



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

Økologiske konsekvenser av skjellsanduttak
- *Rekolonisering av bunnfauna*

RF-2001/089



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

Vår referanse: 613/653877	Forfatter(e): Veslemøy Eriksen	Versjonsnr. / dato: Vers. 1 / 09. 05 2001
Ant. sider: 25 + vedlegg	Faglig kvalitetssikrer: Odd Ketil Andersen	Gradering: Åpen
ISBN: 82-490-0119-2	Oppdragsgiver(e): Rogaland Fylkeskommune	
	Prosjektittel: Bunnfauna i skjellsand	

Emne:


Undersøke rekolonisering av bunnfauna og fysiske endringer som finner sted i sedimentet etter uttak av skjellsand.

Emne-ord:

Skjellsand, bunnfauna, rekolonisering, sediment

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001


Prosjektleder
Veslemøy Eriksen


for RF - Rogalandforskning
Troels G. Jacobsen

Innhold

Sammendrag	ii
Forord	iii
1 INNLEDNING	1
2 UNDERSØKELSE SOMRÅDENE	2
3 MATERIAL OG METODE	3
3.1 Innsamlingsprogram	3
3.2 Analyse av sediment	4
4 RESULTAT OG DISKUSJON	9
4.1 Partikkelstørrelse i sedimentet	9
4.2 Kjemiske analyser av sedimentet	10
4.3 Bunnfauna	13
5 KONKLUSJONER	19
6 REFERANSER	20
Vedlegg	21

Sammendrag

Med bakgrunn i at fylkeskommunene overtok forvaltningen av egne skjellsandressurser har Rogalandsforskning utført to undersøkelser på oppdrag fra Rogaland fylkeskommune for se på effektene av skjellsandutvinning. Denne rapporten beskriver fase III av prosjektene hvor hovedmålet har vært å studere den biologiske suksesjon samt de fysiske endringer som finner sted i sedimentet etter uttak. Denne kunnskap vil øke forståelsen av samspillet mellom de biologiske og fysiske prosessen som finner sted etter et skjellsanduttak.

Det ble opprinnelig valgt ut en lokalitet på Kvitsøy som forsøksområde. Det ble foretatt to innsamlinger på lokaliteten i 1996 for å beskrive tilstanden i området før uttak av skjellsand. Uttaket ble derimot stanset hovedsakelig grunnet uoverensstemmelse med fiskere på Kvitsøy. Etter konfliktene som oppstod på Kvitsøy ble det søkt etter et nytt forsøksområde, og Feøy vest av Karmøy ble besluttet valgt. Prøveuttaket ved Feøy ble foretatt april 1998. Til sammen ble det tatt ut skjellsand tilsvarende et volum på ca 200 m³.

Sedimentprøver ble samlet inn med en 0,1 m² van Veen grabb til analyse av partikkelstørrelse, glødetap, og bunnfauna på lokalitetene ved Kvitsøy og Feøy. I tillegg ble det samlet inn prøver til analyse av TOC, TN og TP ved Feøy.

Resultater & Konklusjoner:

Fysiske/kjemiske parametre

Sedimentet hvor uttaket av skjellsand ble foretatt (Feøy 1) bestod i begynnelsen av prøvetakingsperioden av mer grovkornet sediment sammenlignet med referansestasjonen (Feøy 2). Grusfraksjonen i sedimentet på Feøy 1 er redusert i løpet innsamlingsperioden, og leire fraksjonen er økt. Variasjon mellom replikate prøver indikerer at sedimentet er har varierende partikkelstørrelse innenfor et begrenset område.

Med hensyn på de målte kjemiske parametrene (TOC, TN og TP) ble det ikke observert forskjeller mellom referansestasjonen og stasjon Feøy 1 som var plassert hvor uttaket av skjellsand ble foretatt. Veridene for totalt organisk karbon, totalt nitrogen og total fosfor var generelt lave, og miljøtilstanden i området klassifiseres som god både før og etter uttak av skjellsand.

Marin bunnfauna

De undersøkte lokalitetene har gjennom hele prøvetakingsperioden høy artsdiversitet, *Meget god* etter SFTs klassifisering. Faunaen domineres av mangelbørstemark både på

Kvitsøy og Feøy. Krepsdyr er nest dominerende på Kvitsøy. På Feøy er krepsdyr nest dominerende artsmessig, mens bløtdyrene er nest dominerende med hensyn på antall individ. Faunaen på Kvitsøy og Feøy består av hurtigvoksende arter med kort generasjonstid. Familien *Sabellidae* (mangebørstemark) dominerer på stasjonene ved Kvitsøy og Feøy gjennom hele prøvetakingsperioden.

Resultatene viser at det undersøkte skjellsandområdet har varierende fauna sammensetning innenfor korte tidsperioder, dette gjelder både for referansestasjonen og stasjonen hvor uttak av skjellsand ble foretatt. Dette tyder på at skjellsandhabitatet er et ustabil, med varierende rekruttering. Uttaket av skjellsand som er blitt vurdert i denne undersøkelsen, ser totalt sett ut til å hatt begrenset påvirkning på faunaen i området.

Forord

Denne rapporten beskriver resultater fra fase III av studier relatert til konsekvenser av skjellsanduttak. Undersøkelsen er finansiert av Rogaland Fylkeskommune, og arbeidet med prosjektet startet opp i 1996.

Arne Myhrvold var opprinnelig prosjektleder, Veslemøy Eriksen overtok som prosjektleder høsten 1997. I tillegg til de to ovennevnte har Øyvind Tvedten deltatt i prosjektet.

Kontaktperson ved Rogaland Fylkeskommune har vært Walter Husebø.

Brødrene Nilsen A/S har vært en viktig bidragsyter i planlegging og gjennomføringen av prosjektet. Fartøyet M/S Basen ble også stilt til disposisjon i forbindelse med prøvetakingen ved Feøy.

Takk til alle som har vært med på gjennomførelsen av prosjektet, en spesiell takk til mannskapet på M/S Basen for god hjelp med å gjennomføre prøveinnsamlingene.

Stavanger 9. mai 2001

Veslemøy Eriksen

Prosjektleder

1 Innledning

Skjellsand er delvis nedbrutte kalkskall fra skjell og andre marine organismer og regnes som en ikke fornybar ressurs. Bruksområdene for skjellsand er først og fremst i landbruket som kalkningsmiddel samt innblanding i kraftfor og hønsefor. Skjellsand brukes også til kalking av vassdrag, i byggebransjen, på søppelfyllinger og til å binde og tørke boreslam (Sørensen 1991).

Rogaland og Hordaland er de fylkene som står for det største uttaket av skjellsand i Norge. I Rogaland er skjellsandforekomstene vanligvis akkumulert i isolerte lommer langt ut mot havet. Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) har gjennomført en grovkartlegging av skjellsandforekomstene i Rogaland (Ottesen 1994 a og b, Ottesen & Bøe 1992). Kvitsøy og Karmøy er fylkets største og nest største skjellsandkommuner, med henholdsvis 40 og 24 % av de kartlagte ressursene. I følge NGU er det imidlertid store usikkerheter knyttet til anslagene.

Skjellsand skal forvaltes i et langsiktig perspektiv etter føre-var prinsippet. Uttak skal skje med minst mulig konflikt i forhold til andre interesser, men skjellsandnæringen skal sikres arealer for et stabilt uttak av skjellsand. Nærings- og Energidepartementet (NED) var tidligere konsesjonsgivende myndighet for forvaltning av mineralressurser, herunder skjellsand. I 1993 ble dette ansvaret delegert til de enkelte fylkeskommuner.

Uttak av skjellsand kan lett komme i konflikt med andre interesser som fiske, fiskeoppdrett, natur-, kultur-, miljøvern og friluftinteresser samt forsvarsinteresser (Myhrvold 1993). Skjellsanduttak vil også kunne komme i konflikt med gyteområder for fisk, både med hensyn til fjerning av substrat og med hensyn til påvirkning av fiskelarver i vannmassen. Ved et uttak vil den eksisterende bunnfaunaen i området bli fjernet, noe som vil kunne gi konsekvenser videre opp i næringskjeden da bunndyrene er en del av næringsgrunnet for sjøfugl, fisk og krepsdyr. I tillegg til ødelagt beiteområde, kan forringelse (avhengig av årstid) ødelegge gyte- og oppvekstområder (Aakerøy 1985, Myhrvold 1993, Oug & Golmen 1992).

