

Miljø og utvikling
Norges forskningsråd

Langtidsvirkninger fra utslipp til sjø fra offshoresektoren

Rammenotat



Norges
forskningsråd

Copyright © Norges forskningsråd 2001

Norges forskningsråd
Postboks 2700 St. Hanshaugen
0131 OSLO
Telefon: 22 03 70 00
Telefaks: 22 03 70 01
Grønt nummer telefaks: 800 83 001
Internett: bibliotek@forskningsradet.no
X.400: S=bibliotek;PRMD=forskningsradet;ADMD=telemax;C=no;
Hjemmeside: <http://www.forskningsradet.no/>

Trykk: Norges Forskningsråd
Opplag: 100

Oslo, juni 2001
ISBN 82-12-01623-4

Langtidsvirkninger fra utslipp til sjø fra offshoresektoren

Rammenotat

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	6
2	INTRODUKSJON	6
2.1	Mandat	6
2.2	Klargjøring og avgrensning av mandatet	7
2.3	Arbeidsgruppens sammensetning	7
3	BAKGRUNN	7
3.1	Utslipp fra olje- og gassproduksjonen i norske farvann	8
3.2	Marine ressurser og miljøvirkninger	11
4	BRUKERBEHOV	12
5	RAMMEBETINGELSER	12
6	KUNNSKAPSSTATUS	14
6.1	Utslipp til vannsøylen	14
6.2	Utslipp til sjøbunnen	15
6.3	Akutte utslipp	16
6.4	Testing av kjemikalier	16
6.5	Styring av miljørisiko	16
7	FORSKNINGSBEHOV	17
7.1	Utslipp av produsert vann	17
7.2	Utslipp og deponier av borekaks/-væsker	20
7.3	Langtidsvirkninger av akutte utslipp	21
7.4	Olje i nordlige og arktiske farvann	22
7.5	Kobling mellom forskning og overvåking	23
8	KOMPETANSEBEHOV OG REKRUTTERING	24
9	KOORDINERING OG INTERNASJONALT SAMARBEID	24
10	PRIORITERING	26
10.1	Kriterier	26
10.2	Prioriterte forskningsområder	27
11	ORGANISERING AV EN FREMTIDIG FORSKNINGSAKTIVITET	28
12	RAMMEBETINGELSER FOR ET EVENTUELT FREMTIDIG FORSKNINGSPROGRAM	29
13	REFERANSER	29
14	VEDLEGG	31
14.1	Forklaring av forkortelser	31
14.2	Programmer og prosjekter innen forskning og overvåking (utvalgte institusjoner)	32

1 Sammendrag

Rammenotatet gir en oversikt over kunnskapsstatus, forskningsbehov og kompetansebehov innen området ”langtidsvirkninger av utslipp til sjø fra offshoresektoren”. Det er gjort en betydelig innsats innen miljørelatert forskning og overvåking i oljesektoren gjennom de siste 20 år. Det er imidlertid fremdeles åpenbare forskningsbehov innen flere områder.

Forskningsbehovene har blitt prioritert med utgangspunkt i: Størrelsen på eventuelt bidrag til ny kunnskap om langtidsvirkninger av utslipp til sjø fra oljesektoren, størrelsen på kunnskapshull, i hvor stor grad ny kunnskap vil kunne forventes å bidra til å styrke beslutningsgrunnlaget for miljøtiltak, størrelsen av potensielle konsekvenser for økosystemene i norske havområder og det geografiske omfanget av en eventuell påvirkning. De identifiserte forskningsbehovene er (i prioritert rekkefølge): Effekter i vannsøylen av produsert vann, akutte utslipp og borevæsker, kobling mellom forskning og overvåking, spesielle forskningsoppgaver i arktiske områder, pågående utslipp fra borekaks og langtidseffekter av akutte utslipp i kyst-og strandsone.

Arbeidsgruppen er av den oppfatning at også eksisterende forskningsaktivitet best kan koordineres gjennom et eget forskningsprogram og at det er behov for et program innen dette området. Kostnadene til et eventuelt program anslås til totalt 90-120 MNOK, og det bør løpe i minst 6 år. Midlene til et eventuelt forskningsprogram bør komme fra både industri og myndigheter.

2 Introduksjon

2.1 Mandat

Arbeidsgruppen ble gitt i oppgave å utarbeide et notat innenfor rammer gitt av Oljeindustriens Landsforening (OLF) og Norges Forskningsråd (NFR) etter dialog med Olje- og Energidepartementet (OED), Miljøverndepartementet (MD) og Fiskeridepartementet (FD). Følgende retningslinjer ble gitt:

Rammenotatet skal, på bakgrunn av identifisert kunnskapsbehov, identifisere forskningsbehov. Notatet bør inneholde forslag til hvilke forskningsoppgaver som anbefales gitt prioritet innen ulike budsjettalternativer, og hvordan innsatsen på feltet kan organiseres på en mer rasjonell måte. Det må være samsvar mellom budsjettammer og forslag til mål, delmål og aktuelle FoU-oppgaver.

Innen temaet ”langtidsvirkninger av utslipp til sjø fra offshoresektoren” ble arbeidsgruppen bedt om å:

- identifisere faglig status og kunnskapsbehov på kort og lang sikt
- identifisere kompetansebehov på kort og lang sikt, samt peke på områder der det er spesielle rekrutteringsbehov og behov for å bygge opp kompetanse
- gi en beskrivelse av nasjonal kompetanse, samt forskning og overvåking som foregår i regi av næringsliv, forvaltning og relevante FoU miljøer
- angi behovet for overvåking og forskning
- komme med forslag til hvordan forskningen i større grad kan oppnå et større utbytte av Forskningsrådets og industriens midler, altså en mer hensiktsmessig organisering av innsatsen

- peke på områder som er særlig aktuelle for internasjonalt samarbeid

Olje- og Energidepartementet har ansvaret for oppfølging av rammenotatet.

2.2 Klargjøring og avgrensning av mandatet

Begrepet "langtidseffekter" benyttes gjerne om kroniske effekter som følge av at stoffer forblir i økosystemet over lengre tid, eventuelt også oppkonsentreres i marine næringskjeder i tilstrekkelige konsentrasjoner til å påføre skader. En kan også tenke seg langtidsvirkninger av stoffer som har kort oppholdstid i miljøet, men som påvirker sentrale deler av økosystemer selv ved korttids eksponering. Skader kan være nedsatt produksjon eller reproduksjon, påvirkning av arvematerialet, endringer av populasjons- eller samfunnsstruktur. Med "langtidsvirkninger" i denne sammenheng forstås effekter på mer enn en generasjon (for en organisme) eller mer enn en naturlig syklus (for et system).

Det ble ikke sett som arbeidsgruppens oppgave å lage en uttømmende utredning om overvåking og forskning knyttet til oljevirkksomheten i Norge. Det er gitt en oversikt over noen gjennomførte prosjekter innen forskning og overvåking knyttet til oljevirkksomheten i vedlegg.

2.3 Arbeidsgruppens sammensetning

Rammenotatet er utarbeidet av arbeidsgruppe nedsatt av Norges Forskningsråd. Arbeidsgruppens deltagere har vært: Frode Fønnum (FFI- Forsvarets Forskningsinstitutt; leder), Ketil Hylland (NIVA-Norsk Institutt for Vannforskning; sekretær), Inger Helene Madland (Oljedirektoratet/Olje- og Energidepartementet), Gjermund Langedal (Fiskeridirektoratet/Fiskeridepartementet), Erik E. Syvertsen (SFT/Miljøverndepartementet), Jarle Klungsøyr (HI-Havforskningsinstituttet), Tore Aunaas (SINTEF- Stiftelsen for Industriell og Teknisk Forskning), Odd Ketil Andersen (RF-Akvamiljø), Ståle Johnsen (OLF-Oljeindustriens Landsforening) og Tom Skyrud (Forskningsrådet).

3 Bakgrunn

Bakgrunnen for utarbeidelse av rammenotatet er behov for økt kunnskap om langtidseffektene av offshorevirksomhetens utslipp. Slik kunnskap er nødvendig for at myndighetene skal kunne styre utviklingen i virksomheten og samordne utnyttelsen av olje- og gassressursene med annen bruk og vern av havmiljøet. Det er sentralt at den samlede påvirkningen av havmiljøet ikke skal føre til endringer i det biologiske mangfoldet eller av marine økosystem.

Utslippene fra oljevirkksomheten er regulert av myndighetene og det har vært gjennomført omfattende miljøundersøkelser. Myndighetene og industrien har imidlertid i forskjellige sammenhenger etterlyst mer kunnskap om langtidseffektene av utslippene til sjø fra offshorevirksomheten. Problemet har vært belyst tidligere av en arbeidsgruppe under ledelse av OED etter stortingsbehandlingen av St.meld.nr.26 (1993-94). Rapporten fra arbeidsgruppen ble utgitt i desember 1996. Utvidelsen av offshorevirksomheten til å omfatte dypere havområder, arktiske områder og områder nær sårbare kystområder gjør at det blir særlig viktig å identifisere og oppfylle kunnskapsbehov for langtidseffekter av utslipp fra virksomheten.

3.1 Utslipp fra olje- og gassproduksjonen i norske farvann

I 1999 ble det produsert 227 millioner Sm³ oljeekvivalenter (o.e.)¹ på norsk sokkel, fordelt på 169 millioner Sm³ olje, 48 millioner Sm³ o.e. gass og 10 millioner Sm³ o.e. NGL/kondensat. Leting etter/utbygging av nye felt og påfølgende produksjon fører til store utslipp til luft og vann. Utslipp som kommer i forbindelse med planlagte aktiviteter på sokkelen, som boring og produksjon, kalles *operasjonelle utslipp*. Utslippene til sjø omfatter først og fremst olje, kjemikalier og tungmetaller. Den viktigste kilden til oljeutslipp og utslipp av tungmetaller er produsert vann, mens de største kjemikalieutslippene skrives fra boreaktiviteter. I 1999 ble det sluppet ut 2 900 tonn olje og 177 303 tonn kjemikalier² på norsk sokkel (SFT 2000).

3.1.1 Utslipp fra produksjon

Produsert vann er vann som følger med olje og gass fra reservoarene og separeres fra hydrokarbonene på plattformen eller produksjonsskipet. Det produseres generelt mer vann jo eldre feltene blir. Gassfelt produserer vesentlig mindre vann enn oljefelt, men innholdet av forurensende komponenter i dette vannet kan være høyere enn i vann fra oljefelt. Det produserte vannet renses for olje ned til mindre enn 40 mg/l og slippes deretter som regel ut til sjø. Utslippsgrensen på 40 mg/l gjelder dispergert olje. Det finnes ikke en tilsvarende grense for oppløste komponenter. I tillegg til rester av olje inneholder vannet tilsatte kjemikalier og stoffer som finnes naturlig i reservoarene, som metaller, alkylfenoler og aromatiske hydrokarboner (inklusive PAH). I 1999 ble det sluppet ut omkring 16 tonn sink, 5 tonn arsen, 1 tonn bly, 2 tonn kobber, 1 tonn krom, 2 tonn nikkel, 93 kg kadmium og 16 kg kvikksølv med det produserte vannet. Mengden alkylfenoler var i overkant av 15 tonn og mengden av de 16 prioriterte PAH-forbindelsene var i underkant av 40 tonn. Plattformen som har lagerceller for olje slipper også ut såkalt *fortrenningsvann* sammen med det produserte vannet. I tillegg kommer *drenasjevann* fra dekket på plattformene som også kan inneholde olje. I 1999 kom 2 467 tonn olje fra produsert vann, mens 296 tonn skrev seg fra fortrennings- og drenasjevann. Resten av de totale utslippene på 2 900 tonn skyldtes akuttutslipp på installasjonene.

