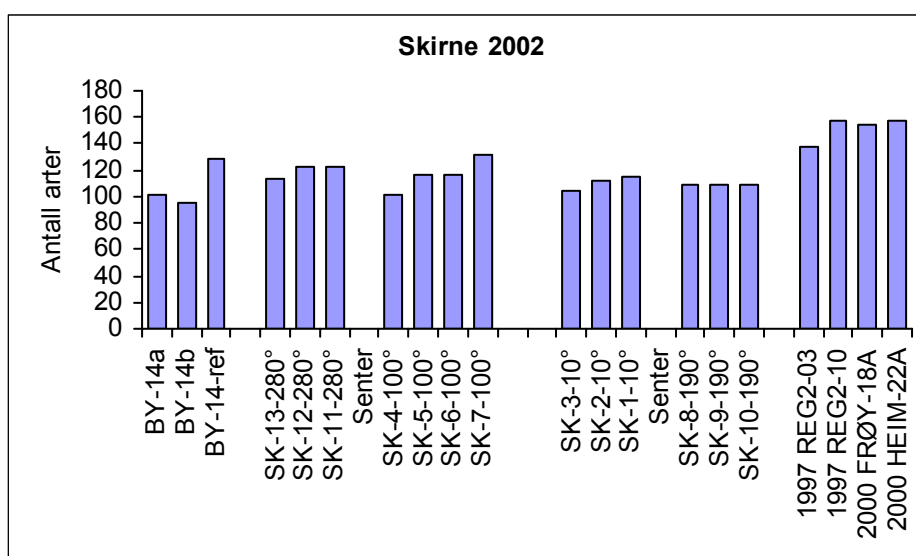
Totalt ble det funnet 17072 individer fordelt på 310 arter (bruker her arter også om grupper av taxa) på Skirne. 7143 av disse individene var ulike små kråkeboller og gravende (irregulære) sjøpiggsvin (her kalt Echinoidea spp juv.) som nylig hadde bunnslått etter et planktonisk larvestadium. Siden disse artene dominerte til dels betydelig antallsmessig (opptil 68 % på SK-3) var det nødvendig å gjøre analyser med og uten artene. Dette fordi en så tallrik art kan overskygge andre viktige trekk ved faunaen i analysene. Stor antallsmessig dominans av enkelte arter vil også føre til ”unaturlig” lav jevnhet og diversitet. I tillegg vil størsteparten av disse individene trolig forsvinne naturlig i løpet av forholdsvis kort tid og dermed ikke representere den mer stabile delen av faunaen. Den nest mest tallrike arten (968 individer) var et vanlig nesledyr som heter sylindersjørose (*Cerianthus lloydii*) og deretter kom børstemarken (*Paramphinome jeffreysi*) med 677 individer. Det var også mange av et lite skjell (566 ind. *Thyasira croulinensis*) og en del små og unge individ av slangestjerner (Ophiuroidea juv. indet). Hele 59 arter var til stede med kun ett individ i undersøkelsen. 132 av de 310 artene var til stede med under 5 individ. 139 av artene ble bare funnet på 3 eller færre av stasjonene. Det var altså mange arter som var fåtallige og sjeldne.

### 3.3.1 Antall arter, individer og diversitet

Oversikt over antall individ og arter samt diversitet er gitt i Figur 3.11-13 (se Vedlegg 5 for fullstendig artsliste og detaljerte resultater). I figurene har vi også gjort et utvalg av tidligere undersøkelser (REG2-03 og REG2-10 i 1997, samt Frøy-18A og Heim22A i 2000). Det finnes også flere tidligere data fra Region II i for eksempel Mannvik m. fl. (2001).

Siden det ble samlet 10 prøver på referansestasjonen og fem på de andre stasjonene er det for BY-14 vist resultater fra de fem første prøvene, de fem neste, og for alle ti samlet. Særlig vil individantallet øke med økende prøveareal.

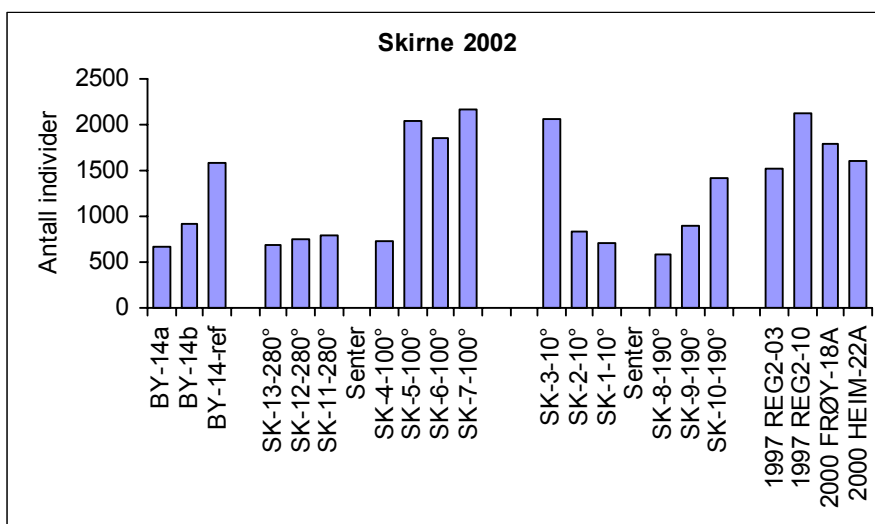
Antall arter var høyt og forholdsvis likt på stasjonene (Figur 3.11) og kan antallsmessig plasseres inn i tilsvarende data fra regionen i 1997 og 2000, selv om det var noe lavere enn på de stasjonene som er med i figuren.



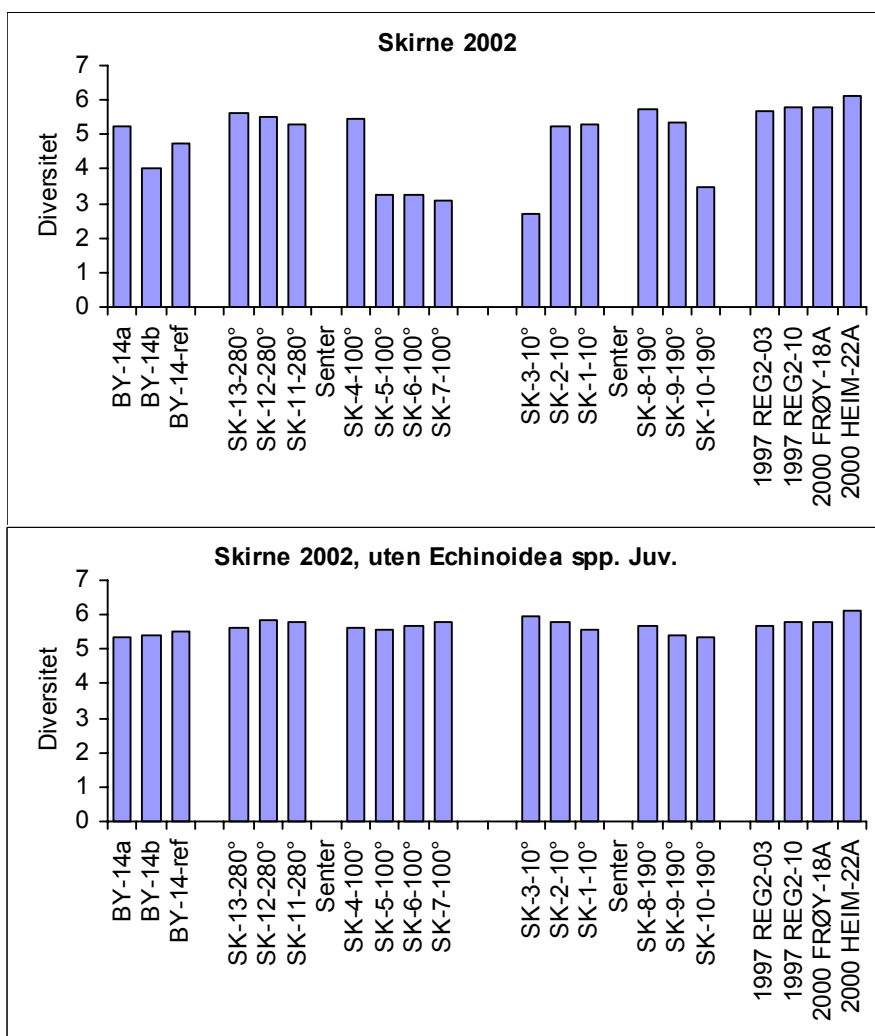
**Figur 3.11.** De enkelte søylene representerer antall arter på hver stasjon. BY-14a viser resultater fra de fem første prøvene på referansestasjonen, BY-14b de fem neste og BY-14 for alle 10. Echinoidea spp juv er inkludert. Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnett (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning som stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

Antall individ på stasjonene varierte mye mer enn antall arter (Figur 3.12). Det er særlig antall av Echinoidea spp juv. som varierer mellom de ulike stasjonene. På SK-3 var det for eksempel 1401 individer (Echinoidea spp juv.) og på SK-13 var det 1.