Med bakgrunn i at fylkeskommunene overtok forvaltningen av egne skjellsandressurser har Rogalandsforskning utført to undersøkelser på oppdrag fra Rogaland fylkeskommune for se på effektene av skjellsandutvinning. Den første i 1993, omhandlet et litteraturstudie som behandlet tilgjengelig informasjon fra forvaltning og forskning vedrørende konsekvenser ved uttak av skjellsand, interessekonflikter og forvaltning av skjellsandressursene (Myhrvold 1993). Fase II bestod av å kartlegge eventuelle effekter av skjellsanduttak (Myhrvold & Stokke 1994). Gjennom fase II ble det gjort verdifulle observasjoner på steder hvor det tidligere var foretatt uttak av skjellsand. Fra denne undersøkelsen ble det konkludert med at den totale fauna biomassen ikke gikk ned, men at samfunnet endret seg grunnet økt sedimentering av organisk materiale. Resultatene fra analyse av partikkelstørrelse i sedimentet viste at sedimentet ble mer finkornet. Årsaken til dette er at skjellsanduttak medfører groper i sedimentet som fungerer som sedimenteringsfeller. Antall arter som er tolerante for organisk forurensing økte i området hvor uttaket var foretatt. Etter fase II var avsluttet var det ønske om å studere rekolonisering av bunnfauna like etter uttak av skjellsand.

Dette for å undersøke de biologiske prosesser de to første år etter uttak, samt få bedre kvantitative mål på de fysiske endringene som finner sted i sedimentet etter uttak.

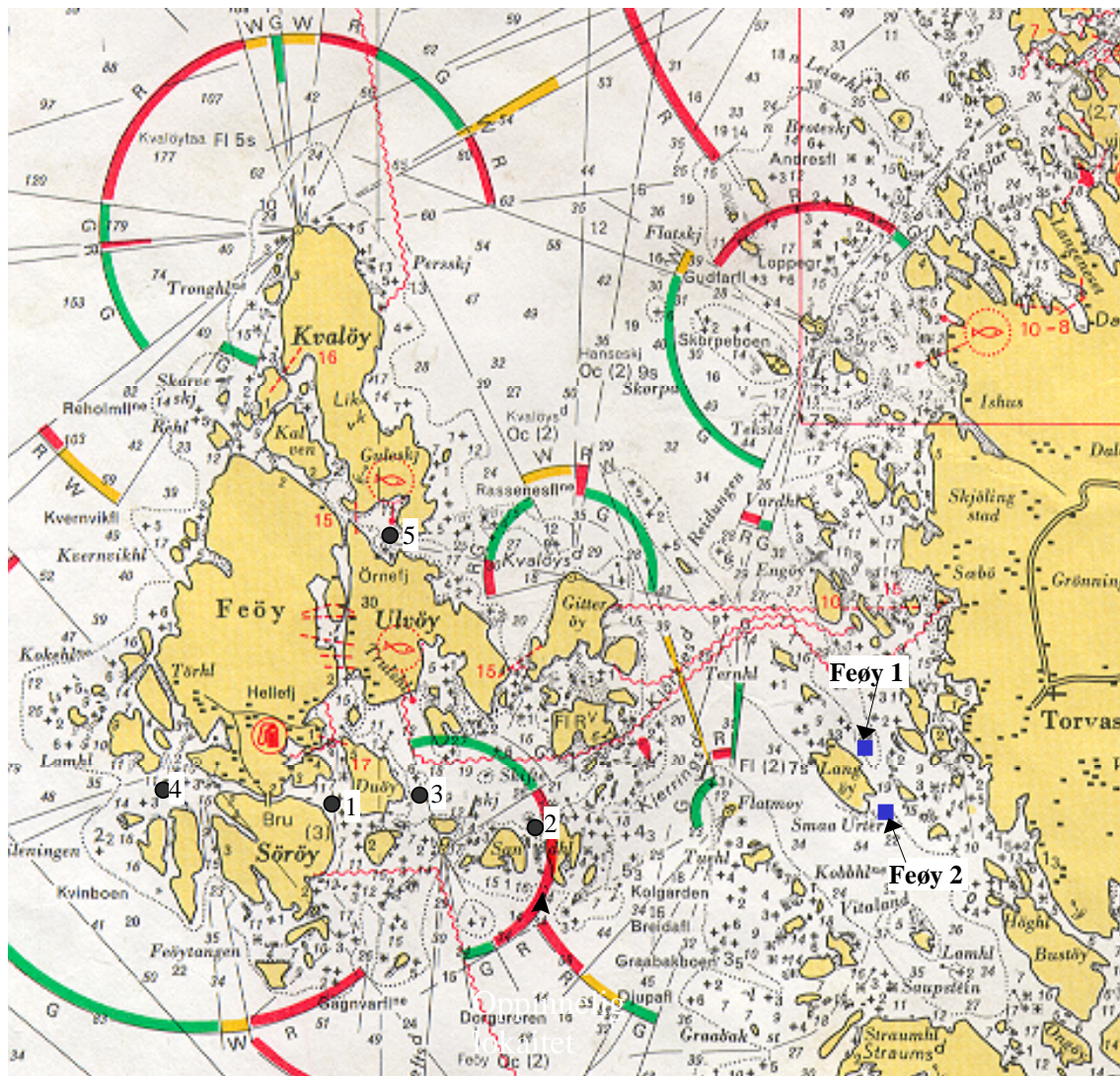
Denne rapporten beskriver fase III av prosjektene hvor hovedmålet har vært å studere den biologiske suksesjon samt de fysiske endringer som finner sted i sedimentet etter uttak. Denne kunnskap vil øke forståelsen av samspillet mellom de biologiske og fysiske prosessen som finner sted etter et skjellsanduttak.

2 Undersøkelsesområdene

Det ble opprinnelig valgt ut en lokalitet på Kvitsøy som forsøksområde. Kvitsøy består av ca 300 holmer og øyer og det bor ca 500 mennesker i kommunen. Hovednæringen er fiskeri og oppdrett. Det ble etablert to stasjoner på lokaliteten, henholdsvis i området hvor det var planlagt uttak samt et referanse punkt. Det ble foretatt to innsamlinger på lokaliteten i 1996 for å beskrive tilstanden i området før uttak av skjellsand. Etter de to innsamlingene skulle det tas ut skjellsand fra forsøksområdet i løpet av september 1996 med en påfølgende prøvetaking av bunnsediment i januar/februar 1997. Uttaket ble derimot stanset hovedsakelig grunnet uoverensstemmelse med fiskere på Kvitsøy.

Etter konfliktene som oppstod på Kvitsøy ble det søkt etter et nytt forsøksområde, og Feøy vest av Karmøy ble besluttet valgt (Figur 1). Valget ble gjort med bakgrunn i NGU rapport 94.002; Skjellsandundersøkelse i Rogaland Del II (Ottesen 1994b). Feøy består av en rekke øyer hvorav Feøy, Kvaløy, Ulvøy og Sørøy er de største. Til sammen bor det ca 20 innbyggere på øyene. Det er få som driver tradisjonelt kystfiske som næringsvei. Øyene er derimot mye brukt som rekreasjonsområde for hytte- og båtfolk. Ved Feøy har det tidligere vært begrenset uttak av skjellsand, og forholdene har vært åpne med hensyn til hvem som har gravd hvor og når. Siste uttak ved Feøy ble gjort i 1990 av P.J. Nilsen.

Prøveuttaket ved Feøy ble foretatt 7. april 1998. Til sammen ble det tatt ut skjellsand tilsvarende et volum på ca 200 m³. Dette tilsvarer et "hull" på ca 12-14 m i diameter og en dybde på ca 3,5-4 m. Det ble opprettet to stasjoner; Feøy 1 hvor uttaket ble utført og referansestasjonen Feøy 2. Uttaket ved Feøy i 1990 ble foretatt på en annen lokalitet. Det ble ikke tatt prøver til analyse av sediment området før uttaket, da data fra tidligere undersøkelser ved Feøy vil bli benyttet (Myhrvold & Stokke 1994).



