



O-90099 E-90442

Skjellsandutvinning

Økologiske konsekvenser ved
utvinning av skjellsand

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O - 90099 E - 90442	Undernr.:
Løpenr.: 2792	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	--	--

Rapportens tittel: SKJELLSANDUTVINNING. Økologiske konsekvenser ved utvinning av skjellsand	Dato: 23.sept.1992	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Marin eutrofi.	
Forfatter(e): Eivind Oug Lars Golmen	Geografisk område: Hordaland	
	Antall sider: 45	Opplag:

Oppdragsgiver: Sund kommune, Hordaland	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

Rapportens hovedmål er å beskrive mulige konsekvenser for naturmiljøet ved utvinning av skjellsand. Arbeidet omfatter undersøkelser på et utvalg skjellsandforekomster i Sund kommune, Hordaland, og vurdering av konsekvenser basert på tilgjengelig litteratur. Det ble ikke observert spesielle ressurser (skjell, tare etc.) på forekomstene, men det var rik taeskog i områdene omkring. Spor etter tidligere uttak var tydelige, men det kunne ikke vises til effekter som følge av uttaket i omkringliggende områder. Det meste av aktuell kunnskap om utvinning omhandler sand og grus i Nordsjøområdet. Generelt synes effekter på naturmiljøet å være små, men lokalt kan ødeleggelse av gyteområder, forandring av bunntopografi og endrede strømforhold/erosjon ha betydning. Trolig vil de viktigste hensyn ved utvinning av skjellsand være knyttet til ressurser som måtte finnes på forekomstene, mens effekter i nærområdet vil være små og lokale.

4 emneord, norske

1. Skjellsand
2. Bunnfauna og vegetasjon
3. Utvinning
4. Vurdering av konsekvenser

4 emneord, engelske

1. Calcareous sand
2. Bottom fauna and vegetation
3. Extraction
4. Environmental assessment

Prosjektleder

Lars G. Golmen
.....
Lars G. Golmen

For administrasjonen

Torgeir Bakke
.....
Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2177-8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

O - 90099, E - 90442

SKJELLSANDUTVINNING

Delrapport 2:

Økologiske konsekvenser ved utvinning av skjellsand

Grimstad/Bergen 23. september 1992

Prosjektleder: Lars Golmen

Medarbeidere: Eivind Oug
Svein Rune Erga
Børge Holte
Salve Dahle

FORORD

Dette prosjektet er ledd i et større utredningsarbeid omkring konsekvenser ved opptak av skjellsand, satt i gang og administrert av Sund kommune i Hordaland. Arbeidet ledes av miljøvernleder Åge Landro. Norges Geologiske Undersøkelser har foretatt kartlegging av forekomstene, mens NIVA har vurdert næringsmessige aspekter og virkninger på naturmiljøet. Arbeidet har fått støtte fra en rekke offentlige etater. NGU og NIVA har bidratt med egne forskningsmidler.

Feltarbeidet ble gjennomført fra M/S 'Sjøkraft' med skipper Widar Fondevik og mannskap Lorentzen. Disse takkes spesielt for stor imøtekommenhet etter at utstyrfeil nødvendiggjorde fornyede videoopptak. Ved feltarbeidet i desember 1990 deltok Åge Landro, Svein Rune Erga (NIVA) og Børge Holte (NIVA/Akvaplan-niva). Ved feltarbeidet i september 1991 deltok Åge Landro og Eivind Oug (NIVA).

Bunnprøvene ble sortert av Salve Dahle (Akvaplan-niva), mens Brage Rygg (NIVA) har utført tallbehandling. Eivind Oug står ansvarlig for artsidentifisering av bunnprøver og litteratursøk.

Rapporten er skrevet av Eivind Oug med unntak for avsnittene om strøm og partikkeltransport som er skrevet av Lars Golmen. Frithjof Moy har bidratt med faglige innspill.

Prosjektet har vært organisert gjennom NIVA-Vestlandsavdelingen. Prosjektleder har vært Svein Rune Erga (fram til 1.1.91) og Lars Golmen (fra 1.1.91).

Norsk institutt for vannforskning - Sørlandsavdelingen
Grimstad 23.9.92

Eivind Oug

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	5
2. INNLEDNING	6
2.1. Bakgrunn for undersøkelsene	6
2.2. Utvinning av sand- og kalkforekomster i sjø	6
2.3. Effekter på naturmiljøet	8
2.4. Næringsmessige konflikter	9
2.5. Undersøkelsens formål	10
2.6. Opplegg for undersøkelsen	10
3. SAND OG SKJELLSAND	11
3.1. Sand, vannbevegelser og topografi	11
3.2. Karakterisering av skjellsand	12
4. UNDERSØKELSENE I SUND KOMMUNE	13
4.1. Undersøkelsesområdet	13
4.2. Skjellsandforekomstenes sammensetning og alder	13
4.3. Valg av forekomster	15
4.4. Feltarbeid	15
4.4.1. Undervannsvideo	15
4.4.2. Bunnprøver	16
4.5. Andre undersøkelser i området	16
5. RESULTATER	17
5.1. Videoopptak	17
5.2. Bunnprøver	19
5.3. De enkelte forekomstene	20
5.3.1. Utenfor Glesvær (område 21)	20
5.3.2. Glesvær vest (område 21B)	20
5.3.3. Sør for Store Risøya (område 17)	23
5.3.4. Sør for Store Vardøy (område 7)	24
5.3.5. Vest for Store Risøya (område 18)	24
5.4. Vurdering av de undersøkte forekomstene	25

6. UNDERSØKELSER AV BUNNFAUNA I OG VED SANDFOREKOMSTER	27
6.1. Skjell- og kalksand	27
6.2. Mineralsand, sandblandede sedimenter og grus	27
6.3. Sammenheng mellom bunnfauna og sediment	28
6.4. Hardbunn	28
7. RAPPORTERTE VIRKNINGER AV UTVINNING AV SAND OG GRUS	29
7.1. Bølger, strøm og partikkeltransport	29
7.1.1. Bølger og strøm	29
7.1.2. Partikkeltransport	30
7.2. Partikler og næringssalter i vannmassene i opptaksområder	31
7.3. Endringer i bunntopografi	32
7.4. Transport av finmateriale til omkringliggende områder	33
7.5. Virkninger på fauna og flora i opptaksområder	33
7.5.1. Fisk og gyteplasser	34
7.6. Effekter utenfor opptaksområder	34
7.6.1. Fisk og gyteplasser	35
8. DISKUSJON	36
9. LITTERATUR	38

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. Denne rapporten inngår som et ledd i et utredningsarbeid omkring konsekvenser ved opptak av skjellsand, administrert av Sund kommune i Hordaland. Rapportens hovedmål er å belyse mulige konsekvenser for naturmiljøet. Arbeidet har både en spesiell og en generell del:

- beskrive forholdene på et utvalg skjellsandforekomster i Sund kommune
- vurdere konsekvenser ved utvinning basert på tilgjengelig litteratur

2. De viktigste miljøvirkningene ved uttak av skjellsand kan skisseres ved:

Effekter på utvinningsstedet:

- Bunnoverflaten ødelegges. Organismer og organismsamfunn skades eller ødelegges
- Forekomsten kan ødelegges som gyte-/oppvekstområde for fisk og næringsområde for fugl
- Groper i bunnen kan samle råtnende materiale
- Bunnsedimentet blir mer ustabil og kan bringes bort med strøm

Effekter i tilgrensende områder:

- Oppvirvlet finmateriale kan skade organismer og påvirke bunnforhold utenfor opptaksområdet
- Oppvirvlet materiale fører til en tilgrumsing av vannmassene i nærområdet
- Strømforhold og erosjon kan endres som følge av at bunntopografien endres

3. *Skjellsandforekomster i Sund kommune.* Fem forekomster ble valgt ut for undersøkelser. På hver ble det tatt bunnprøver med bunngrabb og gjort opptak med undervannsvideo. Det ble lagt vekt på at opptakene skulle vise bunnforhold og organismsamfunn både på sandforekomstene og i områdene omkring. På to av forekomstene har det tidligere vært drevet utvinning.

4. En av forekomstene (felt 21 ved Glesvær) ligger i et sedimentasjonsområde hvor bunnoverflaten har karakter av bløtbunn. De andre forekomstene hadde grov til fin skjellsand med noe begroing av alger. Spor etter tidligere uttak var tydelige, men lokale. Det var lite som tydet på effekter etter uttaket i tilgrensende områder. Bunnfaunaprøvene indikerte at skjellsanden var lite stabil (overflaten blir lett omrørt av strøm), men det var forskjeller mellom forekomstene. Det ble ikke observert spesielle bioressurser (skjell, tare etc.) på noen av forekomstene, men det var rik tareskog i områdene omkring.

5. *Litteraturgjennomgang.* Det finnes svært lite informasjon om utvinning av skjellsand og andre kalkforekomster i sjø. Men det finnes en rekke arbeider som omhandler miljøvirkninger ved uttak av sand og grus. De mest relevante arbeidene er fra Nordsjøområdet, Danmark og Sverige. Utredningene konkluderte med at virkningene på naturmiljøet generelt var små. Lokalt kan ødeleggelse av gyteområder for fisk, forandring av bunntopografi og endret strøm/erosjon ha betydning. Effektene av oppvirvlet materiale og tilgrumsing ble vurdert som små.

6. Hovedkonklusjonene i de utenlandske arbeidene må regnes å ha gyldighet også for utvinning av skjellsand i norske farvann. Trolig vil de viktigste hensyn være knyttet til ressurser som måtte finnes på forekomstene og som kan ødelegges, men mulighetene for skader i tilgrensende områder vil være tilstede. Ofte er det tareskog eller andre bunntyper med forskjellige organismsamfunn nær til forekomstene. Spesielt bør man være oppmerksom på mulighetene for skader i tareskogsområder som er antatt å være viktige oppvekstområder for fisk. Med dagens kunnskapsnivå blir det imidlertid spekulativt å antyde spesielle negative effekter for områdene utenfor forekomstene.

2. INNLEDNING

2.1. Bakgrunn for undersøkelsene

Utnyttelse av sandforekomster i marine områder er en gammel næring langs norskekysten. Det er vanligst tale om å utnytte forekomster av skjellsand eller grus/støpesand på relativt grunt vann. Uttak av skjellsand på sjøbunn er en aktivitet som har antatt økende omfang de siste årene. Oppmalt skjellsand har svært gode egenskaper som kalkingsmiddel i jordbruk og vassdrag for å nøytralisere surhet. Dette bruksområdet synes å være økende. Trolig er det derfor et betydelig markedspotensiale for skjellsand, som kan gi grunnlag for næringsutvikling i mange kystsamfunn dersom betingelsene ligger til rette.

Sandutvinning medfører også næringskonflikter. Særlig har reaksjonene fra fiskerihold vært sterke, og i de senere år har det også vært reist betydelige innsigelser fra friluft- og miljøvernhold. Dette har resultert i en vanskelig saksgang i samband med søknader om utvinningstillatelser. I stor grad skyldes konfliktene at det finnes lite kunnskap om hvilke konsekvenser sandutvinningen har for naturmiljø og andre næringsinteresser.

Sund kommune har i samarbeid med Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) og NIVA tatt initiativ til en ressurskartlegging av skjellsand og en konsekvensanalyse ved utvinning. NGU har tatt seg av kartlegging av forekomster og vurdering av skjellsandkvalitet. NIVA har vurdert samfunnsmessige og miljømessige konsekvenser ved utvinning. NGUs kartlegging og vurdering av forekomstenes mektighet er gitt i to rapporter (Grøsfjeld 1990, 1991). De samfunnsmessige vurderingene (NIVA) er gitt av Sørensen (1991).

Denne rapportens hovedmål er å belyse mulige konsekvenser for naturmiljøet ved utvinning av skjellsand. Rapporten har både en spesiell og generell del:

- beskrivelse av forholdene på et utvalg skjellsandforekomster i Sund kommune
- vurdering av konsekvenser ved utvinning basert på tilgjengelig litteratur

I rapporten blir det også gitt en kort oversikt over noen fysiske prosesser som er involvert ved danning og transport av skjellsand. Det ligger utenfor rapportens målsetting å foreta spesielle analyser av hvilke prosesser som er mest aktive i undersøkelsesområdet.

Etter at foreliggende arbeid var kommet i gang er det gitt midler til videre bearbeiding av biologiske prøver (kvantitative bunnprøver). Dette vil bli rapportert senere (Oug, in prep.). Det foreligger også en foreløpig rapport fra de biologiske undersøkelsene (Oug & Holte 1991).

2.2. Utvinning av sand- og kalkforekomster i sjø.

I Europa foregår det betydelig utvinning av undersjøiske forekomster av grus og mineralsand. Det meste blir tatt opp i åpen sjø i sydlige Nordsjøen, men i perioder har det også vært store uttak i sydlige Kattegat

og Østersjøen. De mest brukte teknikkene er sandsuging fra skip i fart (slepsuging) eller skip som er forankret (stikksuging). Ved sugeteknikkene pumpes det opp mye vann som spyles ut igjen samtidig som sanden siktes. Ved sandsuging blir det derfor en betydelig tilgrumsing av sjøen i opptaksområdet.

Opptak av sand med grabb foregår også i noen grad, men er mest aktuelt i forbindelse med mudring av skipskanaler og havneområder. Spesielt lukkede grabber er utviklet for mudring av forurensede bunnsedimenter hvor det er viktig at minst mulig bunnmateriale virvles opp i vannmassene.

Opptak av skjellsand i Norge har vært økende over de siste år. Sørensen (1991) gir en oversikt over konsesjoner og opptaksmengder. Ellers i Europa foregår det opptak av andre typer kalksand i Irland, Syd-England og Frankrike (Bretagne). Forekomstene som der utnyttes, betegnet 'maerl', består nesten utelukkende av rester av kalkalger (*Phymatolithon calcareum*, *Lithothamnion corallioides*) (ICES 1977, Blunden & al. 1977, Scoffin 1987). I noen tilfeller kan levende alger mer eller mindre dekke forekomstene. Kalksanden brukes som jordforbedringsmiddel.

Miljøvirkningene ved sandutvinning er blitt belyst i en rekke arbeider, men det aller meste omhandler opptak av mineralsand. I de nordiske land er det foretatt utredningsarbeider både i Sverige og Danmark, henholdsvis under Statens Naturvårdsverk (Persson 1983, Hanson 1983) og Miljøministeriet (Kiørboe & Møhlenberg 1982). Fra Nordsjøområdet ellers foreligger det utredninger fra Nederland og England.

Konsekvensene ved utvinning av sand og grus har også blitt tatt opp av Det internasjonale råd for havforskning (ICES). ICES nedsatte i 1973 en egen arbeidsgruppe ('Working Group on effects on fisheries of marine sand and gravel extraction') for å behandle problemene ved utvinning av undersjøiske løsmasser. Arbeidsgruppens utgangspunkt har vært konsekvenser for fiskerier, men den har etterhvert også lagt mer vekt på generelle virkninger på marine økosystemer. Gruppen har utgitt tre rapporter (ICES 1975, 1977, 1992). De eldste rapportene omtaler for det meste utvinning av mineralsand fra åpne sjøområder basert på forholdene i sydlige Nordsjøen. Det er lagt mest vekt på virkninger for fiskerier, spesielt sild og tobis. I tilknytning til ICES's arbeid er det også gjort en del spesielle studier av effekter for fisk. I tillegg gir arbeidsgruppen i ICES ut referater fra sine faste årlige møter (såkalte CM) hvor tall for utvinning og status for forskning i de enkelte land listes opp.

Det finnes svært lite informasjon som går spesielt på utvinning av skjellsand og kalkforekomster. I Norge har konsekvenser ved opptak ikke vært belyst annet enn ved enkle befaringer. Fra Frankrike og de Britiske øyer foreligger det flere undersøkelser av 'maerl'-forekomstene, men de fleste av disse synes å omfatte kartlegging ved siden av rene studier av selve algene. ICES (1977) gir en oversikt både over kartlegging og biologiske/geologiske undersøkelser.