Den beregnede artsdiversiteten ble sterkt påvirket av det høye antallet av Echinoidea spp juv. Høyt antall individer av én art, fører til lavere jevnhet og diversitet. De to diversitetsmålene viser de samme forskjellene mellom stasjonene. Forventet artsantall bland 100 tilfeldig valgt inidivider (ES100) varierte mellom 41 og 51. Dersom en inkluderer Echinoidea spp juv. var diversiteten ( $H'$ ) mellom 2,8 (SK-3) og 5,7 på SK-8. Utelater en Echinoidea spp juv. blir diversiteten 5,36 på SK-10 og 5,94 på SK-1. Da blir diversiteten også like høy som på referansestasjoner og de regionale stasjonene i Region II.

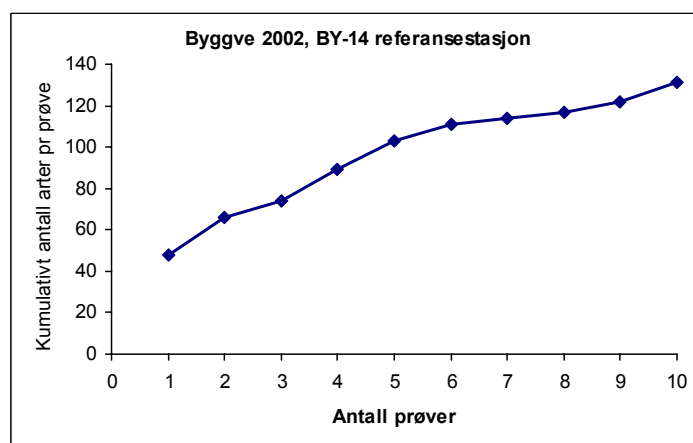


**Figur 3.12.** De enkelte søylene representerer antall individer på hver stasjon. BY-14a viser resultater fra de fem første prøvene på referansestasjonen, BY-14b de fem neste og BY-14 for alle 10. Echinoidea spp. juv er inkludert. Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning som stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.



**Figur 3.13.** De enkelte søylene representerer diversitet på hver stasjon. Nederste figur er uten Echinoidea spp. juv. BY-14a viser resultater fra de fem første prøvene på referansestasjonen, BY-14b de fem neste og BY-14 for alle 10. Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er som plassert i forhold til senterets posisjon.

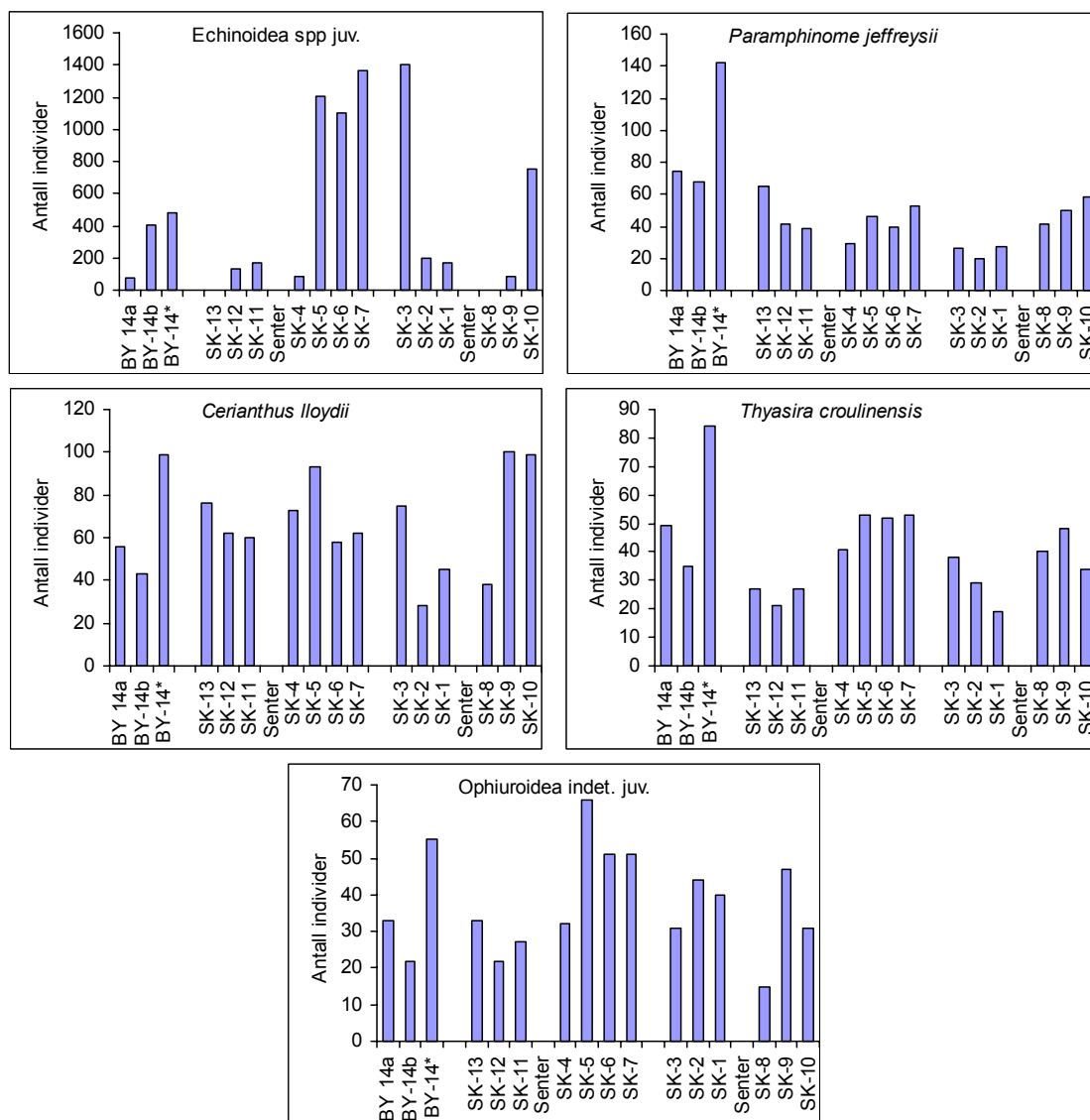
På referansestasjonen ble det funnet 2523 individ fordelt på 131 arter. Det ble samlet inn ti replikate prøver på referansestasjonen sammenlignet med de ordinære stasjonene hvor det samlet inn fem replikate prøver. For å gi et bilde om hvor godt faunen er beskrevet etter fem replikate prøver er det økende antall arter en finner i hver prøve på referansestasjonen vist i Figur 3.14. Etter fem replikat på BY-14 var 79 % av totalt antall arter på stasjonen identifisert. Selv om ikke alle arter er funnet verken etter fem eller ti prøver og kurven fremdeles stiger, antas allikevel resultatet fra fem prøver på hver stasjon å gi et rimelig representativt og korrekt inntrykk av faunaen.



**Figur 3.14.** Kumulativt antall arter pr. grabbprøve på referansestasjonen BY-14.

### 3.3.2 De mest tallrike artene

De ti mest tallrike artene er satt opp i tabellform i vedlegget og de fem mest tallrike er vist i Figur 3.15. De fem artene har meget ulikt antall individer på de ulike stasjonene. De små kråkebollene og gravende (irregulære) sjøpiggsvinene var mest tallrike på SK-3, SK-5 SK-6 og SK-7 og var dermed ikke mest samlet i ett område. Det var ikke noe høyt antall individer av arter som kan trives spesielt godt under forurensing eller forstyrrede miljøforhold. Artsammensetningen reflekterer heller et naturlig bunndyrssamfunn. Artene er vanlige å finne i området. Figur 3.15 og de andre dataene viser at det innen et forholdsvis lite område kan være store forskjeller i artsutbredelsen. Dette viser at bunnfaunaen er flekkvis fordelt på bunnen og varierer fra ett sted til et annet. Dette er vanlig å finne i marine bunnprøver.



