

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

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

Rapport RF – 2003/086

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

Oppdragsgivere: TotalFinaElf

Gradering: Konfidensiell

Forord

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

TotalFinaElf er operatør på Byggve. Grunnlagsundersøkelsen er gjennomført sammen med grunnlagsundersøkelser på fire andre felt (Skirne, 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 (Miljø-Kjemi)

Rapportering:

Øyvind Tvedten, Veslemøy Eriksen, Stig Westerlund

Stavanger, 31. 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.....	4
2.3 Analyse av sedimentet.....	5
2.3.1 Partikkelstørrelsesfordeling.....	5
2.3.2 Totalt organisk materiale (TOM).....	6
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.....	8
2.3.5 Grense for signifikant kontaminering (LSC).....	8
2.3.6 Bunndyrsanalyser.....	8
2.3.6.1 Statistiske metoder.....	9
2.4 Kvalitetssikring.....	11
2.4.1 Prøvetaking.....	11
2.4.2 Analyser.....	11
2.4.2.1 Totalt organisk materiale (TOM).....	11
2.4.2.2 Metaller.....	11
2.4.2.3 Hydrokarboner.....	12
2.4.2.4 Bunndyr.....	12
3 RESULTATER OG DISKUSJON	13
3.1 Fysiske karakterisering av sedimentet.....	14
3.1.1 Farge og lukt.....	14
3.1.2 Partikkelstørrelsesfordeling.....	14
3.1.3 Totalt organisk materiale.....	15
3.2 Kjemisk karakterisering av sedimentet.....	15
3.2.1 Metaller.....	15
3.2.2 Hydrokarboner.....	18
3.3 Biologi.....	21
3.3.1 Antall arter, individer og diversitet.....	21
3.3.2 De mest tallrike artene.....	24
3.3.3 Multivariate analyser.....	25
3.4 Sammenligning med de andre grunnlagsundersøkelsene.....	28
4 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON.....	34
5 REFERANSER.....	36
VEDLEGG (CD-ROM).....	37

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 Byggve som ligger vest for Bergen i Region II. Byggve ligger østenfor Frigg og Heimdal og er et lite felt som skal utvinnes ved hjelp av en enkeltbrønns undervannssatelittinstallasjon. Feltet er antatt å produsere gass og kondensat i ca 5 år og 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 produksjonen av feltet har ført til utslipp og 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

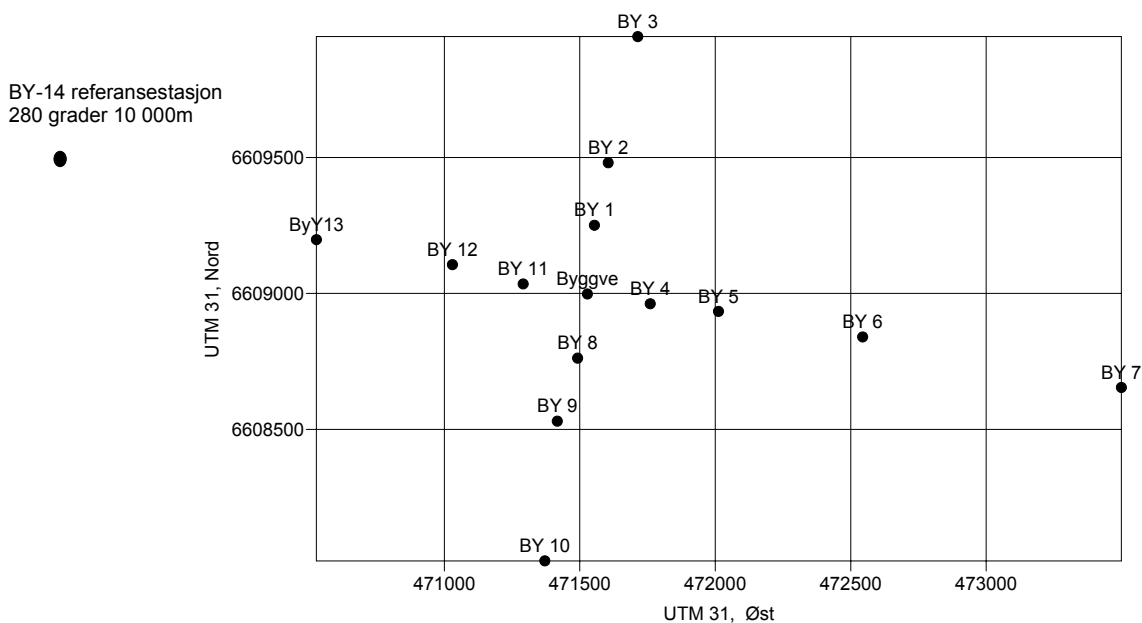
Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 23. til 28. mai i 2002 med fartøyet M/S Stril Herkules. Totalt ble det samlet inn prøver fra 14 stasjoner, 13 ordinære stasjoner og en referansestasjon. Sedimentprøvene ble samlet inn med en 0,1 m² van Veen grabb, og det ble tatt fem replikate hugg pr. stasjon til bunndyrsanalyser og tre replikate hugg til kjemiske analyser av overflate sediment. 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 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: polysykliske 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 10 km vestenfor for feltet. Stasjon BY-14-ref er også referansestasjon for Skirne feltet.



Figur 1. Oversikt over stasjonsplasseringer (fra skipets logg) på Byggve i 2002. Aksene er orientert i 10°, 100°, 190° og 280°. Stasjonene ligger 250m, 500m, 1000m og 2000m (BY-7) ut fra feltet sentrum.

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 vanddyppet var rundt 120m.

Sedimentet på stasjonene var ensartet, og domineres av finkornet sand (79-100 %). Fargen var grålig. På Stasjon BY-14, By-5 og BY-6 ble det beskrevet som mer brunlig. Innholdet av organisk materiale var lavt (ca 2 %), noe som er vanlig i denne type sandholdige sediment i Nordsjøen.

Metallinnholdet var som normalt for dette området og ingen stasjoner pekte seg ut med høyere innhold enn andre. Generelt var det lavest innhold på referansestasjonen. Resultatene viste at det ikke hadde vært utslipp av metaller i området som kunne spores i sedimentene. Gjennomsnittlig bariumkonsentrasjon var 88 mg/kg og det er som forventet bakgrunnsnivå for området. Innholdet av de andre metallene var tilsvarende det som tidligere er funnet på regionale- og referansestasjoner i Region II.

THC innholdet var rundt 5 mg/kg og lå på nivå med et vanlig bakgrunnsnivå fra dette området og 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.

Bunnfaunaen var artsrik og bar ikke preg av å være påvirket av noen form for forurensning eller forstyrrelser. Det ble gjennomsnittlig identifisert 110 arter pr stasjon og 703 individer. Det ble funnet flest individer av små og unge individ av kråkeboller

og irregulære sjøpiggsvin som nylig hadde bunnslått etter et planktonisk larvestadium. Artssammensetningen på referansestasjonen skilte seg noe fra stasjonene nærmest feltsenteret, men det hadde trolig naturlige årsaker.

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
BY-1-10° 250m	118	2,0	0,15	11	89	87	19	5,9	0,4	1,81	0,15
BY-2-10° 500m	118	2,4	0,21	13	87	83	11	6,4	0,3	1,83	0,11
BY-3-10° 1000m	112	2,2	0,06	21	79	82	8	6,1	0,3	2,10	0,70
BY-4-100° 250m	-	2,5	0,23	16	84	89	12	7,1	0,3	1,95	0,15
BY-5-100° 500m	-	2,6	0,00	12	88	110	26	7,7	0,7	2,23	0,22
BY-6-100° 1000m	115	2,2	0,25	13	87	82	20	7,2	0,7	2,25	0,40
BY-7-100° 2000	115	2,1	0,17	14	87	73	20	6,7	0,4	1,91	0,26
BY-8-190° 250m	118	2,0	0,12	0	100	83	13	6,2	0,1	2,05	0,14
BY-9-190° 500m	118	2,4	0,40	14	87	86	22	6,5	0,4	1,92	0,17
BY-10-190° 1000m	118	2,4	0,06	12	88	80	10	6,8	0,4	2,38	0,39
BY-11-280° 250m	118	2,2	0,12	14	86	85	8	7,2	0,7	2,06	0,15
BY-12-280° 500m	124	2,2	0,35	12	88	93	31	7,4	0,9	2,14	0,20
BY-13-280° 1000m	120	2,3	0,25	12	88	107	12	7,4	0,8	2,00	0,22
BY-14-ref-280° 10 000m	115	1,9	0,32	9	92	77	21	5,6	0,6	1,77	0,43
Gjennomsnitt og SD hele feltet unntatt BY-14	117	2,28	0,25	12	88	87	17,3	6,8	0,7	2,05	0,3
Stasjon	Zn Gj.s.	Zn SD	Cd Gj.s.	Cd SD	Pb Gj.s.	Pb SD	Hg Gj.s.	THC Gj.s.	THC SD		
BY-1-10° 250m	8,0	0,66	0,01	0,002	4,4	0,42	0,002	5,4	0,82		
BY-2-10° 500m	8,4	0,06	0,02	0,002	4,2	0,05	0,003	4,7	0,85		
BY-3-10° 1000m	8,5	0,31	0,02	0,003	3,9	0,23	-	6,2	2,48		
BY-4-100° 250m	9,1	0,61	0,02	0,005	4,3	0,28	-	10,2	9,31		
BY-5-100° 500m	10,1	1,10	0,01	0,004	4,6	0,27	-	5,5	0,46		
BY-6-100° 1000m	9,3	0,75	0,02	0,009	4,0	0,53	-	4,4	0,29		
BY-7-100° 2000	8,6	1,23	0,02	0,007	3,9	0,51	-	5,8	1,44		
BY-8-190° 250m	8,2	0,16	0,02	0,001	4,5	0,14	-	5,1	1,65		
BY-9-190° 500m	8,5	0,70	0,02	0,001	4,3	0,44	-	6,4	1,20		
BY-10-190° 1000m	10,0	0,93	0,02	0,004	4,3	0,19	-	5,2	0,35		
BY-11-280° 250m	8,9	0,71	0,02	0,007	4,1	0,15	-	3,9	1,36		
BY-12-280° 500m	9,4	1,00	0,02	0,005	4,2	0,36	-	4,7	1,95		
BY-13-280° 1000m	9,4	0,50	0,01	0,001	4,3	0,03	-	4,8	0,85		
BY-14-ref-280° 10 000m	7,5	1,11	0,01	0,002	3,7	0,42	0,002	3,7	0,49		
Gjennomsnitt og SD hele feltet unntatt BY-14	9,0	0,91	0,02	0,003	4,23	0,33	0,002	5,6	2,8		

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 m² (1,0 m² på BY-14 referanse). Alle tall i tabellen er oppgitt uten at Echinoidea spp juv er inkludert.

Stasjon	Antall arter	Antall individer	Jevnhet	Diversitet (H')	ES(100)
BY-1-10° 250m	120	760	0,81	5,60	45
BY-2-10° 500m	113	617	0,82	5,59	46
BY-3-10° 1000m	113	860	0,69	4,71	37
BY-4-100° 250m	123	858	0,80	5,57	44
BY-5-100° 500m	105	665	0,82	5,48	43
BY-6-100° 1000m	107	625	0,80	5,39	42
BY-7-100° 2000	104	631	0,83	5,53	44
BY-8-190° 250m	98	501	0,84	5,53	45
BY-9-190° 500m	108	663	0,81	5,45	43
BY-10-190° 1000m	112	789	0,80	5,46	43
BY-11-280° 250m	113	656	0,82	5,60	46
BY-12-280° 500m	99	679	0,79	5,26	42
BY-13-280° 1000m	121	723	0,80	5,53	45
BY-14-ref-280° 10 000m	130	1108	0,79	5,54	43
Gjennomsnitt hele feltet unntatt BY-14	110	694	0,80	5,44	43

Konklusjon

Det var ingen gradienter i resultatene, det vil at det ikke var systematiske forskjeller med henblikk på stasjonsplassering og avstand til feltsenteret eller der letebrønnen var lokalisert. Dette styrker konklusjonen om at bunnen ikke er påvirket av lokale utslipp. Resultatene var tilsvarende de som er funnet på uforurensete stasjoner i Region II.

Referansestasjonen skilte seg lite fra de andre stasjonene. Den hadde litt lavere leire+silt innhold og generelt noe lavere innhold av metaller, etc. enn de andre stasjonene. Artssammensetningen var også noe forskjellig mellom referansestasjonene og de feltspesifikke stasjonene. Trolig er forskjellene i resultatene mest en effekt av avstand og dermed ulike naturgitte miljøforhold.

Undersøkelsen danner 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 Byggve, which is situated west of Bergen in Region II. Byggve is localized east off Frigg and Heimdal and the reservoir will be produced by a single well and subsea installation. The field is expected to produce gas and condensate for about five 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 Byggve 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. A 0.1 m² 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 stations.

The following analyses have been carried out:

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

All analyses were carried out using standard methods.

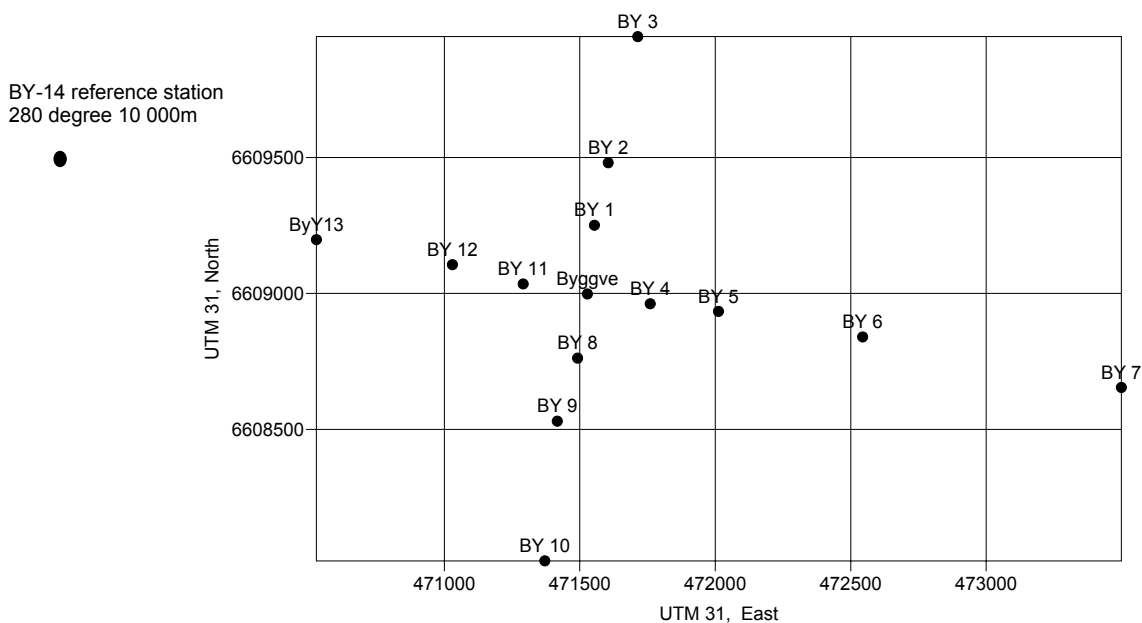


Figure 1. Sampling stations at Byggve in May 2002. Coordinates are based on the navigation log. The axes are oriented at 10°, 100°, 190° and 280° and the stations is situated at 250m, 500m, 1000m and 2000m (BY-7) from the field centre.