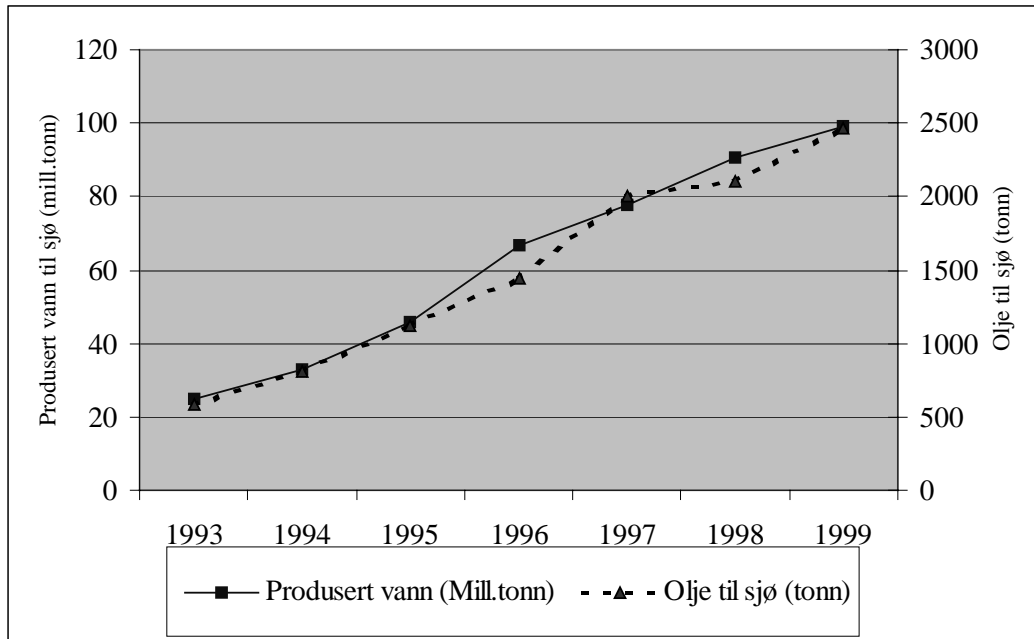
Figur 1 viser utviklingen i utslipp av produsert vann og olje til sjø (fra produsert vann) på norsk sokkel fra 1993 til og med 1999 (SFT 2000).

Konsentrasjonene av olje i produsert vann har vært temmelig konstante på 90-tallet mens mengden produsert vann har økt. I 1999 ble 4% av det produserte vannet reinjisert.

Det brukes mer enn 1000 forskjellige kjemikalier i varierende mengder og sammensetninger i de forskjellige faser av oljevirksomheten. Noen kjemikalier kan ha store miljøeffekter mens andre betraktes som lite problematiske. Tabell 1 viser typer og mengder av kjemikalier som ble brukt og sluppet ut i 1999 (SFT 2000).

¹ Sm³ : standard kubikk-meter; ulike produkter (f.eks. olje, gass) standardiseres for at mengdene skal kunne sammenlignes.

² det referes her til kjemikalier med det vann de er løst i.



Figur 1. Forholdet mellom mengde produsert vann og utslippet olje i produsert vann 1993-99.

Tabell 1. Samlet forbruk og utslipp av kjemikalier til sjø: Mengden inkluderer vannet som kjemikaliene er løst i. Verdier i tonn.

Bruksområde	Forbruk	Utslipp	Reinjisert
Bore- og brønnkjemikalier	328354	157605	55161
Produksjonskjemikalier	30224	7756	5741
Injeksjonskjemikalier	6501	60	0
Rørledningskjemikalier	237	148	4
Gassbehandlingskjemikalier	12988	10361	1
Hjelpekjemikalier	1510	1279	85
Kjemikalier som tilsettes eksportstrømmen	3215	69	0
Kjemikalier fra andre produksjonssteder	105	25	0
SUM	383134	177303	60992

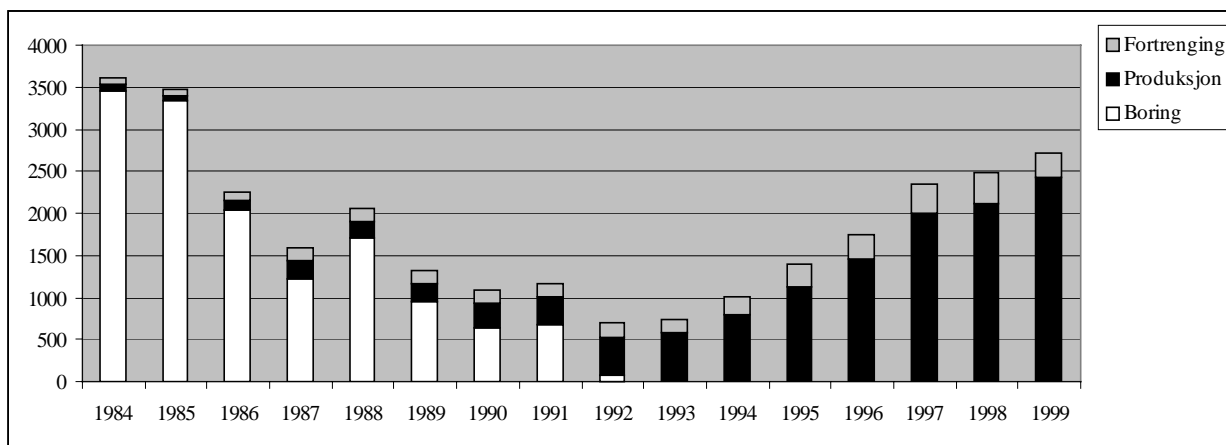
3.1.2 Utslipp fra boring

Det fremgår av Tabell 1 at det største kjemikalieforbruket og de største utslippene kommer fra boringen av brønner. For å kunne bore brønnene er det behov for *borevæske* som smører borestrengen og bidrar til å kontrollere trykket i brønnen. Hovedbestanddelene i borevæske er en basevæske og vektstoffer. Det viktigste vektstoffet er baritt. Borevæsken tilsettes også andre hjelpekjemikalier. Tidligere var olje den vanligste basevæsken. Det ble imidlertid raskt påvist store effekter av utslippene av oljebasert borevæske på bunnfaunaen. SFT forbød derfor utslipp av oljebasert borevæske fra 1992. På Valhall er det registrert endringer over 100 km² sjøbunn som knyttes til slike utslipp (Olsgard & Gray, 1995). Oljebasert borevæske er imidlertid fortsatt i bruk, men restene tas nå til land for rensing eller de injiseres i formasjonene. De borevæskene som i dag tillates sluppet ut er enten vannbaserte eller syntetiske. Alle brønner bores nå med vannbasert borevæske i de øvre seksjonene, mens det i de nedre seksjonene ofte brukes

oljebaserte eller syntetiske væsker. I 1999 var 71% av borevæskene som ble benyttet vannbaserte, mens tilsvarende tall for oljebaserte og syntetiske var 11 og 18% (SFT 2000).

SFT tillater ikke utslipp av ubrukt borevæske. Utslippene kommer derfor hovedsakelig ved at rester av borevæske henger igjen på den steinmassen som bores ut av berggrunnen (borekaks eller bare kaks). Etter 1991 har det ikke vært tillatt å slippe ut kaks med oljebasert borevæske. Det gis i noen tilfeller tillatelse til å slippe ut kaks etter boring med syntetisk borevæske, men da bare for de borevæskene som har de beste miljøegenskapene. Borekaks med vannbasert borevæske tillates normalt sluppet ut sør for 62°N. Lenger nord er SFT mer restriktiv på grunn av områdenes sårbarhet.

Utfasingen av utslippene av oljebasert borevæske reduserte oljeutslippene til sjø drastisk. Nå øker imidlertid utslippene av olje igjen som følge av økende utslipp av produsert vann (Figur 2). Utslippene av produksjonskjemikalier og komponenter fra reservoarene øker sammen med oljen.



Figur 2. Utvikling i operasjonelle oljeutslipp i perioden 1984 -1999. Enheter i tonn.

3.1.3 Akutte utslipp

Antall akutte utslipp på norsk sokkel og i norske farvann har en stigende tendens (SFT, 2000). I 1999 ble det rapportert om 238 akutte utslipp av olje og 116 utslipp av kjemikalier fra installasjonene på sokkelen. Utslippsvolumene fra de enkelte hendelsene var imidlertid relativt små. Fra offshoreinstallasjonene ble det totalt sluppet ut 171 m³ olje og 624 m³ kjemikalier i akutte hendelser. Undervannsutslipp av olje fra brønner på dypt vann vil kunne gi nye scenarier for potensiell miljøpåvirkning både i vannsøylen og på havoverflaten.

3.1.4 Utslipp til luft

Offshorevirksomheten har store utslipp til luft som skriver seg fra energiproduksjon for boring, produksjon og rørtransport. Det er også betydelige utslipp fra fakling og lasting av råolje. Dette dreier seg først og fremst om klimagasser og utslipp med forsurende effekt på land. Utslipp av CO₂ reguleres ved avgift og utslipp av NO_x ved krav som stilles gjennom PUD/PAD. Med unntak av VOC er det foreløpig ikke innført begrensninger for andre utslipp til luft. En del av utslippene fra forbrenningsprosessene vil havne i sjøen, og kan dermed gi effekter på de marine

økosystemene. De mest aktuelle stoffene i denne sammenheng er PAH, PCB og dioksiner som slippes ut i små mengder ved brønntesting. I 1999 ble det rapportert utslipp av 20 g PAH, 0,4 g PCB og 21 µg dioksiner fra slik aktivitet.

3.2 Marine ressurser og miljøvirkninger

Norskekysten, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet har høy biologisk produksjon, og det er dette som gir grunnlaget for de norske fiskeriene. Oljerelaterte aktiviteter kan ha effekter på fiskelarver i de aktuelle områdene og også påvirke andre stadier i livssyklusen til fisk og andre organismer i næringskjeden til høstbare ressurser. Petroleumsinstallasjonene på norsk sokkel ligger i eller nær viktige gyte- og oppvekstområder for rike fiskebestander. Årlig høster de norske fiskerier flere millioner tonn fisk fra Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Det er av avgjørende betydning at ikke utslippene fra petroleumsvirksomheten har negative konsekvenser for oppvekst og levebetingelsene for fisk, og heller ikke fiskens kvalitet som menneskeføde. Den vitenskapelige dokumentasjonen av eventuelle langtidsvirkninger av petroleumsakтивiteten på fiskeressurser må betegnes som mangelfull.

Det finnes omfattende dokumentasjon på at utslippene fra oljevirkosomheten kan påvirke det marine miljøet både på sjøbunnen og i vannsøylen. Dette kan skyldes både innholdet av kjemiske stoffer og de fysiske egenskapene til komponenter i utslippene. Noen av komponentene i utslippene brytes raskt ned og vil derfor bare ha effekter i et begrenset område rundt utslippspunktet, mens andre er mer persistente og kan påvirke større områder. Det skilles gjerne mellom utslipp til sjøbunnen og utslipp til vannsøylen. Operasjonelle utslipp til sjøbunnen skyldes hovedsakelig boring, mens utslipp til vannsøylen kan skyldes boring (vannbaserte borevæsker) og produksjon (produsert vann).

Akutte oljeutslipp på havoverflaten utgjør en trussel mot strand, kystområder og biologiske ressurser knyttet til overflaten (fugl og sjøpattedyr). Lettere oljetyper, som også er lettere dispergerbare, kan imidlertid også ha effekter på andre deler av økosystemet. Det er eksempler på at både fisk og plankton i vannsøylen og bunnlevende organismer har blitt påvirket ved akutte utslipp av en lett dispergerbar oljetype (Braer-ulykken). Ved dispergering vil en mindre andel av oljen ha effekter på overflaten, det vil bli noe mindre fordampning av lette komponenter og mindre olje vil nå land. Dispergering inngår i økende grad som en del av beredskapen mot akutt forurensning. Dette medfører økt tilførsel av olje og kjemikalier til vannmassene og sjøbunnen.

Den industrielle utviklingen innenfor oljevirkosomheten har ført Norge i fremste rekke på flere teknologiske områder og skapt ringvirkninger også for norsk fastlandsindustri. På samme måte vil forskning rettet mot oljeindustriens forurensninger kunne forventes å gi nye kunnskaper som vil ha overføringsverdi til den øvrige miljøforskningen i Norge. Samtidig vil økte kunnskaper om langtidseffekter bidra til at Norge kan være en pådriver overfor andre land når det gjelder å redusere de miljøskadelige utslippene fra oljevirkosomheten, for eksempel i forbindelse med Nordsjø samarbeidet, arbeidet innen OSPAR og i Arktisk Råd.

4 Brukerbehov

Livet i havet vil kunne påvirkes av utslipp av blant annet produsert vann og vannbaserte borevæsker, jfr. St.meld.nr 58 (1996-97) ”Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling”.

De involverte departementer og industrien er enige om at det er et behov for kunnskap om langtidsvirkninger av offshorevirksomhetens utslipp til sjø. Det er også enighet om at det er mangelfull kunnskap om langsiktige virkninger av aktiviteter og utslipp på dypt vann og i arktiske områder. Videre er det behov for kunnskap om langtidseffekter av utslipp til sjø for å kunne oppnå målsettingen om nullutslipp (se seksjon 5).