**Figur 3.15.** Antall individer (pr 0,5 m<sup>2</sup>) av de fem mest tallrike artene på hver stasjon. OBS ulik skala! BY14a og BY-14b er det fem første og fem siste prøvene på BY-14-ref. \* sum av alle ti prøvene på BY-14-ref.

### 3.3.3 Multivariate analyser

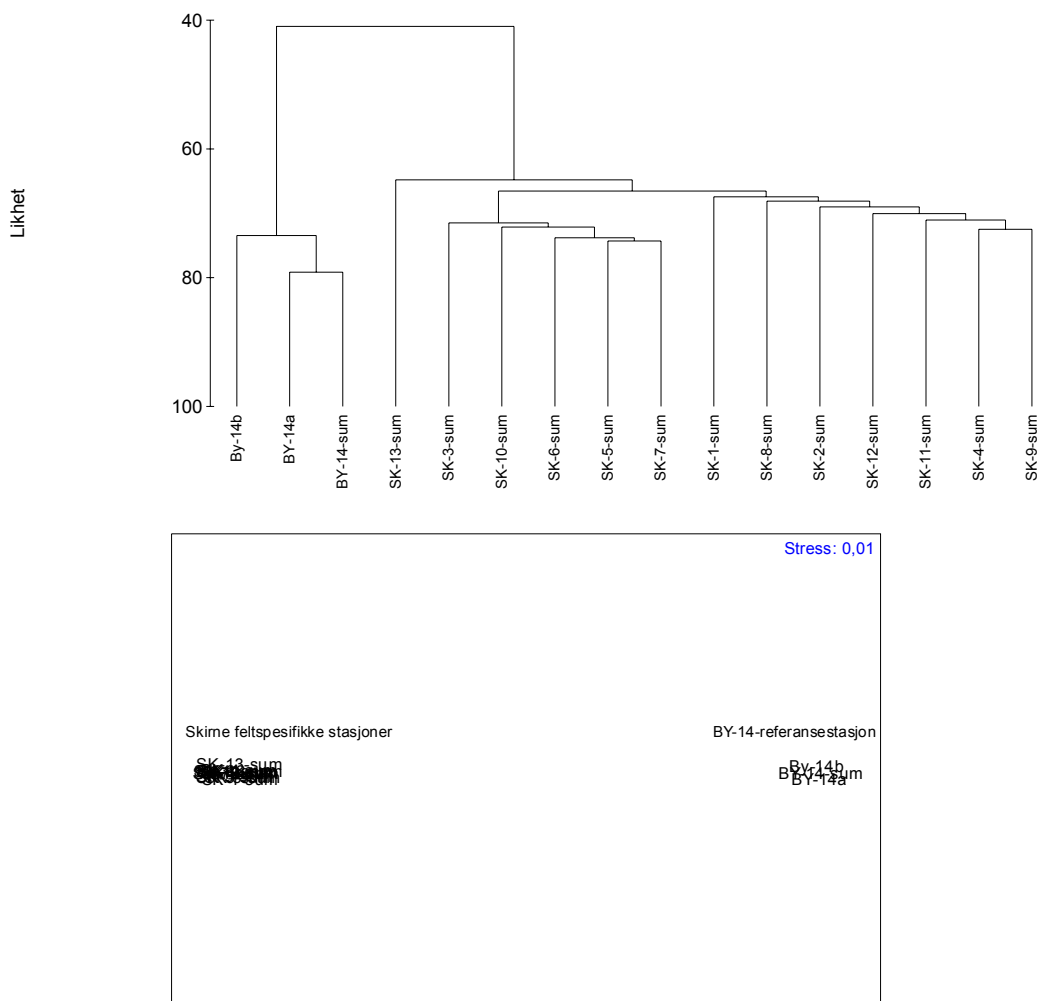
Analysene er gjennomført for å undersøke likheter mellom artssammensetningen på stasjonene. Miljøgradienter kan vises som endringer i artenes utbredelse. Nedenfor viser Figur 3.16 et MDS plot og clusterdiagram over stasjonene ved Skirne. Det som er tydelig er at referansestasjonen er mye mer ulik de andre stasjonene enn forskjellene mellom de ordinære feltstasjonene. Tilstedeværelse av *Echinoidea spp. juv.* hadde ingen betydning for denne forskjellen (analysen ble gjort med og uten dyregruppen). Det er trolig andre naturgitte miljøforhold på BY-14-ref enn ved feltsenteret som gjør at det er forskjellig artssammensetning. Resultatet viser også at multivariate metoder kan finne forskjeller som ikke var åpenbare ved å se på antall arter og individer og diversitet.

Siden referansestasjonen var så ulik de andre stasjonene ble de feltspesifikke stasjonene også analysert samlet uten referansestasjonen (Figur 3.17). SK-1 og SK-13 var da mest ulik de andre stasjonene. Det var ingen klare årsaker til det, men mer en effekt av ulik artssammensetning i forhold til de andre stasjonene.

Det var også en del forskjell mellom de fem første og fem siste grabbprøvene på BY-14. En del av dette skyldes at det var dobbelt så mange individer av Echinoidea spp juv i de fem første huggene enn i de fem neste. I tillegg var det 28 individer av et krepsdyr som er en åtseleter (*Natatolana borealis*, synonym *Cirolana borealis*) i BY-14b (alle i 10. grabbprøve) og ingen i BY-14a. Slike forskjeller gjør utslag i analysene. Ulik fauna kan gjøre det vanskeligere i senere undersøkelser å koble eventuelle forskjeller mellom Skirne feltet og referansestasjonen i kjemiske forhold opp mot endringer i artssammensetning i de to områdene.

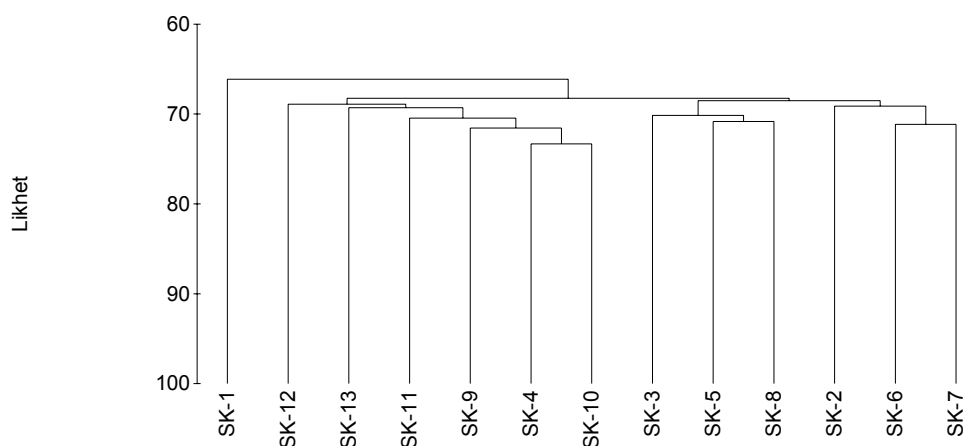
Det er gjort analyser med og uten Echinoidea spp juv uten at det generelle bilde av faunaulikheten mellom BY-14 og resten av stasjonene endres vesentlig. Det var altså andre arter som også bidro til at forskjellen var så stor. Til sammen var det 85 arter felles på referansestasjonen og de feltspesifikke stasjonene. Likevel var det 46 arter som var unike for referansestasjonen, og ved Skirne feltet var det 185 arter som ikke var på BY-14. Forholdsvis høy stressverdi i MDS plottene betyr at plottene ikke gir en meget god presentasjon av resultatene.