Results & discussions

Table 1 and 2 summarizes 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 between the stations. The results were within the range from earlier investigations in Region II. Water depths in the survey area were about 120 meters and the sediment consisted of mainly fine grained sand (79-100 %) with low organic content (2 %).

The metal content at all stations was within the range of what could be considered as normal for this area and similar between the stations. Also the barium concentration was low and had an average concentration of 88 mg/kg which is comparable to normal background level in the area. The metal content was lowest at the reference station.

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 lower at the reference station. Also the analyses of PAHs and NPDs indicated that there was no local source for contamination of hydrocarbons.

A high number of species was found in the sediment and the area had a diverse bottom fauna. At average there was identified 110 species and counted 703 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. Some differences between the reference fauna and the field stations had probably natural causes.

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 - degree- distance	Depth -	TOM Aver.	TOM SD	Pelite -	Sand -	Ba Aver.	Ba SD	Cr Aver.	Cr SD	Cu Aver.	Cu SD
BY-1-10° 250m	118	2.0	0.15	11	89	87	19	5.9	0.4	1.81	0.15
BY-2-10° 500m	118	2.4	0.21	13	87	83	11	6.4	0.3	1.83	0.11
BY-3-10° 1000m	112	2.2	0.06	21	79	82	8	6.1	0.3	2.10	0.70
BY-4-100° 250m	-	2.5	0.23	16	84	89	12	7.1	0.3	1.95	0.15
BY-5-100° 500m	-	2.6	0.00	12	88	110	26	7.7	0.7	2.23	0.22
BY-6-100° 1000m	115	2.2	0.25	13	87	82	20	7.2	0.7	2.25	0.40
BY-7-100° 2000	115	2.1	0.17	14	87	73	20	6.7	0.4	1.91	0.26
BY-8-190° 250m	118	2.0	0.12	0	100	83	13	6.2	0.1	2.05	0.14
BY-9-190° 500m	118	2.4	0.40	14	87	86	22	6.5	0.4	1.92	0.17
BY-10-190° 1000m	118	2.4	0.06	12	88	80	10	6.8	0.4	2.38	0.39
BY-11-280° 250m	118	2.2	0.12	14	86	85	8	7.2	0.7	2.06	0.15
BY-12-280° 500m	124	2.2	0.35	12	88	93	31	7.4	0.9	2.14	0.20
BY-13-280° 1000m	120	2.3	0.25	12	88	107	12	7.4	0.8	2.00	0.22
BY-14-ref-280° 10 000m	115	1.9	0.32	9	92	77	21	5.6	0.6	1.77	0.43
Average and SD all stns Reference not included.	117	2.28	0.25	12	88	87	17.3	6.8	0.7	2.05	0.3
Station	Zn Aver.	Zn SD	Cd Aver.	Cd SD	Pb Aver.	Pb SD	Hg Aver.	THC Aver.	THC SD		
BY-1-10° 250m	8.0	0.66	0.01	0.002	4.4	0.42	0.002	5.4	0.82		
BY-2-10° 500m	8.4	0.06	0.02	0.002	4.2	0.05	0.003	4.7	0.85		
BY-3-10° 1000m	8.5	0.31	0.02	0.003	3.9	0.23	-	6.2	2.48		
BY-4-100° 250m	9.1	0.61	0.02	0.005	4.3	0.28	-	10.2	9.31		
BY-5-100° 500m	10.1	1.10	0.01	0.004	4.6	0.27	-	5.5	0.46		
BY-6-100° 1000m	9.3	0.75	0.02	0.009	4.0	0.53	-	4.4	0.29		
BY-7-100° 2000	8.6	1.23	0.02	0.007	3.9	0.51	-	5.8	1.44		
BY-8-190° 250m	8.2	0.16	0.02	0.001	4.5	0.14	-	5.1	1.65		
BY-9-190° 500m	8.5	0.70	0.02	0.001	4.3	0.44	-	6.4	1.20		
BY-10-190° 1000m	10.0	0.93	0.02	0.004	4.3	0.19	-	5.2	0.35		
BY-11-280° 250m	8.9	0.71	0.02	0.007	4.1	0.15	-	3.9	1.36		
BY-12-280° 500m	9.4	1.00	0.02	0.005	4.2	0.36	-	4.7	1.95		
BY-13-280° 1000m	9.4	0.50	0.01	0.001	4.3	0.03	-	4.8	0.85		
BY-14-ref-280° 10 000m	7.5	1.11	0.01	0.002	3.7	0.42	0.002	3.7	0.49		
Average and SD all stns Reference not included.	9.0	0.91	0.02	0.003	4.23	0.33	0.002	5.6	2.8		

Table 2. Presentation of the 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 m² at ordinary stations and 1.0 m² at BY-14 reference station). Echinoidea spp juv is not included in the table.

Station	No species	No individuals	Evenness	Diversity (H')	ES(100)
BY-1-10° 250m	120	760	0,81	5,60	45
BY-2-10° 500m	113	617	0,82	5,59	46
BY-3-10° 1000m	113	860	0,69	4,71	37
BY-4-100° 250m	123	858	0,80	5,57	44
BY-5-100° 500m	105	665	0,82	5,48	43
BY-6-100° 1000m	107	625	0,80	5,39	42
BY-7-100° 2000	104	631	0,83	5,53	44
BY-8-190° 250m	98	501	0,84	5,53	45
BY-9-190° 500m	108	663	0,81	5,45	43
BY-10-190° 1000m	112	789	0,80	5,46	43
BY-11-280° 250m	113	656	0,82	5,60	46
BY-12-280° 500m	99	679	0,79	5,26	42
BY-13-280° 1000m	121	723	0,80	5,53	45
BY-14-ref-280° 10 000m	130	1108	0,79	5,54	43
Average all stations Reference not included	110	694	0,80	5,44	43

Conclusions

There were no gradients in the results, meaning systematic differences due to distance from the field centre or position to the wildcat drilling. The results are in the range to other surveys in Region II. Together this supports the conclusion that the area was unpolluted.

The reference station had a rather similar chemical and physical condition in the sediment compared to the stations closer to the Byggve field centre. Although the concentrations of metals and THC were insignificant lower than at the Byggve stations. The bottom fauna were a little different at reference station and the field stations but this could be explained by natural environmental conditions.

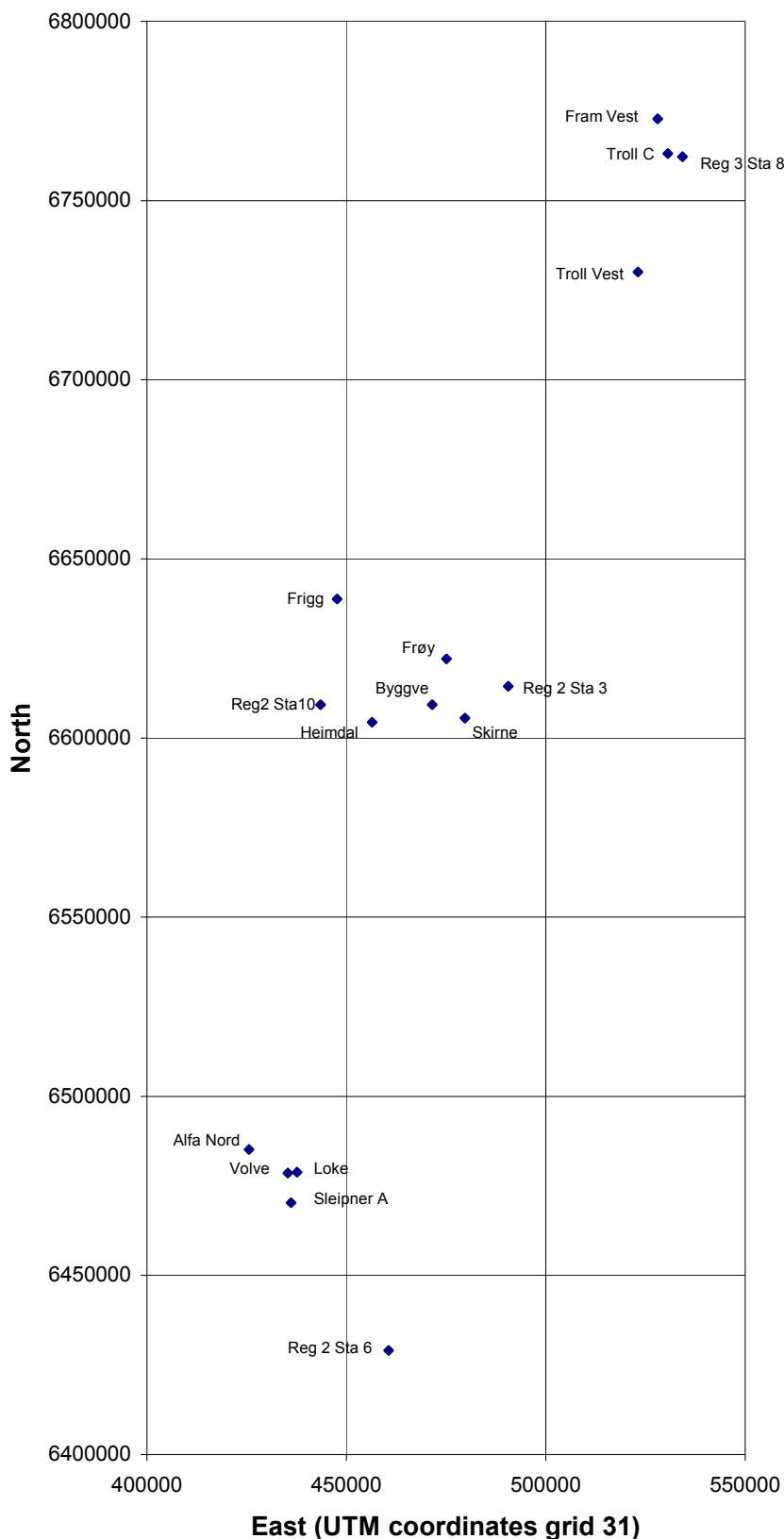
The survey has established a good basis for later monitoring surveys in the area to investigate the possible effects of gas and condensate exploration at Byggve.

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 Byggve som ligger vest for Bergen i Region II. Byggve ligger østenfor Frigg og Heimdal (Figur 1.1) og er et lite felt som skal utvinnes ved hjelp av en enkeltbrønns undervannssatellittinstallasjon. Feltet er antatt å produsere gass og kondensat i ca 5 år og vil da være tilknyttet Heimdal Gass Senter som ligger 14 km vest for Heimdal. Det er planlagt å bore én brønn våren 2003 (etter grunnlagsundersøkelsen). Ved Byggve (brønn: 25/5-4) ga leteboring i posisjon 6608163 N 470403 Ø et utslipp på 1300 tonn med vannbasert borevæske, hvorav 700 tonn barittslam og 200 tonn bentonittslam i 1990-91.

Undersøkelsen har inkludert fysiske, kjemiske og biologiske analyser og gjennomføres for senere å 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)*; *Vedlegg 1, Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel*, og beskrevet i arbeidsbeskrivelsen som var utarbeidet av operatørene.

Grunnlagsundersøkelsen ved Byggve ble utført samtidig med grunnlagsundersøkelser på feltene Fram Vest, Skirne, Alfa Nord og Volve. Skirne ligger ca 9 km sør-øst for Byggve og det ble opprettet felles referansestasjon for de to feltene, vest for 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.



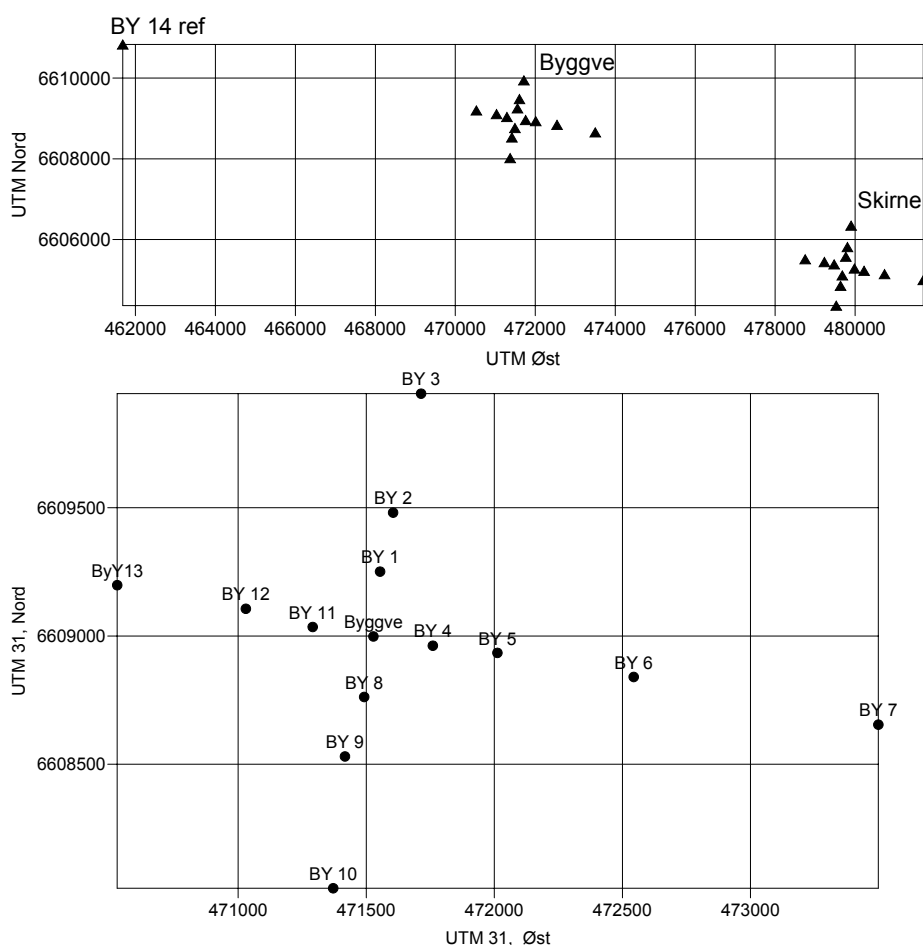
Figur 1.1. Plassering av Byggve i forhold til nærliggende felt. Regionale stasjoner samt andre felt hvor det ble utført grunnlagsundersøkelser i 2002 er også inkludert i kartet.