2.3 Effekter på naturmiljøet

Utvinning av skjellsand vil påvirke naturmiljøet både på selve forekomsten og i tilgrensende områder. Nedenfor er det listet opp mulige effekter som utvinning kan ha. Grovt sett kan virkningene deles inn i effekter på forekomstene som følge av at bunnoverflaten ødelegges, og effekter i omkringliggende områder.

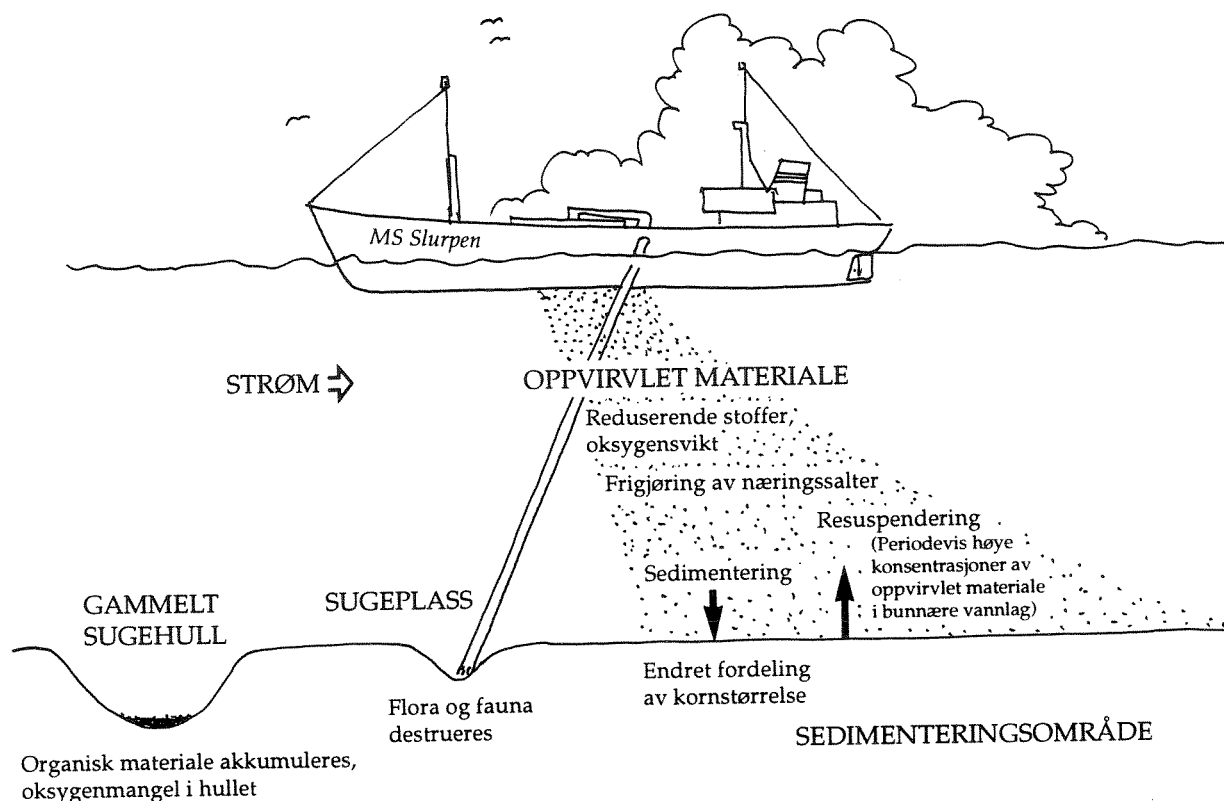
A. Effekter på utvinningsstedet

- Bunnoverflaten ødelegges. Organismer og organismesamfunn skades eller ødelegges (f.eks. tareskog, skjellforekomster, bunnfauna).
- Forekomsten kan ødelegges som livsmiljø for tilknyttede organismer, f.eks. som gyte/oppvekstområde for fisk og næringsområde for fisk og sjøfugl.
- Groper i bunnen etter utvinning kan virke som feller på tiltransportert organisk materiale. Det er derfor mulighet for oppsamling av råtnende materiale.
- Bunnsedimentet kan destabiliseres slik at bunnmateriale lettere bringes bort med strøm. Dette skyldes at mange bunnorganismer binder bunnsediment og stabiliserer bunnoverflaten (f.eks. tare, kalkalger, rørbyggende børstemark, blåskjell/O-skjell).

B. Effekter i tilgrensende områder

- Oppvirvlet finmateriale (sand og silt) vil avsettes utenfor opptaksområdet. Økt partikkelavsetning medfører økt belastning på fastsittende dyr og alger og kan hemme rekruttering av nye individer til bestandene. Bunnforholdene endres som følge av partikkelsedimentering.
- I strømssterke områder kan oppvirvlet materiale føre til en sterk partikkelskuring. Effekter vil forventes å variere med skjellsandens partikkelfordeling (mye/lite finmateriale) og strømforholdene i området.
- Turbiditet ('grumsing') i vannmassene vil øke som følge av oppvirvlet materiale. Dette kan føre til svekket lysgjennomgang i vannet og nedsatt algevekst.
- Oksygenforbrukende materiale fra bunnen som frigjøres i vannet, kan påvirke/hemme organismer i området.
- Strømforhold, og derved også erosjon/partikkelavsetning, kan endres som følge av at bunntopografien endres.

Figur 1 gir en skjematisk fremstilling av effektene ved sandsuging (stikksuging) (fra Kiørboe & Møhlenberg 1982). Disse effektene har dannet grunnlag for en rekke utenlandske undersøkelser. Mange av problemene ved skjellsandopptak vil være av samme karakter, men det må forventes at mengdene av oppvirvlet (suspendert) materiale i vannet blir vesentlig mindre. Effekter i tilgrensende områder kan også bli svært forskjellige fordi norske skjellsandforekomster ofte ligger i strømrrike områder med fast fjell og tareskog i nærområdet, mens sandopptak skjer fra sandbanker som ofte grenser til bunnområder med bløte bunnsedimenter.



Figur 1. Skjematisk fremstilling av miljøeffekter ved sandsuging (stikksuging). Etter Kiørboe & Møhlenberg (1982).

2.4. Næringsmessige konflikter

Sørensen (1991) nevner følgende bruker- og verneinteresser som kan komme i konflikt med skjellsandopptak:

- fiske-, gyte- og oppvekstplasser for fisk
- akvakultur, spesielt skjelloppdrett
- friluftsliv/bading
- naturvern (våtmarksområder, havstrandsområder)
- installasjoner på sjøbunnen (kabler, rørledninger etc.)
- kulturminne på sjøbunnen, skipsvrak o.l.

Konfliktene som kan oppstå til fiskeinteresser og naturvern/friluftsliv, henger nøye sammen med hvilke konsekvenser utnyttelsen har for naturmiljøet. Naturfaglige og samfunnsmessige forhold omkring skjellsandopptak må derfor betraktes i sammenheng.

Sørensen (1991) bedømmer effektene på fisk og fiskebestander som mest alvorlige. Et problem er imidlertid at gyte- og oppvekstområder for fisk er dårlig kartlagt.

2.5. Undersøkelsens formål

Denne undersøkelsen skal:

- Beskrive organismer og organismesamfunn på skjellsandforekomstene og vurdere omfanget av skadevirkninger ved sandutvinning.
- Klarlegge eventuelle ettervirkninger i sandforekomster hvor utvinning har funnet sted.
- Vurdere effekter av utvinning på tilgrensende områder.

Dessuten skal rapporten gi en generell beskrivelse av skjellsand som naturmiljø og kjente virkninger av sandopptak.

2.6. Opplegg for undersøkelsen

NGUs kartlegging av skjellsandforekomstene i Sund ble foretatt i 1989 (Grøsfjeld 1990). Denne kartleggingen danner utgangspunkt for NIVAs arbeid. På enkelte av forekomstene har det vært drevet utvinning tidligere, men det har ikke vært tatt ut skjellsand de siste årene. Det var derfor mulig å undersøke uforstyrrede områder og kontrollere for ettervirkninger i områder hvor det har vært drift.

Undersøkelsen omfatter undervannsinspeksjon med videoutstyr og prøvetaking med bunngrabb for analyse av bunnfauna. Videoinspeksjonen gir grunnlag for generelle beskrivelser av forekomstene og hvilke organismer som dominerer. Bunnfaunaprøvene gir det mest presise grunnlaget for å vurdere tilstanden på forekomstene, men prøvene er små og gir mindre inntrykk av eventuell variasjon på stedet. Prøvetakingsmetodene utfyller derfor hverandre ved vurdering av forekomstene.

3. SAND OG SKJELLSAND

3.1. Sand, vannbevegelser og topografi

I de fleste sandbunnsområder er det en dynamisk likevekt mellom avsetning av tilført materiale (akkumulasjon) og borttransport av sedimentert materiale (erosjon). Likevekten styres av hydrofysiske forhold (strøm, bølger, stormperioder) og karakteren på det materialet som tilføres. Topografiske forhold i et område og strømbaner er avgjørende for hvor materiale avsettes. Det er imidlertid mange eksempler på at bygging av moloer, mudring i elveløp og andre inngrep (f.eks. også sandutvinning) har endret likevekten slik at strender er blitt erodert bort mens sand er blitt avsatt i nye områder. Nyere tekstbøker om emnet gir god og generell innføring (f. eks. Halis og Carr 1975, Scoffin 1987, Carter 1988).

På grunt vann er groper og forsenkinger i bunnen naturlige akkumuleringsområder for sand og annet finmateriale. På dypere vann kan forekomster finnes også på flatere partier. Ved sanduttak vil det gjerne etterlates groper i bunnen, og den lokale bunntopografi endres. Dette vil i seg selv innebære endrede betingelser for framtidig avsetning. En fordypning i bunnen vil normalt fylles opp inntil det oppstår et tilnærmet likevektsforhold mellom tilførsler og oppvirvling på overflaten. I områder med stor tilførsel og transport av sand vil groper etter uttak virke som sandfeller i lang tid framover etter uttaket. Dette aspektet har betydning for en diskusjon om forflytting og fornybarhet av sandressurser.

Det finnes mye generell dokumentasjon om sand-dynamikk i kystsonen. Det meste av litteraturen beskriver prosesser langs sandstrender, gjerne knyttet til målinger av enten erosjonsrate eller akkumuleringsrate. Typisk er undersøkelsene knyttet til store sandforekomster på strender, til elver og elveutløp med stor sedimenttransport i vannmassene, eller til havneområder. Videre er undersøkelser gjerne gjort i områder med relativt enhetlig topografi slik at sammenheng mellom sandtransport og variasjon i andre parametre (f.eks. bølgeaktivitet) lettere kan studeres (se f.eks. Hanson 1983).

Sand karakteriseres generelt ut fra partikkelens størrelse, form og ulike egenskaper. Noen viktige generelle partikkelegenskaper er (Kumbein 1977):

- størrelse (skaladiameter)
- form (rundhet)
- mineralsammensetning (densitet)
- overflatemønster (ruhet).

Med sandens sortering, eller sorteringsgrad, menes et mål for sammensetningen av ulike partikkelstørrelser. Lav (dårlig) sortering innebærer at sanden inneholder både store, mellomstore og små partikler. Høy sorteringsgrad innebærer et ensartet sediment m.h.t. partikkelstørrelse.

Sorteringsgraden må tilknyttes opplysninger om bl. a. partikkelstørrelse, for å danne en helhetlig informasjon om et sedimentet. Høy sorteringsgrad og stor partikkelstørrelse (grovt sediment) hører gjerne til områder med markert strøm eller bølgepåvirking fordi finmateriale eroderes bort. Slike områder betegnes gjerne som høyenergisoner.

3.2. Karakterisering av skjellsand

Skjellsand kan karakteriseres etter partikkelstørrelser og sortering tilsvarende som vanlig mineralsand. Skjellsand har imidlertid også sin særegne karakteristikk. Materialet har lavere egenvekt, og partiklene ofte flat eller hul fasong, noe som gjør at partiklene lettere transporteres i vann og med strøm. Det er derfor ikke like klar sammenheng mellom strøm/vannbevegelser og kornstørrelser/sortering i skjellsand som i ren mineralsand. Grov skjellsand kan forekomme både i lavenergisoner (dype, evt. skjermede soner) og i høyenergisoner (Grøsfjeld 1990). Grove skjellfragmenter er relativt lette, og virvles lett opp ved kraftig bølgepåvirkning i grunnere områder. Noen fragmenter vil føres mot dypere sjøområder, og falle ned der. I dette nye miljøet er erosjonspåvirkningen liten, og de store fragmentene brytes langsomt ned.

Skjellsandsedimentet som aggregat (skjellsandforekomster) kan karakteriseres ved:

- mengde (forekomstens mektighet)
- lagdeling
- sortering
- partikkel-orientering (i sedimentet).

For kommersiell utnyttelse av skjellsand er i tillegg informasjon om partikkelstørrelsen eller finfordelingsgraden viktig. Liten partikkelstørrelse innebærer høy løsningssevne og dermed god kalkvirkning i samband med f. eks. jordforbedring.

Et system for karakterisering av skjellsand, utviklet for landbruksformål, har også vært benyttet av NGU. I dette karakteriseres skjellsanden etter opprinnelsesmateriale og forvitringsgrad i et system med fire klasser.

- Kategori I: Godt forvitret, tynt og skjørt skjellsandmateriale og mergel - knivskjell, andre mindre skjell, småsnegl, små rur, krepsdyr, kråkeboller.
- Kategori II: Godt forvitret tykt materiale - blåskjell, O-skjell, kuskjell, østers, store snegler, stor rur.
- Kategori III: Lite forvitret tykt materiale - samme arter som i kategori II, men forholdsvis ferskt materiale.
- Kategori IV: Korallsand av rugl/kalkalger

Skjellsand av kategori I og IV er mest aktuelle som jordforbedringsmiddel.

Fornyng av skjellsand, transport av kalkfragmenter til og fra forekomster og erosjon må defineres innenfor ulike tidsskalaer. På korte tidsskalaer (mindre enn et år) er dynamikken nær knyttet til bølgeaktivitet og strøm i området. På noe lenger tidsskala (ti-år) kan produksjon av skjell og kalkpartikler (generering) være en viktig parameter. På lang tidsskala (århundrer, årtusener) vil langsomme prosesser slik som klimaendringer og landheving være viktige for dynamikken. Generelt er det grunn til å tro at mektige forekomster av skjellsand er avsatt over lange tidsperioder og kan være svært gamle.

4. UNDERSØKELSENE I SUND KOMMUNE

4.1. Undersøkellesområdet

Sjøområdet i Sund kommune som den foreliggende undersøkelsen omfatter, består av et belte av holmer, skjær og mindre øyer som strekker seg fra Golta/Glesvær sørover til Korsfjorden (Figur 2). Beltet er 6-7 km langt, og 2-3 km bredt. Mellom dette beltet og Toftarøy i øst, er det ei relativt markert dyprenne. Denne renna har tre bassenger med dybde 60-90 meter, adskilt av 30-60 m dype terskler. Disse bassengene har tidvis stagnant dypvann, og dårlige oksygenforhold (Bjerknes et al. 1988). Mot vest grenser beltet mot Nordsjøen. De vest- og sørvendte strandsonene er dermed godt eksponert overfor bølgeaktivitet, mens de østvendte delene er mer beskyttet.

Dynamisk sett består dermed området i Sund av ulike soner, dels svært eksponerte og dels skjermede. Den uensartede eksponeringen må innebære at flere fysiske prosesser for sedimenttransport og nedbryting er aktive i området.