Figur 1. Kart fra undersøkelsesområdet, med posisjoner for prøvetaking inntegnet (blå firkant). Posisjoner fra Myhrvold & Stokke (1994) er også inntegnet som grå punkter.

3 Material og Metode

3.1 Innsamlingsprogram

Tabell 1 viser tidspunkt for prøvetaking og oversikt over innsamlingsomfang ved Kvitsøy og Feøy. Sediment prøvene ble samlet inn med en $0,1 \text{ m}^2$ van Veen grabb, og det ble tatt fem replikate hugg pr. stasjon ved Kvitsøy. Ved Feøy ble det samlet inn fire replikate hugg pr stasjon. Prøvene til bunndyrsanalysene ble sikret gjennom sikter med hull diameter 5 og 1 mm slik at prøvene er kvantitative for bentisk infauna $> 1,0 \text{ mm}$. Prøvene ble deretter fiksert med 4 % formalin og nøytralisert med boraks.

Prøvene til analyse av partikkelstørrelse, glødetap, TOC, TN og TP ble tatt fra en luke øverst på grabben, tre replikate prøver ble samlet inn fra hver stasjon. Fra Kvitsøy ble

det samlet inn prøver til analyse av partikkelstørrelse og glødetap. Fra prøvetakingen ved Feøy ble det i tillegg samlet inn prøver til analyse av TOC, TN og TP.

Tabell 1. Tidspunkt og innsamlingsomfang for stasjonene ved Kvitsøy og Feøy.

Tidspunkt	Lokalitet	Totalt antall biologiske prøver	Totalt antall kjemiske prøver	Kjemiske prøver
31. januar 1996	Kvitsøy	10	6	Kornstørrelse, glødetap
10. september 1996	Kvitsøy	10	6	Kornstørrelse, glødetap
23. juni 1998	Feøy		5	Kornstørrelse, glødetap, TOC, TN, TP
31. Januar 1999	Feøy	4	6	Kornstørrelse, glødetap, TOC, TN, TP
6. august 1999	Feøy	4	6	Kornstørrelse, glødetap, TOC, TN, TP
22. desember 2000	Feøy	4	6	Kornstørrelse, glødetap, TOC, TN, TP

Opplysninger om dyp og kommentarer til sedimentet på lokalitetene er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjonsopplysninger og sedimentbeskrivelse for de to stasjonene ved Kvitsøy og Feøy.

Stasjon	Dyp	Sedimentbeskrivelse
Kv 1	20 m	Olivengrønn skjellsand, litt mudder
Kv 2	20 m	Grov sand, med en del tang og tare rester
Feøy 1	20 m	Gråbrun skjellsand
Feøy 2	18 m	Gråbrun skjellsand

3.2 Analyse av sediment

3.2.1 Kjemiske/fysiske analyser

3.2.2 Partikkelstørrelse

Analyse av partikkelstørrelse av sedimentet ble foretatt ved RF-Miljølab etter intern metode basert på Buchanan (1984). Sedimentet ble tilsatt hydrogenperoksid (H₂O₂) for å fjerne organisk karbon, og deretter splittet i to fraksjoner ved våt-sikting. Sedimentet

ble tørket over natten ved 100 °C. Det tørkede sedimentet ble deretter overført til en sikt-serie med åpninger fra 4 til 0,063 mm (Tabell 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.

Det ble ikke utført videre analyser av den fine delen (< 0,0063 mm).

Tabell 2. Siktstørrelser for analyse av grovfraksjon i sedimentet. (phi-verdiene) fremkommer ved å ta $-\log_2$ av størrelsen i mm.

Navn	Størrelse (mm)
Grus	4
	2
Sand	1
	0,5
	0,23
	0,125
Silt leire	< 0,063

3.2.3 Glødetap

Mengden organisk materiale i sedimentet ble analysert som glødetap, og er beregnet etter innveiling etter tørking ved 105 °C og etter gløding ved 550 °C (NS 4764).

3.2.4 Totalt organisk karbon

Analyse av totalt organisk karbon (TOC) ble utført ved Mikro Kjemi (juni 1998, januar 1999) og NIVA (august 1999 og desember 2000). Prøvene ble analysert ved forbrenning ved 1800 °C; NIVA metode G6 (akkreditert).

3.2.5 Total nitrogen

Analyse av total nitrogen (TN) ble utført ved Mikro Kjemi (juni 1998, januar 1999) og NIVA (august 1999 og desember 1999). Ved både Mikro Kjemi og NIVA ble prøvene analysert som TOC (se 3.2.4).

3.2.6 Total fosfor

Analysene til total fosfor (TP) ble analysert ved Miljø-Kjemi (juni 1998), Jordforsk (januar 1999) og NIVA (august 1999 og desember 2000). Nedenfor gis en forklaring av analysemetoder ved de forskjellige laboratoriene.

Miljø-Kjemi: Etter at prøven er tørket, destrueres prøven i en blanding av svovelsyre, kaliumsulfat, salisylsyre og natriumtiosulfat med en selenblanding som katalysator. Etter destruksjonen nøytraliseres prøven, og fosfat bestemmes i hht. NS-4724, reaksjon til molybdenblått og måling av absorbans ved 700 nm.

Jordforsk: Etter at prøven er tørket, slutes prøven opp vha kongevann (3 deler HCl + 1 del HNO₃). Prøven koker forsiktig i to timer for inndampning til nesten tørrhet. Deretter tilsettes prøven salpetersyre. Fosfor avleses på et simultant ICP-AES instrument.

NIVA: Etter tørking av prøve, oppsluttes prøven ved å tilsette peroksidulfat i surt miljø. Deretter bestemmes fosfat ved å injisere den oppsluttede prøven i en kontinuerlig veskestrøm (Flow Injection Analysis).

3.2.7 *Bunndyr*

Analysene av bunnfauna ble foretatt ved RF. Bunndyrsfaunaen er i hovedsak immobil. Faunaen kan derfor betraktes som et "speil" på den forurensningsbelastning området har vært utsatt for over tid, og ikke bare representere et øyeblikksbilde, slik tilfellet er om det blir målt ulike parametre i vannsøylen. Derfor er bunndyrsundersøkelser ofte benyttet for å vurdere effekten av ulike forurensning.

Antallet av arter og individer er primære resultater i bunnfaunaundersøkelser. Ettersom antallet arter og individer i upåvirkede marine sedimenter kan være høyt og derfor vanskelig å få oversikt over, er det hensiktsmessig å sammenfatte informasjonen ved bruk av ulike beregningsmetoder og grafiske fremstillinger.

Ved å redusere datasett med mange variable (her vil hver bunndyrart representere en variabel) til enklere tall eller informative figurer, vil det på grunn av de enkelte metoders svakheter være fare for at vesentlig informasjon går tapt. Metodene har ulike fordeler og ulemper, og det er derfor vanlig å benytte flere utfyllende og tildels overlappende metoder. I denne undersøkelsen er analysene utført ved hjelp av beregninger og figurfremstillinger som er anbefalt og vanlig brukt i tilsvarende resipientundersøkelser.

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
- Individene er identifisert til art, slekt eller familie. Unntaket er fåbørstemarken (Oligochaetae) og slimormer (Nemertea), disse er bare bestemt til gruppe, men er likevel tatt med i analysene.

Dette medfører at grupper som rundmakk samt kolonidannende arter som hydrozoer og svamper ikke er tatt med i analysene. Krepsdyr uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analysene.

3.2.8 Mål på diversitet

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), samt diversitetskurver (Hurlbert 1971).

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.

De beregnede verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Molvær *m.fl.* 1997).