2 Materiale & metode

2.1 Innsamlingsområdet og stasjonsplassering

De undersøkte stasjonene på Byggve 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 2000 m. Tabell 2.1 oppsummerer prøveomfanget. I Figur 2.1 vises stasjonsplasseringen på aksekorsretningene: 10° (nordlig), 100° (østlig), 190° (sørlig) og 280° (vestlig). Tilsvarende akseretninger er tidligere på stasjoner ved Heimdal og Frigg. Referansestasjonen (BY-14-ref) er plassert 10 km i vestlig retning (280°) fra feltet og er også referansestasjon for Skirne feltet (rapportert i en egen rapport). 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 Byggve ligger BY-7 2000 m nokså rett øst (100°) for senteret. De seksjonerte prøvene ble tatt på BY-1 og BY-2 i nordlig retning.

Letebrønnen i fra 1990-01 var plassert nærmest BY-10, ca 1400 m sør-vest fra feltetsenteret. Sedimentet på Byggve bestod hovedsaklig av finkornet sand. Dybdeforholdene på de undersøkte stasjonene varierte mellom 115 og 124 m.



Figur 2.1. Oversiktskart (øverst) og detaljer over stasjonsplasseringer på Byggve i mai 2002. Stasjons plassering er basert på koordinater fra navigasjonslogg. Aksene er orientert i 10°, 100°, 190° og 280°. Stasjonene ligger 250m, 500m, 1000m og 2000m (BY-7) ut fra feltetsentrum.

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 Byggve. I tillegg sammenlignes resultatene med en omfattende undersøkelse 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.

Analyseparametre:

- 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: polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres C1-C3 alkylhomologer (NPD) og dekaliner
- bunndyr (bentisk makrofauna)

Tabell 2.1. Oversikt over prøveinnsamlingsomfanget i undersøkelsen. Koordinater i UTM rute 31, ED 50, stasjonskoordinater fra skipets logg. Bunnfauna prøver (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
Byggve senter		0	6608998	471528								
BY1	10°	250	6609251	471554	5	1	3	5	5	3	3	Seksjonering
BY2	10°	500	6609481	471605	5	1	3	5	5	3	3	Seksjonering
BY3	10°	1000	6609945	471714	5	1	3	3	3			
BY4	100°	250	6608962	471760	5	1	3	3	3			
BY5	100°	500	6608934	472012	5	1	3	3	3			
BY6	100°	1000	6608840	472544	5	1	3	3	3			
BY7	100°	2000	6608654	473499	5	1	3	3	3			
BY8	190°	250	6608762	471492	5	1	3	3	3			
BY9	190°	500	6608530	471417	5	1	3	3	3			
BY10	190°	1000	6608016	471371	5	1	3	3	3			
BY11	280°	250	6609035	471291	5	1	3	3	3			
BY12	280°	500	6609106	471030	5	1	3	3	3			
BY13	280°	1000	6609198	470528	5	1	3	3	3			
By 14- ref	280°	10000	6610833	461684	10	1	3	7	7	5	5	Seksjonering
Byggve					75	14	42	50	50	11	11	

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 m² 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 (BY-1, BY-2 og BY-14 (referansestasjon) for å undersøke dybdefordeling av metaller (inkludert kvikksølv) og THC samt PAH og NPD. De seksjonerte prøvene ble tatt fra 0-1 cm, 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.

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 #. ϕ (phi-verdiene) fremkommer ved å ta $-\log_2$ av størrelsen i mm.

Navn	Størrelse (mm)	Størrelse (ϕ)
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 (Φ) av sedimentet beregnet. Φ 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 Φ	Meget skjev finkornet	-0,3 til -1,0 Φ	Meget skjevt grovkornet
Kurtosis	<0,67	Meget platykuritsk	>3	Ekstremt leptokuritsk

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 Superapure 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.

Metall	Deteksjonsgrense (mg/kg)
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 deutererte 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 miljøtilstanden 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 Byggve var det mange individer av ulike små kråkeboller og 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 bunndyrsfaunaen.

Resultatene fra bunndyrsanalysene 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) Univariate 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 (ρ_w) ble brukt til å kalkulere korrelasjoner mellom de to ordinasjonene. ρ_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 opplutning av referanse-materiale, opplutning av blanker og opplutning 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 deteksjonsgrenser er basert på våtvekt mens resultatene er gitt i tørrvekt.

2.4.2.4 Bunndyr

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, sorteres prøvene på nytt.

Personell ved RF som identifiserer bunndyr og innleide identifiserer har referansesamlinger 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 kan benyttes som referanse i 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 Byggve var det som før skrevet ikke boret produksjonsbrønn, men en letebrønn ble boret i 1990-91.

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 Gj.s.	TOM SD	Pelitt -	Sand -	Ba Gj.s.	Ba SD	Cr Gj.s.	Cr SD	Cu Gj.s.	Cu SD
BY-1-10° 250m	118	2,0	0,15	11	89	87	19	5,9	0,4	1,81	0,15
BY-2-10° 500m	118	2,4	0,21	13	87	83	11	6,4	0,3	1,83	0,11
BY-3-10° 1000m	112	2,2	0,06	21	79	82	8	6,1	0,3	2,10	0,70
BY-4-100° 250m	-	2,5	0,23	16	84	89	12	7,1	0,3	1,95	0,15
BY-5-100° 500m	-	2,6	0,00	12	88	110	26	7,7	0,7	2,23	0,22
BY-6-100° 1000m	115	2,2	0,25	13	87	82	20	7,2	0,7	2,25	0,40
BY-7-100° 2000	115	2,1	0,17	14	87	73	20	6,7	0,4	1,91	0,26
BY-8-190° 250m	118	2,0	0,12	0	100	83	13	6,2	0,1	2,05	0,14
BY-9-190° 500m	118	2,4	0,40	14	87	86	22	6,5	0,4	1,92	0,17
BY-10-190° 1000m	118	2,4	0,06	12	88	80	10	6,8	0,4	2,38	0,39
BY-11-280° 250m	118	2,2	0,12	14	86	85	8	7,2	0,7	2,06	0,15
BY-12-280° 500m	124	2,2	0,35	12	88	93	31	7,4	0,9	2,14	0,20
BY-13-280° 1000m	120	2,3	0,25	12	88	107	12	7,4	0,8	2,00	0,22
BY-14-ref-280° 10 000m	115	1,9	0,32	9	92	77	21	5,6	0,6	1,77	0,43
Gjennomsnitt og SD hele feltet unntatt BY-14	117	2,28	0,25	12	88	87	17,3	6,8	0,7	2,05	0,3
Stasjon	Zn Gj.s.	Zn SD	Cd Gj.s.	Cd SD	Pb Gj.s.	Pb SD	Hg Gj.s.	THC Gj.s.	THC SD		
BY-1-10° 250m	8,0	0,66	0,01	0,002	4,4	0,42	0,002	5,4	0,82		
BY-2-10° 500m	8,4	0,06	0,02	0,002	4,2	0,05	0,003	4,7	0,85		
BY-3-10° 1000m	8,5	0,31	0,02	0,003	3,9	0,23	-	6,2	2,48		
BY-4-100° 250m	9,1	0,61	0,02	0,005	4,3	0,28	-	10,2	9,31		
BY-5-100° 500m	10,1	1,10	0,01	0,004	4,6	0,27	-	5,5	0,46		
BY-6-100° 1000m	9,3	0,75	0,02	0,009	4,0	0,53	-	4,4	0,29		
BY-7-100° 2000	8,6	1,23	0,02	0,007	3,9	0,51	-	5,8	1,44		
BY-8-190° 250m	8,2	0,16	0,02	0,001	4,5	0,14	-	5,1	1,65		
BY-9-190° 500m	8,5	0,70	0,02	0,001	4,3	0,44	-	6,4	1,20		
BY-10-190° 1000m	10,0	0,93	0,02	0,004	4,3	0,19	-	5,2	0,35		
BY-11-280° 250m	8,9	0,71	0,02	0,007	4,1	0,15	-	3,9	1,36		
BY-12-280° 500m	9,4	1,00	0,02	0,005	4,2	0,36	-	4,7	1,95		
BY-13-280° 1000m	9,4	0,50	0,01	0,001	4,3	0,03	-	4,8	0,85		
BY-14-ref-280° 10 000m	7,5	1,11	0,01	0,002	3,7	0,42	0,002	3,7	0,49		
Gjennomsnitt og SD hele feltet unntatt BY-14	9,0	0,91	0,02	0,003	4,23	0,33	0,002	5,6	2,8		

3.1 Fysiske karakterisering av sedimentet

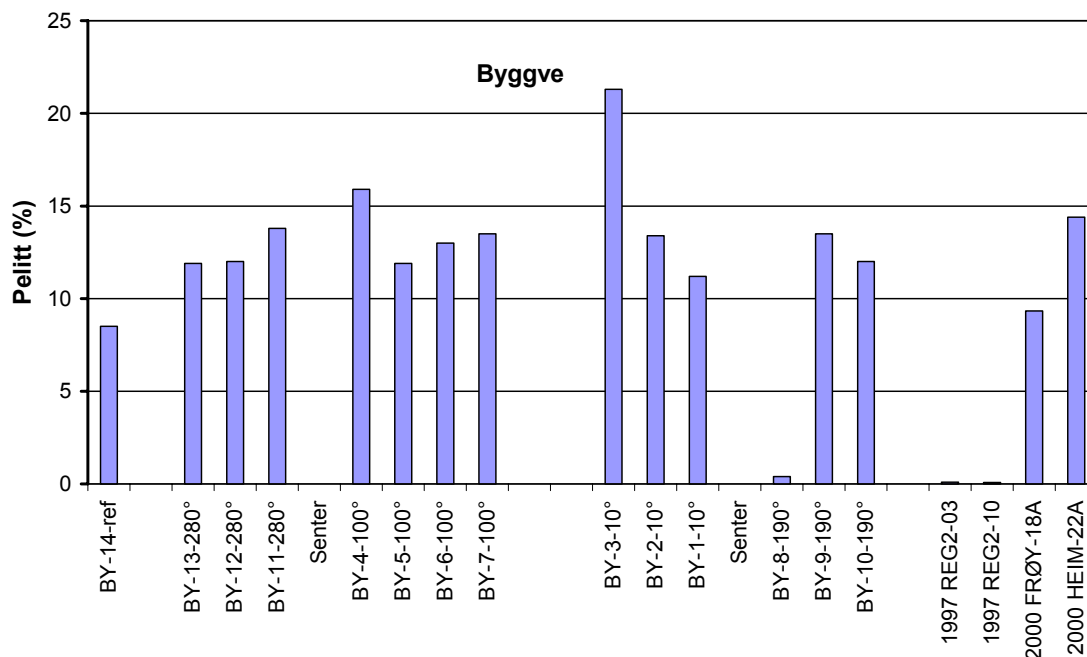
3.1.1 Farge og lukt

Sedimentet på stasjonene var ensartet, og domineres av finkornet sand. Fargen var grålig (Munsell 5Y 4/2). På Stasjon BY-14, BY-5 og BY-6 ble fargen beskrevet som mer brunlig. 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 hovedsakelig mellom 10-20 % (Figur 3.1). På BY-8 var det lite pelitt (< 1 %) og høyest innhold var det på BY-3 (21 %). Referansestasjonen hadde litt lavere pelittinnhold enn stasjonene nærmere feltsenteret. 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 feltsenteret 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 Byggve passer bra med dette, men sedimentet inneholdt noe mer finkornet materiale.

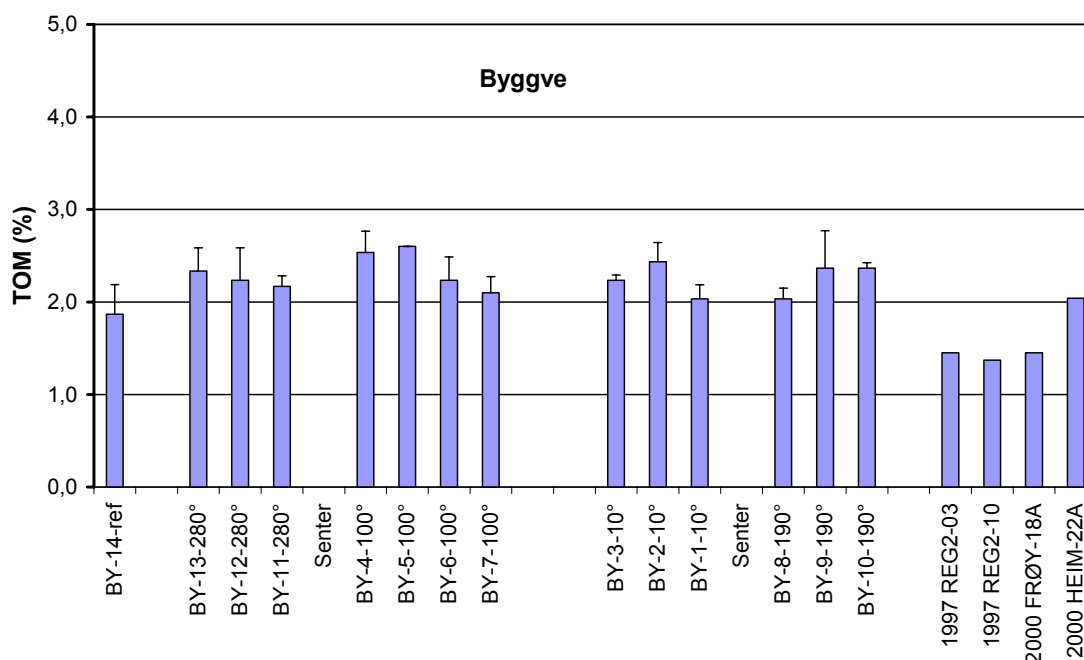
Sedimentet bestod for det meste av finkornet sand. Dette betyr at det normalt ikke vil inneholde like mye organisk materiale (og eventuelle forurensninger) som i et meget finkornet sediment. Årsaken til det er blant annet fordi det er mye mindre partikkeloverflate i grove sediment enn i finpartikulære 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).