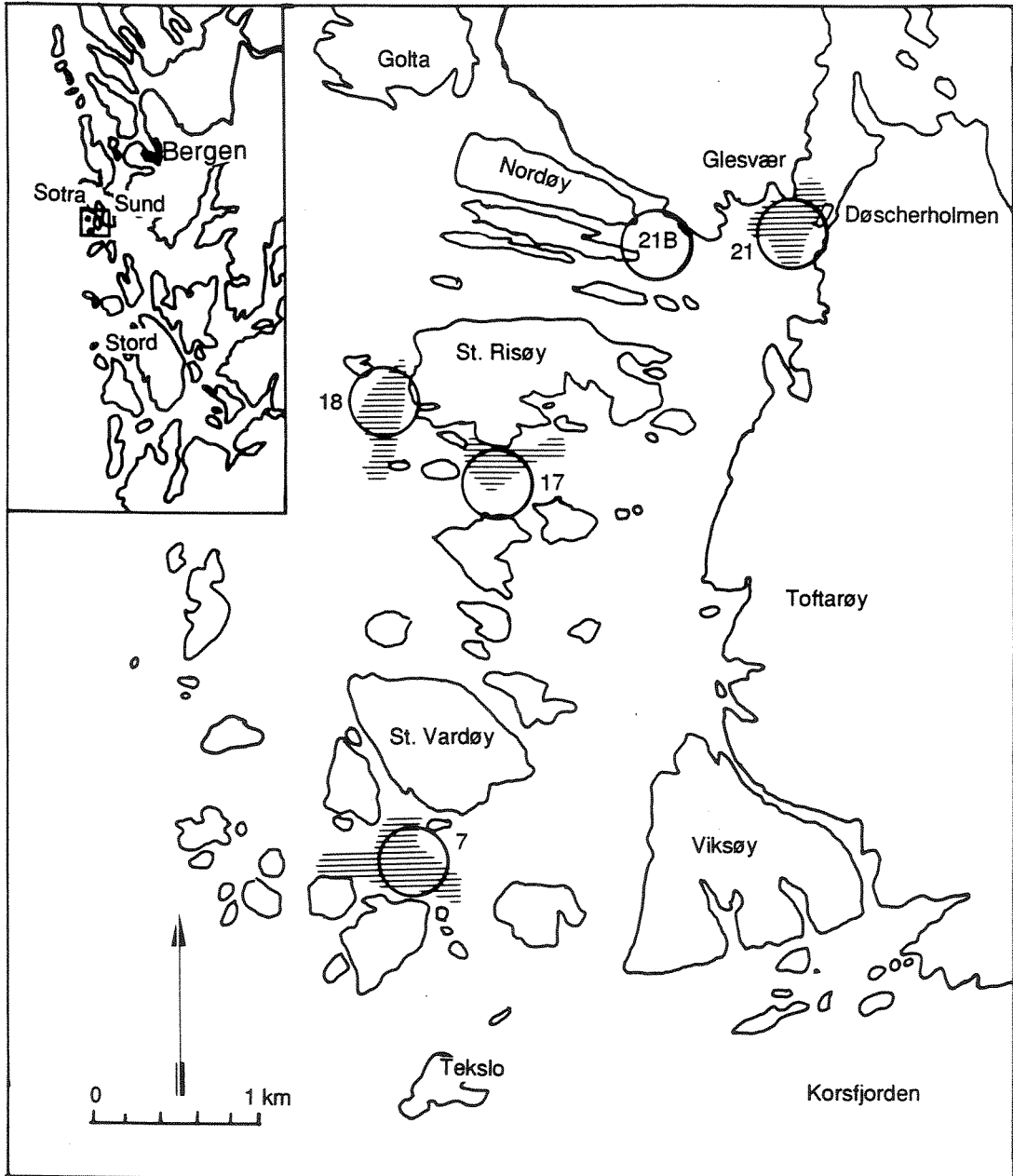
NGU har ved sin kartlegging betegnet det aktuelle området som område I: Tekslo-Golta. I området har NGU angitt 25 skjellsandforekomster, hvorav fjorten er vurdert som drivverdige (Grøsfjeld 1990). De resterende ligger enten for dypt eller har skjellsand som er av mindre god kvalitet, kommersielt sett.

4.2. Skjellsandforekomstenes sammensetning og alder.

I undersøkelsesområdet finnes skjellsand av kategori I, II og III (kap. 3.2), som oftest i blanding (Grøsfjeld 1990). Skjellsand av kategori IV er ikke funnet. Dette er en skjellsandtype som i Norge stort sett bare finnes i Troms.

I 1990 foretok NGU mengdemåling og aldersbestemmelse av noen forekomster i området (Grøsfjeld 1991). Aldersbestemmelse av sediment for tre kjerneprøver fra tre ulike forekomster i nivå 1.5 til 1.7 m under havbunnen viste en alder på rundt 5000 år (C-14 datering). Nær havbunnen (0-10 cm dyp) lå alderen på 1000-2000 år. Den høye alderen på selv relativt grunne avsetninger indikerer at skjellsandforekomstene er en ikke fornybar ressurs (Grøsfjeld 1991).

Den beregnede avsetningshastigheten for skjellsanden i Sund er rundt 0.05 cm/år. Selv denne beskjedne tilveksten tilsvarer om lag 500 m³ sand pr. år pr. km² (vår kommentar). Delen av det kartlagte området i Sund som har skjellsandforekomster (større og mindre), er om lag 3 km². Den årlige skjellsandtilførselen i området er etter det ovenstående ca. 1500 m³ pr. år. Teoretisk sett kan det derfor foretas en viss kontinuerlig utvinning uten at ressursene tømmes.



Figur 2. Sjøområdet i Sund med undersøkte skjellsandforekomster (innringet). Skravering viser forekomster karakterisert av NGU (Grøsfjeld 1990).

4.3. Valg av forekomster

Fire forekomster kartlagt av NGU ble valgt ut av NIVA for undersøkelse. Disse er (Figur 2):

Mellom Glesvær og Døscherholmen (NGU område 21): dyp 0-69 m.

Sør for Store Risøya (NGU område 17): dyp 10-38 m.

Vest for Store Risøya (NGU område 18): dyp 10-54 m.

SSV for Store Vardøy (NGU område 7): dyp 6-30 m.

På område 7 har det tidligere vært foretatt utvinning. Område 17 er planlagt som et fremtidig referanseområde og vil ikke bli åpnet for utvinning. Område 18 ligger mer åpent til enn de øvrige og med noe dypere forekomster. Område 21 ligger også forholdsvis dypt og i et sund med relativt sterke overflatestrømmer. NGU har i sin undersøkelse funnet alle fire områder egnet for utvinning.

I tillegg undersøkte NIVA et område som ikke er karakterisert av NGU, men hvor det ble drevet utvinning i 1986-87. Dette området er betegnet:

Glesvær vest (område '21B'): dyp 4-25 m.

Området ble tatt med spesielt for å vurdere ettervirkninger av utvinning. I den videre behandlingen er NGU's områdebetegnelser benyttet.

I alle områdene har NGU tatt 1-3 overflateprøver for analyse av partikkelfordeling og innhold av Ca/Mg.

4.4. Feltarbeid

Feltarbeid ble utført 4-5 desember 1990 (videoinspeksjon og bunnprøver) og 11 september 1991 (videoinspeksjon). Fartøyet 'Sjøkraft' tilhørende A/S Sjøteknikk, Bergen ble engasjert til undersøkelsene. Videoinspeksjonen i desember var nærmest mislykket på grunn av en utstyrsfeil og ny undersøkelse ble derfor foretatt i september 1991.

4.4.1. *Undervannsvideo*

Inspeksjon og video-opptak ble foretatt med videokamera montert på en fjernoperert undervannsfarkost (ROV 'Remote Operated Vehicle'). I desember 1990 ble det benyttet et lysfølsomt sort/hvitt kamera, mens det i september 1991 ble benyttet et fargekamera. ROV-enheten var utstyrt med lysutstyr som kunne benyttes etter behov. Opptak ble gjort ned til ca. 60 m dyp. Videofilmene er kopiert og opptakene er oppbevart hos Sund kommune og NIVA. Opptakene fra desember er sterkt skjemma av elektroniske forstyrrelser.

4.4.2. Bunnprøver

Bunnprøvene ble tatt med en 0.1 m² 'Day'-type bunngrabb. Denne har kjeftene montert inne i et rammeverk som sikrer at grabben står stabilt på bunnen og graver rett ned. Erfaringsmessig gir denne grabben gode prøver på fast og sandholdig substrat.

På hver stasjon ble det tatt fem parallelle prøver. Prøvene ble siktet på 5 og 1 mm sifter og siktematerialet konserverert i 4 % nøytralisert formaldehydløsning. Innenfor rammene av prosjektet var det ikke mulig å bearbeide mer enn 1-2 prøver pr. stasjon, men det ble under feltarbeidet lagt vekt på å sikre et tilfredstillende antall prøver.

Prøvene inneholdt 1-5 liter siktemateriale, vesentlig finfragmentert skjellsandmateriale. Ved opparbeidelsen i laboratoriet ble prøvene først grundig spylt i vannbad med gjennomstrømmende vann over en fin sikt. Denne teknikken sikrer at alle lette organismer (f.eks børstemark og små krepsdyr) skilles fra sandfraksjonen. I mange prøver ble dernest sandfraksjonen underdelt og 1/6-del tatt ut for analyse. Ferdig sortert materiale er oppbevart på 70 % etanol.

4.5. Andre undersøkelser i området

Sjøområdene omkring Toftarøy har tidligere vært undersøkt med sikte på kapasitet for fiskeoppdrett (Bjerknes et al. 1988). Undersøkelsene omfattet vannkvalitet, vannutskiftning, algesamfunn i fjæra og bunnsedimenter i fjordbassengene. Undersøkelsene av vannkvalitet og vannutskiftning har vært fortsatt på enkelte av lokalitetene i perioden 1987-90 (Golmen 1991).

Universitetet i Bergen har nylig startet et større prosjekt om tareskogsøkologi hvor feltarbeidet foregår i området sør og vest for Store Vardøy. En målsetting med prosjektet er å finne ut hvilken betydning tareskogen har som levested for kystnære fiskebestander. Det foreligger en rapport fra innledende undersøkelser i 1991 (Høisæter et al. 1992).

I Håkonsund ved Korsfjorden øst for Toftarøy er det foretatt en kvantitativ undersøkelse av bunnfauna i skjellsand (Aakerøy 1985). Undersøkelsen er foretatt på en skjellsandforekomst som ligger innenfor NGU's undersøkelsesområde, men som ikke er karakterisert. NGU angir generelt at det er små mektigheter på forekomstene i dette området (Grøsfjeld 1990).

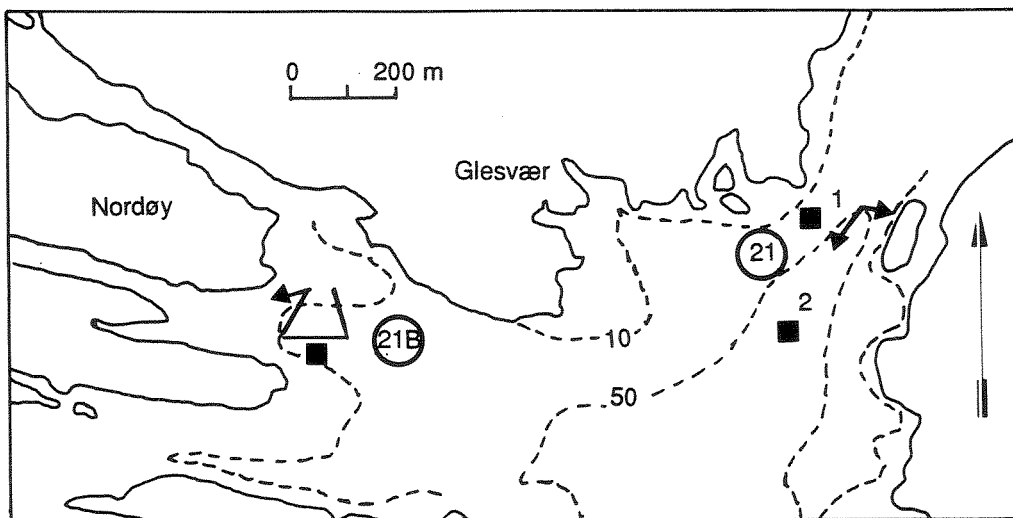
5. RESULTATER

5.1. Videopptak

Videokursene er inntegnet på kart i Figurene 3-5. I beskrivelsene av forekomstene er det lagt mest vekt på opptakene fra september 1991. Det er referert noe til opptakene fra desember 1990, men disse opplysningene er mindre pålitelige på grunn av signal-forstyrrelsene. Så langt det kan avgjøres synes imidlertid opptaksseriene å samsvare godt med hverandre. På grunn av høy sjø var det ikke mulig å foreta video-inspeksjon på område 18.

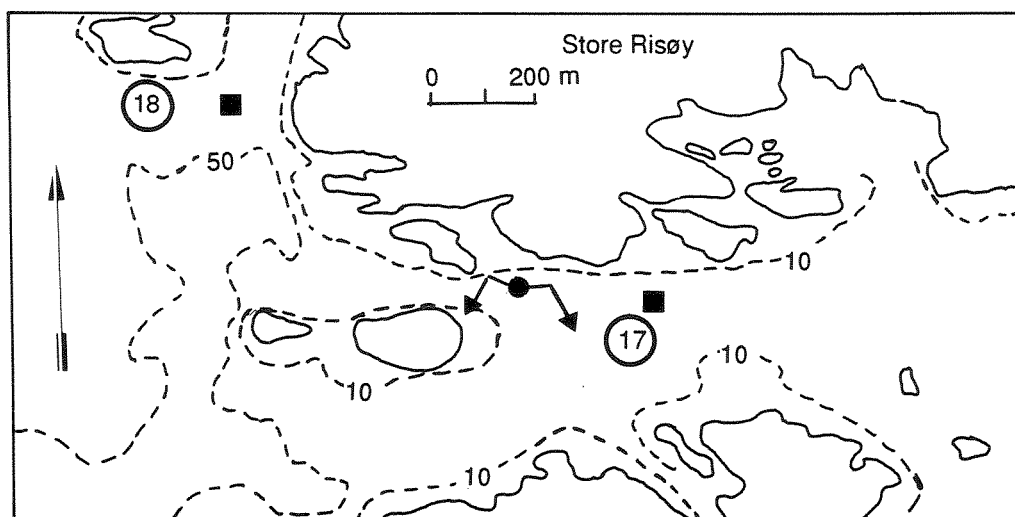
I utgangspunktet var det ønskelig å kjøre de samme kursene ved opptakene i 1991 som i 1990, men dette lot seg vanskelig gjøre. På grunn av sterk vind var det nødvendig å ankre båten ved hvert opptak og kabelen var ikke lang nok til å rekke over områdene.

Videopptakene er ikke egnet for generell identifisering av arter, men enkelte større arter fremtrer tydelig. Det viktigste formålet var å karakterisere områder og samfunnstyper og variasjoner i disse i og omkring sandforekomstene.



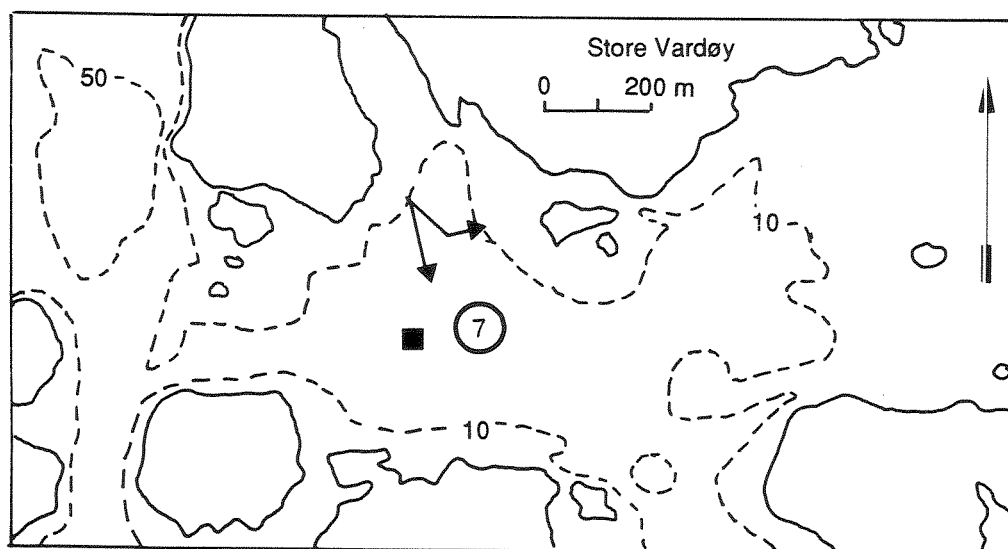
Figur 3. Prøvetaking på de undersøkte skjellsandforekomstene ved Døskerholmen og Glesvær (felt 21 og 21B).