Det er ikke tilstrekkelig kunnskap om mulige miljøeffekter av oljereelatert virksomhet i kystnære områder, på dypt vann og i arktiske områder. Dette gjelder både langtidseffekter av akuttutslipp og driftsutslipp, i tillegg til eventuelle effekter av selve aktiviteten (plassering av installasjoner, ankring, grøfting, transport osv), primært i forhold til biologisk mangfold, men også i forhold til kulturminner. Det er særlig behov for forskning knyttet til identifisering av stoffer som kan ha langtidseffekter på miljøet og utvikling av metoder som er egnet til å påvise slike effekter på et tidligst mulig tidspunkt, samt metoder for langsiktig overvåking av utslippene og deres effekter på miljøet.

Det er viktig at planlagte utslipp vurderes i flerfeltsperspektiv. Enkelte områder på norsk sokkel har etterhvert fått en relativt tett konsentrasjon av installasjoner og utslippene bør derfor også sees i sammenheng innenfor et geografisk område. Utbyggingsaktivitet gjennom snart 30 år har bidratt til at aktivitetsområdet spenner fra Ekofisk i sør til Barentshavet i nord med dybdeforskjell på over 1000 meter og store økologiske forskjeller. Det er viktig at akseptkriterier for planlagte utslipp i tilstrekkelig grad tar hensyn til ulikheter i marint miljø og til gyte- og oppvekstområder for ulike fiskearter.

Det er behov for kunnskap til å kunne validere eksisterende modeller for miljørisiko. Slik kunnskap vil kunne oppnås både gjennom overvåking og forskningsprosjekter. Videre er det identifisert et behov for å utvikle miljørisikobaserte beslutningsverktøy for borekaks, uhellsscenarioer og utslipp til luft. Det er også behov for verktøy til prioritering av tiltak/strategier.

De involverte departementer og industrien er enige om at det er behov for å kartlegge eksisterende kunnskap om langtidsvirkninger fra utslipp til sjø og behovet for ny kunnskap. Kartleggingen skal danne grunnlag for å øke innsatsen for å bedre kunnskapen om langtidseffekter. Det er videre viktig å få identifisert områder der det er spesielle behov for å bygge opp kompetanse. Det sees også som sentralt å kvantifisere behovet for overvåking og forskning. Det er ønskelig å finne løsninger for hvordan man kan organisere den innsatsen som gjøres på ulike hold i dag på en mer hensiktsmessig måte.

5 Rammebetingelser

Petroleumslovens § 7 (lov nr. 11 av 22. mars 1985 om petroleumsvirksomhet) pålegger myndighetene å gjennomføre konsekvensutredninger ved åpning av nye områder for petroleumsvirksomhet. Dette utredningsarbeidet blir ledet av OED med bistand fra Arbeidsgruppen for konsekvensutredning av petroleumsvirksomhet (AKUP), som har bestått av representanter for berørte myndigheter og aktuelle forskningsinstitusjoner. AKUP-utredningene

har bygget på eksisterende forskning fra institusjoner som Havforskningsinstituttet og universitetene, men har i tillegg gjennomført en lang rekke forskningsprosjekter, blant annet grunnlagsundersøkelser av miljøet og effektstudier av mulige akuttuhell. I perioden AKUP var aktiv (fram til omkring 1997) ble det gjennomsnittlig brukt 10-12 millioner kroner hvert år.

Myndighetenes konsekvensutredninger omfatter letefasen. Før deltagerne i utvinningstillatelsen kan starte utbygging av et funn krever petroleumsløven at en plan for utbygging og drift (PUD) og eventuelt en plan for anlegg og drift (PAD) skal godkjennes av myndighetene. Som en del av PUD/PAD skal utbygger levere en utredning som blant annet dekker konsekvensene for natur og miljø av at det aktuelle funnet realiseres. I utredningen beskrives eventuelle miljøeffekter av forventede utslipp og det foretas en systematisk gjennomgang av kostnader og nytte av mulige avbøtende tiltak. Både programmet for konsekvensutredningen og selve utredningen sendes på høring til berørte samfunnsaktører. Avhengig av omfanget av utbyggingen godkjennes PUD/PAD av Kongen i Statsråd eller Stortinget etter en samlet vurdering av prosjektet. Ivaretagelse av miljøhensyn er ett av kriteriene i denne vurderingen.

Konsekvensutredning av utbyggings- og driftsfasen gjennomføres av de aktuelle operatørselskapene. Petroleumsløvens bestemmelser gjaldt i utgangspunktet en lokal utredning av det enkelte felt, men det er nå åpnet for et system med regionale og lokale utredninger av utbyggings- og driftsfasen. Disse utredningene baserer seg i hovedsak på sammenstilling av eksisterende data og bruk av modeller til utarbeiding av scenarier og prognoser.

Stortingsmelding nr. 58 (1996-97) "Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling" ga klare signaler om at Regjeringen ønsket å ytterligere begrense utslippene til sjø av olje og kjemikalier som er miljøfarlige. Målsetningen er at det for nye funn med selvstendige utbyggingsløsninger som hovedregel ikke skal tillates miljøfarlige utslipp (nullutslipp), mens for eksisterende felt er siktemålet nullutslipp eller minimering av utslippene innen 2005. Begrepet er ikke nærmere definert i meldingen, men OLF og SFT innledet et samarbeid om hvordan dette kunne operasjonaliseres. Arbeidet er beskrevet i "Nullutslippsrapporten" fra november 1998. Dette materialet er blitt brukt av myndighetene i arbeidet med å legge opp en strategi for å følge opp operatørens aktiviteter.

Oljerelatert forskning generelt, og den miljørettede forskningen i særdeleshet, er utsatt for konjunkturvariasjoner innenfor industrien. Dette gjør det vanskelig å holde et stabilt høyt kompetansenivå innenfor fagmiljøer som arbeider med miljørettet virksomhet innen oljesektoren. Samtidig gir dette lite rom for interne strategiske satsinger og faglig fordypende, langsiktige prosjekter. Dette er en tendens som ble forsterket etter at rammevilkårene for industrien ble endret på 90-tallet og etter at de miljøteknologi-rettede midlene, som tidligere bl.a. ble kanalisert gjennom SFT, forsvant. Midler som tidligere kunne søkes direkte fra Norges Forskningsråd må nå søkes gjennom EU. De fleste av EUs forskningsprogrammer krever deltagelse av flere europeiske land, noe som begrenser mulighetene når det gjelder forskningsaktiviteter som er spesifikke for de nord-europeiske landene. Det er imidlertid muligheter for norske forskningsmiljøer å søke midler under EUs 5. rammeprogram. Effekter av offshoreaktiviteter vil høre inn under **Key Action 3: Sustainable Marine Ecosystems**. Mest relevant er **3.4. Operational forecasting of environmental constraints of offshore activities**, men relevante er også **3.1.3. Transport pathways and impacts of pollutants, key elements and nutrients in the marine environment**, og **3.2.2. Reducing the effects of anthropogenic activities on the marine environment and recovering degraded marine systems**.

Noen store forskningsprogrammer initiert av oljeindustrien har fokusert på miljøeffekter fra akutte eller operasjonelle oljeutslipp (se Singsaas et al., 1999; Johnsen, 1999). I tillegg til disse programmene ble OLF's produsertvannsprogram avsluttet i 1998 (OLF, 1998) og to nye forskningsprogram ("Cold Water" og "BioSea") igangsatt. I 1999 ble også "Regionalt overvåkningsprogram for vannsøylen" igangsatt og innrettet mot operasjonelle utslipp av produsert vann (SFT, 1998).

6 Kunnskapsstatus

Dette kapitlet gir en oversikt over kunnskapsstatus for utslipp til vannsøylen og sjøbunn, testing av kjemikalier, samt miljørisikoanalyse. Miljørisikoanalyse integrerer informasjon fra de tre andre områdene. Under de enkelte avsnittene i dette kapitlet blir det gitt en kort oversikt over kunnskapshull for aktuelle områder. I neste kapittel følges dette opp med forskningsbehov.

6.1 Utslipp til vannsøylen

Oljeindustrien har siden slutten av 80-tallet lagt ned en betydelig forskningsinnsats for å fremskaffe dokumentasjon på eventuelle miljøeffekter av utslipp til sjø, først og fremst rettet mot virkninger i vannsøylen av produsert vann.

I den tidlige fasen var innsatsen fokusert på karakterisering av produsert vann, både med hensyn på naturlige komponenter og tilsatte kjemikalier. Samtidig ble det utviklet modeller for å beregne spredning og fortykning av utslippene, samt gjennomført feltforsøk for å validere og forbedre disse modellene. Dette har resultert i god kunnskap om sammensetning og fortykning av kjemiske komponenter fra produsert vann i miljøet.

Gjennom hele perioden fra slutten av 80-tallet har det vært arbeidet for å forbedre disse "skjebnemodellene" for produsert vann. Det er gjennomført studier av biologisk nedbryting og akkumulering i marine organismer, og resultatene fra disse er implementert i det miljørisikobaserte beslutningsverktøyet. Anvendelsen av modellene innen programmet for vannsøyle-overvåking (startet i 1999) har vist at de gir gode prediksjoner for konsentrasjoner av komponenter i produsert vann i miljøet.

Parallelt med modell-arbeidet har det vært oppmerksomhet omkring effekter av utslipp av produsert vann. I den tidlige fasen var man opptatt av å identifisere hvilke komponenter i vannet som hadde størst potensiale for å forårsake miljøeffekter, med fokus på akutte effekter. Etter 1997 har en gått videre med noen komponenter i studier av kroniske effekter. Det forventes at dette arbeidet vil føre til en forbedret forståelse av mulige langtidseffekter av aromatiske hydrokarboner og alkylerte fenoler i løpet av 2001.

Gjennom utviklingen av et miljørisikobasert beslutningsverktøy er resultatene fra de siste års forskningsinnsats sammen med øvrige litteraturdata samlet i et felles styringsverktøy for myndigheter og industri. Resultatet fra beregninger for alle felt i norsk sektor blir nå validert mot tester av langtidseffekter på ulike komponenter i produsert vann. Det er også lagt ned en betydelig innsats for å utvikle metoder for bedre overvåking av effekter i vannsøylen. I 2001 vil et omfattende feltstudium avklare om ulike effekt-metoder kan implementeres i risikovurderingene og den videre miljøovervåkingen av vannsøylen.

De største kunnskapshullene knytter seg til hvordan utslippene til vannsøylen påvirker økosystemene. Det er kunnskapshull når det gjelder biotilgjengelighet, bioakkumulering og effekter av utslippene. Selv om det er kunnskap om sammensetningen av utslippene, er det også kunnskapsbehov her.

6.2 Utslipp til sjøbunnen

Miljøovervåkingen rundt petroleumsinstallasjonene har siden starten for mer enn 20 år siden fokusert på virkningene av boreutslipp på bunnområdene. Gjennom overvåkingen har man dannet seg et godt bilde av miljøtilstanden på bunnen rundt felt med ulik utbyggings- og borehistorie. Sedimentene rundt offshoreinstallasjoner har blitt analysert for innhold av organiske forbindelser og metaller. Det er derfor omfattende kunnskap om nivåer av ulike oljerelevante stoffer i bunnsedimentene. Før utslippene av kaks med oljebasert borevæske i praksis ble forbudt i 1991, kunne man spore borekjemikalier i sedimentene ut til 5-10 km nedstrøms de største feltene og til 1-5 km rundt enkeltbrønner og mindre felt. De eksisterende kakshaugene kan fortsatt i flere tiår være en kilde til forurensning gjennom utlekking av olje og kjemikalier.

Det er også omfattende kunnskaper om sammensetningen av bunnfaunaen rundt oljeplattformene. Endringer i bunnfaunaens struktur som tilskrives boreutslippene kunne i noen tilfeller spores ut til 3-5 km fra utslippspunktet. Det er gode kunnskaper om hvilke arter som er tolerante eller sårbare for utslipp til sjøbunnen. I overvåkingsmaterialet ligger mye verdifull informasjon om sammenhenger mellom kjemiske komponenter og biologisk påvirkning som bare i begrenset grad har vært utnyttet.

Det er også FoU-aktivitet i andre land rundt Nordsjøen og Norskehavet. Oljeselskapene i Storbritannia har gjennom sin samarbeidsorganisasjon (UKOOA) satt i gang et større felles forskningsprogram (1999-2002) for karakterisering av kaksdeponiene. Formålet er å generere nødvendig viten for miljømessig akseptabel forvaltning av deponiene etter nedbygging av feltene. Programmets fase I (1999-2000) omfattet vesentlig kartlegging av fysisk, kjemisk og toksikologisk kunnskap omkring materialet i deponiene, potensiale for utlekking, naturlig og stimulert degradering av kjemikalier, rekolonisering av bunnfauna, modellert spredning av materiale ved fysisk forstyrrelse (oppgraving), evaluering av metoder for fjerning, og effekter av sjø- og landdeponering av fjernede masser. Programmets fase II (2000-2002) fokuserer på nærmere fysisk-kjemisk karakterisering, studier av nærmiljøeffekter og potensiell endring over tid i et lite utvalg typedeponier, videreutvikling av modell for spredning av kaks materiale ved oppgraving, stimulert bioremediering av deponimateriale på stedet, samt en rekke delprosjekter knyttet til et *in situ* forsøk på å fjerne en større kakshaug.