Figur 3.1. Prosentandel pelitt (silt+leire) i overflatesediment på Byggve 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.

3.1.3 Totalt organisk materiale

Totalt organisk materiale (TOM) er vist i Figur 3.2. TOM i sedimentprøvene varierte fra ca 2 % 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 TOM mellom stasjonene. Innholdet av totalt organisk materiale på Byggve 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 Byggve 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 (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

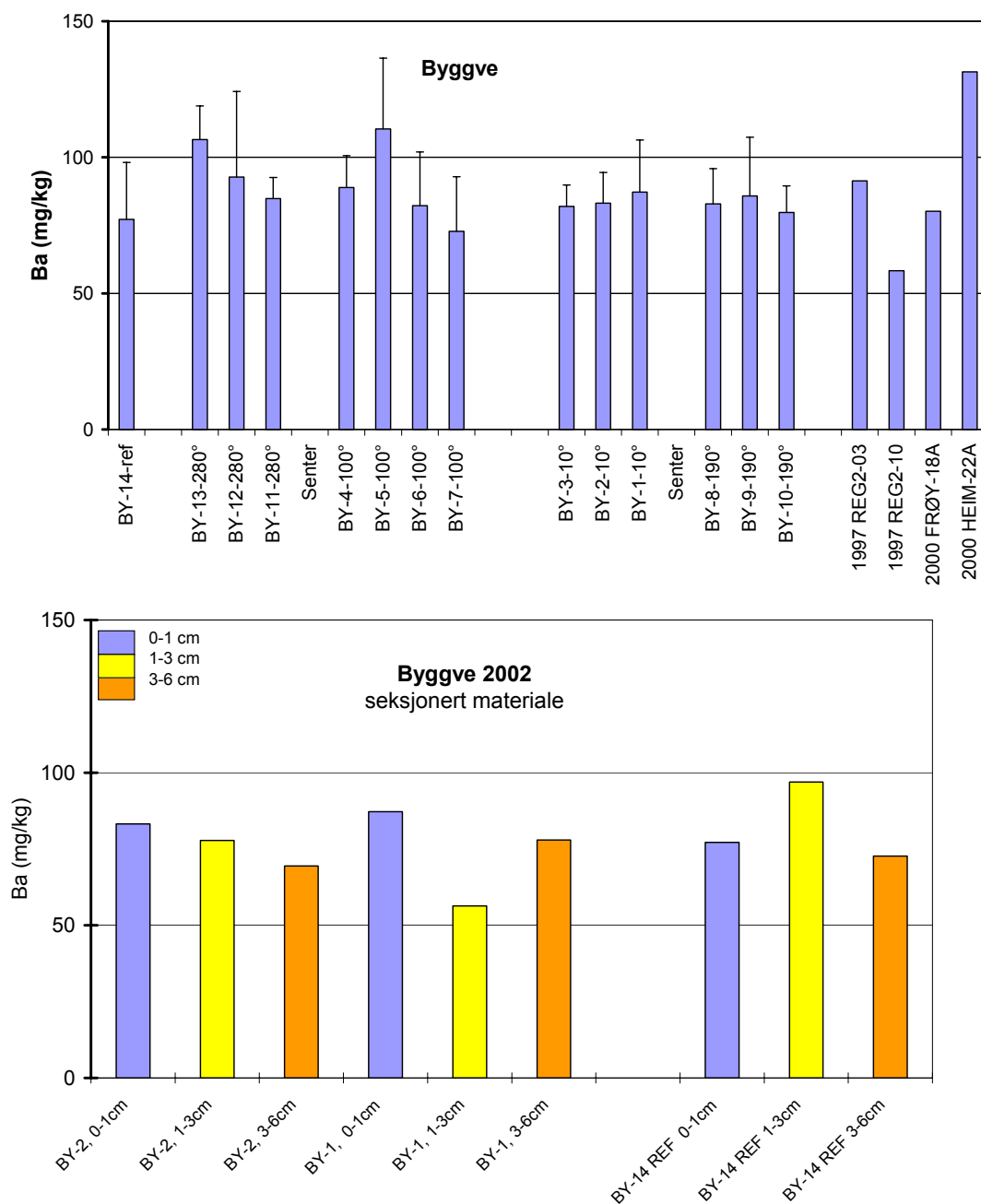
3.2 Kjemisk karakterisering av sedimentet

3.2.1 Metaller

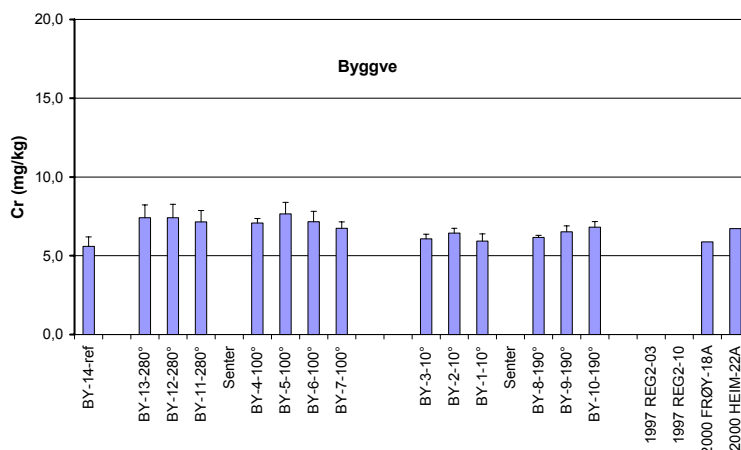
Barium er trolig den beste parameteren til å spore utslipp fra boreaktivitet fordi bariumsulfat er en viktig bestanddel i borevæsker og metallet kan bare forsvinne ved at det transporteres bort. Andre metall kan også, men i mindre grad knyttes til lokale utslipp. Forhøyet sinkinnhold i sedimentet rundt petroleumsinstallasjoner kan for eksempel stamme fra anoder. Det henvises til Vedlegg 3 for metallanalyseresultatene. I Figur 3.3 er bariuminnholdet på stasjonene vist sammen med noen andre målinger. Det var ikke noen av stasjonene som stakk seg ut i forhold til de andre eller forskjell mellom de ulike sjiktene i sedimentet. Resultatene viser ingen tegn til at miljøet er forurenset av barium. Nivået ligger på det samme 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).

De andre metallene var også nokså jevnt fordelt på stasjonene og det var ingen trend i dataene slik at enkelte stasjoner pekte seg ut (Figur 3.4-3.8). Generelt var det lavest metallinnhold på referansestasjonen, men alle stasjoner hadde et lavt metallinnhold. Innholdet var på nivå med det som ellers er funnet i området.

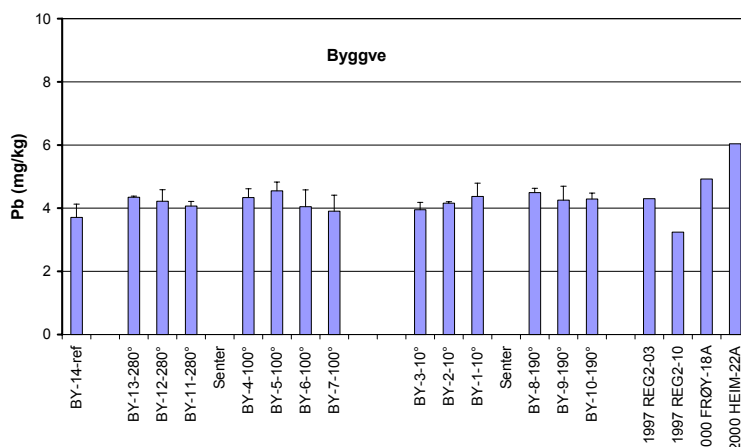
Kvikksølvinnholdet ble målt på BY-14, BY-1 og BY-2 og var meget lavt (opptil 0,003 mg/kg) eller nær deteksjonsgrensen.



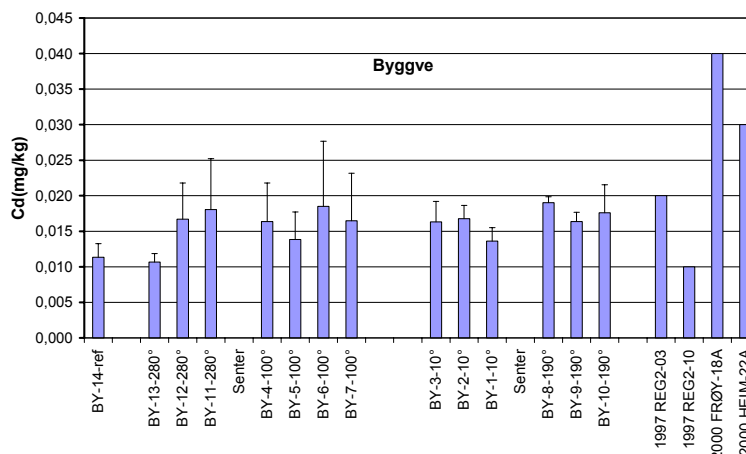
Figur 3.3. Øverst: Resultater fra analyse av barium ved Byggve i 2002. De enkelte søylene representerer middelværdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler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



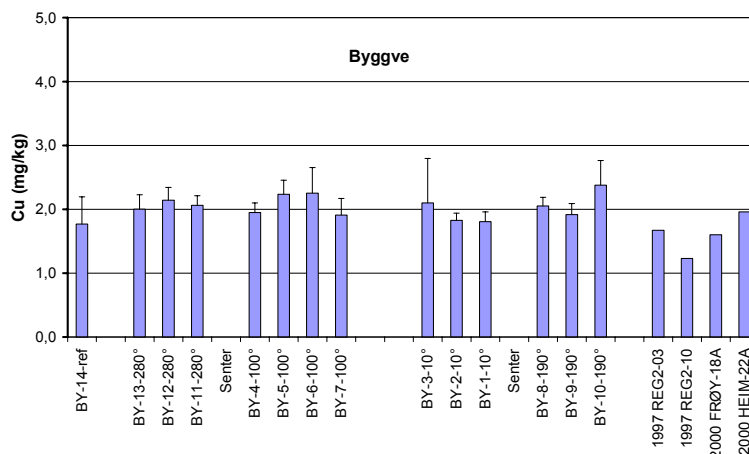
Figur 3.4. Resultater fra analyse av krom ved Byggve i 2002. De enkelte søylene representerer middelveier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet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



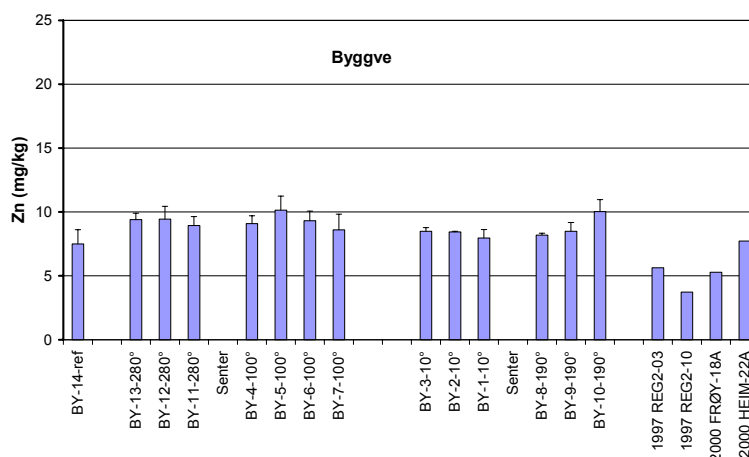
Figur 3.5. Resultater fra analyse av bly ved Byggve i 2002. De enkelte søylene representerer middelveier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (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 Byggve i 2002. De enkelte søylene representerer middelveier 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 Byggve i 2002. De enkelte søylene representerer middelveier 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.



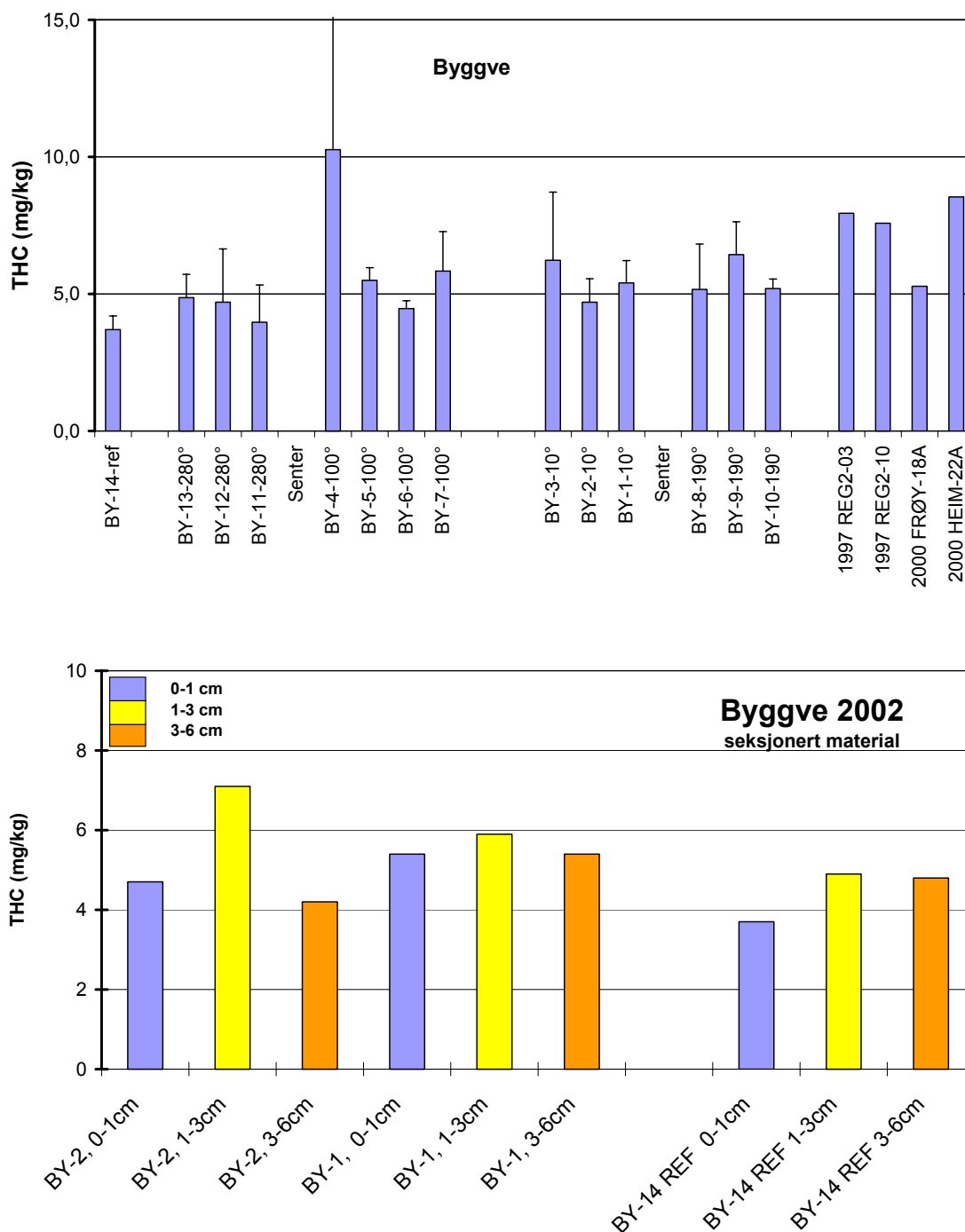
Figur 3.8. Resultater fra analyse av sink ved Byggve i 2002. De enkelte søylene representerer middelveier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen BY-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet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