#### Skirne 2002

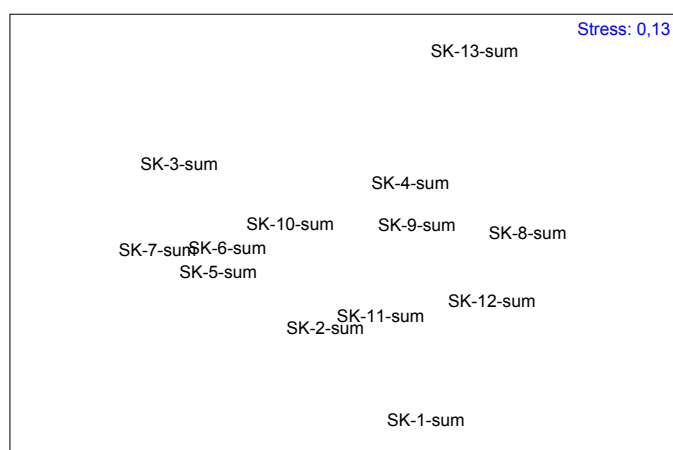


**Figur 3.16.** MDS plot og clusteranalyse over artssammensetningen på stasjonene ved Skirne i mai 2002. BY-14a viser resultater fra de fem første prøvene på referansestasjonen, BY-14b de fem neste og BY-14 for alle 10. Prøver med stor likhet er plassert nær hverandre. I mds-plottet (nederst) ligger alle feltstasjonene ved Skirne samlet i én gruppe og referansestasjonen i den andre.

## Skirne 2002, uten Echinoidea spp juv. og BY-14



## Skirne 2002, uten Referanse By 14 og Echinoidea spp juv.



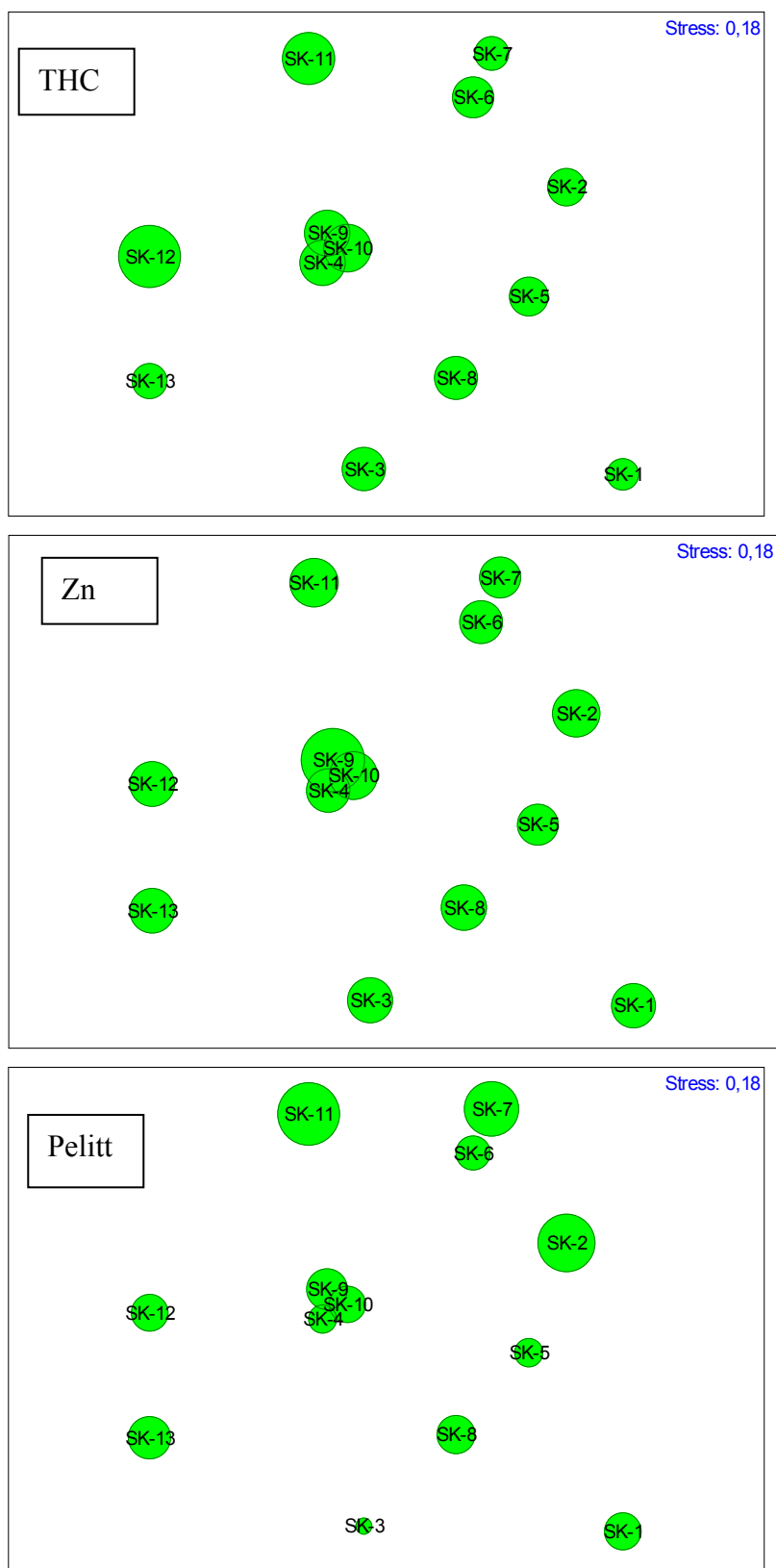
**Figur 3.17.** MDS plot og clusteranalyse over artssammensetningen på stasjonene ved Skirne i mai 2002. Uten referansestasjon og Echinoidea spp juv. Basert på sum av prøver på hver stasjon. Prøver med stor likhet er plassert nær hverandre i mds plottet.

Sammenheng mellom miljøvariabler og fauna er analysert ved bruk av BIO-ENV fra PRIMER (Tabell 3.3). Høyeste korrelasjon mellom en enkel miljøvariabel og faunadata ble funnet for THC innhold ( $\rho_w=0,373$ ). Høyeste korrelasjon i BIO-ENV ble beregnet for en kombinasjon av TOM, pelitt, Cd og THC ( $\rho_w=0,469$ ).

**Tabell 3.3.** Korrelasjons koeffisienter ( $\rho_w$ ) fra BIO-ENV analysen. Korrelasjonene er kun gitt for enkel variabler og ikke for kombinasjoner av variabler.

Variabel	Korrelasjon ( $\rho_w$ )
THC	0,373
Sink (Zn)	-0,268
Krom (Cr)	-0,253
Kadmium (Cd)	0,200
TOM (%)	0,172
Bly (Pb)	-0,167
Barium (Ba)	0,105
Pelitt (%)	0,056
Kopper (Cu)	0,052

I Figur 3.18 er miljøvariablene THC, % pelitt og sink lagt inn i MDS plottet fra fauna-analysen. Miljøvariablene er plottet med relative verdier. Resultatene viser at det ikke er tydelige gradienter mellom faunadata og de utvalgte miljøvariablene.



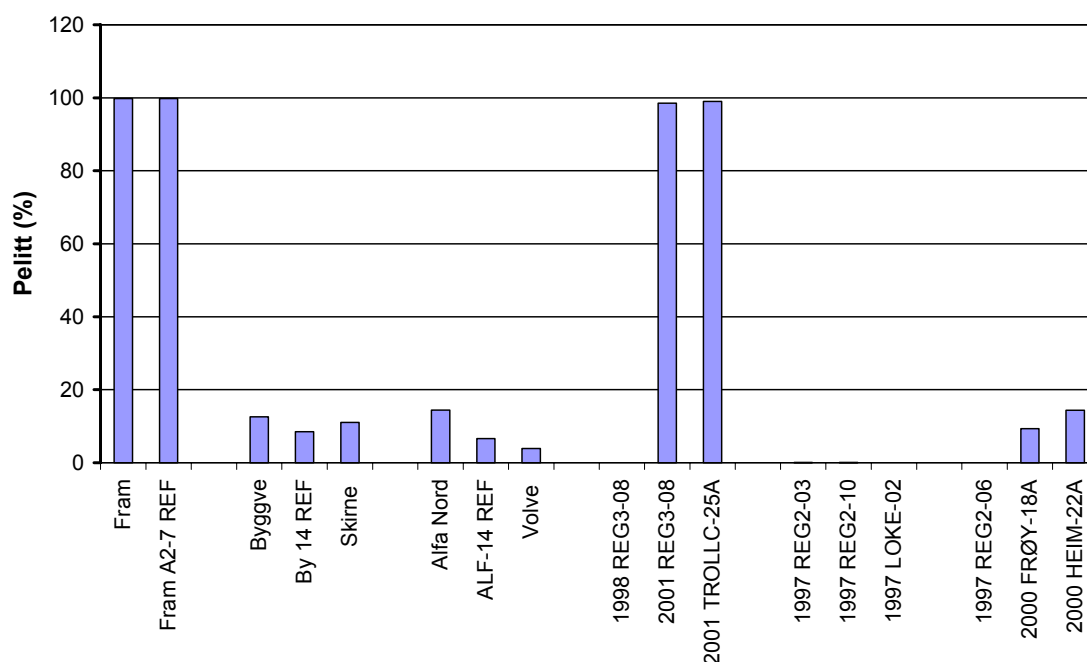
**Figur 3.18.** Relative verdier pr stasjon av THC (øverst), sink (midten), pelitt (nederst) og plottet sammen med resultatet fra MDS analysen av faunaresultatene.