Det er kunnskapshull både når det gjelder eksisterende deponier og når det gjelder pågående utslipp. I begge sammenhenger er det behov for mer kunnskap om biotilgjengelighet, bioakkumulering og effekter av komponenter i deponier/utslipp. For pågående utslipp er det behov for kunnskap om betydningen av partikulært materiale for pelagiske organismer. For eksisterende deponier er det kunnskapshull når det gjelder nedbrytning, rekolonisering, økologisk suksessjon og utlekking over tid. Det er også behov for risikoanalyseverktøy som grunnlag for tiltaksbeslutninger.

6.3 Akutte utslipp

Beskrivelser av miljøeffekter knyttet til akutte utslipp har i hovedsak vært knyttet til overflateutslipp av olje. Det har vært gjennomført mange undersøkelser av miljøvirkninger av akutte utslipp. I forbindelse med havariet av Mercantile Marica i 1989 ble det foretatt studier av effekter i strandsonen. Videre foreligger det rapporter fra havariet av Exxon Valdez der langtidseffekter er omtalt. Metodikk for studier av langtidseffekter er beskrevet i rapporten "Etterkantundersøkelser etter akutt oljeforurensning i marint miljø", SFT (1999).

Til tross for at omfattende undersøkelser har vært gjennomført er det kunnskapshull når det gjelder langtidsvirkninger av akutte utslipp. Disse kunnskapshullene knytter seg til miljøeffekter i vannsøylen og på sjøbunnen, langtidsvirkninger på strand og modellering av miljørisiko for langtidseffekter.

6.4 Testing av kjemikalier

Myndighetene har forbudt bruk av kjemikalier som har påviste miljøskadelige effekter. Oljeselskapene har i dag krav til aktiv miljøstyring og en kontinuerlig miljøforbedring når det gjelder kjemikalieutslipp. Kontinuerlig miljøforbedring oppnås blant annet gjennom myndighetenes innføring av rammeutslippstillatelser, krav til miljøtesting av kjemikalier, krav til substitusjon og operatørens oppfølging med utfasing av kjemiske stoffer som kan ha miljøskadelige effekter.

Som en del av internasjonale overenskomster innen OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the Northeast Atlantic (Konvensjon om beskyttelse av det marine miljø i det nordøstlige Atlanterhav) er det vedtatt "Harmonized Offshore Chemical Notification Format" med retningslinjer for testing av kjemikalier. Dette er en del av et felles internasjonalt kontrollsystem for å kontrollere utslipp fra offshore aktiviteter. Kjemikaliene rangeres på basis av flere tester:

- Bioakkumuleringspotensialet; uttrykkes ved partisjonskoeffisienten mellom oktanol og vann.
- Akutt giftighet i vannfasen; testes ved veksthemming av den marine algen *Skeletonema costatum* og dødelighet hos *Acartia tonsa*
- Akutt giftighet i sediment; testes med akutt giftighet hos amfipoden *Corophium sp.*
- Biologisk nedbrytbarhet

En del land (ikke Norge) har tidligere innført en fisketest som omfatter akutt giftighet for piggvar yngel (alternativt sheepshead minnow). Det ble vedtatt i OSPAR (OIC) i 2000 at denne testen skal inføres i alle OSPAR-land, inkludert Norge.

Kunnskapshullene når det gjelder testing knytter seg til de identifiserte kunnskapshullene for utslipp til vannsøylen og havbunnen.

6.5 Styring av miljørisiko

Begrepet "miljørisiko" er knyttet opp mot både operasjonelle og akutte utslipp. Det er utviklet metoder for analyse av miljørisiko for begge typene utslipp. For operasjonelle utslipp av produsert vann er det utviklet et miljørisikobasert beslutningsverktøy som gjør det mulig, basert på kunnskap om utslippsmengder, spredning og toksisitet, å vurdere hvilke komponenter i

produsert vann som har de mest miljøskadelige effekter (se avsnitt 5.1). Det finnes i dag ikke et tilsvarende verktøy for den andre hovedtypen av operasjonelle utslipp, nemlig utslipp til bunnmiljøet (borekaks og borevæske). Miljørisikoanalyser rettet mot akutte utslipp har spesielt vært anvendt offshore og da spesielt med tanke på storulykker. Sammenligninger av tilgjengelige nasjonale simuleringsverktøy for oljedrift har vist at det er til dels betydelige forskjeller i de resultater som danner grunnlaget for å beregne eller estimere miljørisiko av utlippene. Videre er kunnskapsnivået blant annet om langtidseffekter av akutte utslipp for mangelfullt til at akseptkriterier for miljørisiko kan etableres på en entydig måte. Dermed blir også grunnlaget for styring av miljørisiko begrenset.

Metoder for miljørisikoanalyse er foreslått for skadevurdering for strand (OLF, 1999) og for vannsøylen (Alpha Miljørådgivning, 2000). En av årsakene til dette er at petroleumsindustrien er pålagt å basere sin drift på bruk av risikoanalyser. Det tas også sikte på at det skal gjennomføres miljørisikoanalyser for landterminaler (Rye, 1998).

7 Forskningsbehov

For å beslutte viktige utslippsreducerende tiltak og dokumentere effekten av disse er det nødvendig å utvikle miljørisikobaserte metoder som støtteverktøy i prosessen. Den ønskede kunnskap om langtidseffekter av utslipp til sjø skal blant annet bidra til å utvikle slike systemer, og til å bekrefte eller avkrefte om de resultatene som fremkommer fra risikovurderingene er relevante for norske havområder. Dette må gjøres gjennom så vel laboratorie- som feltbasert forskning. Ønsket situasjon når det gjelder miljøeffekter av alle utslipp til sjø er å ha miljørisikobaserte beslutningsverktøy som er basert på reelle kunnskaper om langtidseffekter for relevante arter og økosystemer.

Etter gjennomgang av status i foregående kapittel vil det være klart at det foreligger mye kunnskap. Det er imidlertid også kunnskapshull og de er formulert som forskningsbehov nedenfor. Forskningsbehovene er av nødvendighet gitt som hovedelementer og vil måtte detaljeres i den aktivitet som eventuelt følger dette rammenotatet.

7.1 Utslipp av produsert vann

Begrepet "produsert vann" dekker her også utslipp av fortrenningsvann og drenasjevann. Forskingen har hittil hovedsakelig vært begrenset til bioakkumuleringspotensiale, bionedbrytbarhet og akutte effekter av enkeltkomponenter på utvalgte organismer, samt utvikling av modellverktøy for å rangere risiko for miljøskade fra utslipp. De viktigste av de kjente stoffene er ulike aromatiske hydrokarboner (inkludert PAH), alkylfenoler og prosesskjemikalier.

For produsert vann er det utviklet et miljørisikobasert beslutningsverktøy. Dette er basert på eksisterende kunnskap om spredning, opptak, transport og effekter av komponenter i produsert vann. Mens en for en del av komponentene har relativt god kunnskap om langtidseffekter, finnes det bare data på akutte effekter for andre. Dette gjelder særlig tilsatte kjemikalier. Det er ønskelig å fremskaffe data som styrker og muliggjør videreutvikling av slike beslutningsverktøy. Slik kunnskap vil også gi grunnlag for bedre overvåkingsprogrammer.

Resultatene fra forskningen så langt har avdekket et behov for forskning rettet mot langtidseffekter av oljekomponenter og kjemikalier i produsert vann.

Det er identifisert forskningsbehov innen følgende områder:

- *Karakterisering av sammensetning av produsert vann*
- *Biotilgjengelighet, trofisk transport og skjebne av stoffer i produsert vann*
- *Effekter av produsert vann på marine organismer, populasjoner og samfunn*

7.1.1 Karakterisering av sammensetning av produsert vann

Produsert vann inneholder komponenter som kortkjedete organiske syrer, alkylfenoler, oppløste/dispergerte oljehydrokarboner og uorganiske forbindelser fra de olje- og gassbærende reservoarene i berggrunnen. I tillegg kan det produserte vannet inneholde små mengder produksjons- og injeksjonskjemikalier. Produsert vann er derfor ikke en fast sammensatt enhet, men vil kunne variere fra felt til felt og over tid på de enkelte felt. I tillegg til kjemisk karakterisering, er fysiske parametre som dråpestørrelsesfordeling, utslippsarrangement, temperatur, trykk og saltholdighet viktige parametre for å kunne forstå spredning, biotilgjengelighet, effekt og skjebne av komponentene i utslippet.

I SFTs retningslinjer for utslippsrapportering kreves det at oljeselskapene gjennomfører en kjemisk karakterisering av produsert vann en gang hvert år. De nye retningslinjene for rapportering henviser til OLFs veiledning for prøvetaking og analyse av produsert vann som anbefaler karakterisering av produsert vann med 6 måneders mellomrom. Denne karakteriseringen inkluderer analyse av alifatiske og aromatiske hydrokarboner, alkylfenoler, organiske syrer, uorganiske forbindelser (metaller) og radioaktive komponenter. Alle data innrapporteres til OLFs database over produsert vann sammensetning. Ut over disse standardanalysene er det behov for å identifisere andre komponenter som kan være tilstede i produsert vann, slik som produksjonskjemikalier, samt å se nærmere på kjemisk form (spesiering) av de ulike komponentene.

Forskningsbehov:

- *Kjemisk og fysisk karakterisering av organiske og uorganiske stoffer i produsert vann*

7.1.2 Biotilgjengelighet, trofisk transport og skjebne av stoffer fra produsert vann

Mange organiske komponenter i produsert vann har et potensiale for bioakkumulering i og med at de er løselige i olje og lite løselige i vann. En del komponenter er lett nedbrytbare og vil dermed ikke akkumulere i marine organismer. En del av komponentene i produsert vann er imidlertid persistente og vil både kunne bioakkumulere og overføres i næringsnett. Graden av dette vil avhenge av stoffenes egenskaper og de forskjellige nivåene i næringskjedens evne til å nedbryte eller modifisere forbindelsene slik at de skilles ut. Det er for eksempel kjent at PAH-forbindelser i begrenset grad metaboliseres av de fleste virvelløse dyr og derfor kan bioakkumulere. Hos virveldyr (som fisk) vil det meste av PAH-er bli metabolisert og skilt ut. De vil derfor i liten grad bioakkumulere. Det er behov for mer kunnskap om hvordan ulike aromatiske hydrokarboner og produksjonskjemikalier overføres i pelagiske næringsnett.

Forskningsbehov:

- *Biotilgjengelighet, bioakkumulering og trofisk transport av komponenter i produsert vann*
- *Nedbrytningsveier for løste komponenter og dispergert olje*
- *Betydningen av metabolitter av komponenter i produsert vann*
- *Adsorpsjon av løste komponenter og dispergert olje til partikulært materiale*

7.1.3 Effekter på marine organismer, populasjoner og samfunn

Produsert vann inneholder både nedbrytbare og persistente komponenter. Blant de nedbrytbare komponentene er det også stoffer som vil kunne ha effekter på marine organismer. Som grunnlag for miljørisikovurdering av produsert vann i vannsøylen har det blitt gjennomført akutt giftighetstesting av olje og oljekomponenter siden tidlig på 90-tallet. I de senere år har det vært en økende forskningsaktivitet når det gjelder biologiske effekter av langtidseksponering av olje og oljekomponenter. Disse studiene har i hovedsak vært gjennomført med marin fisk og blåskjell, men etterhvert også med zooplankton. Resultatene viser at PAH-komponentene i olje gir det største bidraget til giftighet, men dette kan ikke forklare alle observerte effekter. Forsøkene på å måle effekter av alkylerte fenoler fra olje på reproduksjon hos fisk og zooplankton er foreløpig i et tidlig stadium, men indikerer at det er effekter. Det er svært mangelfulle kunnskaper om hvilke virkningsmekanismer som vil være de mest aktuelle for komponenter i produsert vann. Det som er gjort foreløpig har vært knyttet til forventede effekter av PAH på arvestoffet og østrogene effekter av alkylfenoler. Det er et bredt spekter av mulige mekanismer som ikke har vært undersøkt og hvor det kan forventes å finne økologisk relevante effekter. Det sees derfor et stort forskningsbehov.