3.2.2 Hydrokarboner

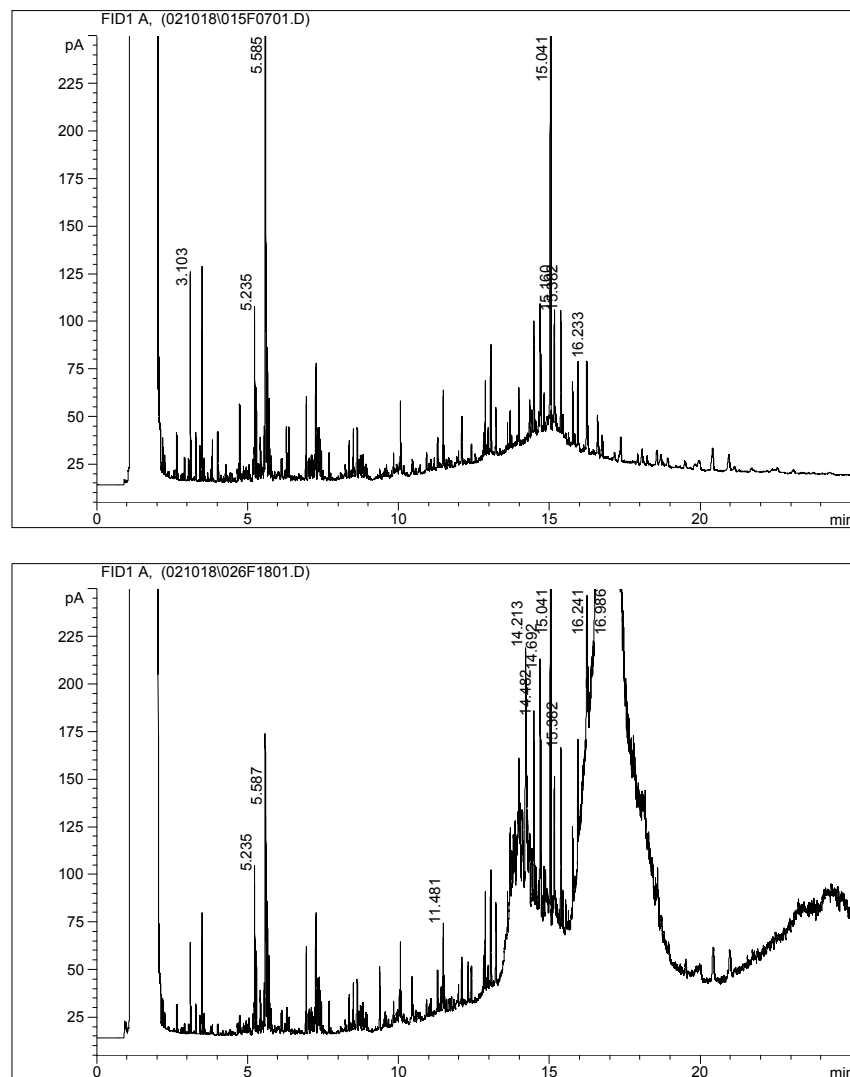
De målte verdiene for total mengde hydrokarboner (THC) brukes til å vurdere om det har vært lokale eller regionale tilførsler som kan spores i sedimentene. Ved Byggve lå THC innholdet rundt 5,0 mg/kg og var nokså jevnt fordelt (Figur 3.9). Det var ingen systematisk endring i forhold til ulike sjikt i sedimentet. THC-innholdet var lavest på referansestasjonen og høyest på BY-4. På BY-4 var det ett replikat med 21 mg THC/kg og de to andre på 4,5 og 5,4 mg/kg, men den høye verdien har trolig ikke noe med forurensning å gjøre. Trolig skyldes det spesielle forhold i den ene prøven eller i analysen. 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. Målingene viser at det ikke var noen sporbar lokal forurensning i det undersøkte

området, men at det gjenspeiler et bakgrunnsnivå av delvis nedbrutte hydrokarboner. THC-innholdet var på nivå med de regionale og referansestasjoner i Region II i 2000 (2-9 mg/kg) (Mannvik m. fl. 2001).

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 Byggve 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 (aksekorset) og avstand til senteret. Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon. Nederst: THC i overflate og seksjonerte prøver.



Figur 3.10. To kromatogram fra THC analysen. Øverst: prøve 02174-61 (BY-14-ref, 5. grabbprøve) og nederst: prøve 02174-72 (BY-4, 2. grabbprøve). Det øverste kromatogrammet er representativt for nesten alle prøvene og det nederste var et unntak.

Innholdet av PAH forbindelser, NPD forbindelser og dekaliner ble målt i overflatesedimentet på BY-14, BY-1 og BY-2 (se kapittel 3.4 for figurfremstilling av resultatene). Gjennomsnittlig PAH-innhold for de tre stasjonene var henholdsvis 65-, 80- og 84 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Dette er lavt og tyder ikke på at området er påvirket av PAH tilførsel. Naftaleninnholdet lavt og det tyder på at tilførselen av polyaromater er fra forbrente produkter og har ikke petrogene kilder. OLFs database for miljøinformasjon i Nordsjøen inneholder lite informasjon om PAH forbindelser i sedimentene. Dette kan skyldes en kombinasjon av få målinger og generelt ikke gode nok deteksjonsgrenser i forhold til bakgrunnsnivået.

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 Byggve. Resultatene er oppsummert 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 m² (1,0 m² på BY-14 referanse). Alle tall er oppgitt uten at Echinoidea spp juv er inkludert.

Stasjon	Antall arter	Antall individer	Jevnhet	Diversitet (H')	ES(100)
BY-1-10° 250m	120	760	0,81	5,60	45
BY-2-10° 500m	113	617	0,82	5,59	46
BY-3-10° 1000m	113	860	0,69	4,71	37
BY-4-100° 250m	123	858	0,80	5,57	44
BY-5-100° 500m	105	665	0,82	5,48	43
BY-6-100° 1000m	107	625	0,80	5,39	42
BY-7-100° 2000	104	631	0,83	5,53	44
BY-8-190° 250m	98	501	0,84	5,53	45
BY-9-190° 500m	108	663	0,81	5,45	43
BY-10-190° 1000m	112	789	0,80	5,46	43
BY-11-280° 250m	113	656	0,82	5,60	46
BY-12-280° 500m	99	679	0,79	5,26	42
BY-13-280° 1000m	121	723	0,80	5,53	45
BY-14-280° 10 000m	130	1108	0,79	5,54	43
Gjennomsnitt hele feltet unntatt BY-14	110	694	0,80	5,44	43

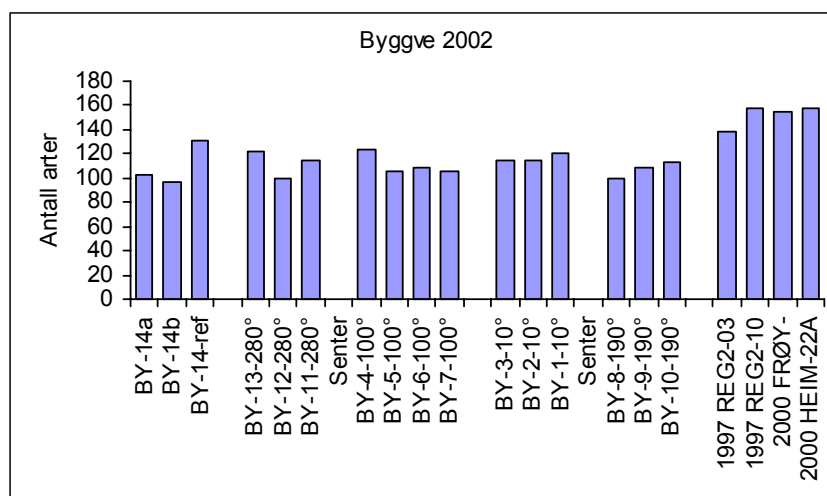
Totalt ble det funnet 24977 individer fordelt på 248 arter (bruker her arter også om grupper av taxa) på Byggve. 8625 av individene var ulike små kråkeboller og irregulære sjøpiggsvin (her kalt Echinoidea spp juv.) som nylig hadde bunnslett etter et planktonisk larvestadium. Siden disse artene dominerte til dels betydelig antallsmessig var det nødvendig å gjøre analyser med og uten artene. I tillegg vil størsteparten av disse individene trolig forsvinne naturlig i løpet av forholdsvis kort tid. Den nest mest tallrike arten (1135 individer) var en vanlig børstemark (*Paramphinome jeffreysi*) og deretter kom små slangestjerner (Ophiuroidea indet juv.) med 970 individer. Hele 48 arter var til stede med kun ett individ i undersøkelsen. 105 av de 248 artene var til stede med under 5 individ. 103 av artene ble bare funnet på 3 eller færre av stasjonene.

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).

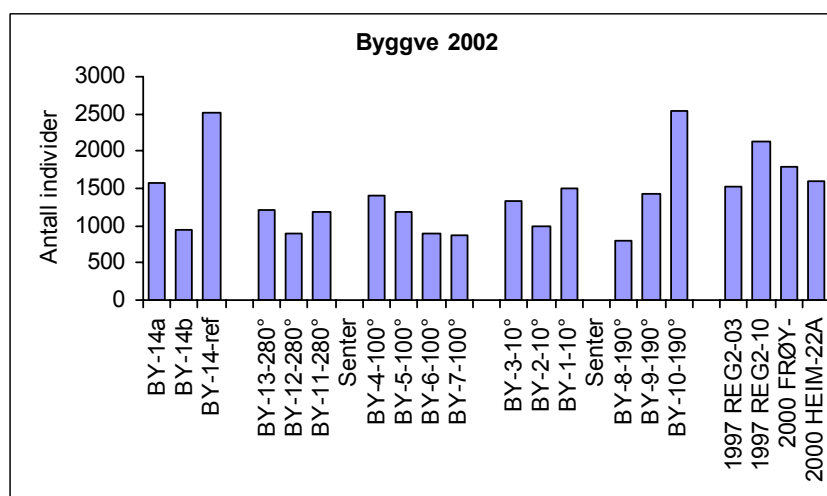
Siden det ble samlet 10 prøver på referansestasjonen og fem på de andre stasjonene er det for BY-14 vist resultater fra de fem første prøvene, de fem neste, og for alle ti samlet. Særlig vil individantallet øke med økende prøveareal.

Antall arter var høyt og forholdsvis likt på stasjonene (Figur 3.11) og kan antallsmessig plasseres inn i tilsvarende data fra regionen i 2000, selv om det var litt 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 stasjonsnettets (aksekorsets) og avstand til senteret. Gradene angir retning som stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

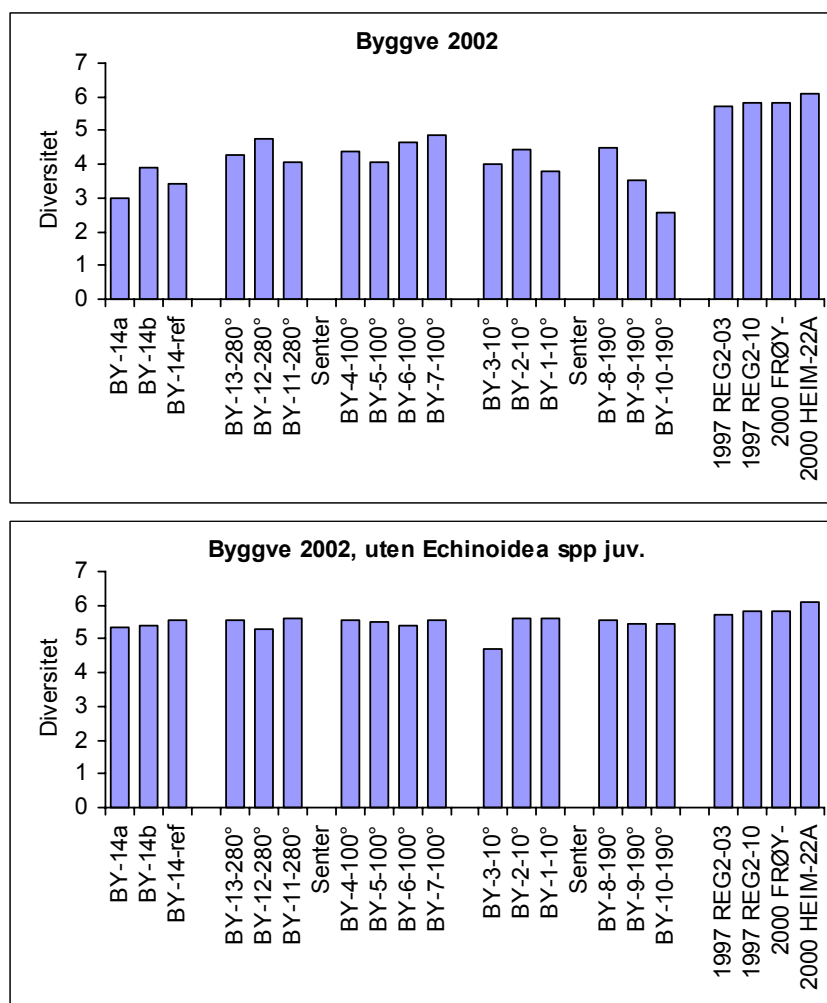
Antall individ på stasjonene varierte mye mer enn antall arter (Figur 3.12). Det er særlig antall av Echinoidea spp juv. som varierer mellom de ulike stasjonene. På BY-10 var det for eksempel 1753 individer (Echinoidea spp juv.) og BY-8 var det 286.