### 3.4 Sammenligning med de andre grunnlagsundersøkelsene

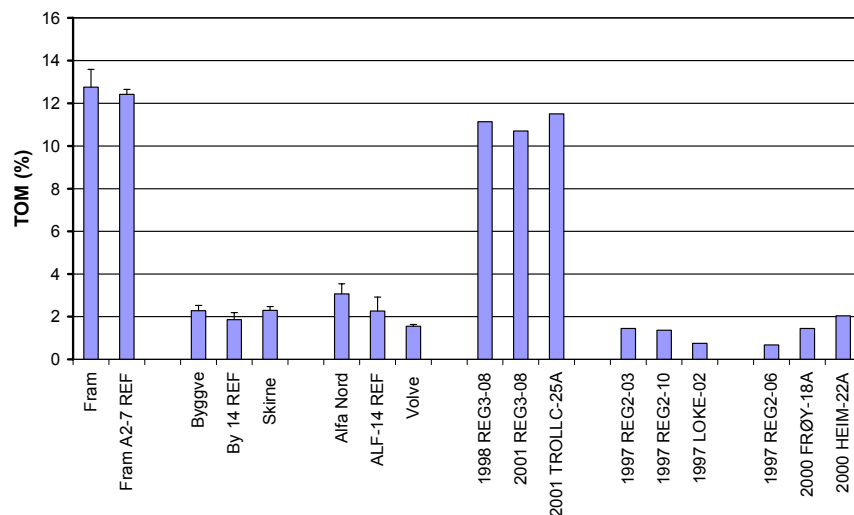
Nedenfor er det kort satt opp figurer (Figur 3.19-3.34) som viser forskjeller og likheter mellom de fem grunnlagsundersøkelsene som RF utførte i 2002, samt noen tidligere resultater fra Region II og III. I nord (Fram Vest) var det ca 370 m dypt og bløt silt- og leire holdig bunn. På de andre feltene var det fra ca 80-120 m dypt og bunnen bestod av finkornet sand. Det kommer tydelig fram at sedimentets beskaffenhet (partikkelstørrelse) har stor betydning for (samvarierer med) de andre målingene. Stasjonene med høyest leire og siltinnhold har høyests innhold av de kjemiske parametrene. Figurene viser også at nivået av de miljøskadelige stoffene er lave med enkelte unntak, og på nivå med det som eller er funnet av upåvirkede stasjoner i Region II og III. Det er mange likhetstrekk i resultatene fra Skirne og Byggve.

Vi har også inkludert noen resultater fra analyse av nikkel og arsen. De er tatt med for å vise at analyseresultatene finnes, og kan dermed brukes som referanse opp mot andre undersøkelser. Generelt er disse to metallene ikke rapportert i fra tilsvarende undersøkelser. PAH, NPD og kvikksølv er analysert på tre stasjoner pr felt, inkludert referansestasjonen.

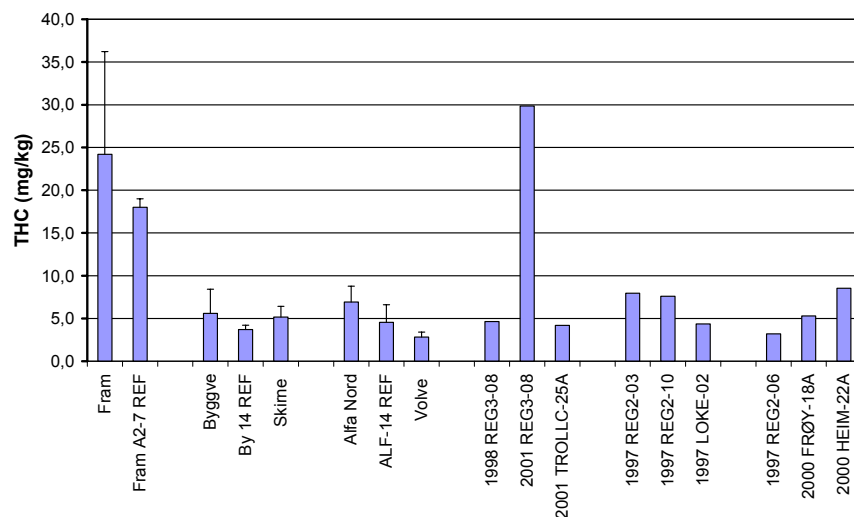
Antall individer og arter pr stasjon varierer en del mellom undersøkelsene og de ulike felt. Det var flest arter og individer i Skirne og Byggve området, og færrest på Fram Vest. Den beregnede diversiteten var imidlertid nokså jevn mellom de ulike områdene.



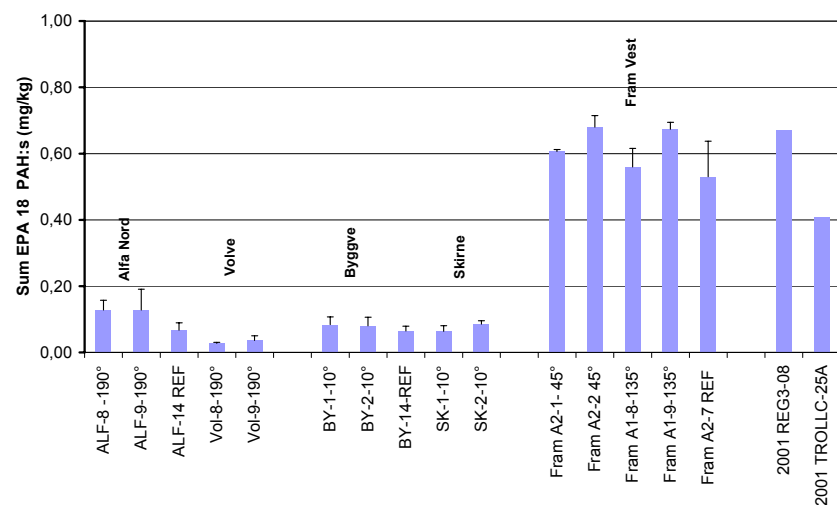
**Figur 3.19.** Gjennomsnittinnholdet av pelitt (leire+silt) pr felt på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Data fra 1997 mangler.



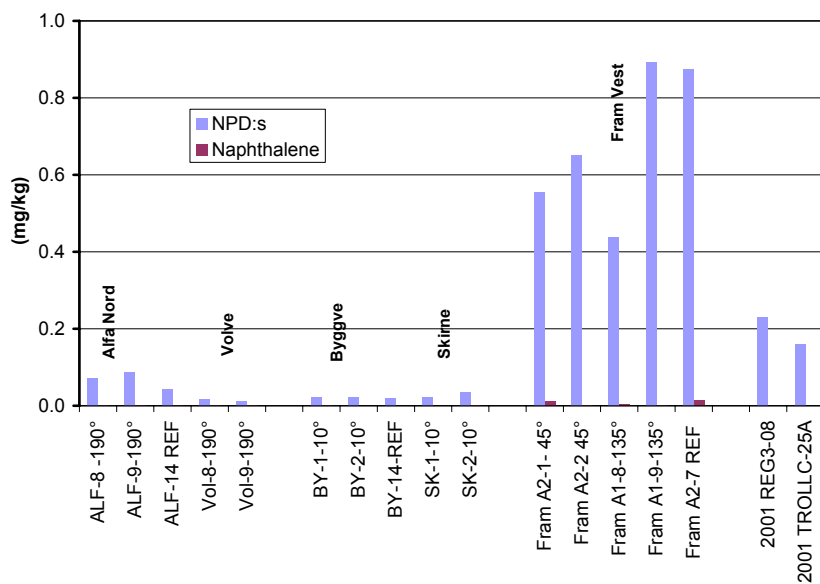
**Figur 3.20.** Gjennomsnittinnholdet av organisk materiale pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