Akutte toksiske effekter av produsert vann kan normalt kun forventes i umiddelbar nærhet av utslippspunktet. Fortynningen av utslippet fører raskt konsentrasjonene ned på et subletalt nivå, men marine organismer i store områder utsettes for en kontinuerlig lavdose-eksponering. For å klarlegge kroniske effekter av produsert vann er det viktig at det utføres forskning med relevante nøkkelorganismer fra aktuelle økosystemer under relevante forsøksbetingelser, både hva gjelder dose og eksponeringstidsrom. Det er viktig i denne forbindelse at de kroniske effektene klarlegges både på organismenivå, mellom ulike trofiske nivå (transport av komponenter gjennom næringskjeden) og på økosystemnivå. I denne forbindelsen må det sannsynligvis også arbeides med å standardisere laboratoriebaserte eksperimentelle systemer. Slike systemer er viktige for å kunne framskaffe relevante data for å kunne videreutvikle og validere miljørisikoanalyseverktøy.

Det er også viktig at det forskes på effekter av totalt produsert vann og ikke bare på enkeltkomponenter. Dette vil gi nødvendig informasjon om mulige antagonistiske eller synergistiske effekter av enkeltkomponenter i utslippet.

Forskningsbehov:

- *Effekter av hovedkomponenter i produsert vann på marine organismer ved kronisk eksponering for lave konsentrasjoner*
- *Samvirkende effekter av komponenter i produsert vann*
- *Etablering av dose-respons for relevante organismer og komponenter i produsert vann*
- *Effekter av dispergerte oljedråper på marine organismer*

7.2 Utslipp og deponier av borekaks/-væsker

Gjennom forbudet mot utslipp av oljeholdig kaks ble vannbaserte og såkalt syntetiske borevæsker introdusert. Resultatene fra de siste års overvåking tyder på at dette, sammen med andre miljøtiltak i borefasen, gir mindre arealer som er kjemisk og biologisk påvirket. Det ser også ut til at det skjer en raskere rekolonisering av bunnfauna etter avsluttet boring. Det finnes imidlertid fortsatt store mengder olje i borekaks-hauger på bunnen rundt eldre plattformer. Overvåkingserfaringen har til nå vært begrenset til Nordsjøen og Haltenbanken, og man vet ikke om erfaringen lar seg overføre til andre deler av Norskehavet og Barentshavet.

OLF har tidligere foretatt en utredning av "Miljøeffekter av utslipp av bore- og brønnekjemikalier" (OLF, 1996). Det ble her påpekt at også spredning av partikulært materiale i vannsøylen burde vurderes nærmere. Dette blir i økende grad aktuelt med mer bruk av vannbaserte borevæsker som i stor grad inneholder vannløselige kjemikalier som spres sammen med partiklene. Utsatte organismer her vil være zooplankton som filtrerer partikulært materiale. Ved boring i polare områder og på dypt vann kan slike effekter bli forsterket på grunn av forventet høy sårbarhet i slike miljøer. Videre er skjebnen til mange borekjemikalier i resipienten delvis ukjent. Noe vil binde seg til partikler og synke ned på bunnen, mens andre vil løses, transporteres i vannsøylen eller kunne tas opp av beitende organismer. Derfor er det behov for kunnskap om langtidsvirkning av partikkelbundne og vannløselige kjemikalier på marint liv.

Borevirksomheten i Nordsjøen har hatt innflytelse over store områder. Det mest åpenbare eksempelet er ansamlinger av baritt som har lagt seg på bunnen i norskerenna og blitt spredd helt inn i ytre Oslofjord. Baritt er et vektstoff i borevæsken som man tidligere betraktet som fullstendig ufarlig (Neff *et al.*, 1985). Noen forsøk har imidlertid vist uventet store effekter av baritt på skjell (Cranford *et al.* 1999).

Det er kunnskapsbehov når det gjelder biotilgjengelighet og utlekking av metaller både gjennom utslipp via baritt i vannsøylen og ved deponering på havbunnen. I de fleste studier av biotilgjengelighet av metaller, har fokus vært på bioakkumulering, uten å relatere dette til langtidsvirkninger av denne eksponeringen. I de tilfeller hvor studier av biologiske effekter har blitt gjennomført, har det ikke vært mulig å konkludere med om den observerte effekten var forårsaket av partikulært baritt (fysisk effekt) eller av tungmetaller fra baritt (OLF, 1993). Til tross for at de fleste miljøgifter til slutt akkumuleres i marine sedimenter, er det gjort få studier av nedbrytingspotensialer og et eventuelt samspill mellom effekter/akkumulering og nedbrytbarhet.

Det er behov for laboratorietesting for å klarlegge blant annet utlekking av kjemikalier fra deponiene samt å studere effekter av olje/kjemikalier på marint liv i deponiene. Det er viktig at slike forsøk gjøres under mest mulig realistiske betingelser og at de fokuserer på virkningsmekanismer.

Som nevnt ovenfor, gjennomføres det nå et omfattende arbeid av engelsk oljeindustri (koordinert av UKOOA). Inntil resultatene og begrensningene av dette arbeidet er klare, er det ikke grunn til å igangsette vesentlig forskningsaktivitet når det gjelder forskning knyttet til tiltak for eksisterende kakshauger.

Arbeidsgruppen vurderer det som lite sannsynlig at kulturminner påvirkes av utslipp til sjø fra offshoresektoren, med unntak av mulig overdekking med borekaks.

Forskningsbehov – pågående utslipp:

- Biotilgjengelighet, bioakkumulering og effekter av komponenter i borekaks/-væske, særlig baritt
- Effekter av partikulært materiale i pelagiske økosystem

Forskningsbehov – eksisterende deponier:

- Biotilgjengelighet, bioakkumulering og effekter av deponikomponenter
- Naturlig nedbrytning, rekolonisering og økologisk utvikling i ulike deponier
- Utlekking og toksisitetendringer av deponier over tid og som følge av forstyrrelse (bioturbasjon, erosjon, mekanisk forstyrrelse)
- Utvikling av risikoanalyseverktøy som grunnlag for tiltaksbeslutninger for eksisterende borekaksdeponi

7.3 Langtidsvirkninger av akutte utslipp

Miljøeffekter knyttet til akutte utslipp har i hovedsak fokusert på olje på havoverflaten, samt fare for at olje når kysten og tilgriser strandlinjen. Økende sannsynlighet for akuttutslipp nær bunnen, samt fra boring og produksjon på dyp vann, tilsier at søkelyset nå i større grad bør rettes mot skjebne og mulige effekter i vannmassene av dypvannsutslipp av olje og gass. I tillegg er det fortsatt kunnskapshull når det gjelder langtidseffekter av olje i strandsonen. Riksantikvaren har påpekt at kulturminner i strandsonen kan skades ved akutte utslipp.

Det er identifisert kunnskapsbehov innen følgende områder:

- miljøeffekter i vannsøylen og på sjøbunnen
- langtidsvirkninger av olje på strand/kystnære utslipp
- modellering av miljørisiko

7.3.1 Miljøeffekter i vannsøylen

Ved akutte utslipp der oljen havner på vannoverflaten vil bruk av dispergeringsmidler være et tiltak som vurderes som et mulig alternativ under en oljevernaksjon (SFT, 1996). Ved bruk av dispergeringsmidler forventes det at en større del av oljekomponentene transporteres ned i vannsøylen. I tillegg kommer det nå i produksjon oljetyper på norsk sektor som svært lett dispergeres naturlig ned i vannmassene. Akutte utslipp der konsentrasjonen av olje er høy vil kunne ha særlig alvorlige konsekvenser hvis oljen og/eller dispergeringsmidler påvirker eksempelvis fiskeegg eller fiskelarver.

Det er spesielt kunnskapsbehov når det gjelder spredning og nedbrytning av løst og dispergert olje, samt effekter på planktoniske organismer fra løst og dispergert olje og effekter på bunnsamfunn fra sedimentert olje. Kunnskapen om hvilke effekter dispergering har på giftighet og opptak av oljekomponenter i marine organismer er mangelfull.

Forskningsbehov:

- Biotilgjengelighet, bioakkumulering og effekter av oljekomponenter, inklusive degraderingsprodukter, i pelagiske økosystemer
- Spredning, nedbrytning og effekter av olje etter utslipp fra undervannsinstallasjoner
- Biologiske effekter av ulike metoder for å bekjempe og renske opp akutt oljeforurensning
- Effekter av dispergert olje på marine organismer
- Effekter av sedimentert olje på bunnfauna

7.3.2 Langtidsvirkninger av olje på strand / kystnære utslipp

Spredningsberegninger i tilknytning til petroleumsvirksomhet viser at den risiko som er akseptert av myndighetene, innebærer at kyst- og strandsoner vil kunne bli forurenset. De kravene som er gitt til sikkerhetsstyring innebærer at sannsynligheten for dette er lav, men det er viktig å sikre at vi har tilstrekkelig kunnskap om langtidsvirkningene av slik forurensning

Forskningsbehov:

- *Langtidseffekter av olje i strandsonen*

7.3.3 Modellering av miljørisiko

Diskusjonene omkring utvikling av metodikk for miljørisikoanalyse har i stor grad vært rettet mot hvordan "skade" på ressurs skal kvantifiseres eller kategoriseres. Metoden består av mange ledd som blir "seriekoblet", slik at usikkerheten i ett ledd følger med og akkumuleres opp i senere ledd. En av utfordringene blir derfor å få bedre kontroll med slik usikkerhet og synliggjøre hvilken betydning den har for konklusjonen i en miljørisikoanalyse.

Det er derfor behov for utvikling og implementering av en metodikk og et verktøy som er faglig tilfredsstillende (verifiserbar, etterprøvbar og dokumentert), oversiktlig, forståelig og anvendbar for både industri og forvaltning innenfor dette området.

Valg av skadeparametre forventes å ville være avhengig av den ressurs som betraktes. Det er behov for gode skadeparametre for vurdering av restitusjonstid for fugl, strand, sjøpattedyr og marine ressurser i vannsøylen.

Forskningsbehov:

- *Utvikling av simuleringsverktøy for analyse av total miljørisiko (inkludert både vannsøyle og sedimenter/strand) knyttet til operasjonelle utslipp av borekaks og til akutte utslipp av olje*
- *Utvikling av harmonisert metodikk for miljørisikoanalyser av ulike utslippskategorier (operasjonelle og uhellsbetingede)*
- *Effekt av måleusikkerhet og kilder på naturlig variasjon på de ulike parametrene i den kvantifiserte risiko*
- *Verifisering av modeller basert på kjemisk analyse av forurensning langt fra kilde*

7.4 Olje i nordlige og arktiske farvann

Offshoreaktiviteter er økende i nordlige havområder. Dette skaper nye utfordringer, både fordi organismer og struktur i de arktiske økosystemene er lite kjent og fordi lang mørketid og lave temperaturer gir andre nedbrytingsforhold og andre miljøeffekter av olje- og kjemikalieutslipp enn lenger syd. Det vil trolig stilles langt større krav til beredskap mot akutte forurensninger og det kan forventes at effektene av et akutt utslipp blir mer omfattende og langvarige.

Iskantsonen i Barentshavet er et komplekst og ekstremt dynamisk økosystem hvor det meste av primærproduksjonen foregår. Det er antatt at dette økosystemet er spesielt sårbart overfor både operasjonelle og uhellsbetingede utslipp. Kunnskapen om ressursenes fordeling i tid og rom i drivisssonen er sparsom, og datainnsamling er ressurskrevende. Det er derfor viktig å utvikle et system som gjør at den kunnskapen som finnes kan utnyttes på en optimal måte når

konsekvensanalyser og risikoanalyser skal gjennomføres. Det er behov for utvikling av bedre redskap for å kunne vurdere den biologiske effekten av miljøgifter, gjennomføre konsekvensutredninger og miljørisikoanalyser.

I kommende år forventes en økt aktivitet innen leting og produksjon av de store olje- og gassressursene i Barentshavet og nordvest-Russland. Mye av oljetransporten vil foregå langs norskekysten. Effektene av utslipp fra denne virksomheten må ses i sammenheng med virksomheten på norsk sokkel.

Forskningsbehov:

- *Spredning, skjebne, nedbrytning og effekter av olje og kjemikalier i arktiske farvann og olje i is*
- *Er de arktiske økosystemer mer sårbare for utslipp fra oljesektoren enn økosystem i tempererte farvann?*
- *Langtidseffekter av olje i arktiske strandområder*

7.5 Kobling mellom forskning og overvåking

SFT pålegger operatørselskapene å overvåke spredningen og miljøeffektene av utslippene. Denne overvåkingen er i hovedsak blitt gjennomført etter PARCOMs retningslinjer for overvåking fra 1988 som utelukkende omfatter overvåking av bunnsedimentene. Etter hvert som virksomheten på sokkelen vokste, så man behov for å tilpasse overvåkingen til virksomheten. SFT laget derfor i 1996 nye retningslinjer for overvåking av offshorevirksomhetens utslipp. Her ble fokus utvidet til å omfatte vannsøylen i tillegg til sedimentene. Frekvensen i bunnundersøkelsene ble redusert, mot at operatørselskapene øket innsatsen på vannsøyleovervåkingen. Et nytt HMS regelverk som samordner en del av ODs og SFTs myndighetsutøvelse er under utvikling.