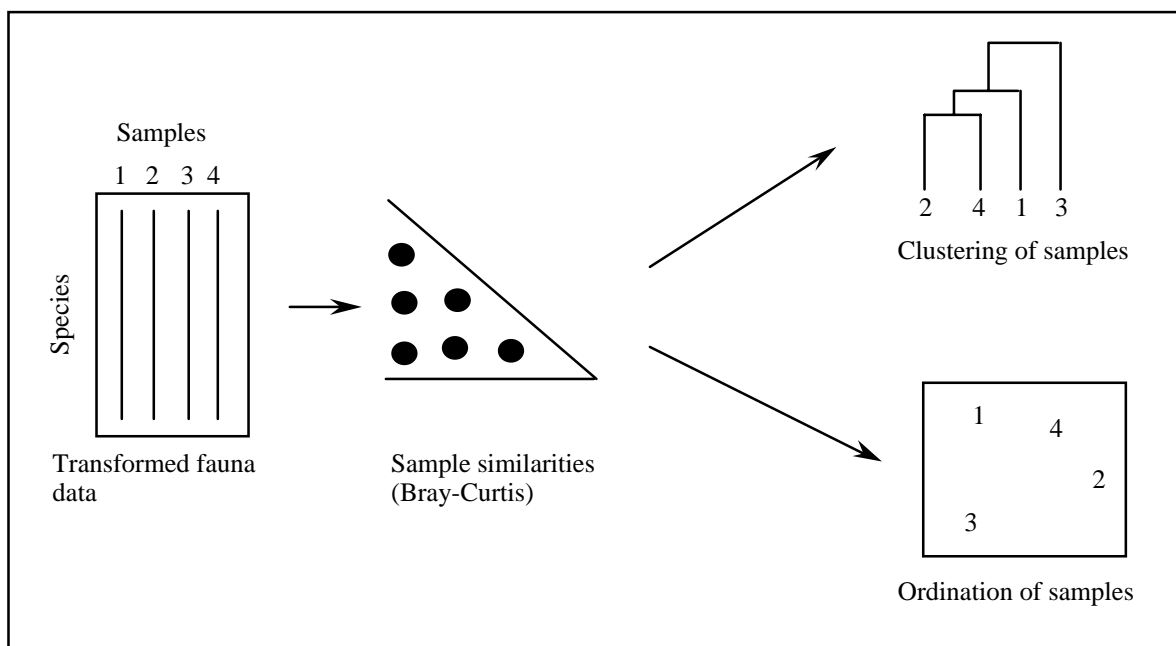
Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert 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:

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

3.2.9 Multivariate metoder

Klassifisering (klusteranalyse) og ordinerings (MDS) er benyttet for å undersøke likheten mellom bunndyrsprøvene fra de ulike innsamlingstidspunkt og likheten mellom stasjonene for innsamlingen i 1999. Analysene er utført på data fra hvert enkelt hugg, og på dobbel kvadratrot (4.-rot) transformerte data.

Multi Dimensional Scaling (MDS) og klusteranalysen ble utført i programpakken PRIMER 4.0 (Carr 1994). 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. Se Figur 2 for skjematisk fremstilling av metodene.



Figur 2. Skjematisk fremstilling av de ulike trinn i klassifisering og MDS analyse. Modifisert etter (Field *m. fl.* 1982).

I dendrogrammet er *grenene* som ligger nærmest hverandre de som ligner mest på hverandre. Forgreningspunktene forteller også kvantitativt hvor stor likheten mellom ulike prøver er.

MDS konstruerer et "kart" over prøvene, hvor dess mer like to prøver er med hensyn på forekomst av arter, dess nærmere vil de være til hverandre på "kartet" (Gray *m. fl.* 1988). MDS analysen forsøker å opprettholde den innbyrdes rekkefølgen av likheter fra dataanalysen, og frem til presentasjonen av resultatene i et to-dimensjonalt plot – med andre ord; prøve 1 er likere prøve 2, enn prøve 3 er til prøve 4, skal fremkomme i plottet som, prøve 1 er nærmere prøve 2 enn prøve 3 er til prøve 4 (Clarke & Warwick 1994).

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.

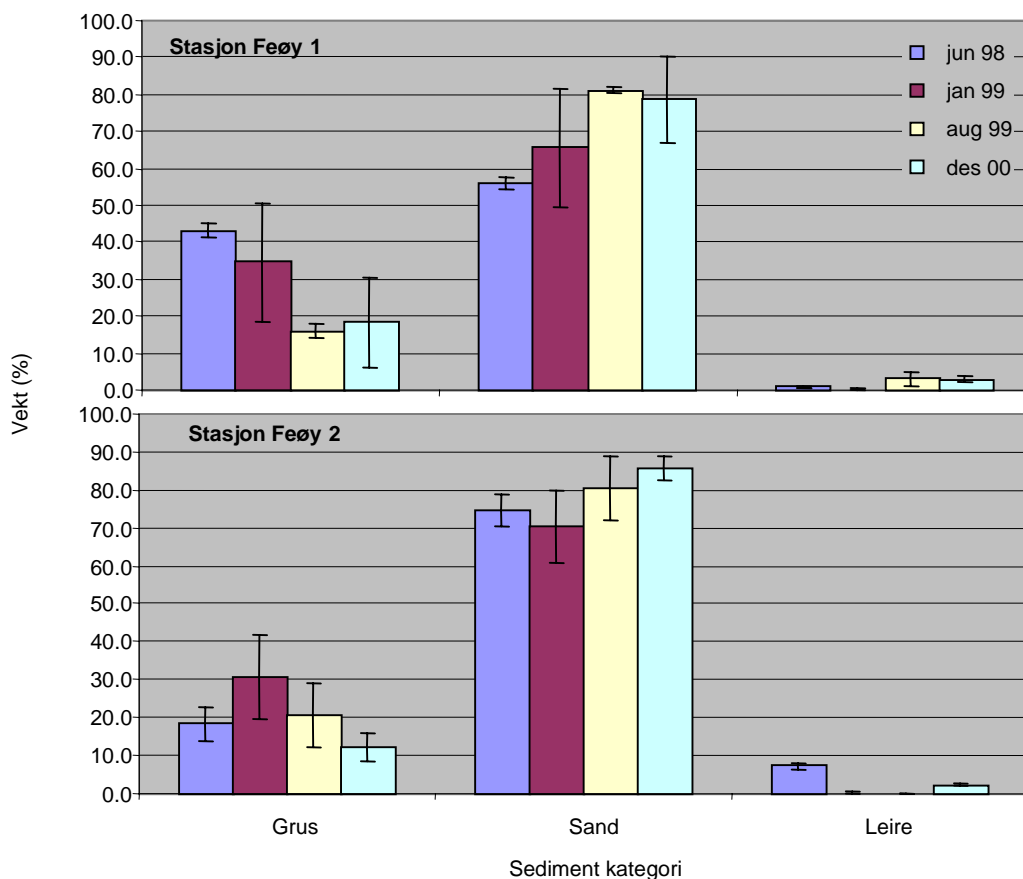
- $Stress < 0.05$ – gir en meget god gjengiving
- $Stress < 0.10$ – gir en god gjengiving
- $Stress < 0.20$ – krever varsom tolkning
- $Stress > 0.20$ – plottet kan være "farlig" å tolke, og hvis verdien når 0.35-0.40, så er prøvene tilfeldig plassert i plottet.

4 Resultat og diskusjon

4.1 Partikkelstørrelse i sedimentet

Sedimentet på stasjonene bestod hovedsakelig av grove sandpartikler (Figur 3). Det grove sedimentet indikerer gode strømforhold og derfor liten sedimentasjon i området. Det var liten forskjell mellom de to stasjonene med hensyn på partikkelstørrelse. Andel leire på de to stasjonene var hele tiden lav, det kan derimot se ut som det har vært en liten økning av mengde leire på Feøy 1, og en reduksjon på Feøy 2. Grusfraksjonen i sedimentet på Feøy 1 er redusert i løpet innsamlingsperioden. Ved prøvetaking i januar 99 og desember 00, var det stor forskjell mellom de tre replikatene på Stasjon Feøy 1. Dette indikerer at sedimentet med hensyn på partikkelstørrelse er varierende innen et begrenset område.

Myhrvold & Stokke (1994) fant også at sedimentet hovedsakelig bestod av grove partikler på fem undersøkte lokaliteter ved Feøy. Resultatene indikerte derimot at sedimentet på lokaliteter hvor det tidligere har vært uttak av skjellsand, er mer finpartikulært sammenlignet med området hvor det ikke har vært uttak. Tilsvarende observasjoner ble også gjort av van der Veer m.fl. (1985). De fant en nedgang i partikkelstørrelse ved uttak sand i den nederlandske delen av Vaderhavet. Det er også tidligere påpekt at groper etter skjellsand kan fungere som sedimenteringsfeller hvor stagnerende vann og forråtnelsesprosess kan gi oksygenvikt (Persson 1983, Oug & Golmen 1992, Sørensen 1991).