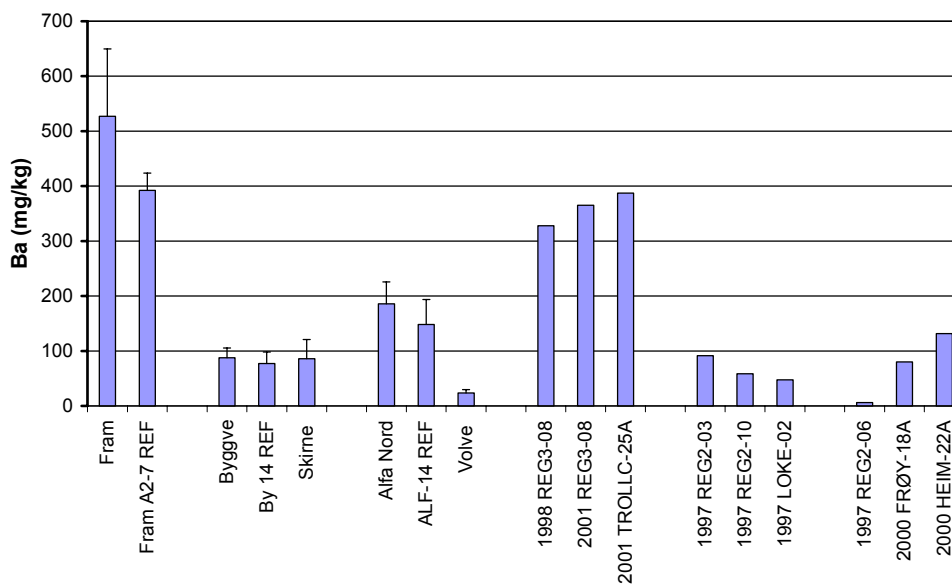
**Figur 3.21.** Gjennomsnittinnholdet av THC pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



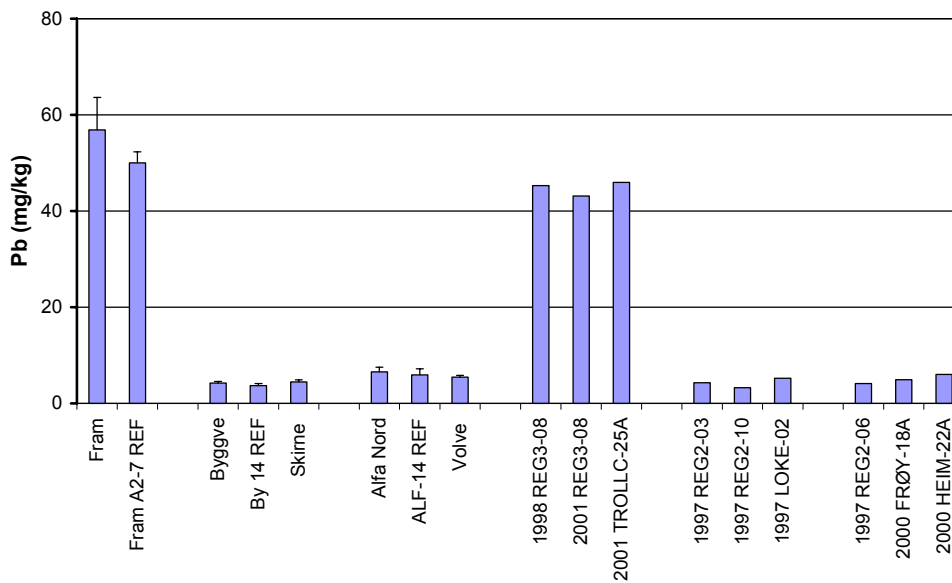
**Figur 3.22.** Gjennomsnittinnholdet av PAH pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



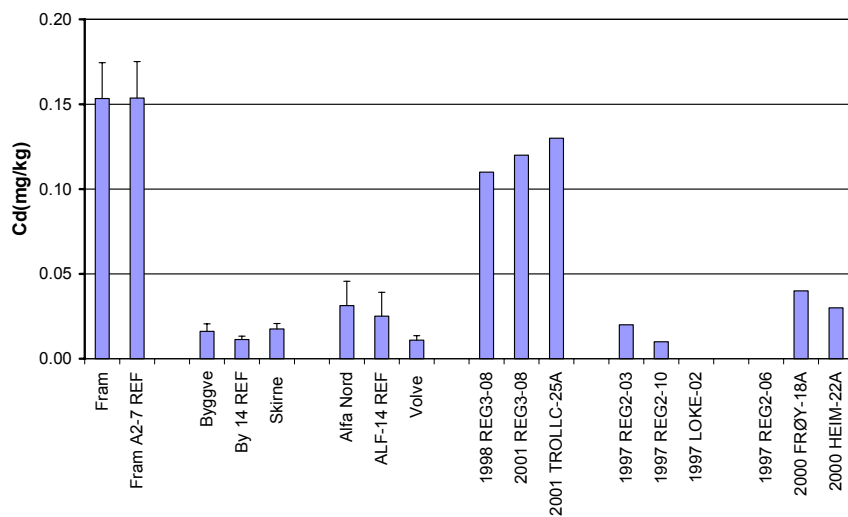
**Figur 3.23.** Gjennomsnittinnholdet av NPD og naftalen pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



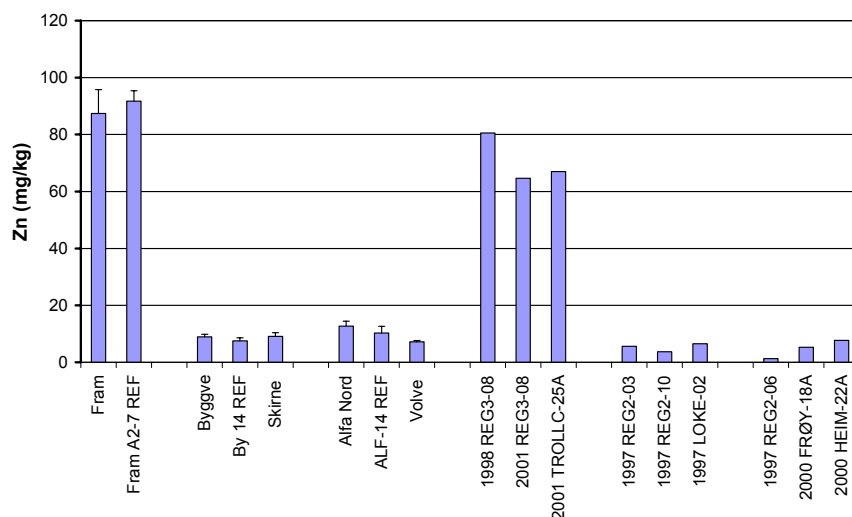
**Figur 3.24.** Gjennomsnittinnholdet av barium pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



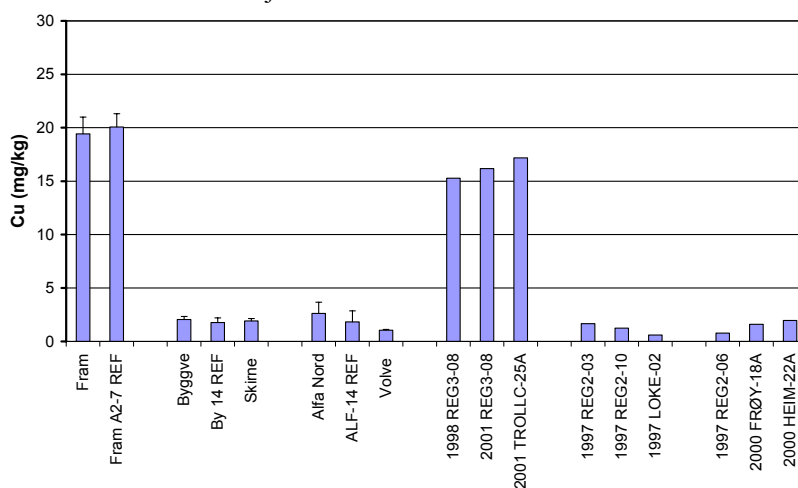
**Figur 3.25.** Gjennomsnittinnholdet av bly pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