Industrien har gjennomført et forskningsprogram på effektene av produsert vann og prøvet ut metoder for overvåking av vannsøylen. Havforskningsinstituttet har også gjennomført forskning og overvåking på vannsøylen, og det pågår spredte andre prosjekter for å finne frem til og prøve ut nye metoder som kan være egnet til å påvise og overvåke mulige effekter av utslippene fra petroleumsvirksomheten. Dette er imidlertid langt fra tilstrekkelig til å dekke myndighetenes behov for forskning og overvåking for å få nødvendig oversikt over og dokumentasjon for eventuelle miljøvirkninger av utslippene.

Det utføres i dag regional overvåking av vannsøylen, hvor det benyttes metoder for bestemmelse av konsentrasjonene av oljekomponenter og metaller i vann (membraner, ekstraherte vannprøver), i utplasserte marine organismer (blåskjell) og innsamlede organismer (zooplankton, fisk). Disse metodene er nye og følsomme for variasjoner i ytre påvirkning (som eksempelvis strøm og varierende konsentrasjonsfelt). Det bør derfor utføres videre forskning for å avdekke styrker og svakheter ved disse metodene, samt å se på kobling mellom modellering og overvåking. I tillegg må nye metoder for tidlig varsling og overvåking utvikles og utprøves.

Analyser av datamengdene fra langtidsovervåkingene av bunnmiljøet rundt oljeplattformene vil kunne belyse hvor stor del av den biologiske variasjonen som observeres kan forklares med de målte variable, og hvor stor del må henføres til andre, ikke målte, variable. Slike resultater vil være viktige for utviklingen av forbedrede effektovervåkingsprogrammer.

Forskningsbehov:

- *Utvikling og utprøving av bedre metoder for identifisering og overvåking av miljøeffekter av produksjonskjemikalier (kroniske effekter og bioakkumulering)*
- *Bedre utnyttelse av eksisterende overvåkingsdata*
- *Metoder for kobling av konsekvensutredninger, miljørisikoanalyse, akseptkriterier og resultater fra overvåking. Utvikling av prognostisk verktøy*
- *Utvikling av overvåkingsdesign*
- *Kobling mellom prognostisk risikobasert verktøy og overvåking*
- *Utvikling av kjemiske og biologiske sensorer for overvåking i vannsøylen etter akutte utslipp*

8 Kompetansebehov og rekruttering

Størstedelen av kompetansebehovene identifisert av arbeidsgruppen dekkes ikke av noe eget studietilbud i Norge. Det har blitt bygget opp et undervisningstilbud i toksikologi i Oslo og Trondheim, også innen økotoksikologi. Ved andre høyskoler og universiteter har det også vært avholdt enkeltkurs innen disse emner. Det er stor etterspørsel av kandidater med slik kompetanse og det er et behov for å opprettholde eller øke undervisningstilbudet trass i underversitetenes vanskelige økonomi. Det har vist seg at mangelen på kandidater har ført til at forskningsinstitutter har vært nødt til å utdanne sine egne. En mulighet for å sikre utdanning innen økotoksikologi er å arrangere intensive kurs gjennom Norgesnett med deltagelse av forelesere fra universitetene, forskningsinstitutter og industrien. Arbeidsgruppen ser det som bekymringsfullt at UiO vurderer å legge ned studieretningen i toksikologi i forhold til behovet for denne kompetansen innen oljesektoren.

Miljørisikoanalyse er et fag som krever ved siden av teoretisk kompetanse også betydelig erfaring i vurdering av tilgjengelige data. Faget er viktig både for industri, forvaltning og de mange konsulentfirmaer som disse støtter seg til. Dette vil egne seg godt for den type kurs skissert ovenfor.

Det er videre et behov å utdanne kjemikere med analytisk organisk kjemi. Kompetanse og behov er i liten grad tilpasset industriens krav for kompetanse innen miljøanalyser av for fremtiden. I dag ligger hovedkompetansen innenfor forskningsinstituttene. Det er viktig å utbygge kontakten mellom universitet, forskningsinstitutt og industri.

De viktigste områdene der det er identifisert et behov for nasjonal rekruttering er:

- Økotoksikologi generelt
- Miljørisikoanalyse
- Enkelte felt av analytisk kjemi, særlig med hensyn på mer vannløselige komponenter og metabolitter

9 Koordinering og internasjonalt samarbeid

Det har blitt hevdet at forsknings- og overvåkingsaktivitetene har vært for lite koordinert. Det vesentligste bidraget til forskningsfinansiering kommer fra industrien, men myndighetene har også bidratt til å finansiere forskning. Disse to finansieringskilder har bare i liten grad vært koordinert. Noen av oljeselskapene samarbeider og har en relativt stor intern forskningsaktivitet. Det er imidlertid klart at det har forekommet en unødvendig dublisering av forskningsinnsats på grunn av manglende koordinering og kommunikasjon. Mer viktig er det kanskje at resultatene

fra industrien i for liten grad har blitt tilført de relevante myndigheter. I forhold til oppgavene som foreligger kan det synes som om myndighetenes innsats har vært for liten. Det offentliges forskningsbehov faller ikke alltid sammen med industriens behov. Myndighetenes behov er generelt av mer langsiktig og grunnleggende karakter enn industriens behov.

Både industriens egen forskning og den industrifinansierte forskningen kan være knyttet til interne strategier hos de enkelte selskapene og kan derfor være av konfidensiell art. Det er et klart potensiale for gevinst ved en bedre koordinering av innsatsen. Et eventuelt felles forskningsprogram som tar for seg problemstillinger av felles interesse vil kunne resultere i en reduksjon av industriens kostnader innen området og en mer effektiv produksjon og formidling av resultater.

Engelske myndigheter og industri har de samme miljøutfordringene som i den norske delen av Nordsjøen. Det er da også et etablert samarbeid mellom Storbritannia og Norge, kanskje særlig mellom og innen operatørselskapene. Det vil være naturlig å ta opp anbefalinger fra den pågående aktiviteten innen UKOOA i tilknytning til norsk forskningsaktivitet.

Det er å forvente at økt produksjon av olje og gass i nordområdene i Russland vil møte mange av de utfordringene som en kjenner fra Norskehavet og Barentshavet. Olje er inkludert som en hovedkomponent i AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). Det er en rekke andre aktiviteter som søker å koordinere norsk og russisk miljøforvaltning og -overvåking i nordområdene bl.a. i regi av Den norsk-russiske miljøvernkommissjon. Arktisk Råd, som er et samarbeidsorgan for alle de arktiske landene, har utarbeidet retningslinjer for konsekvensutredninger og petroleumsvirksomhet i Arktis. Det er videre et samarbeid mellom USA, Russland og Norge som har som siktemål å harmonisere regelverket for oljevirksomhet i nordområdene.

Arbeidsgruppens oppfatning er at en koordinert forskningsinnsats i Norge enklest kan oppnås gjennom opprettelsen av et forskningsprogram. Tidligere erfaringer har vist at dersom de økonomiske rammene for et forskningsprogram er under en kritisk grense vil det føre til konkurranse mellom forskningsmiljøene framfor samarbeid. Årsaken til dette finnes blant annet i den egeninnsats som ligger i søknads- og etableringsfasen av forskningsprosjekter, samt ekstrakostnadene knyttet til administrasjon av prosjekter med mange aktører. Bevilgningene til et eventuelt program bør derfor være tilstrekkelige til at det vil bli attraktivt for forsknings- og overvåkingsmiljøene å samarbeide.

Et eventuelt forskningsprogram må legges opp slik at det bidrar til å etablere en struktur for koordinert forskning og overvåking som gir grunnlag for fortsatt samarbeid etter at programmet er avsluttet. De fleste forskningsinstitutter har komplementær kompetanse og det burde derfor ligge vel til rette for samarbeid. Planlegging av flerfaglige prosjekter med et vidt omfang vil kunne føre til et bedre og mer naturlig samarbeid mellom flere institusjoner.

Det er aktuelt med internasjonalt samarbeid når det gjelder alle områdene med forskningsbehov. Både nasjonalt og internasjonalt samarbeid kan stimuleres gjennom et eventuelt fremtidig forskningsprogram.

10 Prioritering

Det er behov for kontinuerlig og koordinert forsknings- og overvåkingsaktivitet for å få bedre grunnlag for å vurdere konsekvenser av utslipp og for å kunne prioritere tiltak for å nå mål om nullutslipp. På bakgrunn av gjennomgangen av kunnskapsstatus og forskningsbehov konkluderer arbeidsgruppen med at det er behov for forskning om langtidseffektene av utslipp fra offshorevirksomheten på miljøet. En styrkt forskningsaktivitet på dette området vil kunne bidra til å koordinere vitenskapelig virksomhet og til å bedre samarbeidet mellom forskningsinstitusjonene, samt gi mer kunnskap for samme kostnad.

Forskningen må være målrettet og relevant for forvaltningens og industriens problemstillinger. Den må ha en grunnleggende profil og et langsiktig perspektiv. Tidlig adgang til og fortolkning av nye forskningsresultater er nødvendig for å utøve føre-var prinsippet. Dette oppnås best ved å styrke og koordinere den nasjonale forskningen og formidlingen av denne.

10.1 Kriterier

Følgende kriterier har vært lagt til grunn ved prioritering av forskningsbehovene:

1. Ny kunnskap om langtidsvirkninger av utslipp til sjø fra oljevirksomheten.
2. Størrelsen på kunnskapshullene. I hvor stor grad vil ny kunnskap kunne forventes å bidra til å styrke beslutningsgrunnlaget for miljøtiltak?
3. Størrelsen av potensielle konsekvenser for økosystemene i norske havområder.
4. I hvor stor grad den mulige påvirkningen er mer enn lokal (regional eller grenseoverskridende)
5. Unngå betydelig overlapp med eksisterende nasjonal og internasjonal aktivitet.

Graden av alvor av problemene for miljøet danner et viktig grunnlag for prioriteringene. Videre er det viktig å legge vekt på lite kjente og nye problemområder, og ikke fokusere på områder som er tilstrekkelig kjent eller der en ser at andre programmer tar seg av oppgavene.

Det har fra alle involverte parter vært et uttrykt ønske at mulige langtidseffekter skal prioriteres i et eventuelt forskningsprogram. Det er på dette området kunnskapsmangelen er størst, samtidig som det er det mest ressurskrevende forskningsfeltet. Videre anbefales det å prioritere effektstudier på særlig sårbare organismer og nøkkelorganismer fra aktuelle økosystemer. I marine økosystem er det svært komplekse næringsnett, men enkelte arter, nøkkelarter, antas å være mer sentrale enn andre arter i næringsnettet. Dette kan være arter som bidrar med mye biomasse, slik som hoppekrepsen *Calanus finnmarchicus*, eller sentrale rovdyr, slik som mange av torskefiskene (torsk, hyse, hvitting).

Av de tre hovedområdene som er belyst i rammenotatet, er det bred enighet om at utslipp i vannsøylen representerer det feltet som krever størst oppmerksomhet. Dette skyldes både størrelsen på kunnskapshullene og økningen i utslippene av produsert vann. Økende utslipp av vannbaserte borevæsker og økende antall akutte utslipp vil også bidra til forurensningen av vannsøylen. Hovedvekten på dette forskningsfeltet anbefales lagt på effekt-studier av enkeltkomponenter og av blandinger av komponenter i utslipp. I sammenheng med dette må det prøves ut/utvikles nye metoder for tidlig påvisning av langtidseffekter og metoder for fremtidig effektovervåking av miljøet. Krav til å identifisere nye og/eller ukjente stoffer i operasjonelle utslipp vil også stille store krav til den kjemiske analysekompetansen i forskningsmiljøene.

Mange av problemstillinger en vil ha ved akutte utslipp vil bli dekket gjennom den prioriterte forskningen på vannsøylen. Eventuell forskning på virkninger av akutte utslipp må koordineres med beslektet forskning på virkninger av operasjonelle utslipp. Med den forventede utviklingen i oljeindustrien må uhells-utslipp på dypt vann og i arktiske områder få større oppmerksomhet enn det som har vært tilfelle til nå.

De fleste av de problemstillinger en vil ha ved akutte utslipp vil bli dekket gjennom den prioriterte forskningen på vannsøylen. Det er enighet om at det er huller i vår kunnskap om kaksdeponier. Den engelske sammenslutningen av oljeselskap (UKOOA) har igangsatt aktivitet som særlig retter seg mot virkninger av ulike tiltak knyttet til kaksdeponier. Slik forskning bør derfor prioriteres lavere i norsk forskning.