- ← videokurser (september 1991)
- bunnfaunaprøver



Figur 4. Prøvetaking på skjellsandforekomstene ved Store Risøy (felt 17 og 18).

- ← videokurser (september 1991)
- bunnfaunaprøver



Figur 5. Prøvetaking på skjellsandforekomsten i Vardøyosen (felt 7).

- ← videokurser (september 1991)
- bunnfaunaprøver

5.2. Bunnprøver

Prøvetakingsstasjonene er vist på Figurene 3-5. Det ble tatt gode prøver fra alle forekomstene, men grabben graver seg ikke helt ned i fast sand og skjellsand og ble derfor bare delvis fylt på lokalitetene med ren skjellsand (Tabell 1). Feltet 21 ved Glesvær/Døscherholmen skilte seg vesentlig fra de andre ved å ha fin sand og mudderholdig sediment. Det var også lukt av hydrogensulfid i prøvene fra dette området.

Det ble bearbeidet to prøver fra hver av forekomstene 21 og 21B og en prøve fra hver av forekomstene 7 og 18. Tabellene 2 og 3 gir en oversikt over artssammensetning, individtall og dominerende arter i prøvene. Fullstendige resultater er gitt i Vedleggstabell 1.

På alle forekomstene var det normale til høye arts- og individtall. Alle prøvene var dominert av mangebørstemark. Av andre dyr var det flest bløtdyr (snegl, muslinger etc) på område 21, mens det var relativt mange krepsdyr på det ytterste området (18). Det var også klare forskjeller i artssammensetningen mellom forekomstene. Dette er klare tegn på at miljøforhold og topografi var forskjellige.

Tabell 1. Bunnfaunaprøver: Stasjoner, dyp og beskrivelse av bunnsediment.

Stasjon (Felt)	Dyp (m)	Antall prøver	Fyllingsgrad	Sedimentbeskrivelse
21-1	35	5	1:1	Fin sand med noe mudderblanding. Svak lukt av H ₂ S 3-4 cm under sedimentoverflaten.
21-2	55	1	1:1	Fin svært bløt sand/mudder.
21B	15	5	1:2	Grov lys skjellsand.
17	20	5	1:2	Grov lys skjellsand med innslag av mineralstein.
7	25	5	1:2	Grov lys skjellsand.
18	20-30	5	1:2	Grov lys skjellsand.

5.3. De enkelte forekomstene

5.3.1 *Utenfor Glesvær (område 21)*

Området er vurdert som et mulig fremtidig uttaksfelt. NGU har klassifisert skjellsanden (NGU st. 2) som 100 % kategori I. Kornfordelingsanalysen viste at overflatelaget (0-10 cm) besto av silt og fin sand (90 % < 0.5 mm), mens sedimentet under overflaten (> 10 cm) var dårligere sortert og hadde større innslag av grovere partikler (40 % 1-4 mm).

Video

Det ble foretatt videoinspeksjon i 13-68 m dybde (Figur 3). Sandforekomsten ligger hovedsakelig dypere enn 35 m, mens det er bratte fjellvegger på hver side. I de dypereliggende områdene av forekomsten var bunnen mørk og hadde karakter av et vanlig bløtbunns sediment. Ved berøring ble det virvlet opp mye finpartikulært materiale. I moderate dyp var det grovere partikler på overflaten, men bunnen besto avvekslende av flekker av grovere og finere sediment. Dette indikerer at det var høy aktivitet fra gravende organismer i bunnen som kaster opp fint sediment til overflaten. Det var enkelte spredte småfisk, reker og eremittkreps på bunnen, noen døde tareblad og forskjellig skrot (bildekk, blikkplater etc).

På de bratte fjellveggene på sidene av sandforekomsten var det tildels tett begroing av rødalger, sekkedyr (*Ciona intestinalis*) og rørbyggende børstemark (*Sabella*). I 1990 ble det på østsiden observert større områder med bart fjell hvor det var enkelte spredte sekkedyr og kråkeboller. På grunnere vann var det tett tarebevoksning med rik påvekst av mosdyr.

Bunnprøver

Sedimentet i grabben var fin mudderblandet sand med svak lukt av hydrogensulfid (Tabell 1). Bunnfaunaen hadde en normal artssammensetning og var dominert av typiske bløtbunnsformer (Tabell 2, 3). Børstemarkene *Chaetozone setosa*, *Myriochele oculata* og *Prionospio cirrifera* er blant de vanligst forekommende bløtbunnsformer i norske fjorder og kystområder.

5.3.2. *Glesvær vest (område 21B)*

Det har vært uttak av skjellsand i området fram til 1987. Gropene etter uttaket er klart synlige. NGU har ikke mengdeangitt forekomsten, men har karakterisert sanden (NGU, st. 50) som hovedsakelig kategori I med innslag av kategori II og III. Kornfordelingsanalysen viste at sanden vesentlig besto av silt og fin sand (80 % < 0.5 mm).

Tabell 2. Bunnfaunaprøver: Antall arter i hovedgrupper og samlede arts- og individtall.

	Stasjon	21	21B	7	18
	Areal m ²	0,2	0,2	0,1	0,1
Nesledyr (Cnidaria)		4	5	4	
Mangebørstemark (Polychaeta)		36	30	30	23
Snegl (Gastropoda)				1	3
Muslinger (Bivalvia)		5	3	2	3
Andre bløtdyr		2		1	
Krepsdyr (Crustacea)		1	2	7	10
Pigghuder (Echinodermata)		4	5	4	3
Andre grupper		4	4	2	2
Sum arter		56	49	51	44
Sum individer		580	277	453	238

Video

Området ble videoinspisert i 5-18 m dybde (Figur 3). Bunnen besto av lys skjellsand, men ved berøring ble det virvlet opp relativt mye finpartikulær sand og silt. Over store deler av forekomsten var bunnen småkupert med hauger og små groper av 10-20 cm dybde som indikerer aktivitet fra gravende organismer i bunn sedimentet (bl.a. fjæremark). Det var enkelte spredte stein og lokale ansamlinger av døde større skjell (kuskjell, sandskjell, knivskjell). Stedvis var det tett begroing av sukkertare, mens det var begroing av småalger på stein. Endel småfisk, svømmende småkrepsdyr og eremittkreps, samt spredte sekkedyr, sjøstjerner og slangestjerner ble observert på bunnen.

Mot SØ var det groper i bunnen etter sanduttaket. I sideskråninger og på kantene av gropene var det ren hvit sand uten begroing og ikke tegn til aktivitet fra gravende dyr. Sanden var også svært løs. I bunnen av gropene var det ansamlinger av delvis oppråtnet død tare. Tett inn mot gropene var det imidlertid normalt utseende bunn med begroing på overflaten.

Mot land og på overgangen til fjell (V og NØ) var det rik begroing av sukkertare, martaum og trådformete alger. Enkelte stein som syntes sandskurt, ble observert, men begroingen i området virket naturlig. I algebeltet var det stimer av småfisk.

Tabell 3. Individtall (ind/0.1 m²) for de viktigste artene i bunnfaunaprøvene.

	Område	21	21	21B	21B	7	18
	Repl.nr	3	4	2	4	4	4
CNIDARIA (nesledyr)							
Actinaria ind.		0	0	0	0	13	0
NEMERTINEA (båndmark)							
Nemertinea ind.		13	11	13	7	9	4
POLYCHAETA (mangebørstemark)							
Ampharete sp.		48	52	1	0	0	0
Aonides paucibranchiata		0	0	2	9	15	14
Chaetozone setosa		28	19	0	0	0	0
Chone sp.		7	0	6	1	44	0
Glycera lapidum		0	0	1	6	18	17
Kefersteinia cirrata		0	0	0	0	0	21
Macrochaeta clavicornis		0	0	4	0	10	1
Mediomastus fragilis		0	0	31	2	11	0
Melinna cristata		3	13	0	0	0	0
Myriochele cf. danielsseni		0	0	0	0	23	0
Myriochele oculata		42	69	1	0	0	0
Ophryotrocha spp.		0	0	0	0	0	30
Owenia fusiformis		12	28	1	0	27	0
Paraonis lyra		0	0	13	0	0	0
Pectinaria auricoma		0	0	14	1	10	0
Pista cristata		3	13	0	0	0	0
Prionospio cirrifera		17	14	18	5	120	0
Scalibregma inflatum		5	10	1	0	0	0
Scoloplos armiger		0	0	22	0	23	1
Sphaerodorum sp.		0	0	23	0	0	2
OLIGOCHAETA (fåbørstemark)							
Oligochaeta ind.		0	0	0	0	0	24
GASTROPODA (snegl)							
Aplysia punctata		0	0	0	0	0	11
POLYPLACOPHORA (leddsnegl)							
Leptochiton asellus		0	0	0	0	20	0
BIVALVIA (muslinger)							
Thyasira sp.		2	13	0	0	0	0
CRUSTACEA (krepsdyr)							
Idotea cf. neglecta		0	0	0	0	0	17
Gammarus sp.		0	0	0	0	0	10
OPHIUROIDEA (slangestjerner)							
Ophiuroidea ind. juv.		0	0	0	0	13	2
HOLOTHUROIDEA (sjøpølser)							
Leptosynapta decaria		0	0	0	0	11	0

Bunnprøver

Stasjonen ble lagt til en forsenkning i bunnen som ble antatt å være en grop etter sanduttak. Det var en tydelig bratt skråning på vestsiden, mens forsenkningen møt øst gikk naturlig over i skrånende bunn. Det var grov lys skjellsand i prøvene (Tabell 1). De to bearbejdede bunnprøvene var relativt forskjellige. Den ene prøven var dominert av små mangebørstemark, mens den andre ikke hadde noen spesielle dominanter (Tabell 3). De fleste artene er hurtigvoksende med kort generasjonstid og vil kunne etablere bestander over noen få måneder.

5.3.3. Sør for Store Risøya (område 17)

NGU har klassifisert skjellsanden som en blanding av kategori I, II og III i dyp ned til ca. 25 m. Kornfordelingsanalysen fra 18 m (NGU st. 13) viste godt sortert grov sand (0.5-2 mm). På 38 m var sedimentet dårligere sortert, men hadde et betydelig innslag av grov sand og gruspartikler. Det var lavt innhold av finpartikulært materiale i sedimentet.

Video

Området ble videoinspisert i 14-35 m dypde (Figur 4). Generelt viste inspeksjonen at det var ren grov skjellsand på forekomsten. Ved berøring med bunnen var det lite eller ingen oppvirvling av finpartikulært sediment. På bunnen var det tydelige parallelle furer som må være dannet av strøm og bølger ('ripple marks'). I furene var det rik begroing av tråd- og buskformede alger og oppsamling av grovmateriale. Endel tareblad ble observert, men disse syntes å ligge halvt nedgravd i sanden og var trolig tilført. Noen steder var det store ansamlinger av døde skjell (kuskjell, sandskjell) og tareblader.

Med unntak for furene var bunnoverflaten homogen uten synlige tegn fra gravende organismer. Fjæremark (*Arenicola*) ble ikke observert, slik som på område 21B.

På stein og fjell på siden av forekomsten var det tett matteformet begroing av buskformede småalger og fastsittende dyr. Stedvis var det spredt stortare, sterkt overgrodd av mosdyr, helt ned til sandbunnen. Mot grunnere vann (< 10 m) var det rik tareskogsvegetasjon. Tarebladene hadde sterk påvekst av mosdyr og hydroider. Mellom taren ble det observert noe kråkeboller og småfisk. Det var ganske mye sand avsatt på fjell mellom algene.

I desember ble det stedvis observert rene fjellflater ned mot sandbunnen. Det var spredt bevoksning med tare (fingertare ?, eller liten stortare) som hadde frynsete og opprevne blad. Dette kan være et utslag av sandskuring.

Bunnprøver

Sedimentet i prøvene var grov lys skjellsand med innslag av mineralstein (Tabell 1). Det ble ikke opparbejdet faunaprøver fra denne lokaliteten.

5.3.4. Sør for Store Vardøy (område 7)

Det ble tatt ut skjellsand i området omkring 1970. NGU har karakterisert skjellsanden som 100 % katerogi I. Kornfordelingsanalysen fra 19 m (NGU st. 23) viste at sedimentet besto av fin og grov sand (75 % 0.125-2.0 mm) med innslag av silt (ca. 10 %). Prøven fra 23 m (NGU st. 22) hadde lignende kornfordeling, men med noe mer grovere fragmenter.

Video

Området ble videoinspisert i 13-27 m dypde (Figur 5). Bunnen var endel avvekslende, men områder med spredt tare og spredte døde skjell syntes å dominere. Fint sediment ble virvlet opp ved berøring av bunnen. Bunnoverflaten var tilsvarende som på felt 21B med avvekslende hauger og groper som indikerer aktivitet av gravende dyr. Enkelte steder var det tette ansamlinger av tare som syntes å være både sukkertare og fingertare/stortare. I noen av tarehaugene var det ansamlinger av sjøsterner. Trolig var det dødt materiale i forråtnelse i haugene. Småfisk, svømmende småkrepsdyr, pigghuder og flere flyndrer ble observert.

På fjell og stein ned mot sandflaten var det generelt en tett matteaktig bevoksning av småalger og fastsittende dyr. I algematten var det også sand som ble virvlet opp når matten ble slitt løs. På en fjellrygg var det tett bevoksning med sekkedyr (*Ciona intestinalis*).

Ved opptakene i 1990 ble det observert noen lave fjellrygger og partier med oppsprukket fjell hvor eksponerte steinflater syntes å være bare, mens det nede i sprekker og i mellom stein var rik organismebevegning. Dette kan tyde på at området sandskures, men at organismer med lokal beskyttelse greier seg. Helt syd i undersøkelsesområdet (ikke inspisert i 1991) ble det også observert partier med rene sandflater uten påvekst av alger. Dette kan være groper etter uttak, men opptakene var for dårlige til å avgjøre dette.

Bunnprøver

Det var grov lys skjellsand i bunnprøvene. Faunaprøven var arts- og individrik, men besto hovedsakelig av børstemark. Blant disse var det både små hurtigvoksende arter (f.eks. *Prionospio cirrifera*) og noe større kraftigere rørbyggende sandbunnsformer (*Owenia fusiformis*, *Myriochele*). Dette tyder på, som for forekomst 21B, at sanden ikke er stabil, men innslaget av mer 'stabile' arter var nok større enn på 21B.

5.3.5. Vest for Store Risøya (område 18)

NGU har klassifisert skjellsanden som en blanding av kategori I, II og III med størst andel av kategori II. Sedimentprøven, som var tatt såvidt dypt som 57 m (NGU st. 48), viste nesten utelukkende grov sand og gruspartikler (1-4 mm). Det var svært lite finpartikulært materiale i sedimentet.

Det ble ikke foretatt videoinspeksjon av forekomsten

Bunnprøver

Det var grov lys skjellsand i bunnprøvene. Faunaprøven skilte seg ganske markert fra de andre lokalitetene, både i artssammensetning og i større andel av krepsdyr. Det var vesentlig høyere andel av arter som lever på sedimentoverflaten (epifauna) enn i de andre prøvene (f.eks. snegl, krepsdyr, pigghuder og børstemarkene *Kefersteinia* og *Ophryotrocha*). Dette er nok et tegn på at sanden er svært ustabil og at gravende organismer vanskelig klarer å etablere seg.