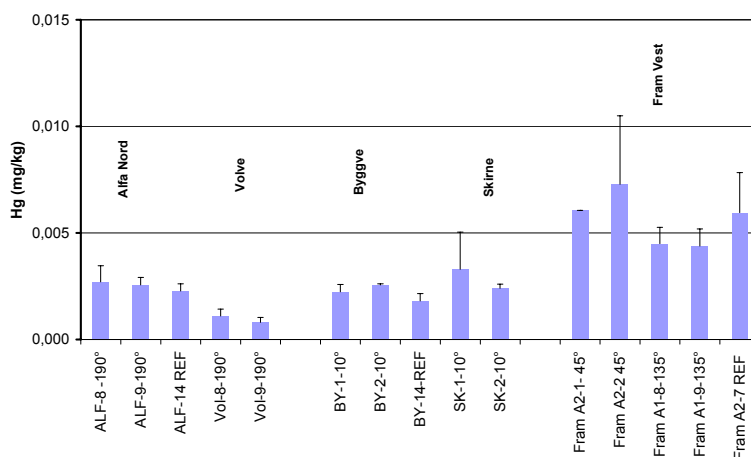
**Figur 3.26.** Gjennomsnittinnholdet av kadmium pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



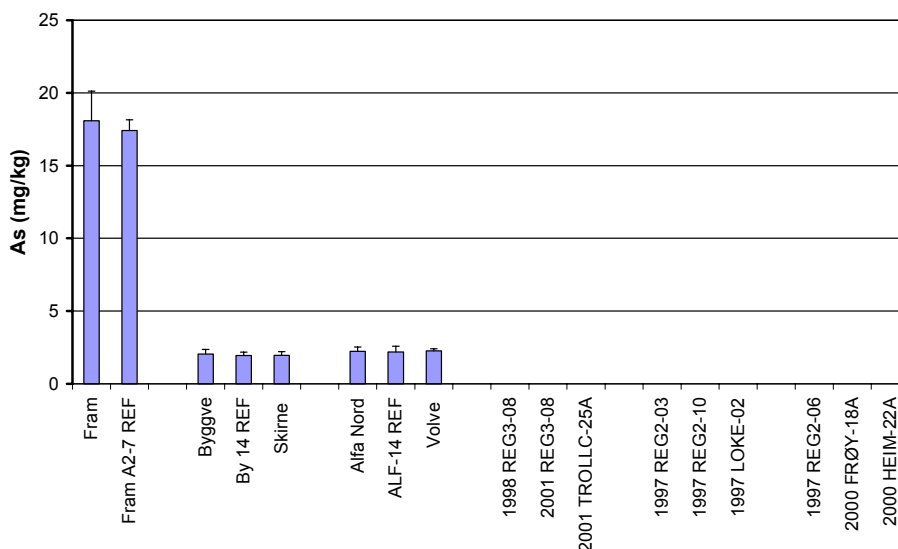
**Figur 3.27.** Gjennomsnittinnholdet av sink pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



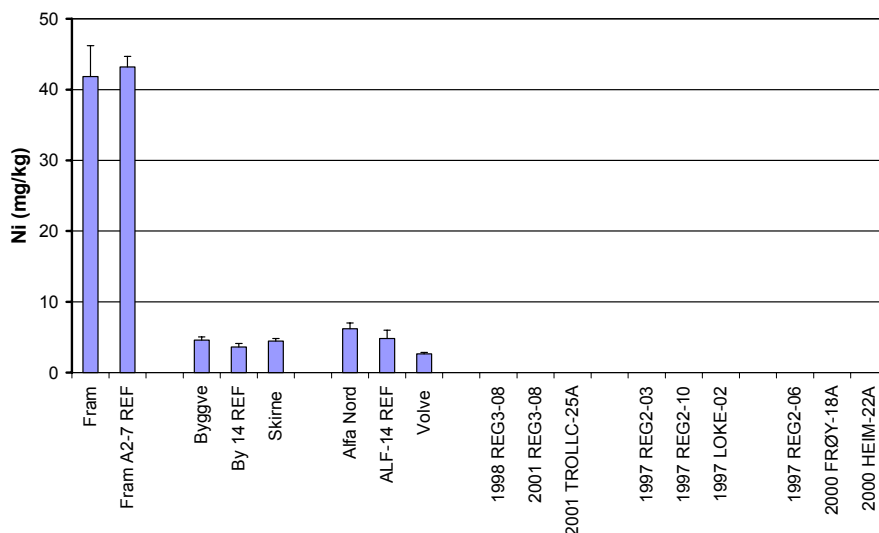
**Figur 3.28.** Gjennomsnittinnholdet av kobber pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



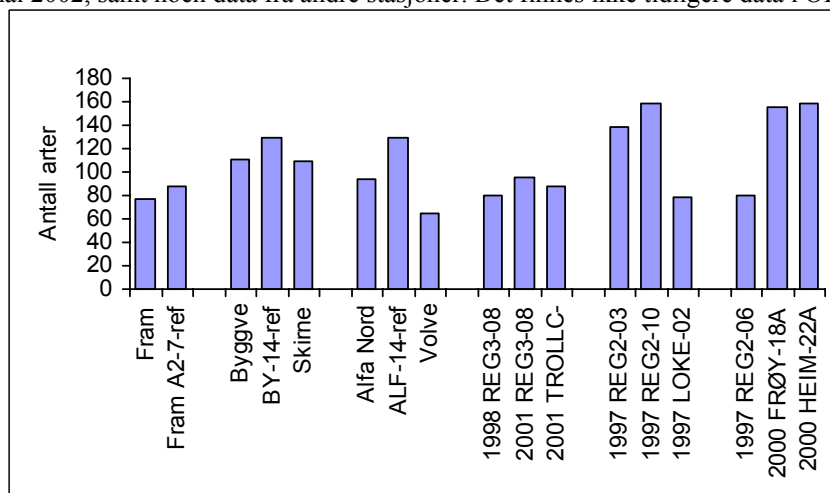
**Figur 3.29.** Gjennomsnittinnholdet av kvikksølv pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



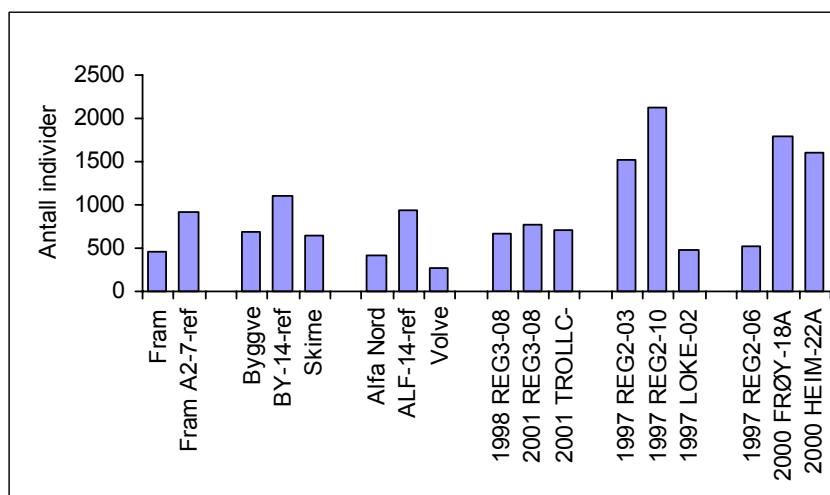
**Figur 3.30.** Gjennomsnittinnholdet av arsen pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Det finnes ikke tidligere data i OLFs database.