Det er påvist et klart behov for å få en nærmere kopling mellom forskning og overvåking, særlig i lys av de store ressursene som medgår til overvåking. Eksisterende overvåkingsdata representerer en kunnskapsbase som kan anvendes til validering av miljørisikomodeller og til å utvikle prognostiske verktøy. Samtidig er det behov for utvikling av nye modeller for miljøovervåking, og nye metoder for overvåking av miljøeffektene av forurensende utslipp offshore. Slik forskning kan normalt ikke finansieres av overvåkingsbudsjettene, selv om bedre og mer effektive overvåkingsprogrammer/-metoder sannsynligvis vil koste mindre i drift enn dagens overvåking av miljøet på sokkelen.

10.2 Prioriterte forskningsområder

Forskningsområdene er listet i prioritert rekkefølge. Underpunktene er ikke prioritert. Punktene er satt sammen av identifiserte forskningsbehov (kapittel 7), men det er ikke en direkte kobling mot underkapitlene (7.1-7.5).

10.2.1 EFFEKTER I VANNSØYLEN

- *Effekter av produsert vann, borevæsker og akutte utslipp på antatt sårbare marine organismer ved kronisk eksponering for lave konsentrasjoner. Utslipp på dypt vann vil få spesiell oppmerksomhet.*
- *Effekter av enkeltkomponenter og samvirkende komponenter på marine organismer i vannsøylen*
- *Biotilgjengelighet, bioakkumulering, bionedbrytbarhet og trofisk transport av komponenter.*

10.2.2 KOBLING MELLOM FORSKNING OG OVERVÅKING

- *Utvikling og utprøving av nye metoder for tidlig varsling og overvåking av langtidseffekter i vannsøylen*
- *Optimalisering av overvåkingsprogram for offshorevirksomheten*
- *Tilpasning av overvåkingsprogrammer slik at dataene også kan brukes i konsekvensutredninger og som prognostisk verktøy*

10.2.3 SPESIELLE FORSKNINGSOPPGAVER I ARKTIS

- *Arktiske økosystemers følsomhet for olje og kjemikalier fra petroleumsindustrien*
- *Naturlig nedbryting av forurensningskomponenter i vannsøyle/isdekkede farvann*

10.2.4 PÅGÅENDE UTSLIPP FRA BOREKAKS

- *Biotilgjengelighet, bioakkumulering, bionedbrytbarhet og spredning av komponenter fra borekaks*
- *Utvikling av styringsverktøy til vurdering av miljøskadelige komponenter i borekaks*

10.2.5 LANGTIDSEFFEKTER AV AKUTTE UTSLIPP

- *Langtidseffekter av akutte utslipp i vannsøylen (ses i sammenheng med operasjonelle utslipp av olje)*
- *Langtidseffekter av olje i strandsonen*

11 Organisering av en fremtidig forskningsaktivitet

OED har pekt på at det i dag er liten koordinering av forskningsaktiviteten og en er bedt om å utrede alternative samarbeidsformer. I dag blir forskningen finansiert av OLF, OED (og andre departementer) gjennom forskningsprogrammet PROFO, samt direkte fra de enkelte oljeselskap. OLF styrer et lite budsjett på dette feltet, men det foregår en god del prioritering av forskningsoppgaver mellom de enkelte selskap i samarbeidsgrupper under OLF. Selv om disse oppgavene er betalt av et eller flere selskaper er de et uttrykk for en koordinert aktivitet. I tillegg har de enkelte selskap direkte kontakt med forskningsinstitusjoner for å få løst egne oppgaver. Bevilgningen fra PROFO er ikke nødvendigvis koordinert med denne aktiviteten. MDs forskningsmidler kanaliseres gjennom Forskningsrådet.

På bakgrunn av gjennomgangen av kunnskapsstatus og forskningsbehov konkluderer arbeidsgruppen med at det er behov for et forskningsprogram om langtidseffektene på miljøet av utslipp til sjø fra offshorevirksomheten. Et forskningsprogram vil også være et nyttig redskap for myndighetene og industrien til å koordinere virksomheten og til å oppnå samarbeid mellom forskningsinstitusjonene.

Arbeidsgruppen ser de følgende alternativer til organisering av forskningsaktiviteten:

- En bedre koordinering av forskningsaktiviteten kan oppnås gjennom et forskningsprogram der både industri og myndigheter som brukere spiller en viktig rolle. Forskningsfeltet er såpass smalt at det burde være mulig i et slikt forum å oppnå et bedre samarbeid mellom de ulike forskningsinstitusjoner. En slik organisering burde videre muliggjøre en samling om enkelte store prosjekter av stor viktighet, og det vil ikke hindre selskapene i å få løst sine særlige spørsmål ved direkte kontakt med forskningsinstitusjonene.
- Forskningsaktivitet innen "langtidsvirkninger av utslipp fra offshoresektoren" kan legges innunder Forskningsrådets forskningsprogram PROFO. Problemet er at PROFO er en syntese av 4 tidligere programmer, nemlig *økotoksikologi*, *GRUF*, *strålevernsprogrammet* og *NOBOZ*. Dette programmet favner allerede så vidt at vil være svært vanskelig å oppnå noen særlig grad av koordinering innen offshorefeltet. Dersom en ønsker å holde aktiviteten på dagens lave nivå er imidlertid dette et alternativ.

- Et tredje alternativ er å bygge opp forskningsinstitusjonenes kompetanse ved å bevilge dem SIPer innenfor området. Dette vil sikre deres kompetanseoppbygging og gir en mulighet til å styre hvor kompetanse skal utvikles. En slik løsning gir imidlertid ingen koordineringseffekt.
- Et siste alternativ er å beholde dagens system. Med det tillegg at det samtidig arrangeres samarbeidsmøter mellom industrien og myndighetene.

12 Rammebetingelser for et eventuelt fremtidig forskningsprogram

Forslag til mål for et eventuelt fremtidig program: "Hovedmålet med programmet er å få kunnskap om langtidsvirkninger av utslipp til sjø fra offshoresektoren".

Som nevnt tidligere i dokumentet er det et behov for den kunnskapen som et slikt program vil kunne fremskaffe. Dette gjelder både eksisterende aktiviteter i Nordsjøen og nye aktiviteter i nordområdene. Denne kunnskapen må framskaffes på andre måter hvis det ikke gjøres gjennom et nytt forskningsprogram.

Det er både logistiske og vitenskapelige årsaker til at forskning omkring langtidsvirkninger av oljerelaterte utslipp er kostbart. Som et eksempel kan nevnes et pågående forsøk som Havforskningsinstituttet gjennomfører for OLF. Prosjektet omfatter et to-generasjonsforsøk med laboratorie-eksponering av torsk for noen utvalgte alkylfenoler. Dette prosjektet har en økonomisk ramme på 1-1.5 MNOK/år over 3 år.

De økonomiske rammene for to typer forskningsaktivitet antas å være:

- omfattende laboratoriebaserte økotoksikologiske studier av 1 kjemikalie - omkring 1 MNOK
- feltarbeid/hav - 150-200 kNOK/dag

Det er åpenbart problematisk å gi en prislapp på forskning som skal dekke de prioriterte forskningsområdene. Det er ikke en gang sikkert at det er miljøer i Norge som har tilstrekkelig kompetanse til å dekke alle de prioriterte områdene. Det antas imidlertid at et eventuelt forskningsprogram med økonomisk ramme på 30 MNOK/år i 6 år vil det være mulig å gjennomføre en aktivitet som vil kunne gi svar på de mest sentrale problemstillingene innen de prioriterte forskningsområdene.

Det er sannsynlig at en økonomisk ramme for et eventuelt forskningsprogram på under 10 MNOK/år ikke vil virke motiverende for samarbeid mellom de aktuelle miljøene. Det er arbeidsgruppens oppfatning at et eventuelt forskningsprogram bør ha en økonomisk ramme på minst 15-20 MNOK/år for å få en rimelig uttelling. Som angitt ovenfor bør et eventuelt program ha en varighet på minst 6 år, noe som gir en antatt total kostnad på 90-120 MNOK.

13 Referanser

P.J. Cranford, D.C. Gordon Jr, K. Lee, S.L. Armsworthy & G.-H. Tremblay (1999) Chronic toxicity and physical disturbance effects of water- and oil-based drilling fluids and some major constituents on adult sea scallops (*Placopecten magellanicus*). Mar.Enviro.n.Res. 48:225-256.

- Johansen, Ø (1999). DeepBlow – A Lagrangian plume model for deep water blowouts. Proceedings from the 3d International Marine Environmental Modelling Seminar 1999, Lillehammer, Norway.
- Johnsen, S. (1999). An introduction to DREAM. Abstract to the 3d International Marine Environmental Seminar 1999, Lillehammer, Norway.
- Neff, J. et al. (1985). Chronic effects of drilling fluids discharged to the marine environment, with emphasis on bioaccumulation/biomagnification potential of drilling fluid metals. Batelle, 1985.
- North Sea Task Force (NSTF). Assessment of reports for Subregion 1 and 6. State Pollution Control Authority (SPCA), Oslo, Norway, 1993.
- OLF (1993). OLF Environmental Programme Project A04: Environmental effects of discharge from drilling. OLF, Stavanger.
- OLF (1997). The Norwegian Oil Industry Association. Environmental Report 1995-1997., Stavanger, Norway
- OLF (1998). "Produced water discharges to the North Sea: Fate and effects in the water column, Summary report"
- F. Olsgard & J.S. Gray (1995)- A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Mar.Ecol.Progr.Ser.*122: 2777-306.
- SFT (1996). Den nasjonale strategi for bruk av dispergeringsmidler
- SFT (1998). Retningslinjer for Offshore Miljøovervåkning. Del I Vannsøyleovervåkning.
- SFT (2000). Utslipp på norsk kontinentalsokkel 1999. Olje, kjemikalier og utslipp til luft.
- Singsaas, I., Giacca, D., Sørås, H., Johnsen, S., Hasle, J.R., Daling, P.S. & Reed, M. (1999). AMOS – A program for Development of Future Operational Tool for Oil Spill Contingency Planning. Abstract to the 3d International Marine Environmental Seminar 1999, Lillehammer, Norway.

14 Vedlegg.

14.1 Forklaring av forkortelser

forkortelse eller begrep	forklaring
AKUP	Arbeidsgruppen for konsekvensutredning av petroleumsvirksomhet
AMAP	Arctic monitoring and assessment programme
HMS	helse, miljø og sikkerhet
NOFO	Norsk Oljevernforening For Operatørselskap
OD	Oljedirektoratet
OECD	Organisation for economic co-operation and development
OED	Olje- og energidepartementet
OIC	Offshore Industry Committee (under OSPAR)
OLF	Oljeselskapenes landsforening
OSPAR	OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the Northeast Atlantic
PAD	plan for anlegg og drift
PAH	polysykliske aromatiske hydrokarboner
PARCOM	Paris kommisjonen
PCB	polyklorerte bifenyler
PUD	plan for utbygging og drift
SFT	Statens forurensningstilsyn
UKOOA	UK Oil Operator Association
VOC	volatile organic compounds

14.2 Programmer og prosjekter innen forskning og overvåking (utvalgte institusjoner)

14.2.1 Overvåking

Ekrol, N., Rye, H., 1997. Miljømessige konsekvenser knyttet til utslipp av kaks og borevæske i forbindelse med leteboring på Ormen Lange. SINTEF report no. STF66 F97064.

Faksness, L.G. 2000: Baseline environmental survey at Tambar, Region I, 1999. Grain size distribution , SINTEF report STF F00012

Faksness, L-G., 1999: Environmental monitoring survey, Region I, Ekofisk 1999. Grain size distribution. SINTEF Report no. STF66 F99142.

Faksness, L-G., 1999: Miljøundersøkelser Region I, Ekofisk 1999. Analyse av THC, PAH/NPD og dekaliner på Embla, Ula og Gyda. SINTEF Rapport nr. STF66 F99135.

Høivangli, V.1996.Evaluation of methods and procedures for monitoring discharge water from Frigg 1995.Akvamiljø 96/012.

Melbye, A.G., 1999: Water Column Monitoring for Ekofisk Region 1999 Field Survey Report. SINTEF Report no. STF66 A99134.

Melbye, A.G., 2000: Field Survey Report: North Sea Monitoring 2000 – Sleipner Region. SINTEF Report no. STF66 A00086.

Melbye, A.G., L.-G. Faksness, P.S. Daling, 2000: Sampling and analysis of sediment and water samples in Salt Ponds at Ile de Noirmoutier. SINTEF Report no. STF66 F00087.