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 stasjonsnettets (aksekorsets) og avstand til senteret. Gradene angir retning som stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

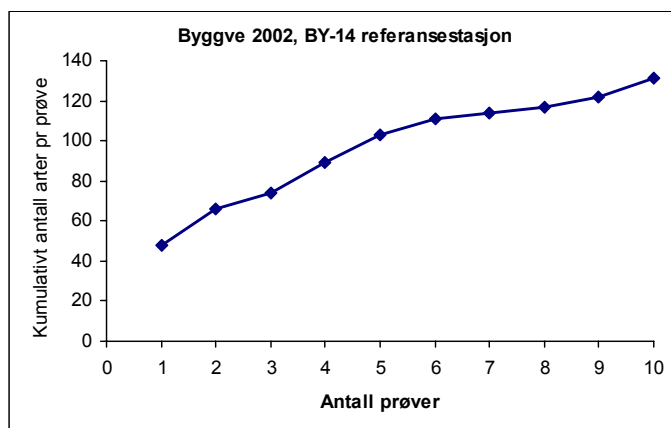
Den beregnede artsdiversiteten ble sterkt påvirket av det høye antallet av Echinoidea spp juv. Høyt antall individer av én art, fører til lavere jevnhet og diversitet. De to diversitetsmålene viser de samme forskjellene mellom stasjonene. Dersom en inkluderer Echinoidea spp juv. var diversiteten (H') mellom 2,6 (BY-10) og 4,8 på BY-7. Utelater

en arten blir diversiteten 4,7 på BY-3 og 5,60 på BY-1 og BY-11. Da blir diversiteten like høy som på referansestasjoner og de regionale stasjonene i Region II.



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.

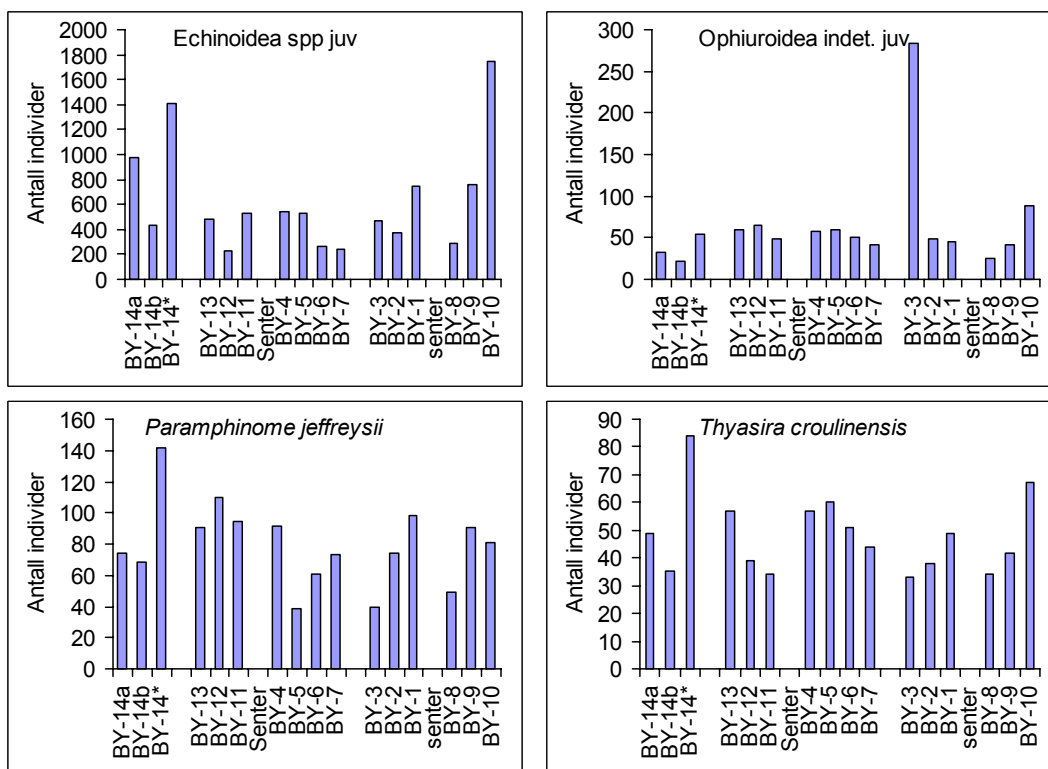
På referansestasjonen ble det funnet 2523 individ fordelt på 131 arter. Det ble samlet inn ti replikate prøver på referansestasjonen sammenlignet med de ordinære stasjonene hvor det samlet inn fem replikate prøver. For å gi et bilde om hvor godt faunen er beskrevet etter fem replikate prøver er det økende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



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 fire mest tallrike er vist i Figur 3.15. De fire artene har en meget ulik utbredelse mellom stasjonene. Det var ikke noe høyt antall individer av arter som kan trives spesielt godt under forurensning eller forstyrrede miljøforhold. Arts sammensetningen reflekterer heller et naturlig bunndyrssamfunn. Figur 3.15 og de andre dataene viser at det kan være store forskjeller innen forholdsvis korte distanser. Dette viser at bunndyrfaunaen er flekkvis fordelt på bunnen og varierer fra ett sted til et annet. Dette er vanlig å finne i marine bunndyrprøver.



Figur 3.15. Antall individer (pr 0,5 m²) av de fire mest tallrike artene på hver stasjon. OBS ulik skala! * på BY-14* ble det tatt 10 grabbprøver, BY-14a og -b viser de fem første og siste prøvene på stasjonen.

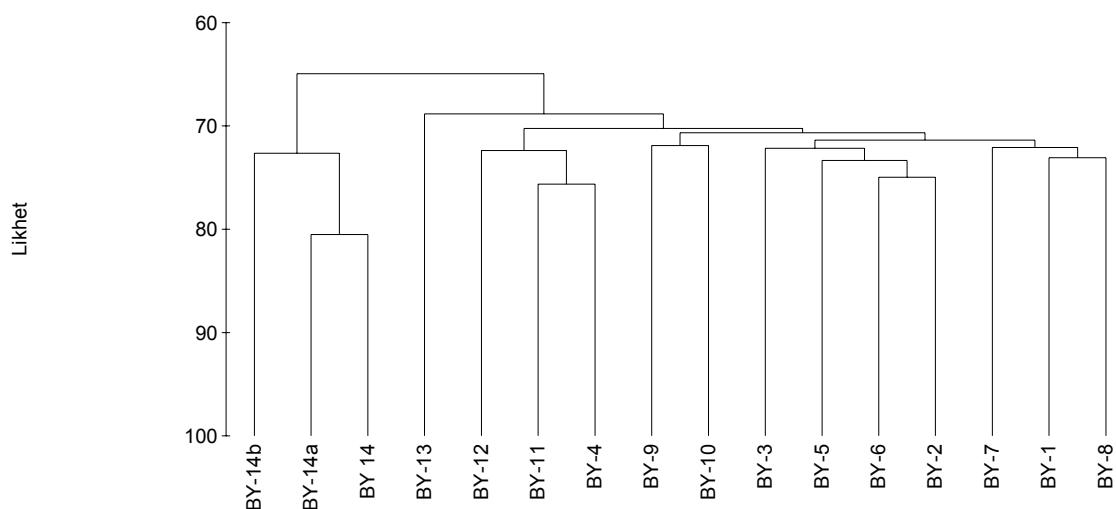
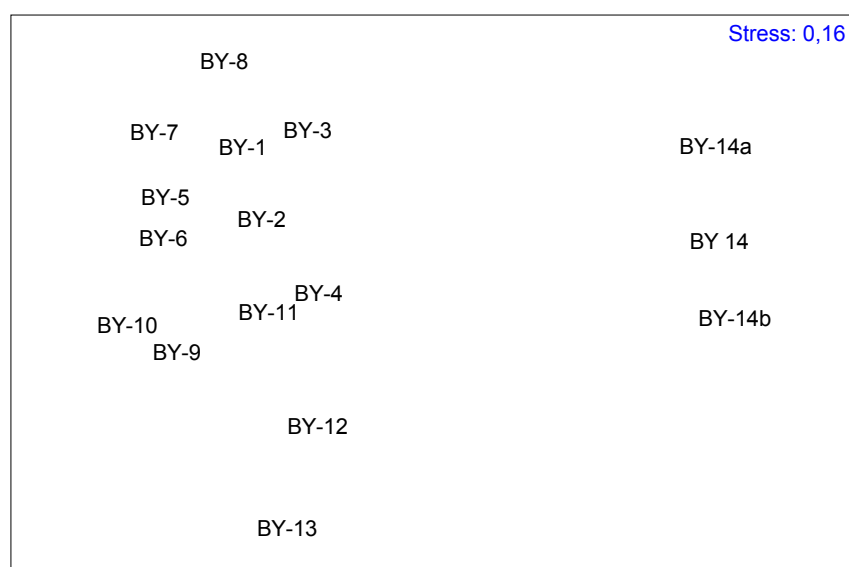
3.3.3 Multivariate analyser

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 Byggve. Det som merkes seg ut er at referansestasjonen er mer ulik de andre stasjonene enn forskjellene mellom de ordinære feltstasjonene. Dette er trolig en effekt av distanse som gjør at det er andre naturgitte miljøforhold på BY-14 enn ved feltsenteret. 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. BY-14a grupperer seg nærmere BY-10 hvor det også var mange individer av arten. I tillegg var det 28 individer av et krepsdyr som er en åtseleter (*Natanolana borealis*, synonym *Cirolana borealis*) i BY-14b (alle i 10. grabbprøve) og ingen i BY-14a. Slike forskjeller gjør utslag i analysene. Det er gjort analyser med og uten Echinoidea spp juv og Ophiuroidea, samt med ulike transformeringer av data (se vedlegg 5), uten at det generelle bilde av faunaulikheten mellom BY-14 og de feltspesifikke stasjonene endres vesentlig. Forholdsvis høy stressverdi i MDS plottene betyr at plottene ikke gir en meget god presentasjon av resultatene.

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 Zn, Cd, Pb, Ba og Cr ($\rho_w=0,491$).

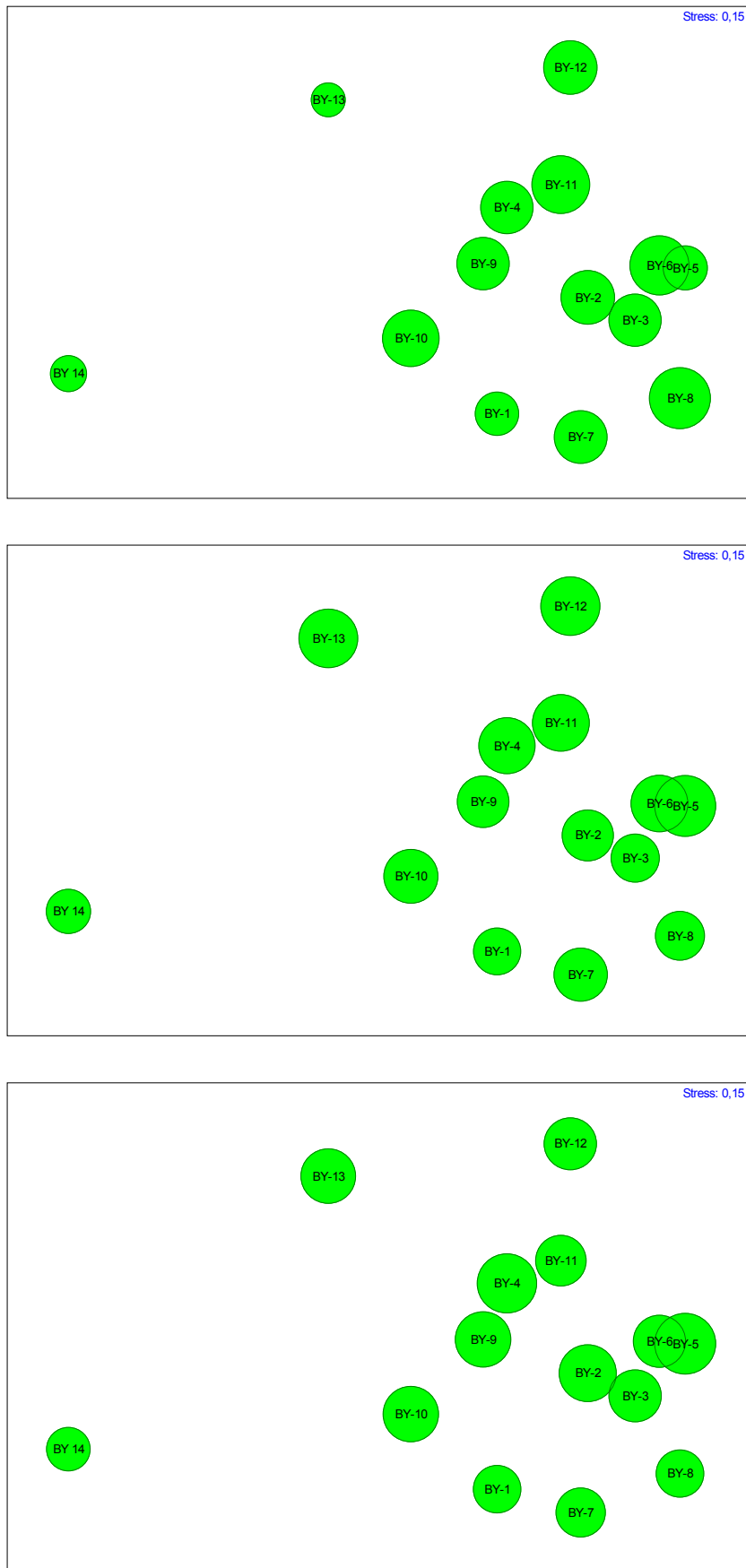
Tabell 3.3. Korrelasjons koeffisienter (ρ_w) fra BIO-ENV analysen. Korrelasjonene er kun gitt for enkel variabler og ikke for kombinasjoner av variabler.