5.4. Vurdering av de undersøkte forekomstene

Område 21. Sandforekomsten ligger i et sedimentasjonsområde. Det øverste bunnsedimentet på forekomsten hadde karakter av vanlig bløtbunn. Bunnsedimentet luktet svakt av hydrogensulfid, men faunaprøvene tydet ikke på at det var noen spesiell organisk belastning i området. Sedimentet hadde noe mindre innslag av mudder/finpartikler mot vestsiden. Den sterke begroingen av fjellveggen på vestsiden kan tyde på at det her er strøm langs fjellveggen ned mot bunnen.

Det kan være fare for negative miljøeffekter ved uttak i et slikt område. Sannsynligvis vil groper etter uttak kunne bestå i lang tid og virke som feller på organisk materiale. I verste fall utvikles lokale forråtnelsesmiljøer, men det bør understrekes at virkningene av slike vil være svært lokale. Oppvirvelt finmateriale vil avsettes i tilstøtende områder. Mot SV er det et dypbasseng på ca. 90 m hvor det er påvist middels organisk belastning i bunnsedimentet (Bjerknes et al. 1988). Ved flere anledninger har det vært målt oksygenkonsentrasjoner ned mot null i dypvannet (Golmen 1991), noe som bekrefter tidvis stagnante forhold i området. Ytterligere belastning på slike områder bør unngås.

Område 21B (tidligere uttak). Skjellsandforekomsten ligger i et område med noe strøm, men bærer ikke preg av sterk strøm. Algebegroingen var omfattende på deler av forekomsten, men syntes normal. Trolig fører begroingen til stabilisering av skjellsanden.

Det var lys og tydelig renere skjellsand der uttaket hadde funnet sted. Dette viser at tare og andre alger ikke har kunnet etablere seg de første årene etter uttaket. Trolig skyldes dette at sanden var løs og lite stabil og ga dårlig feste for algene. Bunnfaunaprøvene indikerer også at sedimentet var lite stabilt, samtidig som den store forskjellen i artssammensetning mellom prøvene tyder på et heterogent bunnmiljø. Sannsynligvis kan hurtigvoksende arter etablere seg i perioder med rolig vær, slik som om sommeren.

Resultatene tyder på at det tar lang tid for forholdene på bunnen å normalisere seg etter uttak av sand. I den løse sanden har fastsittende organismer vanskelig for å få feste. Det er også mulig at stein og større objekter som gir best feste, har blitt fjernet ved uttaket. Trolig blir den løse sanden virvlet opp i urolig vær med den følge at nyetablerte organismer knuses eller begravnes i sanden. Det var derimot lite som tydet på effekter i tilgrensende områder, spesielt vist ved at det var normal bunn bare få metre fra opptaksgropene.

Område 17. Området er preget av strøm og vannbevegelser ned til bunnen. Dette har vasket ut finmateriale fra bunnsedimentet. Overflaten er trolig ustabil, men hurtigvoksende alger kan finne feste på grovere grus og større fragmenter i furene. Trolig skurer sandmaterialet, som virvles opp i dårlig vær, på fjellflatene nær til sandbunnen, men det er ikke grunnlag i disse resultatene for å anslå hvor stor

betydning dette har. Videoopptakene viste ingen synlige effekter av sandflukt på grunnere vann.

Område 7. Skjellsandforekomsten ligger i et område med strøm, men bunnoverflaten synes å være stabil og preget av et rikt dyreliv. Det synes som mye tare (fingertare/stortare ?) tilbringes området. Det er vanskelig å se effekter som klart kan tilskrives det tidligere uttaket, men det er mulig at tarehaugene er samlet i gamle uttaksgroper. Partier med rene sandflater, hvor det synes å være lite stabil bunnoverflate, kan være påskyndet av uttak.

Område 18. Området ligger åpent til og utsatt for bølger. Grov skjellsand såvidt dypt som 50 m tyder på at strøm/vannbevegelser når dypt ned slik at finmateriale ikke avsettes på bunnen. Trolig vil tilgrensende områder være utsatt for sandskuring. Det er ellers lite grunnlag for å vurdere forekomsten.

Det ble ikke på noen av forekomstene observert spesielt interessante forekomster av skjell eller tare. Av fisk var det endel flyndre, men generelt syntes det ikke å være eksisterende bioressurser av spesiell økonomisk eller verneverdig karakter på sandforekomstene. Undersøkelsen kan imidlertid ikke avgjøre om områdene tjener som gyte-, beite- eller oppvekstområder for fisk. Omkring forekomstene var det generelt rik tareskog.

6. UNDERSØKELSER AV BUNNFAUNA I OG VED SANDFOREKOMSTER

6.1 Skjell- og kalksand

Undersøkelsen ved Håkonsund syd på sotra (Aakerøy 1985) synes å være den eneste kvantitative undersøkelse av bunnfauna i skjellsand fra norske farvann. Aakerøy tok prøver i dybdeområdet 5-15 m. Han brukte en dykkeroperert trykkluftdrevet sandsuger ved prøvetakingen, et redskap som blir betraktet å gi mer pålitelige resultater enn bunngrabb. Mesteparten av partiklene var i størrelsen 0.5- 4 mm med noe finere sand i de dypeste områdene. Generelt var det god overensstemmelse mellom Aakerøys data og foreliggende undersøkelse. Aakerøy fant, som her, klar dominans av mangebørstemark i prøvene. Han hadde en større mengde av fåbørstemark og krepsdyr, men også i hans undersøkelse var snegl og muslinger fåtallige. Subjektivt vurdert var det størst likhet til område 18, hvor det også var flere felles arter, f.eks. *Aonides paucibranchiata* og *Kefersteinia cirrata*. Det høyere antall krepsdyr i Aakerøys undersøkelse kan skyldes at sandsugeren fanger lett bevegelige dyr bedre enn hva en grabb gjør.

Aakerøy (1985) gjorde også en liten kontroll på hvor dypt i sedimentet dyrene sitter. Han fant at størstedelen av faunaen fantes i de øverste 10 cm, både med hensyn på individtall og biomasse. Ordinær prøvetaking kan derfor ventes å gi representative data for faunaen. Enkelte større muslinger kan imidlertid opptre dypere, slik at det ved undersøkelser med vekt på biomasse eller produksjon bør brukes redskap som graver dypere.

I den Engelske kanal fant Smith (1932) overvekt av muslinger, men også endel krepsdyr og mangebørstemark i skjellsand. Generelt var tetthetene lave. Det var svært få arter felles med undersøkelsene i Sund. En stor del av skjellsanden besto av fragmenter av arter som fantes på forekomsten eller i nærheten.

I forekomstene av 'maerl' fra britiske og franske farvann synes flora og fauna også å være vesensforskjellig fra norske skjellsandforekomster. Keegan (1974) fant i levende 'maerl' på grunt vann på vestkysten av Irland store tettheter av slangestjerner og kråkeboller. I døde avsetninger på litt større dyp (15-20 m) var det overvekt av muslinger og slangestjerner. Levende 'maerl' synes å være et nokså stabilt substrat hvor algene danner et finforgrenet nettverk som gir livsrom for en rekke typiske hardbunnsarter. Død 'maerl' blir angitt som ustabil. Keegan (1974) beskriver bølgemønstre på overflaten av avsetningene av lignende type som ble observert ved Risøya (forekomst 17).

6.2. Mineralsand, sandblandete sedimenter og grus

Ren mineralsand og grus er svært ustabile bunnsedimenter som hovedsakelig finnes i områder med mye bølgebevegelser (f.eks. sandstrender) eller på grunt vann der det er sterk strøm. Svært få arter kan leve i disse miljøene. De mest ustabile miljøene, dvs der sanden stadig omrøres av vannbevegelser, er derfor preget av arts- og individfattig bunnfauna.

Det finnes flere undersøkelser fra sandstrender og grunne sandbunner hvor man har sammenholdt fauna med bunns stabilitet. Generelt synes rørbyggende dyr å prege stabile bunner, mens fritt bevegelige børstemark ('errante' polychaeter) og krepsdyr mer og mer overtar i ustabile miljøer. Små mark som bygger enkle rør kan imidlertid også være vanlige i ustabile miljøer, siden disse raskt kan rekonstruere

sine rør etter forstyrrelser. Muslinger er generelt typiske for beskyttede stabile miljøer (Allen & Moore 1987).

Høyt innslag av muslinger fant Tunberg (1982) på et sandbunnsområde i Raunefjorden innenfor Sotra. Av det totale individtall i prøvene var 63 % muslinger og bare 10 % børstemark (1-15 m dyp). På noen av hans prøvestasjoner var det svært kalkholdig sand, men generelt var undersøkelsesområdet mer beskyttet enn lokalitetene på yttersiden av Sotra.

Fra britiske farvann beskriver Kenny & al. (1991) ulike samfunn på grusbunn på noe dypere vann. I enkelte områder er det påvist artsrike samfunn med betydelige innslag av hydroider, mosdyr og sekkedyr som identifiserer relativt stabile substrat. Andre steder er det langt fattigere samfunn. Kenny & al. (1991) tillegger lokale forhold med tidevann og bølgebevegelser stor betydning, men viser også til regionale forskjeller i artsrikhet. De samfunn de beskriver skiller seg imidlertid vesentlig fra skjellsandområder.

6.3. Sammenheng mellom bunnfauna og sediment

Flere undersøkelser har vist at bunnfaunaen (og flora) i seg selv har stor innflytelse på bunnsedimentets stabilitet. Grovt sett vil rørbyggende og filamentøse organismer dempe vannbevegelser ned mot sedimentoverflaten og derved tjene til å stabilisere substratet. Mange organismer, både dyr, planter og mikroorganismer, vil dessuten binde partikler i sedimentoverflaten ved å skille ut slim eller lignende forbindelser. Motsatt vil gravende arter som omrører bunnsedimentet ("bioturbasjon") kunne destabilisere bunnoverflaten. Graden av stabilitet i et bunnsediment er derfor et samspill mellom fysiske forhold (strøm, bølger) og hva slags bunnfauna som finnes (Grant et al. 1982, Rhoads and Boyer 1982).

I mange tilfeller vil det imidlertid ikke være mulig å avgjøre om biologisk aktivitet samlet fører til en stabilisering eller destabilisering av bunnsedimentet fordi organismer som utfører det ene eller andre ofte finnes side om side (Grant et al. 1982). Ytterligere komplisert blir det ved at visse arter ved sin aktivitet helt kan bestemme livsmulighetene for andre arter. Det kan derfor være umulig å gi en god forhåndsvurdering av konsekvensene dersom organismesamfunnet i en sandforekomst ødelegges. Men større arter som lever på bunnoverflaten (f.eks. tare, blåskjell/O-skjell) må regnes å ha en vesentlig stabiliserende virkning.

6.4. Hardbunn

Områder med fast fjell og stein som ikke utsettes for forstyrrelser har normalt artsrike organismesamfunn med høy andel av skorpe- og kolonidannende organismer. Dypere enn vekstsonen for alger (> 20-30 m) er svamp og kolonidannende sekkedyr blant de mest typiske formene (se f.eks. Pedersen et al. 1991). Undersøkelser fra britiske farvann i nærområdet til sandforekomster har vist at slike samfunn bare er utviklet der sandtransport ikke finner sted (Holme & Wilson 1985). I områder som tilføres noe sand, avtar forekomsten av svamp betydelig samtidig som det blir færre arter av mosdyr og hydroider. I områder hvor sandflukten er så sterk at sandskuring på fjellet og periodevis overdekking av sand forekommer, vil bare enkelte arter svamp og mosdyr kunne klare seg. I de mest utsatte områdene er faunaen preget av helt andre og hurtigvoksende former, f.eks. rur og kalkrørsmark, som kan etablere seg i rolige perioder (Holme & Wilson 1985).

7. RAPPORTERTE VIRKNINGER AV UTVINNING AV SAND OG GRUS

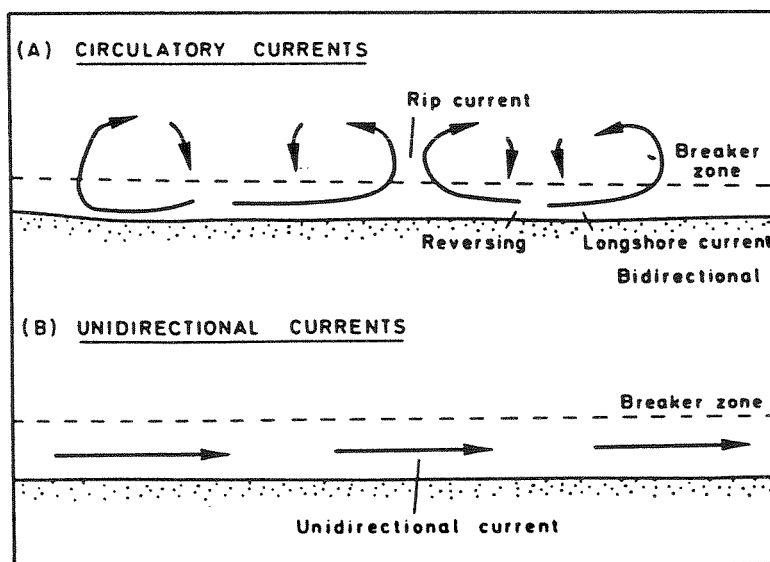
Vi kjenner ikke til noen rapporter eller undersøkelser som gir en alminnelig oversikt over virkninger av uttak av sand og grus som direkte har relevans til norske skjellsandforekomster. Mye av informasjonen må derfor bli nokså indirekte, dels basert på undersøkelser av sand og grus under andre forhold enn norske, og dels på undersøkelser fra fjerntliggende områder i verden. Den mest relevante og samlede informasjon finnes i rapportene fra Det internasjonale råd for havforskning (ICES 1975, 1977, 1992) og utredningene fra Danmark (Kiørboe & Møhlenberg 1982) og Sverige (Persson 1983, Hanson 1983).

7.1. Bølger, strøm og partikkeltransport

7.1.1. Bølger og strøm

Vi skiller mellom strømmens virkning og bølgepåvirkning i samband med erosjon av sedimenter. Bølgepåvirkningen skyldes også strøm, men vesentligst i form av hurtige fluktuasjoner i både strømstyrke og retning. I prinsippet kan en si at bølgebevegelser bidrar til oppvirvling, og strømmen til bort-transport, selv om dette er et sterkt forenklet bilde.

Littoralstrømmer er et samlebegrep for all strøm ved en strand. Littoralstrømmer kan gå både langs land, og mot/fra land, og dannes ved flere ulike mekanismer, som vist i Fig. 6. (Se også Carter, 1988, s. 77-81). De langsgående strømmene dannes foruten av de alminnelige prosessene som tidevann og vind, også av bølger, særlig når disse har en bestemt innfallsvinkel til stranden. I sistnevnte tilfelle, kan det oppstå strømmer i horisontale sirkler, med kraftig utstrømming fra land i bestemte og begrensede områder (s.k. rip-currents på engelsk). Disse sistnevnte forholdene er i første rekke knyttet til lengre strender, og er nok bare i begrenset grad representative for prosesser innenfor den oppstykke topografien i undersøkelsesområdet i Sund kommune.



Figur 6. To typer strømningsmønstre ved en strand (fra Carter 1988).

7.1.2. Partikkeltransport

Partikler som er til stede i vannmassen, kan enten være tilført som (organisk) nedfall eller fra elver, eller de kan midlertidig være oppvirvlet fra bunnen. Oppvirvling fra bunn skyldes gjerne bølgeaktivitet. Bølgenes påvirkning øker med økende bølgelenge/bølgehøyde, men avtar uansett med raskt økende dyp, etter en tilnærmet eksponensiell lov. Skjellsandpartikler føres gjerne fram og tilbake nær bunnen, i takt med overflatebølgene. Ved tilstrekkelig kraftig bølgestrøm, dannes vertikale sandvirvler, "sandfontener", med gitte innbyrdes avstander (Carter 1988). Bølger medfører at sanden gjerne danner et bølgeformet oveflatemønster, med økende mønster-"bølgelengde" med dypet. Et slikt bølgemønster var svært tydelig på felt 17 i Sund.