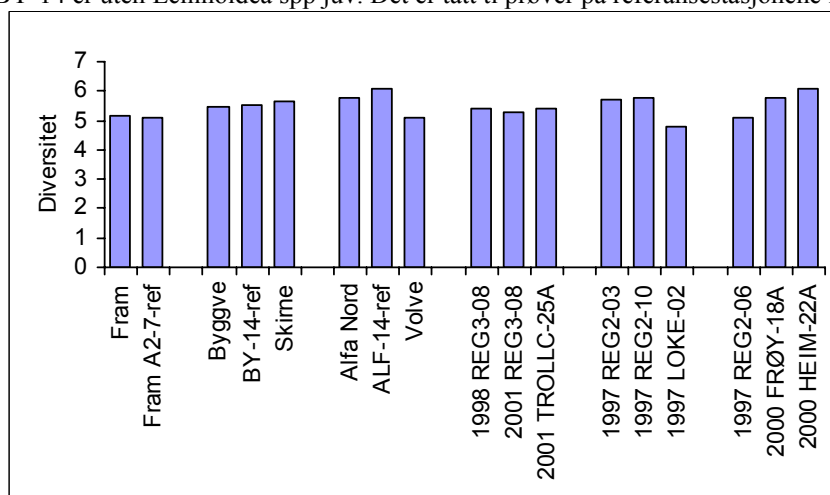
**Figur 3.31.** Gjennomsnittinnholdet av nikkel pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Det finnes ikke tidligere data i OLFs database.



**Figur 3.32.** Gjennomsnittinnholdet av antall arter pr feltspesifikk stasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Byggve og Skirne samt BY-14 er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002.



**Figur 3.33.** Gjennomsnittinnholdet av antall individer pr feltspesifikk stasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Byggve og Skirne samt BY-14 er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002



**Figur 3.34.** Beregnet diversitet pr feltspesifikk stasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Byggve og Skirne samt BY-14-ref er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002.

## 4 Oppsummering og konklusjon

Undersøkelsen er en grunnlagsundersøkelse på Skirne som er et lite gass- og kondensatfelt som skal bygges ut med en enkelt brønns undervannssatelittinstallasjon. For ca 10 år siden var det boret en letebrønn i prøveområdet, men ingen produksjonsbrønn var boret.

Resultatene viste at området var homogent når det gjelder kjemiske og fysiske parametre. Sjøbunnen var uforurenset og bestod for det meste av finkornet sand. Innholdet av metaller og hydrokarboner var tilsvarende normalt bakgrunnsnivå i området. Artsmangfoldet var høyt og faunaen var naturlig for området og sedimenttypen. Resultatene var tilsvarende de som er funnet på uforurensete stasjoner i Region II og på Byggve, og vil være et godt sammenligningsgrunnlag for oppfølgende undersøkelser.

Det var ingen gradienter i resultatene, det vil at det ikke var systematiske forskjeller med henblikk på stasjonsplassering og avstand til feltcenteret eller der letebrønnen var lokalisert. Imidlertid ble det funnet et høyere innhold av barium og THC på de to stasjonene nedstrøms letebrønnen. Forskjellene mellom stasjonene var små, men koblingen opp mot utslipp fra leteboringen var naturlig ut fra lokalisering av brønnen og stasjonene. Resultatene fra undersøkelsen er oppsummert i Tabell 4.1.

**Tabell 4.1.** Oversikt over resultatene som maksimal- minimumsmålinger av gjennomsnittsverdier pr stasjon samt på hvilken stasjon resultatet er funnet. Vanddyp, pelitt (leire+silt), totalt organisk materiale (TOM), sum av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), naftalen-fenatren-dibensotiofen (NPD) og totalt hydrokarbon innhold (THC) samt metaller. Dyp i meter, TOM, pelitt og sand i % og de andre resultatene er gitt som mg/kg

Parameter	Maksimum	Stasjon	Minimum	Stasjon
Dyp (m)	118	SK-7-100° 2000m**	113	SK-12-280° 500m
Pelitt %	17	SK-11-280° 250m	5	SK-3-10° 1000m
Sand	95	SK-3-10° 1000m	83	SK-11-280° 250m
TOM %	2,47	SK-11-280° 250m	1,87	BY-14-280° 19 000m
THC mg/kg	7,53	SK-12-280° 500m	3,7	BY-14-280° 19 000m
PAH mg/kg	0,088	SK-2-10° 500m	0,064	SK-1-10° 250m
NPD	0,025	SK-2-10° 500m	0,013	BY-14-280° 19 000m
Barium mg/kg	185	SK-12-280° 500m	65	SK-7-100° 2000m
Krom mg/kg	9,1	SK-9-190° 500m	5,6	BY-14-280° 19 000m
Bly mg/kg	4,8	SK-12-280° 500m	3,7	BY-14-280° 19 000m
Kadmium mg/kg	0,02	SK-10-190° 1000m	0,011	BY-14-280° 19 000m
Kopper mg/kg	2,27	SK-11-280° 250m	1,66	SK-5-100° 500m
Kvikksølv mg/kg	0,003	SK-1-10° 250m	0,002	SK-2-10° 500m***
Antall arter*	130	SK-7-100° 2000m***	101	SK-4-100° 250m
Antall individer (pr 0,5 m <sup>2</sup> )*	831	SK-5-100° 500m	536	SK-1-10° 250m
Jevnhet (J)*	0,87	SK-1-10° 250m	0,79	SK-10-190° 1000m***
Diversitet (H')*	5,94	SK-1-10° 250m	5,36	SK-10-190° 1000m
Diversitet (ES <sub>100</sub> )*	51	SK-1-10° 250m	41	SK-9-190° 500m

\* uten Echinoidea spp juv, som var mest tallrik. \*\* også SK-10. \*\*\* også på SK-14.

Referansestasjonen hadde tilsvarende forhold som de feltspesifikke stasjonene med hensyn til fysiske og kjemiske målinger. Også antall arter og individer var innen variasjonen på felt stasjonene. Imidlertid var artssammensetningen forskjellig, det var altså ulike arter i bunnen på de to områdene. Sannsynligvis er forskjellen i artssammensetning et resultat av naturgitte miljøforhold for bunndyrene. Ulik fauna kan gjøre det vanskeligere i senere undersøkelser å koble eventuelle forskjeller mellom Skirne feltet og referansestasjonen i kjemiske forhold opp mot endringer i artssammensetning i de to områdene.

### Anbefalinger

Stasjoner for seksjonering og stasjonen 2000 m ut fra feltsenteret legges på samme akse, og nedstrøms installasjonen.

## 5 Referanser

- Anon, 1982. Manual and Guides No. 11. The determination of petroleum hydrocarbons in sediments.
- Buchanan, J.B. 1984. Sediment analysis. - Pp 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications. 387 pp.
- Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. - *Australian Journal of Ecology*. 18: 117-143.
- Clarke, K.R. & M. Ainsworth 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. – *Marine Ecology Progress Series* 92:205-519.
- Clarke, K.R. & R.N. Gorley 2001. PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research ) v5; User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. England.
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. - *Ecology* 52:577-586.
- Magurran, A. E. 1988. - Ecological diversity and its measurement. Croom Helm, London.
- Mannvik, H.P, T.H. Pearson, M. Carrol, A. Pettersen, K.L. Gabrielsen & R. Palerud 1998. Environmental monitoring survey Region II, 1997. Akvaplan-niva. Rapport APN-411.97.1224-1. 250s + vedlegg (CD rom).
- Mannvik, H.P, A. Pettersen, V. Lyngmo, F. Mikkola & K.L. Gabrielsen 2001. Environmental monitoring survey of oil and gas fields in Region II, 2000. Summary rapport - Sammendragsrapport. Akvaplan-niva. Rapport APN-411.1890. 111 s.
- NS 9420:1998. Retningslinjer for feltarbeid i forbindelse med miljøovervåking og -kartlegging. Norsk Standard 1998. 9 s.
- NS 9422:1998. Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder. Norsk Standard 1998. 11 s.
- NS 9423:1998 Retningslinjer for kvantitative analyser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø. Norsk Standard 1998. 16 s.
- Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. - *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.
- Shannon, C. E. & W. Weaver 1963. - The mathematical theory of communication, University of Illinois Press, Urbana.
- Tucker, M. 1988. Techniques in Sedimentology. Blackwell Scientific Publications.

## **Vedlegg (CD-rom)**

Vedlegg 1. Feltjournal.

Vedlegg 2. Kornfordeling.

Vedlegg 3. Metaller.

Vedlegg 4. Organiske analyser.

Vedlegg 5. Bunndyr.

Artsliste

Antall arter og individer, jevnhet og diversitet, med og uten Echinoidea spp juv. for hver grabbprøve og samlet for hver stasjon. De ti mest dominerende artene på hver stasjon. Cluster og MDS plot uten Echinoidea spp juv. MDS plot alle prøver på huggnivå.