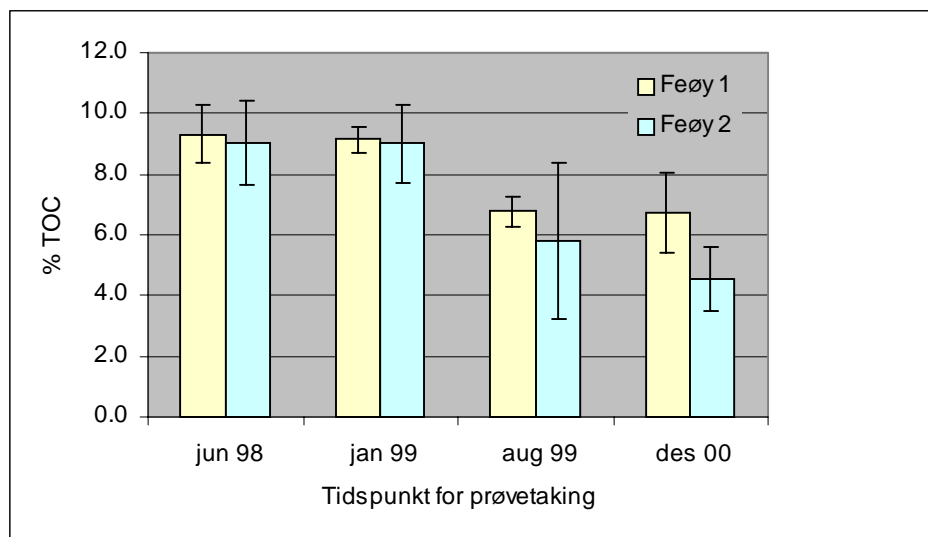


Figur 3. Kumulativ partikkelstørrelse i overflatesediment inndelt i kategori for Stasjon Feøy 1 og Feøy 2. Kolonnene representerer middelerverdier fra tre replikater, og variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD).

4.2 Kjemiske analyser av sedimentet

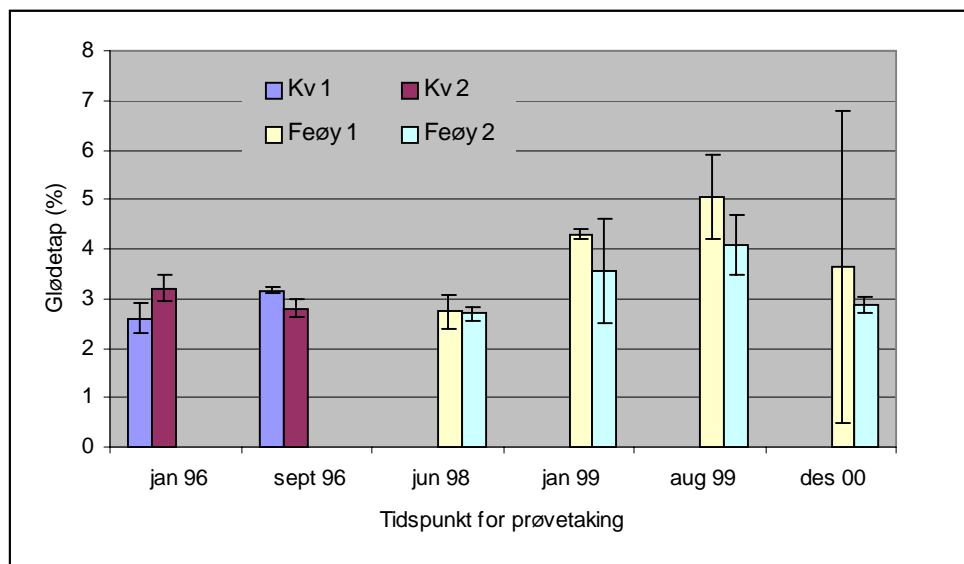
4.2.1 Organisk innhold

Organisk innhold i sediment ble målt som totalt organisk karbon (TOC) og som glødetap. Verdier for TOC er gitt i Figur 4. Verdiene er generelt lave og det ble ikke observert forskjeller mellom stasjon Feøy 1 og Feøy 2 i løpet av forsøksperioden. I følge SFTs klassifisering av miljøkvalitet, kan miljøtilstanden i området på bakgrunn av resultatene fra TOC analysene klassifiseres som *Meget god* (Molvær m. fl. 1997). De lave verdiene tyder på at sedimentet mottar lite organisk materiale, og at det som tilføres raskt omsettes i sedimentet. Se Vedlegg 2 for fullstendige analyserapporter.



Figur 4. Organisk innhold, målt som totalt organisk karbon (TOC) ved Feøy. Kolonnene representerer middelerverdier fra tre replikater, og variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD).

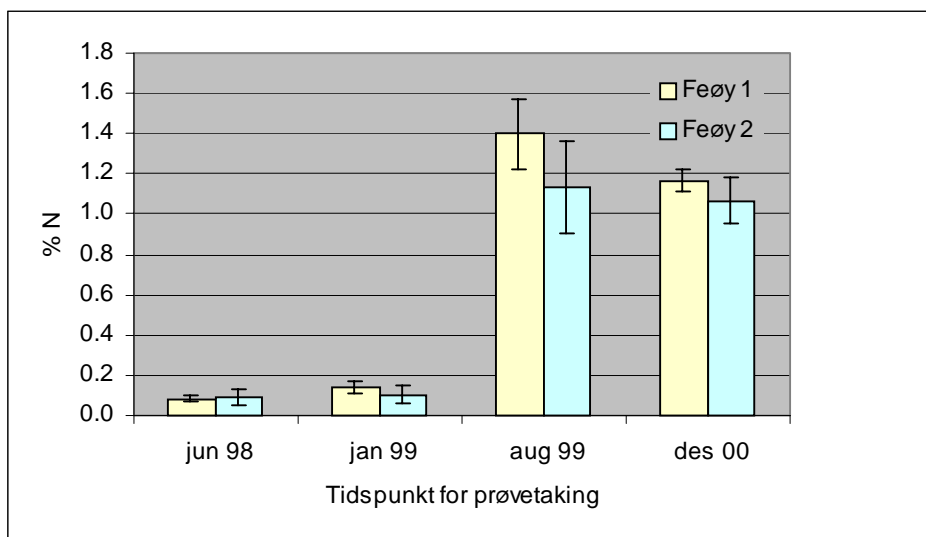
De målte verdiene av organisk innhold som glødetap er lave både på Kvitsøy og Feøy (Figur 5). I en undersøkelse ved Feøy i 1993, ble det også funnet tilsvarende lave verdier for organisk innhold målt som glødetap (Myhrvold & Stokke 1994). Stor variasjon på Stasjon Feøy 1 kan tyde på at prøvene er samlet inn fra ulike steder i det gravde "hullet".



Figur 5. Organisk innhold, målt som glødetap ved Feøy. Kolonnene representerer middelerverdier fra tre replikater, og variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD).

4.2.2 Total Nitrogen

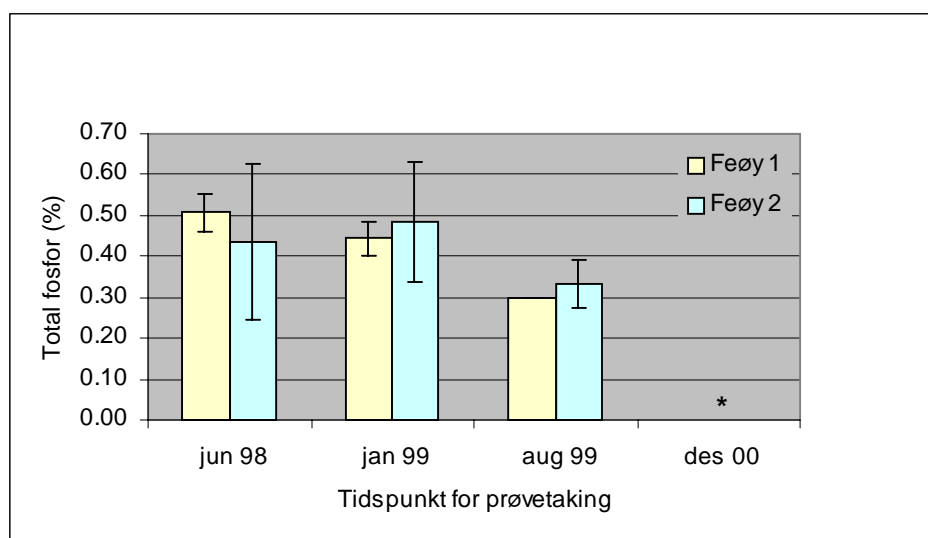
Resultatene fra analyse av total nitrogen (TN) i sediment viste ingen forskjell mellom stasjonene Feøy 1 og 2 i prøvetakingsperioden (Figur 6). Se Vedlegg 2 for fullstendige analyserapporter.