Grovt sett vil oppvirvlede partikler kunne transporteres med strøm i en avstand som er omvendt proporsjonalt med partikkelstørrelsen. Partikkelstørrelsen avtar med andre ord med økende avstand fra utgangspunktet hvor det var et godt blandet (dårlig sortert) sediment, eller en differensiert kilde. Størrelsesreduksjonen følger ofte en ikke-lineær lov:

$$r = r_0 e^{-ax},$$

hvor r er avstand fra utgangspunktet, og a er en reduksjonskoeffisient for den aktuelle partikkeltypen (Kumbein 1977).

Generelt er det også sammenheng mellom strømhastighet, partikkelstørrelser og sedimentets transporttilstand (mineralsand). Sand og grovere partikler (> 0.06 mm) bringes i transport eller suspensjon ved strømhastigheter større enn 25 cm/s (0.5 knop). Ved moderat sterk strøm (> 1 m/s = 2 knop) vil alt finere sandmateriale bli transportert bort. Man må regne med at skjellsand lettere bringes i transport enn mineralsand.

På strender er det funnet visse relasjoner mellom kornstørrelse d i strandsediment og hellningen S :

$$S = (1/b)\ln(d/d_0),$$

hvor d_0 er kornstørrelse på ei flat strand ($S=0$). b er en spesifikk koeffisient. Jo brattere strand (inntil en viss grense), jo større partikler.

Sandtransport i strandsonen (littoraltransport) forårsakes mest av aktivitet fra bølger som kommer skrått inn mot stranden. Denne langsgående transporten er størst ved en innfallsvinkel på ca. 40°. Ved en konstant bølgeenergi og bølgeretning, vil transporten i littoralsonen, være avhengig av brattheten (H/L) til de innkommende bølgene. Ved verdier av dette forholdstallet på mellom 0.02 og 0.03 er transporten størst. Dette er motsatt av vanlig oppfatning om at det er de største bølgene om vinteren (stor H/L) som medfører størst transport. Vinterstormer kan medføre at store sandmasser forflyttes utover til dypere vann. Men en vedvarende aktivitet av mindre bølger resten av året medfører en betydelig returtransport (Johnson 1956).

NGU sine undersøkelser viste at de groveste skjellsandforekomstene var lokalisert langt vest i det undersøkte området, mens de østlige og mer skjermede stasjonene hadde finere partikler (og dermed høyere kalkverdi i bruksmessig betydning). Dette mønsteret stemmer rimelig godt med det som kan forventes med hensyn til eksponering.

Generering av bunnsedimenter og sandforekomster er en langsom prosess sett i et menneskelig tidsperspektiv. På geologisk tidsskala dreier det seg imidlertid om hurtige prosesser. Det må skilles mellom generering og forflytting av masse. Grunne og bølgeeksponerte sjøområder vil gjennomleve lett synlige forflytninger av masse, f. eks. gjennom en vinter med mye stormsjø. Sandstrender kan tidvis være tømt for sand, for så å bli "fylt opp igjen" ved særskilte strøm eller bølgeforhold. Dype områder er gjenstand for kun langsomme, og lite synlige endringer. I mellomliggende dyp vil det kunne være perioder med ingen synlig endring, avbrutt av "episoder" med tydelig forflytting, fjerning eller tilførsel av sand.

7.2. Partikler og næringssalter i vannmassene i opptaksområder

Grabbing og sandsuging fører til en oppvirvling av finmateriale i vannmassene på opptaksstedet. Dette kan tenkes å skade planktonorganismer og virke frastøtende for fisk. Likeledes svekkes lysgjennomgangen i vannet slik at algeproduksjonen kan nedsettes. Kjørboe & Møhlenberg (1981, 1982) undersøkte slamvirkningen omkring en sandsuger i Øresund. De fant høye partikkelkonsentrasjoner i umiddelbar nærhet av sandsugeren (samlet partikkelvekt 3000-5000 mg/l), men konsentrasjonene falt raskt med avstand fra sugeren. Medstrøms var konsentrasjoner over 100 mg/l begrenset til en avstand av 150 m, mens det i ca 1 km avstand ikke kunne spores noen økning utover normale konsentrasjoner. Kjørboe & Møhlenberg (1981, 1982) kan ikke vise til vesentlige negative effekter ved lavere konsentrasjoner enn 100 mg/l suspendert materiale. Det skadeutsatte området synes derfor begrenset til umiddelbar nærhet av slamsugeren.

Grabbing og sandsuging kan også føre til at næringssalter frigjøres fra bunnmaterialet og at oksygenforbrukende materiale kommer ut i vannet. Dette kan ha både positive og negative effekter, men hva følgene blir, vil være vanskelig å avgjøre på forhånd i det enkelte tilfelle. Ved mudring og dumping av slam og mudder har det vært påvist stor frigivelse av næringssalter, men det er nok helst i finpartikulære sedimenter at dette kan ha noen betydning (Kjørboe & Møhlenberg 1982).

Ved ordinær skjellsandutvinning (grabbing) vil oppslemmingen av bunnmateriale være langt mindre enn ved mudring og intensiv sandsuging. Det er derfor liten grunn til å tro at aktiviteten skal ha noen vesentlige negative virkninger for forholdene i vannmassene omkring, men dette kan ikke utelukkes dersom skjellsanden inneholder svært mye finmateriale. Frigivelse av næringssalter, eventuelt hydrogensulfid og oksygenforbrukende materiale kan ha betydning. Muligens kan frigivelse av næringssalter og økt turbiditet i vannet ha betydning for planteveksten i umiddelbar nærhet til opptaksområdet, men trolig vil andre forstyrrelser som måtte følge med utvinningen være minst like viktige.

Et annet forhold er imidlertid hva som kan skje i områder hvor en stabil bunnoverflate ødelegges ved sanduttaket. På slike steder kan strøm og bølger føre til at finmateriale stadig bringes i suspensjon. Dette kan gi langtidsvirkninger som er forskjellige fra de umiddelbare virkningene i vannmassene omkring et fartøy i arbeid. de Jonge (1983) mener at i Ems-estuariet i Nederland har gravearbeider ødelagt den naturlige balansen mellom strøm og sedimenter. Dette fører til økt erosjon og generelt økt turbiditet i vannet i hele området.

7.3. Endringer i bunntopografi

Uttakene av skjellsand fører til at det graves ut groper i bunnen. Ved intensiv drift vil bunnen derfor få en svært ujevn overflate. Gropene som dannes ved stikksuging for sand kan være opptil 10 m dype og 30-50 m i diameter (de Groot 1979). Ved grabbing vil det forventes at gropene ikke blir like omfangsrige og dype, men det vil selvfølgelig avhenge av hvordan opptaket utføres.

Under visse forhold vil gropene kunne fylles igjen på naturlig måte. Generelt vil dette være tilfelle i strøm- og bølgepåvirkede områder hvor bunnmateriale oppvirvles og er i stadig transport. Slike områder er preget av grovt bunnsediment med sand som den viktigste kornfraksjon (kornstørrelse 0.05-2 mm) fordi finmateriale ikke avsettes på bunnen. Trolig ligger den undersøkte skjellsandforekomsten ved Risøya i Sund (forekomst 17) i et slikt område. Sedimentet var grovt og bunnoverflaten hadde bølgermerker som viser at det er kraftig strøm ned til bunnen. På de andre forekomstene var sedimentet en blanding av mange kornstørrelser (dårlig sortert). Mulighetene for oppfylling i slike områder er trolig mindre. Observasjonene på felt 21B viser at oppfyllingen går langsomt, dersom den i det hele tatt finner sted.

I et gitt område vil det nok være vanskelig å gi en god forhåndsvurdering av mulighetene for naturlig gjenfylling. Generelt vil nok uttak av materiale som fører til en vesentlig økning av dybden på forekomsten, redusere mulighetene for oppfylling fordi de fleste aktuelle strømmer (vind- og tidevannsgenererte) svekkes mot dypet. Utgravingen kan imidlertid endre strømmønsteret i området. På den annen side kan sanden i forekomster hvor overflaten stabiliseres av organismer, lettere settes i bevegelse dersom organismene blir borte. Dersom erosjonen øker og resuspensjon stadig forekommer, vil også mulighetene for gjenfylling av groper øke.

Erfaringene med gravegroper etter sandutvinning er svært variable. I det nederlandske Vadehavet fant van der Veer & al. (1985) at oppfylling av gravegroper i grunne områder med betydelig strøm og stor sandtransport kunne gå over 1-3 år, mens det i strømsvake områder tok 5-10 år. I danske og svenske farvann er det påvist fra 14 dager (4 m dyp, Øresund) (Ackefors & Fonselius 1968) til små endringer over 10 år (5 m, Limfjorden) (Kiørboe & Møhlenberg 1982). Hanson (1983) sier at det ikke finnes noen måte for å beregne hvor lang tid det vil ta før et bunnområde går tilbake til en 'normaltilstand' etter utvinning.

I Fjell kommune på Sotra er det foretatt en enkelt inspeksjon av gravegroper i et område hvor det tidligere har vært utvinning av skjellsand. Inspeksjonene konkluderte med at groper i bunnen ble fylt igjen i løpet av forholdsvis kort tid. Etter 2-3 måneder ville gropene ikke representere noe problem for noen typer fiskeredskaper (Sangolt 1982).

Som følge av endret bunntopografi kan strømmønstre i et område endres. Fra utlandet er det flere eksempler på erosjon av strender som følge av sandopptak i sjøområdet utenfor (Persson 1983). I Danmark er det satt restriksjoner på hvor nær land opptaket kan foregå. I Austevoll i Hordaland er det også hevdet at et strandområde i Sengsbukta er blitt ødelagt etter skjellsandgrabbing (Sørensen 1991).

I områder med depositions-bunn vil det ikke finne sted noen transport av sandmateriale. Huller i slike områder vil bestå over lang tid, men kan ganske langsomt fylles med finmateriale. Dette må man regne med vil være tilfelle ved uttak på forekomster som er overdekket av et lag med bløtt bunnsediment.

Permanente groper i bunnen vil virke som en felle på organisk materiale. På de undersøkte forekomstene i Sund ble det flere steder observert ansamlinger av død tare i groper i bunnen. Dette kan føre til opphopninger av materiale som ligger og råtner, men i strømrrike områder med normalt god

vannutskiftning ned til bunnen vil dette neppe skape noen spesielle problemer. I strømsvake områder kan det ha en betydning, spesielt hvis det også er tilførsler av organisk stoff fra avløpsvann, industri etc. i nærområdet. Spesielle problemer oppstår imidlertid i sjiktede vannmasser hvor gropene etterhvert fylles av tungt bunnvann som bare skiftes med lange intervaller. Under slike forhold dannes råttent vann i gropene. Dette har vært et problem på steder i Øresund (Kiørboe & Møhlenberg 1982, Persson 1983) og kan like fullt opptre i norske farvann.

7.4. Transport av finmateriale til omkringliggende områder

Materiale som virvles opp i vannmassene vil transporteres med strøm og avsettes i strømsvake områder. De fineste partiklene, som holder seg lengst svevende i vannmassene, kan transporteres lengst (kap 7.1.). Ved sandutvinning fra store homogene sandbunnsområder spiller dette neppe noen stor rolle, men i skjellsandområder med avgrensede forekomster og store lokale forskjeller i bunntyper og strømforhold over små avstander, kan dette ha ulike virkninger. I undersøkelsesområdet i Sund er det f.eks. rike tareskogsområder i nær tilknytning til skjellsandforekomstene. Ved økt partikkeltransport vil sand og finpartikler bringes inn i områdene. De vil avsettes under rolige værforhold, men i uvær eller i perioder med sterk strøm kan partiklene på ny bringes i bevegelse. De viktigste konsekvensene av partikkeltransport inn i tareskog/hardbunnsområder er sandskuring eller overdekking av organismer (kap. 7.6). Det er lite trolig at sandflukten vil ha betydning for annet enn de mest nærliggende hardbunnsområdene.

7.5. Virkninger på fauna og flora i opptaksområder

Fauna og flora som finnes på bunnen i et opptaksområde blir selvfølgelig ødelagt ved opptaket. I mange tilfeller blir imidlertid ikke alt liv utslettet, avhengig av hvilken aktivitet som foregår og hvor intensiv den drives. Ved opptak av skallmateriale på skjellavsetninger fant Connor & Simon (1979) et tap på 40 % av arter og 90 % av biomassen i bunnfauna umiddelbart etter opptaket. Ved tråling på skjellbanker (som er en mindre sterk forstyrrelse) fant Caddy (1973) en dødelighet av skjell på ca. 15 %. Også McCauley & al. (1976) og Hall & al. (1990) har registrert betydelig nedgang i bunnfauna etter grabbing og sandsuging.

De fleste undersøkelser på ettervirkninger har imidlertid vist at bunnfaunaen relativt fort vender tilbake etter opphør av virksomheten. I noen tilfeller har forholdene normalisert seg etter 1-2 måneder (McCauley & al. 1976, Hall & al. 1990), men mer generelt synes en restitusjonstid på 1-2 år å være normalt (Kiørboe & Møhlenberg 1982).

Flest undersøkelser refererer seg til sandbunner, som i utgangspunktet er svært ustabile miljøer, og til mudderbunner. I ustabile miljøer består en betydelig andel av faunaen av små kortlevde arter (1-2 år) med høyt rekrutteringspotensiale og god bevegelsesevne. Gjennoppbygging av faunaen vil foregå både ved innvandring fra nærliggende områder og nyrekruttering. I områder hvor en betydelig del av faunaen består av større langlevde former (f.eks. skjellbanker) må man regne med en vesentlig lengre restitusjonstid. Det synes imidlertid ikke å være rapportert skadevirkninger som består over lengre tid. De vesentligste virkningene i så måte må være at hele miljøet endres slik at betingelsene for å få tilbake det opprinnelige organismsamfunn ikke er tilstede. Arts sammensetning, biomasse og produksjon av den fauna som istedet vil kolonisere området, avhenger helt av de nye fysiske forhold (Kiørboe & Møhlenberg 1982).

7.5.1. Fisk og gyteplasser

Det er heller ikke klart hva som vil kunne skje dersom uttaksområdet også er gyteplasser for fisk. Så lenge uttaket foregår blir fisken selvfølgelig borte, men det er ikke sikkert at den vender tilbake selv om forholdene tilsynelatende normaliseres. Spesielt for sild påpeker de Groot (1980) at strukturelle endringer på et gyteområde kan føre til at fisken ikke lokaliserer dette og at gytingen opphører. Lite er kjent om hvordan fisken finner fram til og velger gyteområder. de Groot (1979, 1980) maner derfor til stor varsomhet ved opptak i områder som kan berøre gyteplasser. Denne usikkerheten, som i stor grad berører sild og tobis i Nordsjøen, blir også påpekt i rapportene fra ICES (ICES 1975, 1977).

For voksen fisk synes opptaksvirksomheten å ha mindre betydning. Fisken trekker bort så lenge aktiviteten er i gang og vannet er grumset, men kommer tilbake nokså snart etter opphør, vanligvis etter få timer. Det er også kjent at flere fiskeslag kan tiltrekkes til slike områder kort tid etter uttaket, sannsynligvis for å spise døde og skadete bunnorganismer (Caddy 1973).

7.6. Effekter utenfor opptaksområder

Utenfor sandopptaksområder kan oppvirvlet finmateriale som transporteres med strømmer påvirke fauna og flora både direkte ved å skade organismer og indirekte ved at miljøet endres. De sterkeste skadene kan tenkes dersom strømmene i området er så sterke at det oppvirvlede materialet skurer på organismer og underlag. Tett inntil sandområder er glatt underlag på fjell og stein som følge av skuring ofte lett synlig, men utstrekningen av sandskurte flater er vanligvis liten. Det synes å finnes lite eksperimentelle data på skuring, men Moore (1977) refererer undersøkelser som ikke kunne påvise virkninger ved strømhastigheter lavere enn 1 knop.