Variabel	Korrelasjon (ρ_w)
Kadmium (Cd)	0,368
Krom (Cr)	0,343
Sink (Zn)	0,334
Barium (Ba)	0,293
TOM (%)	0,255
Bly (Pb)	0,250
Kopper (Cu)	0,142
Pelitt (%)	0,089
THC	0,084

Byggve 2002, uten Echinoidea spp juv.*Byggve 2002, uten Echinoidea spp juv.*

Figur 3.16. MDS plot og clusteranalyse over artssammensetningen på stasjonene ved Byggve 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. Plot med Echinoidea spp juv inkludert er vist i vedlegg.

I Figur 3.17 er miljøvariablene THC, % pelitt og sink lagt inn i MDS plottet fra fauna analysen. Miljøvariablene er plottet med relative verdier. Resultatene viser at det er ikke er tydelige gradienter mellom faunadata og de utvalgte miljøvariablene.



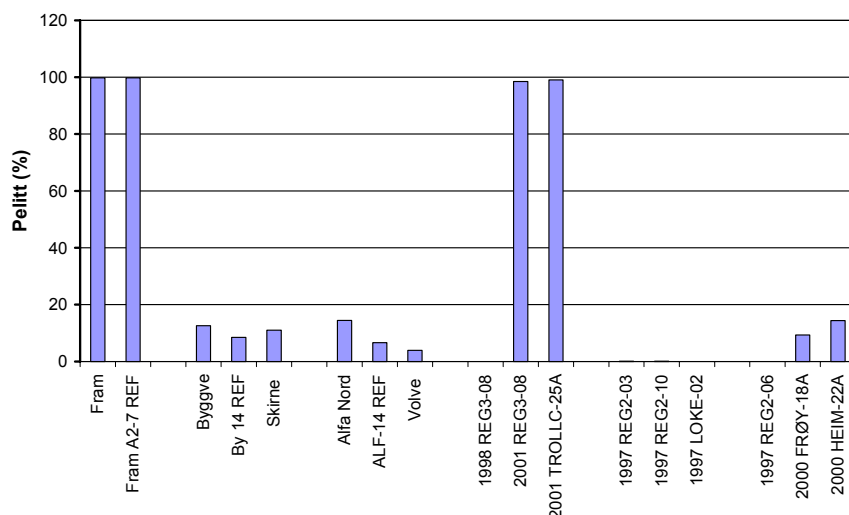
Figur 3.17. Relative verdier pr stasjon av kadmium (øverst), krom (midten) og sink (nederst), plottet sammen med resultatet fra MDS analysen av faunaresultatene.

3.4 Sammenligning med de andre grunnlagsundersøkelsene

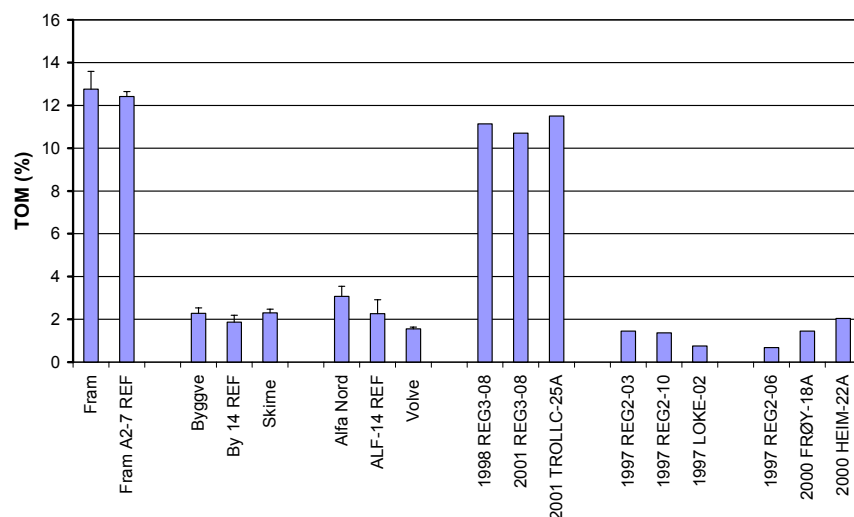
Nedenfor er det kort satt opp figurer (Figur 3.18-3.33) som viser forskjeller og likheter mellom de fem grunnlagsundersøkelsene som RF utførte i 2002, samt noen tidligere resultater fra Region II og III. Vi har også inkludert noen resultater fra analyse av nikkel og arsen. De er tatt med for å vise at analyseresultatene finnes, og kan dermed brukes som referanse opp mot andre undersøkelser. Generelt er disse to metallene ikke rapportert i fra tilsvarende undersøkelser. Generelt er disse to metallene ikke rapportert i fra tilsvarende undersøkelser. PAH, NPD og kvikksølv er analysert på tre stasjoner pr felt, inkludert referansestasjonen.

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. De 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. Resultatene fra Byggve og Skirne har store likhetstrekk i målingene som undersøkelsen omfatter.

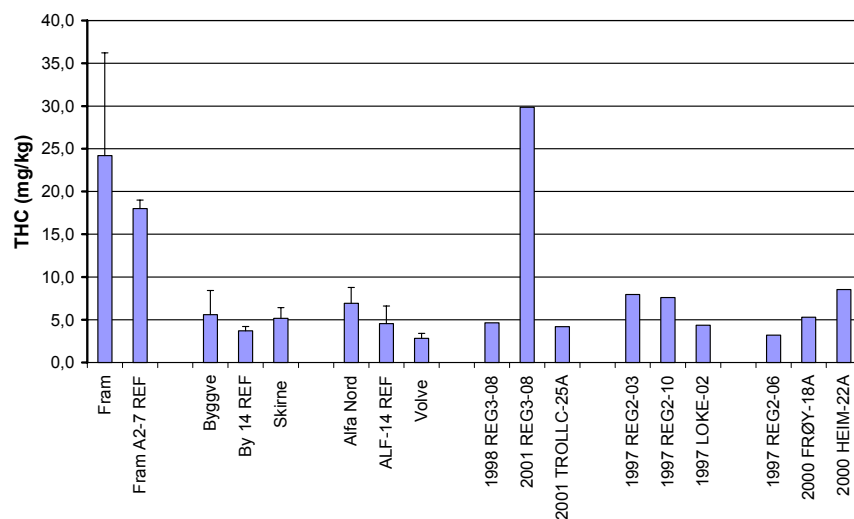
Antall individer og arter pr stasjon varierer en del mellom undersøkelsene og de ulike felt. Det var flest arter og individer i Skirne og Byggve området, og færrest på Fram Vest. Den beregnede diversiteten var imidlertid nokså jevn mellom de ulike områdene.



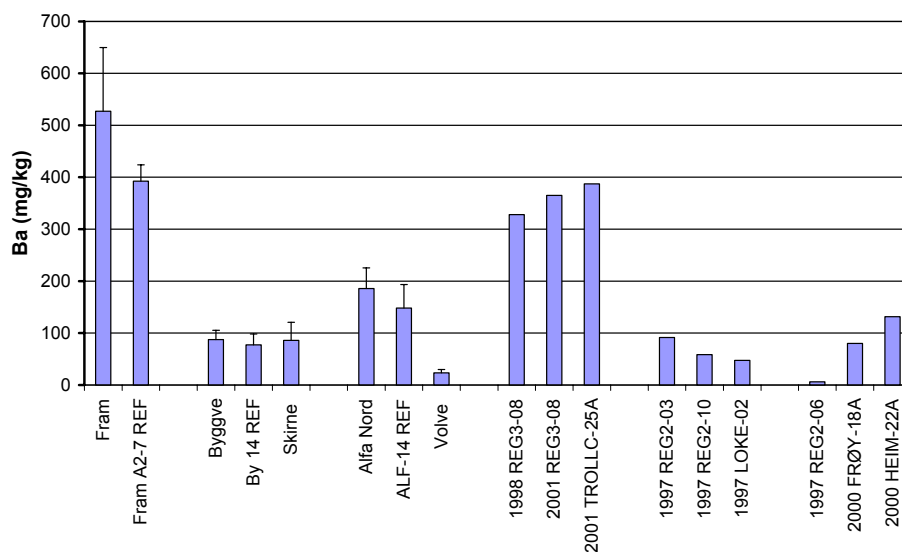
Figur 3.18. Gjennomsnittinnholdet av pelitt (leire+silt) pr felt på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Data fra 1997 mangler.



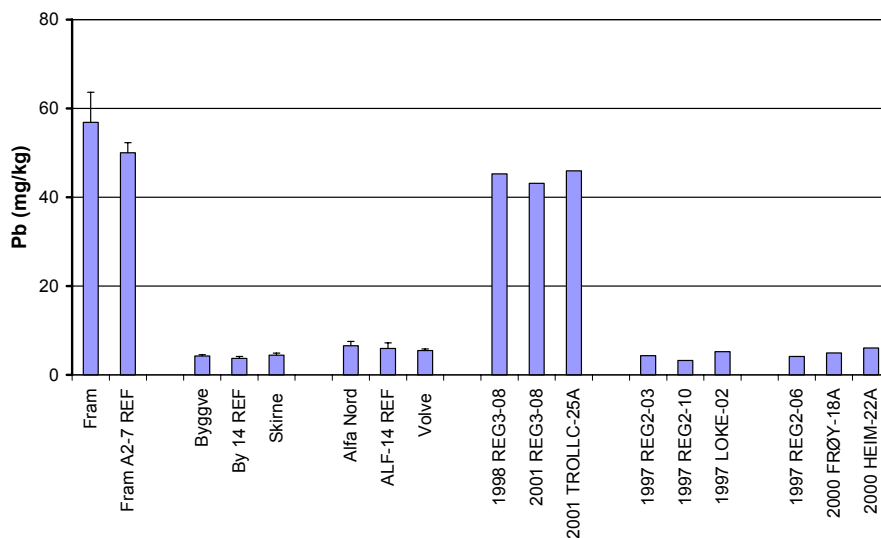
Figur 3.19. Gjennomsnittinnholdet av organisk materiale (TOM) pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



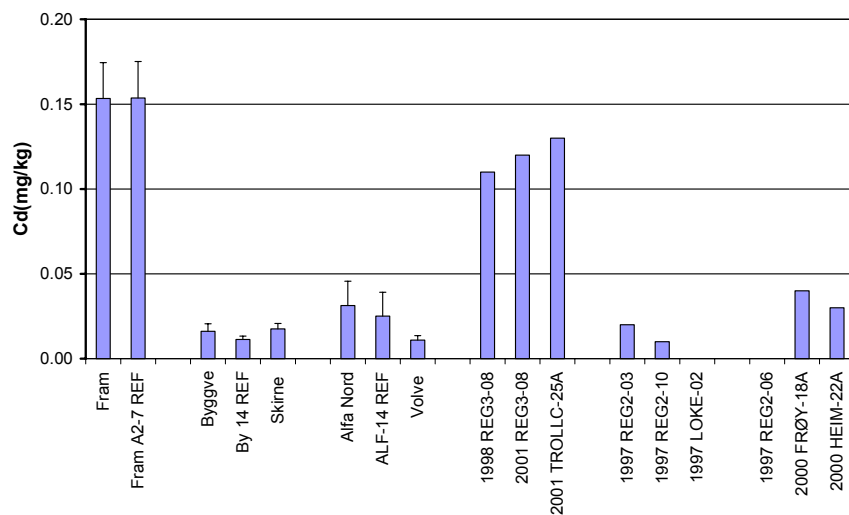
Figur 3.20. Gjennomsnittinnholdet av THC pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



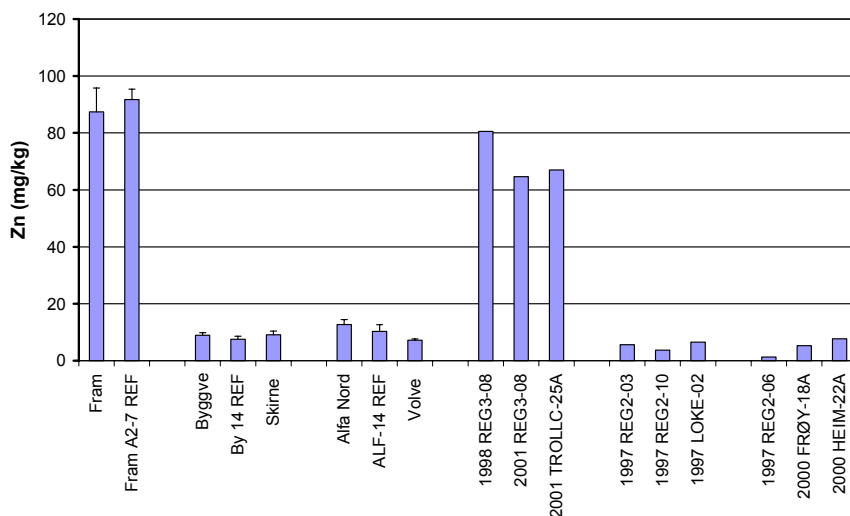
Figur 3.21. Gjennomsnittinnholdet av barium pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



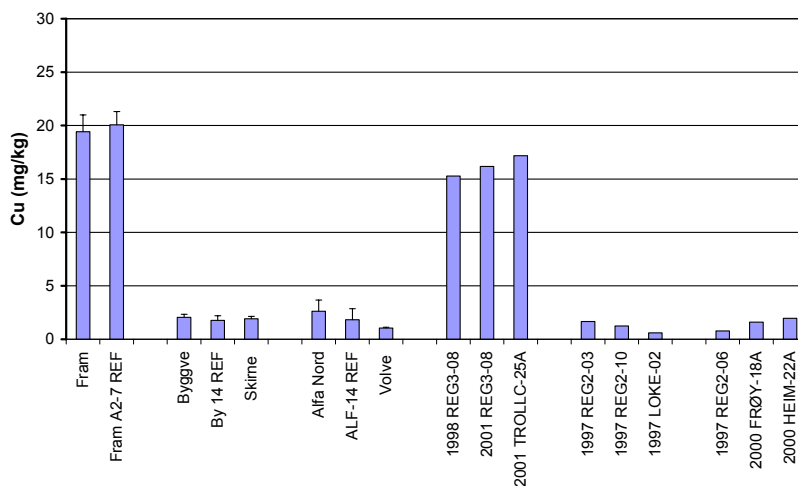
Figur 3.22. Gjennomsnittinnholdet av bly pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