Figur 6. Nitrogen innhold i sediment målt som total nitrogen (TN) ved Feøy, kolonnene representerer middelerverdier fra tre replikater, og variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD).

4.2.3 Total fosfor

Innholdet av fosfor, målt som total fosfor (TP), var lavt gjennom hele prøvetakingsperioden (Figur 7). Det ble ikke observert forskjeller mellom Feøy 1 og Feøy 2 med hensyn på innhold av fosfor i sedimentet. Ved innsamlingen i desember 2000 ble det ikke påvist fosfor. Se Vedlegg 2 for fullstendige analyserapporter.



Figur 7. Fosfor innhold i sediment målt som total fosfor (TP) ved Feøy, kolonnene representerer middelerverdier fra tre replikater, og variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). (* alle verdier under deteksjonsgrensen 0,1 mg).

4.3 Bunnfauna

Tabell 3 viser oversikt over antall individ, antall taxa, diversitet og jevnhet på hver enkelt stasjon over tid (se Vedlegg 1 for fullstendig artsliste). På Kvitsøy ble det til sammen funnet ca 4190 individ fordelt på 144 taxa, og på Feøy ble det samlet inn ca 5150 individ fordelt på 178 taxa (Tabell 3). Høyest antall individ ble funnet på Stasjon Feøy 2 i desember 2000, mens høyeste antall taxa ble funnet på Stasjon Feøy 1 i august 99.

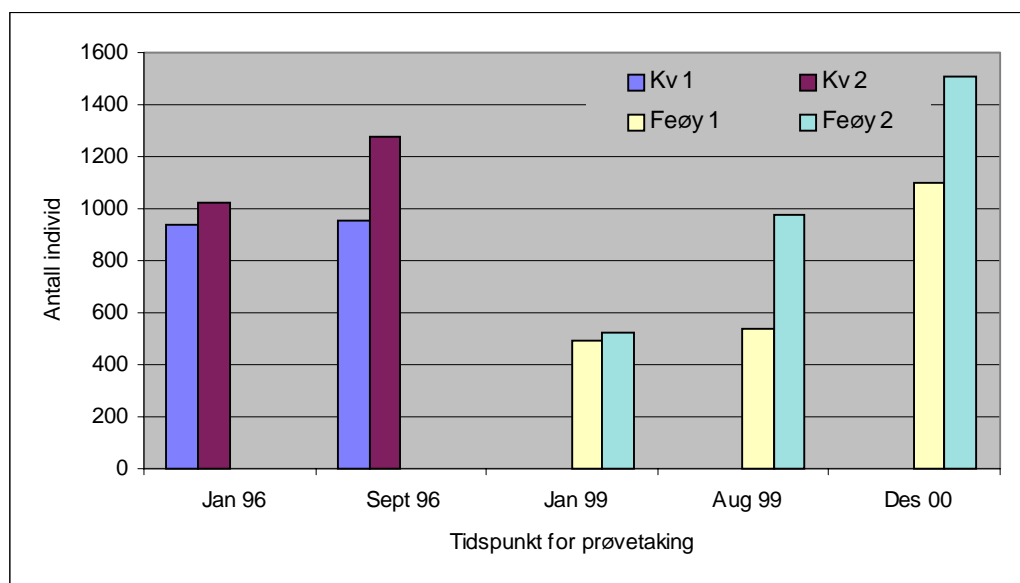
Jevnheten er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Jevnheten er generelt høy på alle stasjonene, dette tyder på at faunaen i området ikke i særlig grad domineres av enkelte arter.

Diversitet målt som Shannon-Wieners diversitetsindeks var høy på og tilstanden beskrives som *Meget god* på alle stasjonene (Molvær m.fl. 1997). Dette tyder på at skjellsandområder har en divers fauna, selv etter uttak av skjellsand. Oug (1993) fant også at skjellsandområder har høy fauna diversitet.

Tabell 3. Antall individ, antall taxa, Shannon-Wiener diversitetsindeks og jevnhet for hver stasjon ved de ulike prøvetakingstidspunkt. Klassifisering av tilstand er gitt i henhold til Molvær (1997). Verdiene baserer seg på fem replikate prøver fra Kvitsøy og fire replikate prøver fra Feøy.

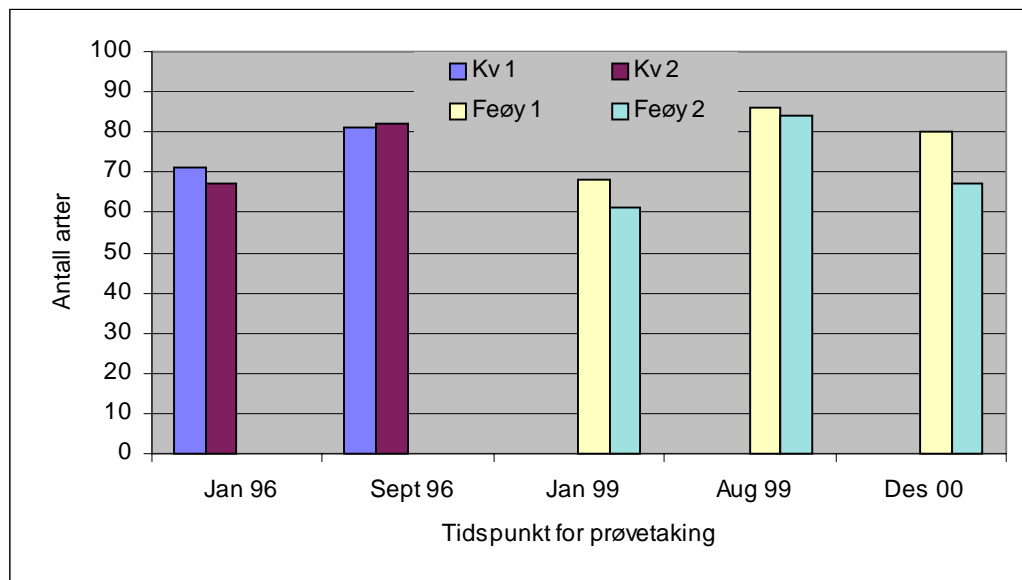
Stasjon	Tidspunkt	Antall individ	Antall taxa	Diversitet	SFT klasse	Jevnhet
Kv 1	jan 96	935	71	4,55	Meget god	0,74
Kv 1	sept 96	956	81	4,50	Meget god	0,71
Kv 2	jan 96	1020	67	4,58	Meget god	0,76
Kv 2	sept 96	1278	82	4,01	Meget god	0,63
Feøy 1	jan 99	496	68	4,26	Meget god	0,70
Feøy 1	aug 99	539	86	5,00	Meget god	0,78
Feøy 1	des 00	1101	80	4,62	Meget god	0,73
Feøy 2	jan 99	520	61	4,16	Meget god	0,70
Feøy 2	aug 99	979	84	4,16	Meget god	0,65
Feøy 2	des 00	1511	67	4,33	Meget god	0,71

Antall individ på hver stasjon gjennom prøvetakingsperioden er vist i Figur 8. På Kvitsøy var antall individ på Stasjon Kv 1 tilnærmet konstant, mens Stasjon Kv 2 var det en økning på over 200 individ innen en kort tidsperiode. Ved Feøy har det vært en økning i antall individ gjennom hele prøvetakingsperioden. Stasjon Feøy 2 har hatt den største økningen, ca 300 % økning fra januar 99 til desember 00. På Stasjon Feøy 1 var økningen i antall individ moderat fra januar til august 99, mens det var en betydelig økning til desember 00.