I strømsvakere områder vil finmaterialet avsettes på bunnen. Generelt synes en rekke hardbunnsorganismer å være følsomme for nedslamming. Dette gjelder f.eks. svamp, hydroider, skorpeformete mosdyr og ulike fastsittende alger. Spesielt vil bunnslåing av larver, sporer og andre spredningsenheter hemmes. Svekket rekruttering vil over tid føre til at organismsamfunnene endrer seg og derved også deres funksjon, f.eks. som oppvekstområde for fisk. Områder som utsettes for nedslamming med steinstøv (f.eks. fra industriavløp eller tilført i elvevann) karakteriseres ofte av nedsatt artsrikhet og grunnere dybdegrensener for alger. Artene vil imidlertid fort komme tilbake om

nedslammingen opphører.

Også tilgrumsingen av vannet vil i seg selv påvirke bunnorganismene ved at lystilgangen for algevekst blir dårligere. Undersøkelser i Irland har vist at nedre voksegrense for stortare (*Laminaria hyperborea*) er vesentlig grunnere i fjordområder med høyt partikkelinnhold i vannet (høy turbiditet) sammenlignet med åpen kyst (Edwards 1980). Dette tilskrives først og fremst nedsatt lysgjennomgang i vannet, men det er også trolig at rekruttering av nye tareindivider på dypere vann er dårligere på grunn av økt partikkelsedimentering.

Moore (1977) gir en utførlig oversikt over virkninger av suspendert materiale og nedslamming for en rekke dyregrupper. Oversikten viser at det er svært ulike reaksjoner fra dyregruppe til dyregruppe og fra art til art. Svært mange filtrerende organismer som skjell og planktoniske kopepoder kan potensielt forstyrres i sitt fødeopptak av suspendert materiale i vannet, men mange arter er i stand til å motvirke dette ved øket eller selektivt næringsopptak. Konsekvensene av økt partikkelinnhold i vannet er derfor ikke entydige og behøver ikke være negative. Edwards (1980) fant imidlertid nedsatt artsrikhet i faunaen tilknyttet tarefester i områder med mye suspendert materiale i vannet.

Virkninger for filtrerende muslinger har vært undersøkt spesielt. Kiørboe & Møhlenberg (1982) undersøkte et titall arter, men fant at alle var i stand til å kompensere for forhøyde konsentrasjoner av partikler i vannet ved økt fødeopptak. Artene er i stand til å frasortere materiale uten næringsverdi. ICES (1975) refererer en rekke undersøkelser på østers som viser tilsvarende, men det var nedsatt aktivitet ved svært høye partikkelkonsentrasjoner. Generelt synes det som om noe økning i vannets partikkelinnhold ikke er til skade. Faktisk fant Kiørboe & Møhlenberg (1982) et stimulert fødeopptak og økt vekst hos muslinger ved moderate partikkelkonsentrasjoner.

Finmateriale som virvles opp vil over tid transporteres til og avsettes i de mest nærliggende bløtbunnsområder. Dette vil over tid føre til endringer i bunnsedimentet. Det er foretatt undersøkelser som viser at artssammensetningen i slike bunnsområder endrer seg, men uten at dette har særlig betydning for biomasse og produksjon i området (Kiørboe & Møhlenberg 1982).

7.6.1. Fisk og gyteplasser

Det er også gjort undersøkelser på mulige effekter på egg og yngel av fisk. Auld & Schubel (1978), som undersøkte kystnære fiskeslag i Chesapeake Bay, USA, fant at flere arter var tolerante til svært høye konsentrasjoner av suspendert materiale (> 500-1000 mg/l) og ingen ble påvirket av moderate konsentrasjoner. Kiørboe et al. (1981) viste at eggutvikling hos sild ikke ble påvirket av suspendert silt i vannet. Kiørboe & Møhlenberg (1982) konkluderer med at de konsentrasjoner av oppslemmet materiale som forekommer i forbindelse med sandsuging, ikke har skadelig effekt på utviklingen av fiskeegg på bunnen.

Derimot kan det tenkes indirekte virkninger for fisk ved at økt partikkelinnhold i vannet gjør områdene mindre attraktive for gyting. Dette blir påpekt av de Groot (1980) som viser til at sild foretrekker gyteplasser med ren grusbunn og unngår vannmasser med selv moderat partikkelinnhold i vannet (20-35 mg/l). Som nevnt ovenfor finnes det lite informasjon om i hvilken grad fisk kan tilpasse seg endrete forhold på et gyteområde. Oulasvirta & Lehtonen (1988) undersøkte gyting av sild i nærheten av et sandopptaksområde i Østersjøen. De kunne ikke dokumentere at gytingen ble påvirket, men forekomsten av fisk på gytefeltet innenfor 1.5 km fra uttaksområdet var redusert.

8. DISKUSJON

Utgangspunktet for skjellsandprosjektet i Sund har vært et generelt ønske om å øke kunnskapsgrunnlaget omkring utvinning av skjellsand. Skjellsandutvinning er konsesjonsbelagt. Generelt har myndighetene vært restriktive med å gi konsesjoner på grunn av usikkerhet omkring mulige negative effekter på miljøet og konsekvensene for andre brukerinteresser (Sørensen 1991).

Denne rapporten tar opp de rent natur- og miljømessige forholdene omkring utvinning. Det finnes imidlertid svært lite kunnskap og erfaring som går direkte på utvinning av skjellsand. En må derfor overføre informasjon fra utvinning av andre løsmasser (mineralsand), fra andre land og fra helt andre naturtyper enn hva som finnes på norskekysten. En rekke viktige spørsmål er også av mer lokal karakter og kan neppe besvares på generelt grunnlag, f.eks. mulighetene for å skade gyte- og oppvekstområder for viktige fiskeslag. Det vil derfor være varierende hvor gode svar det er mulig å gi på spørsmålene omkring utvinning. Generelt er det derfor ønskelig med mer kunnskap om miljøet på og omkring skjellsandforekomstene. Det vil nok også være nødvendig å vinne mer erfaring med hva som skjer ved utvinning av norske skjellsandforekomster for å balansere mot de rent 'teoretiske' vurderingene.

Skjellsandforekomstene finnes på ulike dyp og i områder med varierende topografi og strømforhold. Det vil derfor være sterkt lokalt betinget hvilke effekter utvinningen kan ha. Dette var også tilfelle med de undersøkte forekomstene i Sund. Forekomsten ved Glesvær (område 21) skilte seg klart fra de andre ved å ligge i et sedimentasjonsområde hvor finpartikulært materiale avsettes på bunnen. De andre forekomstene hadde fin skjellsand uten tydelig innhold av organisk materiale. På forekomstene vest for Glesvær (område 21B) og sør for Store Vardøy (område 7) var det spredt algebegroing, skjell og stein som tydet på at sandflatene i stor grad ligger i ro. Ved Store Risøy (område 17 og 18), hvor sedimentene var grove, syntes forekomstene å være mer utsatt for strøm og vannomrøring enn de to andre.

De utenlandske utredningene om utvinning av sand og grus konkluderer generelt med at virkningene for naturmiljøet i havet er små. Både de danske og svenske utredningene (Kiørboe & Møhlenberg 1982, Persson 1983) peker imidlertid på forhold som kan ha lokal betydning. Persson (1983) lister følgende forhold som de mest alvorlige:

- ødeleggelse av gyteplasser for fisk
- ødeleggelse av overvintringsområder (fisk, fugl, andre dyr)
- erosjon av kystområder som følge av endrede strømforhold
- forandring av bunntopografi i fiskeområder
- gjenstående forsenkninger i bunnen som kan danne forråtnelsesmiljøer

Kiørboe & Møhlenberg (1982) påpeker at i innelukkede og strømsvake områder kan sandutvinning føre til at næringssalter og oksygenforbrukende stoffer frigjøres fra bunnen og kommer ut i vannet. Men de viser til at sandutvinning bare unntaksvis forekommer i slike områder.

Alle undersøkelser vurderer effektene av oppvirket materiale og tilgrusning av vannet som små. Persson (1983) påpekte imidlertid at denne konklusjonen i det alt vesentlige var trukket på basis av laboratorieforsøk, og at man hadde lite feltinformasjon å støtte seg til.

Hovedkonklusjonene i de utenlandske arbeidene må regnes å ha gyldighet også for utvinning av skjellsand i norske farvann. Trolig vil de sterkeste virkningene være knyttet til ressurser som finnes på forekomstene og som kan ødelegges. I Sund ble det ikke påvist biologiske ressurser av spesiell interesse

(f.eks. skjellbanker, tareskog). Dette vil nok også gjelde for mange forekomster i andre områder langs kysten som er aktuelle for utvinning.

På forekomstene i Sund kunne det heller ikke påvises noen spesielle effekter for miljøet av den tidligere sandutvinningen. Sporene etter utvinningen på forekomsten vest av Glesvær (område 21B) var tydelige, men det syntes ikke som om virksomheten hadde ført til noen sandflukt fra området. På forekomsten ved Store Vardøy (område 7) var sporene mindre tydelige. Groper, rene sandflater og skurt fjell som fantes i området, kunne tyde på ettervirkninger, men kunne også være naturlig forekommende. Resultatene indikerer at effektene ved utvinningen var svært lokale, men at restitusjon etter utvinning kan ta svært lang tid. Det kan også synes som den naturlige variasjonen mellom sandforekomstene var større enn forandringene i områdene der utvinning hadde funnet sted.

Det foreligger ikke noe informasjon om hva effektene av utvinning fra områder med svært grov sand som på områdene 17 og 18 ved Risøy ville vært. Trolig kan man vente små ettervirkninger siden skjellsanden inneholder mindre finmateriale og ofte omrøres av strøm.

De utenlandske arbeidene konkluderer også med at effektene på områdene omkring utvinningsstedet generelt er små. Dette kan tenkes å bli forskjellig i norske farvann. Mens utvinning av mineralsand gjerne foregår fra forekomster hvor det er lik bunn over store områder, vil aktuelle norske skjellsandforekomster ligge i områder med vekslende topografi. Ofte er det hardbunn og tareskog eller helt andre bunntyper med forskjellige organismsamfunn nær til forekomstene. Det blir med dagens kunnskapsnivå imidlertid nokså spekulativt å antyde spesielle negative virkninger av utvinning. Mest trolig blir virkningene små. Man må regne med at hardbunnsområder og organismsamfunn nær til skjellsandforekomster med åpent eksponerte sandflater som i Sund naturlig utsettes for sandflukt i stormperioder. I Sund ble det ikke observert forhold som kunne antyde skadevirkninger nær til områdene hvor sandopptak hadde funnet sted. Spesielt for tareskogsområder vil man imidlertid få mer kunnskap om eventuelle fareutsatte ressurser gjennom nye forskningsprosjekter (Høisæter et al. 1992).

Miljøvirkningene ved utvinning vil også ha sammenheng med valg av utvinningsmetode. Mest aktuelt for skjellsandutvinning er opptak med grabb. Det finnes i dag spesielt utviklede lukkede grabber som minsker oppvirvlingen av materiale ved opptak. Det kan også tenkes opptak ved sandsuging på store forekomster. Vurderinger og sammenligninger av ulike tekniske løsninger er gitt av Pennekamp & Quaak (1990) og Skei (1991).

Denne rapporten har ikke tatt opp spesielt mulige ressurs- og lokalitetskonflikter til fiskeri- og oppdrettsnæringen. Dette er i noen grad behandlet av Sørensen (1991), men bør nok kanskje vurderes særskilt. Aktuelle spørsmål er ødeleggelse av fiskeplasser ved at det graves groper i bunnen (brukskonflikter), ødeleggelse av gyte- og oppvekstområder for kommersielt viktige fiskeslag, og nedsatt vannkvalitet for oppdrett på grunn av oppvirvlet sediment i vannet. Også de utenlandske utredningene påpeker at det er mange uavklarte forhold omkring fiskeriinteressene. Spesielt vises det til usikkerhet omkring gyte- og oppvekstområder for fisk som i alminnelighet er dårlig kjent og kartlagt.

9. LITTERATUR

- Ackefors, H. & S. Fonselius 1968. Preliminary investigations on the effect of sand suction work on the bottom in the Øresund. *Medd. Havsfiskelab. Lysekil* nr. 58, 7 s.
- Allen, P.L. & J.J. Moore 1987. Invertebrate macrofauna as potential indicators of sandy beach instability. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 24: 109-125.
- Auld, A.H. & J.R. Schubel 1978. Effects of suspended sediment on fish eggs and larvae: a laboratory assessment. *Estuar. Coast Mar. Sci.* 6: 153-164.
- Bjerknes, V., L.G. Golmen, A. Pedersen og K. Sørgaard 1988. Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. NIVA rapp. nr. 2072, Oslo. 122s.
- Blunden, G., W.F. Farnham, N. Jephson, R.H. Fenn & B.A. Plunkett 1977. The composition of maerl from the Glenan islands of southern Brittany. *Botanica Marina* 20: 121-125.
- Caddy, J.F. 1973. Underwater observations on tracks of dredges and trawls and some effects of dredging on a scallop ground. *J. Fish. Res. Board Can.* 30: 173-180.
- Carter, R.W.G. 1988. *Coastal Environments. An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural systems of Coastlines.* Academic Press, London. 617 s.
- Conner, W.G. & J.L. Simon 1979. The effects of oyster dredging on an estuarine benthic community. *Estuar. coast. Mar. Sci.* 9: 749-758.
- de Groot, S.J. 1979. The potential environmental impact of marine gravel extraction in the North Sea. *Ocean Management* 5: 233-249.
- de Groot, S.J. 1980. The consequences of marine gravel extraction on the spawning of herring, *Clupea harengus* Linne. *J. Fish. Biol.* 16: 605-611.
- de Jonge, V.N. 1983. Relations between annual dredging activities, suspended matter concentrations, and the development of the tidal regime in the Ems estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40 (suppl 1): 289-300.
- Edwards, A. 1980. Ecological studies of the kelp, *Laminaria hyperborea*, and its associated fauna in south-west Ireland. *Ophelia* 19: 47-60.
- Golmen, L. 1991. Overvaking av sjøresipientar i Sund kommune 1987 - 1990, statusrapport. Notat, NIVA-Vestlandsavdelingen, Bergen. 13 s.
- Grant, W.D., L.F. Boyer & L.P. Sanford 1982. The effects of bioturbation on the initiation of motion of intertidal sands. *J. mar. Res.* 40: 659-677.
- Grøsfjeld, K. 1990. Skjellsandkartlegging i Sund kommune, Hordaland. NGU rapp. nr. 89-122. Trondheim. 50 s.