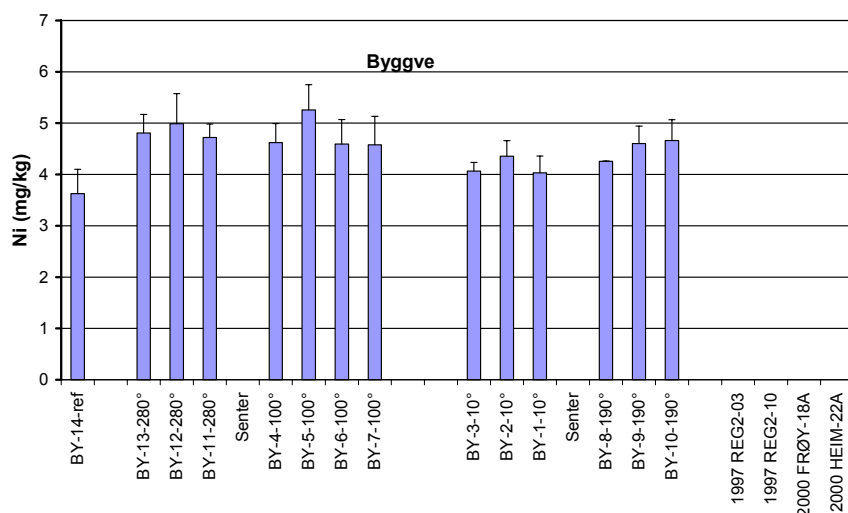
Figur 3.23. Gjennomsnittinnholdet av kadmium pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



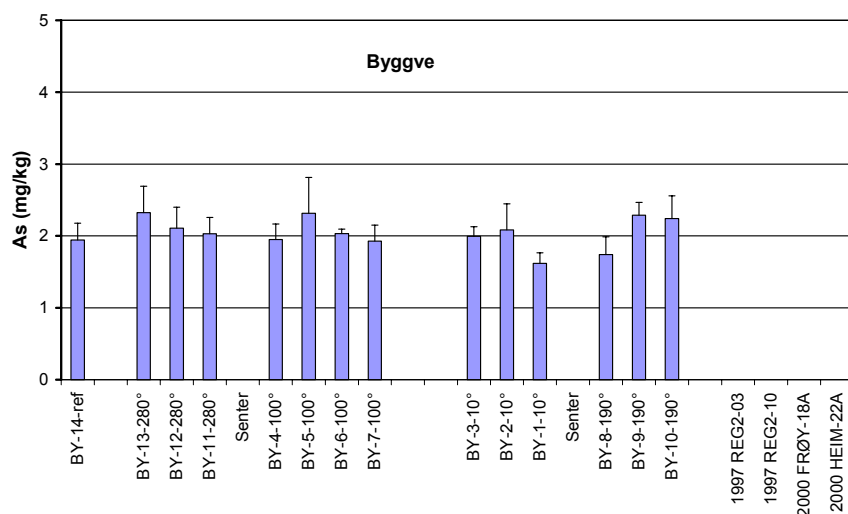
Figur 3.24. Gjennomsnittinnholdet av sink pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



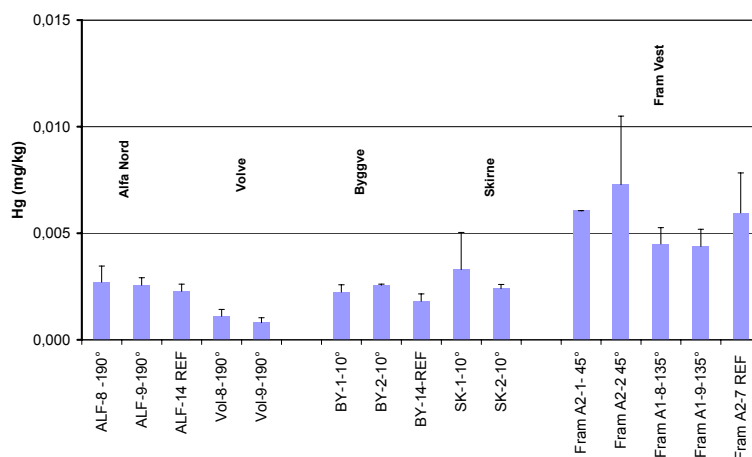
Figur 3.25. Gjennomsnittinnholdet av kobber pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



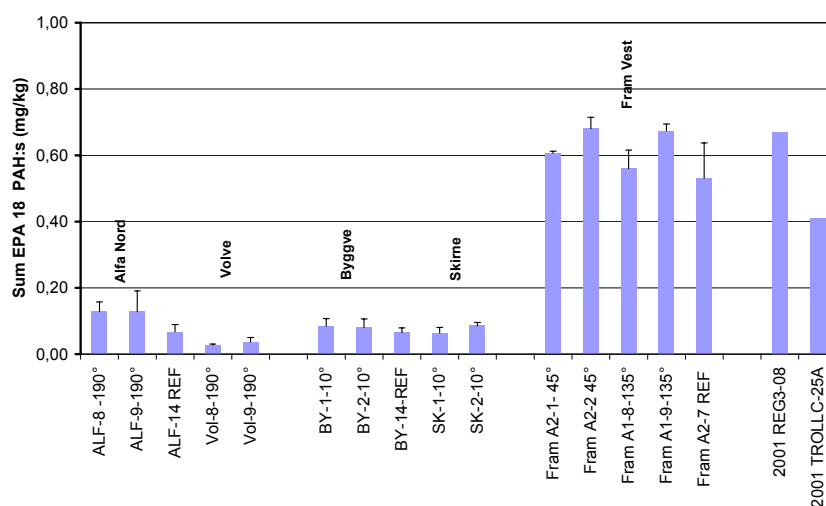
Figur 3.265. Gjennomsnittinnholdet av nikkel pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002. Data mangler i fra tidligere undersøkelser.



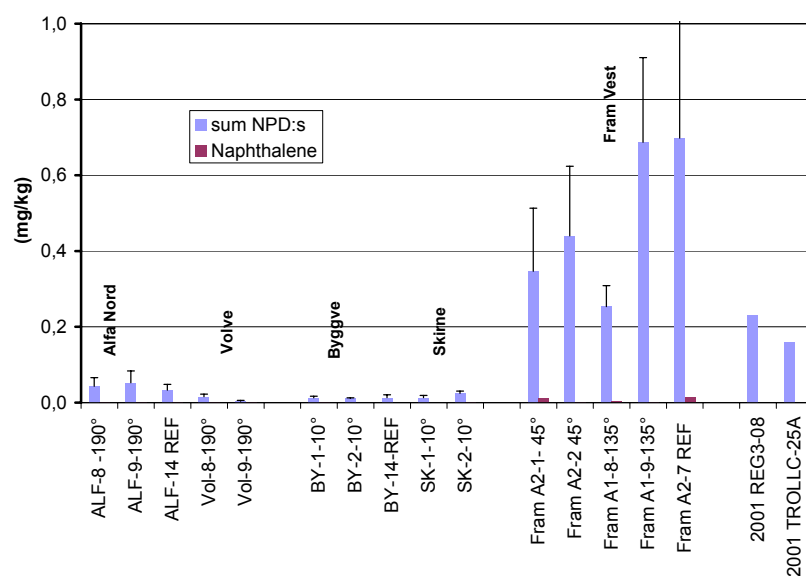
Figur 3.27. Gjennomsnittinnholdet av arsen pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002. Data mangler i fra tidligere undersøkelser.



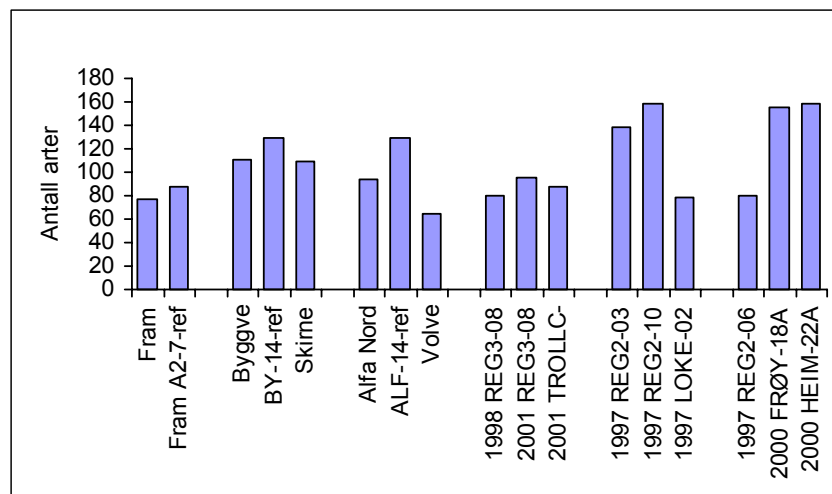
Figur 3.28. Gjennomsnittinnholdet av kvikksølv pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



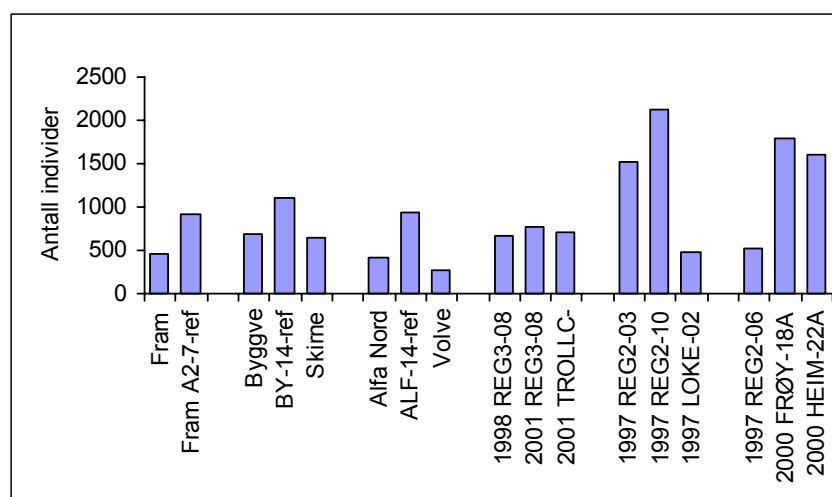
Figur 3.29. Gjennomsnittinnholdet av PAH pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



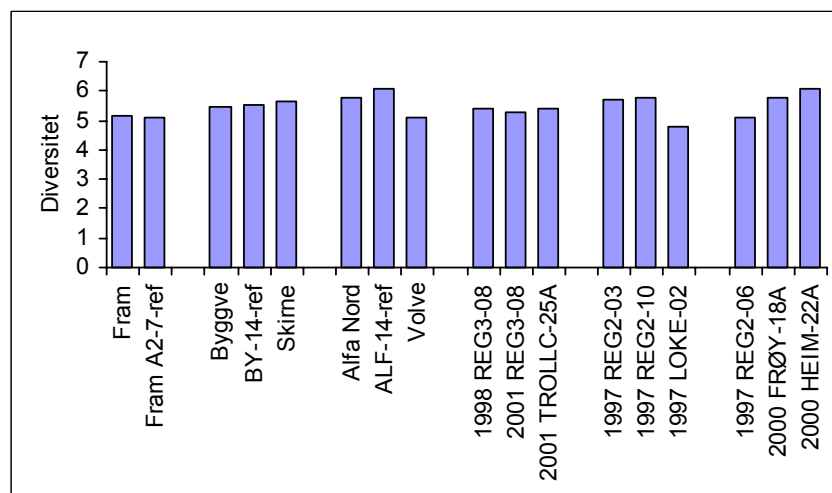
Figur 3.30. Gjennomsnittinnholdet av NPD og naftalen pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen.



Figur 3.31. Gjennomsnittinnholdet av antall arter pr feltspesifikkstasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Bygge og Skirme samt BY-14 er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002.



Figur 3.32. Gjennomsnittinnholdet av antall individer pr feltspesifikkstasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Bygge og Skirme samt BY-14 er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002.



Figur 3.33. Beregnet diversitet pr feltspesifikkstasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Bygge og Skirme samt BY-14 er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002.

4 Oppsummering og konklusjon

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

Resultatene viste at området var nokså 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 naturlig bakgrunnsnivå for området. Artsmangfoldet var høyt og det fantes en fauna som var naturlig for området og sedimenttypen. Resultatene var tilsvarende de som er funnet på uforurensete stasjoner i Region II.

Det var ingen gradienter i resultatene, det vil at det ikke var systematiske forskjeller med henblikk på stasjonsplassering og avstand til feltsenteret eller der letebrønnen var lokalisert. Dette styrker konklusjonen om at bunnen var uforurenset.

Referansestasjonen skilte seg noe fra de andre stasjonene. Den hadde litt lavere leire+silt innhold og generelt lavere miljøgiftinnhold enn på de andre stasjonene. Artssammensetningen var også noe forskjellig mellom referansestasjonene og de feltspesifikke stasjonene. Trolig er forskjellene i resultatene mest en effekt av avstand og dermed ulike naturgitte miljøforhold. Referansestasjonen er likevel egnet til videre overvåking og sammenligning med de feltspesifikke stasjonene og med hensyn til tidsutvikling. 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. Stasjonsdyp, pelitt (leire+silt), totalt organisk materiale (TOM) og totalt hydrokarbon innhold (THC).

Parameter	Maksimum	Stasjon	Minimum	Stasjon
Dyp (m)	124	BY-12-280° 500m	112	BY-3-10° 1000m
Pelitt %	21	BY-3-10° 1000m	0,4	BY-8-190° 250m
Sand %	99	BY-8-190° 250m	79	BY-3-10° 1000m
TOM %	2,6	BY-5-100° 500m	1,9	BY-14-referanse
THC mg/kg	10,2	BY-4-100° 250m	3,7	BY-14-referanse
PAH mg/kg	0,084	BY-1-10° 250m	0,065	BY-14-referanse
Barium mg/kg	110	BY-5-100° 500m	73	BY-7-100° 2000m
Krom mg/kg	7,6	BY-5-100° 500m	5,6	BY-14-referanse
Bly mg/kg	4,5	BY-5-100° 500m	3,7	BY-14-referanse
Kadmium mg/kg	0,018	BY-6-100° 1000m	0,011	BY-13-280° 1000m
Kopper mg/kg	2,4	BY-10-190° 1000m	1,8	BY-1-10° 250m
Kvikksølv mg/kg	0,003	BY-2-10° 500m	0,002	BY-14-referanse
Antall arter	122	BY-13-280° 1000m	96	BY-14b-referanse
Antall individer (pr 0,5 m ²)	2542	BY-10-190° 1000m	787	BY-8-190° 250m
Jevnhet (J)*	0,83	BY-7-100° 2000m	0,69	BY-3-10° 1000m
Diversitet (H')*	5,6	BY-11-280° 250m	4,7	BY-3-10° 1000m
Diversitet (ES ₁₀₀)*	46	BY-11-280° 250m	37,2	BY-3-10° 1000m

* uten Echinoidea spp juv, som var mest tallrik

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.