Figur 8. Antall individ ved Kvitsøy og Feøy i prøvetakingsperioden. Verdiene baserer seg på fem replikate prøver fra Kvitsøy og fire replikate prøver fra Feøy.

Antall arter varierer mellom de ulike prøvetakingsperiodene både på Kvitsøy og Feøy (Figur 9). Stasjonene ved Kvitsøy hadde en økning på ca 10 arter fra januar til september 96. Ved Feøy var det Stasjon Feøy 1 som har høyest antall arter gjennom hele prøvetakingsperioden. Høyest antall arter ble observert i august 99 på begge stasjonene.



Figur 9. Antall arter ved Kvitsøy og Feøy i prøvetakingsperioden. Verdiene baserer seg på fem replikate prøver fra Kvitsøy og fire replikate prøver fra Feøy.

4.3.1 Dominerende arter

Mangebørstemark var den mest dominerende og artsrike på Kvitsøy og Feøy. På Kvitsøy utgjør ca 80 % av faunaen mangebørstemark, mens på Feøy er ca 70 % av individene mangebørstemark. På Kvitsøy var krepsdyrene nest dominerende med hensyn på antall individ og arter (henholdsvis 14 og 37 %). Bløtdyrene (snegl og muslinger) var den nest mest dominerende gruppen (ca 15 % av totalt antall individ) ved Feøy. Krepsdyrene var nest dominerende med hensyn på antall arter (ca 30 % av totalt antall arter). Dominans av mangebørstemark er også observert i andre skjellsandundersøkelser (Myhrvold & Stokke 1994, Oug 1993).

Ved uttak av skjellsand vill bunnsedimentet fjernes, og resultatet vil oftest være en sedimentoverflate uten bunndyr. De arter som raskt kan tilpasse seg nye miljøbetingelser, og som har evne til rask reproduksjon vil være de første til å rekolonisere et slikt område (Gray 1979). Faunaen på Kvitsøy og Feøy består av hovedsakelig av hurtigvoksende arter med kort generasjonstid. Oversikt over dominerende arter er gitt i Tabell 4 og 5. Familien *Sabellidae* (mangebørstemark) dominerer på stasjonene ved Kvitsøy og Feøy gjennom hele prøvetakingsperioden. Børstemarkene som tilhører denne familien er rørbyggende og filter/detritusspiser,

dyrene forekommer i mange typer sediment. *Scoloplos armiger* dominerer stasjonene ved Kvitsøy, dette er en hurtigvoksende manglebørstemark som er vanlig på forurensede lokaliteter (Rygg 1984).

Tabell 4. Dominerende arter ved Kvitsøy i prøvetakingsperioden, verdiene baserer seg på fem replikater ved hver stasjon.

Kv 1, jan 96	Antall	% av N	Kv 2, jan 96	Antall	% av N
	individ			individ	
Scoloplos armiger	148	15.8%	Sabellidae indet	147	14.4%
Pista cristata	99	10.6%	Ampelisca cf. typica	110	10.8%
Sabellidae indet	83	8.9%	Pista cristata	96	9.4%
Aonides paucibranchiata	82	8.8%	Echinocyamus pusillus	95	9.3%
Glycera alba	78	8.3%	Glycera alba	87	8.5%
Echinocyamus pusillus	73	7.8%	Scoloplos armiger	59	5.8%
Ampelisca cf. typica	36	3.9%	Prionospio cirrifera	38	3.7%

Kv 1, sep 96	Antall	% av N	Kv 2, sep 96	Antall	% av N
	individ			individ	
Scoloplos armiger	228	23.8%	Sabellidae indet	353	27.6%
Sabellidae indet	125	13.1%	Pista cristata	140	11.0%
Glycera alba	66	6.9%	Echinocyamus pusillus	123	9.6%
Echinocyamus pusillus	54	5.6%	Scoloplos armiger	122	9.5%
Pista cristata	46	4.8%	Glycera alba	121	9.5%
Aonides paucibranchiata	45	4.7%	Aonides paucibranchiata	70	5.5%
Anthozoa indet	40	4.2%	Minuspio cirrifera	34	2.7%

I tillegg til familien *Sabellidae*, dominerer *Pholoe inornata* ved Feøy i januar og august 99, dette er en hurtigvoksende børstemark som er vanlig i forurensede miljø (Rygg 1984). Muslingen *Astarte montagui* dominerer stasjonene i januar 99 og desember 00. Arten er hurtigvoksende og dominerer ofte sandbunnslokaliteter.

Ved Feøy var det liten forskjell basert på faunasammensetning mellom de to undersøkte lokalitetene, hvilket antyder at konsekvensene av uttaket som ble foretatt er begrenset. Tidligere undersøkelser i områder med skjellsandforekomster har vist at bunndyrs-samfunn reetableres innen kort tid, ca 1-2 år etter uttaket er avsluttet (Kiørboe & Møhlenberg 1982, Persson 1983). Oug (1993) fant at faunaen på typiske skjellsandforekomster hadde en sammensetning for typiske ustabile sedimenter, og at faunaen raskt vil regenereres etter en forstyrrelse. Dermed vil virkningen på naturmiljøet være begrenset.

Tabell 5. Dominerende arter ved Feøy i prøvetaksperioden, verdiene baserer seg på fire replikater ved hver stasjon.

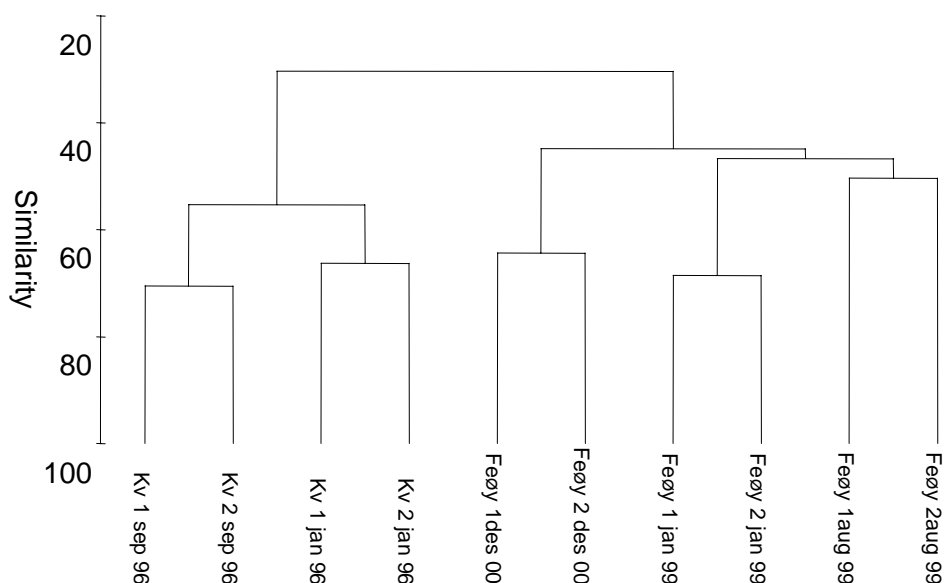
Feøy 1, jan 99	Antalli	% av N	Feøy 2, jan 99	Antalli	% av N
	ndivid			ndivid	
Sabellidae indet	125	25.2%	Sabellidae indet	120	23.1%
Astarte montagui	84	16.9%	Astarte montagui	95	18.3%
Pholoe inornata	52	10.5%	Pholoe inornata	63	12.1%
Timoclea ovata	34	6.9%	Glycera spp	26	5.0%
Galathea intermedia	20	4.0%	Golfingia sp	21	4.0%
Glycera spp	15	3.0%	Timoclea ovata	17	3.3%
Terebellidae indet	15	3.0%	Praxillura longissima	15	2.9%

Feøy 1, aug 99	Antalli	% av N	Feøy 2, aug 99	Antalli	% av N
	ndivid			ndivid	
Sabellidae indet	113	21.0%	Sabellidae indet	310	31.7%
Golfingia sp	49	9.1%	Harpaticoidea indet	94	9.6%
Pholoe inornata	36	6.7%	Astarte montagui	84	8.6%
Myriochele oculata	27	5.0%	Praxillura longissima	67	6.8%
Echinocyamus pusillus	24	4.5%	Pholoe inornata	64	6.5%
Edwardsiidae indet	21	3.9%	Echinocyamus pusillus	51	5.2%
Harpaticoidea indet	15	2.8%	Glycera alba	30	3.1%