- Grøsfjeld, K. 1991. Skjellsandkartlegging i Sund kommune, Hordaland. Supplerende undersøkelser, 1991. NGU rapp. nr. 91-210. Trondheim. 77 s.
- Halis, J. og A. Carr 1975. *Nearshore Sediment Dynamics and Sedimentation. An Interdisciplinary Review*. J. Wiley & Sons, London. 316 s.
- Hall, S.J., D.J. Basford & M.R. Robertson 1990. The impact of hydraulic dredging for razor clams *Ensis* sp. on an infauna community. *Neth. J. Sea Res.* 27: 119-125.
- Hanson, H. 1983. Planeringskriterier och icke-biologiske effekter vid sandsugnings- och utfyllnadsverdsamhet. Statens naturvårdsverk, PM 1718. Solna, Sverige. 99 s.
- Holme, N.A. & J.B. Wilson 1985. Faunas associated with longitudinal furrows and sand ribbons in a tide-swept area in the English Channel. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 65: 1051-1072.
- Høisæter, T., T.E. Lein & J.H. Fosså 1992. Tareskogen som habitat og oppvekstområde for fisk i relasjon til eventuelle skadevirkninger av taretråling. Et forprosjekt. *IFM rapport 3*, 1992. Univ. i Bergen. 36 s.
- ICES 1975. Report of the working group on effects on fisheries of marine sand and gravel extraction. *ICES Coop. Res. Rep.* nr. 46. ICES, København. 57 s.
- ICES 1977. Second report of the ICES working group on effects on fisheries of marine sand and gravel extraction. *ICES Coop. Res. Rep.* nr. 64. ICES, København. 26 s.
- ICES 1992. Effects of extraction of marine sediments on fisheries. *ICES Coop. Res. Rep.* nr. 182. ICES, København (foreløpig ikke utgitt).
- Johnson, J. W. 1956. Dynamics of nearshore sediment movement. *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.* 40: 2211-2232.
- Keegan, B.F. 1974. The macrofauna of maerl substrates on the west coast of Ireland. *Cah. Biol. Mar.* 15: 513-530.
- Kenny, A.J., H.L. Rees & R.G. Lees 1991. An inter-regional comparison of gravel assemblages off the English east and south coasts: preliminary results. ICES CM 1991/E:27, 6 s.
- Kjørboe, T., E. Frantsen, C. Jensen & G. Sørensen 1981. Effects of suspended sediment on development and hatching of herring (*Clupea haraengus*) eggs. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 13:107-111.
- Kjørboe, T. & F. Møhlenberg 1981. Dispersion of suspended material from an operating sand suction dredge in the Øresund (Denmark). *Vatten* 4: 303-309.
- Kjørboe, T. & F. Møhlenberg 1982. Sletter havet sporene ? En biologisk undersøgelse af miljøpåvirkninger ved ral- og sandsugning. Miljøministeriet, fredningsstyrelsen 1982 (Danmark), 96 s.
- Kumbein, W. C. 1977. Shore processes and beach characteristics. I: *Beach Processes and Coastal*

- Hydrodynamics* (red. Fisher, J. S. og R. Dylan) Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Pennsylvania, USA. 383 s.
- McCauley, J.E., R.A. Parr & D.R. Hancock 1976. Benthic infauna and maintenance dredging: a case study. *Water Res.* 11: 233-242.
- Moore, P.G. 1977. Inorganic particulate suspensions in the sea and their effects on marine animals. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 15: 225-363.
- Oug, E. & B. Holte 1991. Skjellsandprosjektet i Sund. Foreløpig rapport om økologiske konsekvenser ved utvinning av skjellsand. Notat. NIVA - Sørlandsavdelingen, Grimstad. 15 s.
- Oug, E. 1992. Benthic macrofauna of calcareous sand deposits at Sotra, west coast of Norway. NIVA report (under forberedelse).
- Oulasvirta, P. & H. Lehtonen 1988. Effects of sand extraction on herring spawning and fishing in the Gulf of Finland. *Mar. Poll. Bull.* 19: 383-386.
- Pedersen, A., N. Green, M. Walday & F. Moy 1991. Landtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport for hardbunnsundersøkelsene i 1990. Statlig prog. forurensningsovervåking, rapport 447/91. SFT/NIVA. Oslo. 127 s.
- Pennekamp, J.G.S. & M.P. Quaak 1990. Impact on the environment of turbidity caused by dredging. *Terra et Aqua* 42: 10-20.
- Persson, L.-E. 1983. Miljöeffekter av marin sand- och grustäkt. Statens naturvårdsverk, PM 1719. Solna, Sverige. 70 s.
- Rhoads, D.C. & L.F. Boyer 1982. The effects of marine benthos on physical properties of sediments. A successional perspective. Side 3-52 i: McCall, P.L. & M.J.S. Tevesz (red) *Animal-sediment relation. The biogenic alterations of sediments*. Topics in Geobiology, vol. 2. Plenum Press.
- Sangolt, G. 1982. Synfaring. Sandgrabbingsfelt på strekninga Ljøsålen - Turøy, i Fjell kommune, 5.2.1982. Notat. Bergen. 6 s.
- Scoffin, T.P. 1987. *An introduction to carbonate sediments and rocks*. Blackie, Glasgow. 274 s.
- Skei, J. 1991. Miljøproblemer knyttet til mudring og dumping av forurensete masser i det marine miljø. Fase 2: Utredning om alternative mudrings- og deponeringsmetoder. NIVA rapp. nr. 2614. Oslo. 19 s.
- Smith, J.E. 1932. The shell gravel deposits, and the infauna of the Eddystone Grounds. *J. mar. Biol. Ass. U.K.* 18: 243-278.
- Sørensen, J. 1991. Skjellsandutvinning. Samfunnsmessig betydning og konflikter. NIVA rapp. nr. 2637. Oslo. 34 s.
- Tunberg, B. 1982. Quantitative distribution of the macrofauna in a shallow, sandy bottom in Raunefjorden, western Norway. *Sarsia* 67: 201-210.

van der Veer, H.W., M.J.N. Bergman & J.J. Beukema 1985. Dredging activities in the Dutch Wadden Sea: effects on macrobenthic infauna. *Neth. J. Sea Res.* 19: 183-190.

Aakerøy, P.M. 1985. Makrofauna i skjellsand, fra 5 til 15 m's dyp, på en middels eksponert lokalitet. Hovedfagsoppgave, Institutt for marinbiologi, Univ. i Bergen. 103 s.

Vedleggstabell 1. Fullstendige resultater for bunnfaunaprøvene.

	Stasjon Grabb	7 4	18 4	21 3	21 4	21B 2	21B 4
CNIDARIA							
Campanularia volubilis (L.)		-	-	-	-	1	-
Actiniaria indet		13	-	-	-	-	-
Cerianthidae		-	-	-	4	-	-
Cerianthus lloydi Gosse		7	-	2	-	1	5
Edwardsia cf. danica Carlgren		-	-	1	-	-	-
Edwardsia cf. longicornis Carlgren		-	-	-	-	1	-
Edwardsia cf. tuberculata Dueben & Koren		-	-	-	-	-	1
Edwardsia sp		2	-	-	-	-	4
Edwardsia tuberculata Dueben & Koren		1	-	-	-	-	-
Pennatulacea indet		-	-	2	1	-	-
NEMERTINEA							
Nemertinea indet		9	4	13	11	13	7
NEMATODA							
Nematoda indet		6	-	2	-	3	-
POLYCHAETA							
Amaeana trilobata (M.Sars 1863)		-	-	1	8	-	-
Ampharete sp		-	-	48	52	1	-
Amphicteis gunneri (M.Sars 1835)		-	-	2	-	-	-
Anobothrus gracilis (Malmgren 1865)		-	-	-	2	-	-
Aonides oxycephala (M.Sars 1862)		-	4	-	-	-	-
Aonides paucibranchiata Southern 1914		15	14	-	-	2	9
Aonides sp		1	-	-	-	-	-
Aricidea sp		1	-	5	2	2	-
Autolytus sp		-	-	-	-	1	-
Capitella capitata (Fabricius 1780)		-	-	-	-	-	1
Caulleriella sp		-	-	-	-	2	-
Chaetopterus variopedatus (Renier 1804)		-	6	-	-	-	-
Chaetozone setosa Malmgren 1867		-	-	28	19	-	-
Chone sp		44	-	7	-	6	1
Cirratulus cirratus (O.F.Mueller 1776)		3	1	-	-	-	-
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)		1	-	-	-	-	-
Eteone cf. longa (Fabricius 1780)		-	-	-	-	2	-
Eteone sp		-	-	1	-	-	-
Euclymene sp		-	-	3	4	-	-
Eusyllis sp		-	4	-	-	-	-
Exogone hebes (Webster & Benedict 1884)		-	-	-	-	1	-
Fabriciidae indet		-	-	-	8	-	-
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)		-	-	7	4	3	1
Glycera lapidum		18	17	-	-	1	6
Goniada maculata Oersted 1843		1	-	-	-	-	-
Harmothoe sp		1	2	-	-	-	-
Hesionidae indet		1	-	-	-	-	-
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)		-	-	2	1	-	-
Hydroides norvegica Gunnerus 1768		3	-	-	-	-	-
Kefersteinia cirrata (Keferstein 1862)		-	21	-	-	-	-
Laonice cirrata (M.Sars 1851)		1	-	-	-	-	-
Leitoscoloplos sp		-	-	3	-	-	-
Macrochaeta clavicornis (Sars 1835)		10	1	-	-	4	-

Vedleggstabell 1 forts.

	Stasjon Grabb	7 4	18 4	21 3	21 4	21B 2	21B 4
Malacoceros sp	-		1	-	-	-	-
Mediomastus fragilis Rasmussen 1973	11	-	-	-	-	31	2
Melinna cristata (M.Sars 1851)	-	-	-	3	13	-	-
Myriochele cf. danielsseni Hansen 1879	23	-	-	-	-	-	-
Myriochele oculata Zaks 1922	-	-	-	42	69	1	-
Mystides sp	5	-	-	-	-	-	-
Nephtys hombergii Savigny 1818	-	-	-	1	-	-	-
Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)	-	-	1	-	-	-	-
Nereis pelagica L.	3	-	-	-	-	-	-
Notomastus latericeus Sars 1851	-	-	-	2	5	-	-
Notoproctus oculatus	-	-	-	1	-	-	-
Ophryotrocha sp 1	-	13	-	-	-	-	-
Ophryotrocha sp 2	-	17	-	-	-	-	-
Orbinia sertulata (Savigny 1820)	-	-	-	-	1	-	-
Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841	27	-	-	12	28	1	-
Paramphitrite tetrabranchiata Holthe 1976	-	-	-	1	1	-	-
Paraonis lyra (Southern 1914)	-	-	-	-	-	13	-
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)	10	-	-	-	-	14	1
Pholoe minuta (Fabricius 1780)	6	2	4	4	4	7	-
Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)	-	-	-	1	-	-	-
Phyllodoce maculata (Linne 1767)	-	-	1	-	-	-	-
Pisione remota (Southern 1914)	-	-	2	-	-	-	-
Pista cristata (O.F.Mueller 1776)	-	-	-	3	13	-	-
Polycirrus norvegicus (Wollebaek 1912)	-	-	1	-	-	1	-
Polycirrus sp	1	7	-	-	-	-	-
Polydora sp	-	-	-	1	-	-	-
Polynoidae indet	1	-	-	-	-	-	-
Prionospio cirrifera Wiren 1883	120	-	-	17	14	18	5
Prionospio malmgreni Claparede 1868	-	-	-	-	-	7	1
Protodorvillea kefersteini (McIntosh 1869)	-	-	8	-	-	1	4
Samytha sexcirrata M.Sars 1856	-	-	-	-	1	-	-
Scalibregma inflatum Rathke 1843	-	-	-	5	10	1	-
Scionella lornensis Pearson 1969	4	-	-	8	2	3	-
Scolecopsis cf. tridentata Southern 1914	-	-	-	3	2	-	-
Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)	23	1	-	-	-	22	-
Sphaerodorium sp	-	-	2	-	-	23	-
Sphaerosyllis hystrix Claparede 1863	4	-	-	-	-	-	-
Spio filicornis (O.F.Mueller 1766)	1	-	-	-	-	1	-
Spiochaetopterus typicus M.Sars 1856	-	-	-	2	-	-	-
Spiophanes bombyx (Claparede 1870)	2	-	-	-	-	2	9
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	-	-	-	2	9	-	-
Streblosoma bairdi (Malmgren 1865)	-	-	-	-	4	-	-
Syllidae indet	-	-	2	-	-	-	-
Tharyx sp	2	-	-	2	2	-	2
Trichobranchus roseus (Malm 1874)	-	-	-	2	2	1	-
Typosyllis cornuta (Rathke 1843)	2	-	-	1	2	-	-
Typosyllis sp	-	-	6	-	-	-	-
OLIGOCHAETA							
Oligochaeta indet	-	24	-	-	-	-	-

Vedleggstabell 1 forts.

	Stasjon Grabb	7 4	18 4	21 3	21 4	21B 2	21B 4

PROSOBRANCHIA							
Eulimidae indet		1	-	-	-	-	-
OPISTOBRANCHIA							
Aplysia punctata (Cuvier)		-	11	-	-	-	-
Doto sp		-	1	-	-	-	-
Philine cf. aperta (L.)		-	1	-	-	-	-
POLYPLACOPHORA							
Leptochiton asellus (Spengler)		20	-	-	-	-	-
CAUDOFOVEATA							
Caudofoveata indet		-	-	1	1	-	-
BIVALVIA							
Anomia sp		-	3	-	-	-	-
Astarte montagui Dillwyn 1817		-	1	-	-	-	-
Chlamys cf. opercularis (L.)		-	-	-	-	-	1
Crenella decussata (Montagu)		6	-	-	-	-	-
Ensis ensis (Linne)		-	-	-	-	-	1
Lima sulcata (Brown 1827)		-	-	1	-	-	-
Mya sp		6	-	-	-	-	-
Myrtea spinifera (Montagu)		-	-	-	1	-	-
Mytilidae indet		-	1	-	-	-	-
Nuculoma tenuis (Montagu)		-	-	-	6	-	-
Thyasira cf. flexuosa (Montagu 1803)		-	-	2	-	-	-
Thyasira sp		-	-	-	13	-	-
Venus ovata Pennant		-	-	-	-	1	-
SCAPHOPODA							
Dentalium entale Linne		-	-	-	1	-	-
Verruca stroemi O.F.Mueller		-	4	-	-	-	-
TANAIDACEA							
Tanaidacea indet		1	-	-	-	-	-
ISOPODA							
Gnathia sp		1	1	-	-	-	-
Idotea cf. neglecta Sars		-	17	-	-	-	-
Idotea emarginata (Fabricius)		-	4	-	-	-	-

Vedleggstabell 1 forts.

	Stasjon Grabb	7 4	18 4	21 3	21 4	21B 2	21B 4
AMPHIPODA							
Acidostoma obesum (Bate) (sensu Sars)		2	-	-	-	-	-
Ampelisca tenuicornis Lilljeborg		4	-	1	-	4	1
Amphipoda indet		-	-	-	-	1	-
Gammarus sp		-	10	-	-	-	-
Megamphopus cornutus Norman		1	-	-	-	-	-
Nototropis swammerdami (Milne-Edwards)		-	5	-	-	-	-
Orchomenella sp		1	-	-	-	-	-
Parajassa pelagica (Leach 1814)		-	1	-	-	-	-
Synchelidium haplocheles (Grube)		1	-	-	-	-	-
DECAPODA							
Hippolyte varians Leach		-	2	-	-	-	-
Pirimela denticulata (Montagu)		-	1	-	-	-	-
SIPUNCULIDA							
Sipunculida indet		-	1	-	-	-	-
ASTEROIDEA							
Asterias sp		-	-	-	-	1	-
Henricia sp		-	9	-	-	2	2
OPHIUROIDEA							
Amphiura chiajei Forbes		-	-	-	1	-	-
Amphiura filiformis (O.F.Mueller)		-	-	-	2	-	-
Ophiuroidea indet		13	2	-	-	-	-
ECHINOIDEA							
Echinocardium cf. flavescens (O.F.Mueller)		-	-	-	1	-	-
Echinocardium flavescens (O.F.Mueller)		-	-	-	-	1	1
Echinoidea indet		1	-	-	-	-	-
Spatangus purpureus O.F.Mueller		-	1	-	-	-	-
HOLOTHUROIDEA							
Labidoplax buski (McIntosh)		1	-	5	3	5	1
Leptosynapta decaria (Oestergren)		11	-	-	-	-	-
Leptosynapta inhaerens (O.F. Mueller)		-	-	-	-	-	2
POGONOPHORA							
Pogonophora indet		-	-	1	1	-	-
CHAETOGNATHA							
Spadella cephaloptera		-	-	-	1	-	-
CEPHALOCHORDATA							
Branchiostoma lanceolatus		-	-	-	-	-	2
PISCES							
Callionymus lyra L.		-	-	-	-	1	-

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2177-8