Feøy 1, des 00	Antalli	% av N	Feøy 2, des 00	Antalli	% av N
	ndivid			ndivid	
Sabellidae indet	264	24.0%	Sabellidae indet	281	18.6%
Astarte montagui	102	9.3%	Pista cristata	171	11.3%
Pista cristata	77	7.0%	Astarte montagui	151	10.0%
Praxillura longissima	55	5.0%	Polycirrus sp	107	7.1%
Pisione remota	47	4.3%	Paraonis sp	100	6.6%
Polycirrus sp	47	4.3%	Glycera spp	98	6.5%
Phyllodoce groenlandica	42	3.8%	Typosyllis spp	95	6.3%

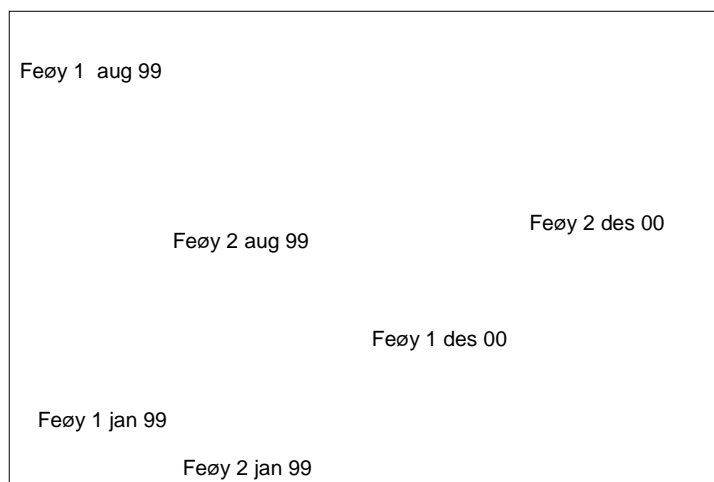
4.3.2 Multivariate analyser

De multivariate analysene er utført for å sammenligne hver enkelt stasjon basert på artsammensetning. Resultatene fra Cluster analysen er vist i Figur 10. Stasjonene ved Kvitsøy skiller seg ut som en egen gruppe, og har ulik faunasammensetning i forhold til Feøy (ca 30 % likhet). Gjennom hele prøvetaksperioden er det tidspunktet for prøveinnsamling som er avgjørende og ikke lokalisering av stasjoner, dette gjelder både for Kvitsøy og Feøy.



Figur 10. Cluster analyse av faunadata fra Kvitsøy og Feøy på hver stasjon i prøvetakingsperioden. Verdiene baserer seg på fem replikate prøver fra Kvitsøy og fire replikate prøver fra Feøy.

I MDS analysen er stasjonene fra Kvitsøy utelatt, og plottet viser Stasjon Feøy 1 og Feøy 2 ved de tre prøvetakingstidspunktene (Figur 11). Resultatene viser at prøvetakingen av Stasjon Feøy 1 i august 99 skiller seg mest ut, ellers er det god overensstemmelse mellom MDS- og clusteranalysen. Stress i MDS analysen er 0,01, som indikerer en meget god gjengivelse av dataene.



Figur 11. MDS analyse av faunadata fra Feøy i prøvetakingsperioden, stress=0,01. Verdiene baserer seg på fire replikate prøver

5 Konklusjoner

Fysiske/kjemiske parametre

Sedimentet hvor uttaket av skjellsand ble foretatt (Feøy 1) bestod i begynnelsen av prøvetakingsperioden av mer grovkornet sediment sammenlignet med referansestasjonen (Feøy 2). Grusfraksjonen i sedimentet på Feøy 1 er redusert i løpet innsamlingsperioden, og leire fraksjonen er økt. Variasjon mellom replikate prøver indikerer at sedimentet er har varierende partikkelstørrelse innenfor et begrenset område.

Med hensyn på de målte kjemiske parametrene (TOC, TN og TP) ble det ikke observert forskjeller mellom referansestasjonen og stasjon Feøy 1 som var plassert hvor uttaket av skjellsand ble foretatt. Veridene for totalt organisk karbon, totalt nitrogen og total fosfor var generelt lave, og miljøtilstanden i området klassifiseres som god både før og etter uttak av skjellsand.

Marin bunnfauna

De undersøkte lokalitetene har gjennom hele prøvetakingsperioden høy artsdiversitet, *Meget god* etter SFTs klassifisering. Faunaen domineres av manglebørstemark både på Kvitsøy og Feøy. Krepsdyr er nest dominerende på Kvitsøy. På Feøy er krepsdyr nest dominerende artsmessig, mens bløtdyrene er nest dominerende med hensyn på antall individ. Faunaen på Kvitsøy og Feøy består av hurtigvoksende arter med kort generasjonstid. Familien *Sabellidae* (manglebørstemark) dominerer på stasjonene ved Kvitsøy og Feøy gjennom hele prøvetakingsperioden.

Resultatene viser at det undersøkte skjellsandområdet har varierende fauna sammensetning innenfor korte tidsperioder. Dette tyder på at skjellsandområdet er et ustabil habitat, med varierende rekruttering. Uttaket av skjellsand som ble foretatt på ved Feøy (Stasjon Feøy 1) ser ut til å hatt begrenset påvirkning på faunaen i området.

6 Referanser

- Gray, J.S. 1979. Pollution-induced changes in populations. - *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 286:545-561.
- Kjørboe, T. & F. Møhlenberg 1982. *Sletter havet sporene? En biologisk undersøgelse af miljøpåvirkninger ved ral- og sandsuging*. - Miljøministeriet, fredningsstyrelsen, Danmark. 96 pp.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Statens Forurensningstilsyn. - Veiledning SFT 97:03. 36 s.
- Myhrvold, A: 1993. *Forvaltning av skjellsandressurser – Behov for oppgradering av kunnskap*. – Rogalandsforskning. Rapport RF - 93/199. 27 s.
- Myhrvold, A. & K. Stokke 1994. *Marinbiologisk undersøkelse ved fem skjellsandlokaliteter i Rogaland*. - Rogalandsforskning. Rapport RF - 94/276. 29 s.
- Ottesen, D. 1994a. *Skjellsandundersøkelser i Rogaland I*. – Norges Geologiske Undersøkelser. Rapport NGU – 94.001.
- Ottesen, D. 1994b. *Skjellsandundersøkelser i Rogaland II*. – Norges Geologiske Undersøkelser. Rapport NGU – 94.002.
- Ottesen, D. & R. Bøe 1992. *Skjellsandundersøkelser i Finnøy Kommune, Rogaland*. - Norges Geologiske Undersøkelser. Rapport NGU – 92.313. 21 s.
- Oug, E. 1993. *Bunnfauna på skjellsandforekomster i Sund kommune, Hordaland*. - NIVA. Rapport NIVA 2875/0-91203. 51 s.
- Oug, E. & L. Golmen. 1992. *Skjellsandutvinning – Økologiske konsekvenser ved utvinning av skjellsand*. – NIVA. Rapport NIVA 0-90099, E-90442. 45 s.
- Persson, L-E. 1983. *Miljøeffekter av marin sand- och grustäkt*. - Statens Naturvårdsverk, PM 1719. Solna, Sverige. 70 s.
- Sørensen, J. 1991. *Skjellsandutvinning – Samfunnsmessig betydning og konflikter*. – NIVA. Rapport NIVA 0-90099. 34 s.
- Aakerøy, P.M. 1985. *Makrofauna i Skjellsand, fra 5 til 15 m's dyp på en middels eksponert lokalitet*. – Cand. scient. oppgave. Universitetet i Bergen, Institutt for Marinbiologi. 103 s.

Vedlegg

Vedlegg 1. Artsliste fra Kvitsøy og Feøy

Vedlegg 2. Resultat fra fysiske og kjemiske analyser

- **Kvitsøy, januar 1996**
- **Kvitsøy, september 1996**
- **Feøy, juni 1998**
- **Feøy, januar 1999**
- **Feøy, august 1999**
- **Feøy, desember 2000**