Miljøundersøkelser rundt petroleumsinstallasjoner på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1987-89. SFT dokument 94:11

Myrhaug, J.L.M, Per S. Daling, Liv-Guri Faksness, I.K. Almås, 1999: Identifikasjon og kildeopprinnelse for oljeforurensning i Statfjordområdet mellom Gullfaks A og C. SINTEF rapport STF66 A99086.

Nerås, B.O, Hustad, J., Hansen, E., SINTEF Energi, Nesse, S., DNV, Mostad H., Rye, H., Ramstad S., SINTEF Kjemi. 1998. Utslipp fra petroleumsvirksomheten Vedlegg til OED's miljøpublikasjon. SINTEF rapport STF 66 F98006.

Resby, J.L.M., P.S. Daling, F. Leirvik, 1999: Analyse av oljeforurensning på Osebergfeltet, august 1999. SINTEF Rapport nr. STF66 F99123.

Rye, H., Reed, M., Ekrol, N. 1998. The North Sea Produced Water project. Calculation of Concentration Fields. Final Report. STF66 F98124.

Rye, H., Aamo, O.M., 1997. Utslipp av borekaks/slam. Regional studie for Haltenbanken. SINTEF report no. STF66 F97047.

SFT. Miljøundersøkelser rundt petroleumsinstallasjoner på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1990. SFT dokument 94:05

SFT. Miljøundersøkelser rundt petroleumsinstallasjoner på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1991. SFT dokument 94:10

SFT. Miljøundersøkelser rundt petroleumsinstallasjoner på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1992. SFT rapport 95:05

SFT. Miljøundersøkelser rundt petroleumsinstallasjoner på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1993. SFT rapport 95:15

SFT. Miljøundersøkelser rundt petroleumsinstallasjoner på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1994. SFT rapport 96:15

SFT. Miljøundersøkelser rundt petroleumsinstallasjoner på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1995. SFT rapport 97:13

SFT. Miljøundersøkelser rundt petroleumsinstallasjoner på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1996-1999. SFT rapport. *In press*

SFT. Utslipp av olje og kjemikalier på norsk kontinentalsokkel. Samlerapport 1989-1992. SFT rapport 94:15

SFT. Utslipp av olje og kjemikalier på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1993. SFT rapport 95:06

SFT. Utslipp av olje og kjemikalier på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1994. SFT rapport 95:25

SFT. Utslipp av olje og kjemikalier på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1995. SFT rapport 96:13

SFT. Utslipp av olje og kjemikalier på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1996. SFT rapport 97:23

SFT. Utslipp av olje og kjemikalier på norsk kontinentalsokkel. Rapport for 1997. SFT rapport 98:26

SFT. Utslipp på norsk kontinentalsokkel 1998. Olje, kjemikalier og utslipp til luft. SFT rapport 99:19

SFT. Utslipp på norsk kontinentalsokkel 1999. Olje, kjemikalier og utslipp til luft. SFT rapport 2000: *in press*

14.2.2 Biologiske effekter av olje og/eller kjemikalier

Aunaas, T & K.E. Zachariassen (1994). Physiological Biomarkers and the Trondheim Biomonitoring System. p 107-130 in K.J.M. Kramer (Ed.): Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries. ISBN 0-8493-4895-1. CRC Press Inc., Boca Raton, USA, 327 pp. SINTEF report STF21 S94025.

Bechmann, Renee K. Jensen, Ingrid Øysæd, Kjell Birger; Skadhsheim, Arnfinn. Le Floch, Stephane; Nævdal, A. 1999. Effect of oil dispersion on survival and reproduction of sheepshead minnows (*Cyprinodon variegatus*). Akvamiljø 99/004.

Bechmann, R. Jensen, I.C. 1999. Effect on naphthalene on egg production of sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*). Akvamiljø 99/010.

Bechmann, R.K. Jensen, I.C. Jonsson, G. Sanni, S. 1999. Reproduction effect of chrysene on sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*). Akvamiljø 99/016.

Brakstad, O.G. 1998. Heidrun - Bakterier i reservoar og produsertvann. SINTEF rapport STF66 F98093.

Børseth, J.F. 1996. EROD Test - The effect of different storage conditions on fish liver samples. Akvamiljø 96/018.

Børseth, Jan Fredrik; Grøsvik, Bjørn Einar; Camus, Lionel; Jonsson, Grete 1999. Elf IDREMER Biomarkers. Final report. Akvamiljø 99/003.

Børseth, J.F. Eriksen, V. Le Floch, S. 1999. Experiences with sampling of benthos for biomarker purpose in deep-sea - The Girassol Campaign. - Akvamiljø 99/009.

Børseth, J.F., van Schooten, F.J. and LeFloch, S. 2000. DNA adducts in deep-sea polychaetes sampled in the Girassol baseline campaign. Akvamiljø 2000/001.

Camus, Lionel 1999. Biomarker responses in Cold Water. Akvamiljø 99/006.

Grøsvik, B.E., Bechmann, R.K., Jensen, I.C. Camus, L., Børseth, J.F. 2000. Biomarker responses in arctic Shrimp *Sclerocrangon* sp. exposed to crude oil. Akvamiljø 2000/007.

Havforskningsinstituttet. Havforskningsinstituttets egg- og larveprogram (HELP) (FID/MD).

Havforskningsinstituttet. Marine organismers følsomhet for olje som funksjon av alder (AKUP-prosjekt).

Havforskningsinstituttet. Påvirkning av løst og dispergert olje fra regulære utslipp og uhellsutslipp på fisk (OED/NFR-prosjekt).

Havforskningsinstituttet. Alkylfenolers hormonelle innvirkning på torsk (OED/OLF/NFR-prosjekt).

Le Floch Stephane Grøsvik, Bjørn Einar, Børseth, Jan Fredrik 1999. Single cell gel electrophoresis or Comet assay as a possible tool to assess whether anthropogenic compounds cause DNA damage. Akvamiljø 99/014.

Rye, H., Johansen, Ø. 1999. Spredning av dispergert olje i vannmassene og eksponering på marine organismer. SINTEF rapport STF66 A99029.

Sanni S., Skadsheim A. Bechmann R.K., Jensen I.C., Cova C. A., Buffagni M., Johnsen S., Frost T., Nordtug T., Baussant T., Karman C., Gaudebert B. 1999. Effect studies with zooplankton and fish - model inputs to DREAM. Akvamiljø 99/011.

Skadsheim, Arnfinn Bechmann, Renee K. Jensen, Ingfrid C. Jonsson, Grete 1999. Bioaccumulation of petroleum PAC compounds in algae, crustacea and fish: short term exposures to high concentrations. Akvamiljø 99/005.

Strømgren, T., Sørstrøm, S.E., Schou, L., Kaarstad, I., Aunaas, T., Brakstad, O.G. and Ø. Johansen (1995). acute toxic effects of produced water in relation to chemical composition and dispersion. Marine Environmental Research, Vol. 40 (2), 147-169.

Aas, E., Lennart Balk, Børseth, J.F.2000.Biomarker reponses in fish caught near Jan Mayen and Svalbard.Akvamiljø 2000/006.

14.2.3 Uhellsutslipp og beredskap

Brandvik, P.J., M.Ø.Moldestad, P.S. Daling, 2000: Prediction of weathering of oil spills from crude assay data --a combined approach using multivariate calibration and SINTEF Oil spill weathering model (Phase 2). SINTEF Report STF66 F00026.

Brandvik, P.J., P.S. Daling, 1999: Strategi og operasjonelle prosedyrer for NOFOs bruk av dispergeringsmidler – Innspill til oppdatering av NOFOs beredskapsmanual. SINTEF rapport STF66 F99111.

Brandvik, P.J., P.S. Daling, 1999:Samlehandbok over forvitringsegenskaper for et utvalg av Norske råoljer og konsensat – En håndbok til bruk under NOFOs aksjoner. SINTEF rapport STF66 F99110.

Daling, P.S. 1998. Forvitringsegenskaper til Ula råolje. SINTEF rapport STF66 F98001.

Daling, P.S. 1998. Performance testing of Corexit 9500 on oils weathered in laboratory and in experimental field trials. SINTEF report STF66 F98023.

Daling, P.S., Ramstad, S., Schou, L., 1997. ESCOST PROGRAM: Biological and Chemical Approaches to Oil Spill Contingency. Summary Report. SINTEF report no. STF66 F97034.

Daling, P.S., Resby, J.L.M., Almås, I.K., 1999: Fysikalsk og kjemisk analyse av oljeforurensning på Finnmarkskysten, april 1999. SINTEF rapport STF66 A99060.

Downing, K., Reed, M., Rye, H., Brandvik, P.J., 1997. An Adaptation of IKUs Oil Weathering Model (OWM) to Arctic Conditions. DIWO 25. SINTEF report no. STF66 A97027.

Ekrol, N. 1998. Beredskapsanalyse for Visund feltet. SINTEF rapport STF66 F98053.

Ekrol, N., 1997. Simulations of mud and cuttings. SINTEF report no. STF66 F97111.

Ekrol, N., 1997. Simulering av oljeutslipp OSCAR. SINTEF report no. STF66 F97114.

Ekrol, N., 1999. Near field spreading from sea bed blowouts and statistical simulations of oil drift at the South Arne Field. SINTEF report STF66 F99007.

Ekrol, N., 1999. Three Dimensional Oil Spill Modelling for the South Arne Field. SINTEF report STF66 F99008.

Guénette, C. and Sveum, P. 1995. In situ burning of emulsions R&D in Norway. Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 2, No. 1, pp 75-77. SINTEF report STF21 S95012.

Guénette, C., Brandvik, P.J., Nordvik, A. (EMT&A, USA). 1998. Overview In-Situ burning of oil at sea – a feasibility study. SINTEF report STF66 A98109.

Guenette, C.C., 1997. Evaluation and development of Petrosorb sorbents. SINTEF report no. STF66 F97129.

- Hokstad, J.N., P.S. Daling, M. Buffagni, S. Johnsen, 1999: Chemical and Ecotoxicological Characterisation of Oil-Water Systems. *Spill Science and Technology Bulletin*, Vol. 5, no. 1, pp.75-80. STF66 S99007.
- Jensen, H.V., Solsberg, L., 2000: Mechanical Oil Recovery in Ice-Infested Waters (MORICE), Phase 4. SINTEF Report STF66 F00106.
- Johansen, Ø. 1998. Subsea Blowout Model for Deep Waters. SINTEF report STF66 F98105.
- Johansen, Ø. 1999. Exploratory drillings at the Fylla Field South West of Greenland: Near Field Spreading of Oil and Gas from Potential Deep Water Blowouts. SINTEF report STF66 F99002.
- Johansen, Ø. 1999. Spredning av olje fra undervannsutblåsninger på nornefeltet. SINTEF rapport STF66 F99013.
- Johansen, Ø. 2000: Nærsoneberegninger i forbindelse med mulige undervannsutblåsninger ved leteboring i Barentshavet. SINTEF rapport STF66 F00067.
- Johansen, Ø., 1997. Beredskapsanalyse for Vemadomen. SINTEF report no. STF66 F97125.
- Johansen, Ø., 1997. Hydratdannelse og dråpestørrelse ved dypvannsutblåsninger. SINTEF report no. STF66 F97082.
- Johansen, Ø., 1997. Oil drift and spreading from sub-sea blowouts in deep waters. Input to environmental risk assessments prior to exploratory drillings at the Helland Hansen structure. SINTEF report no. STF66 F97101.
- Johansen, Ø., Jensen, H.V., Daling, P.S., 2000: Deep Spill JIP Experimental Discharges of Gas and Oil at Helland Hansen - June 2000. Cruise Report. SINTEF Report STF66 F00093.
- Johansen, Ø., K. Skognes, 1999: Oil Drift Simulations Tranche. Final version. SINTEF report STF66 F99106.
- Johansen, Ø., K. Skognes, 1999: Vurdering av statlig oljevernberedskap – Oljedriftberegninger for dimensjonerende hendelser. SINTEF rapport STF66 F99108.
- Johansen, Ø., P.S. Daling, H.V. Jensen, A.G. Melbye, H. Rye, 1999: Feasibility of a Field Experiment to study the behavior of a Deep Water Blowout. SINTEF report STF66 F99101.
- Johansen, Ø., Reed, M., Brandvik, P.J., Daling, P.S., Lewis, A., Fiocco, R., Mackay, D., 1998: Revision of Offshore Continental Shelf Weathering Model: Evaluation. SINTEF report STF66 A98045.
- Johansen, Ø., Rye, H., Skognes, K. 1998. Drift og spredning av olje som følge av utblåsning på dypt vann – Gjallarryggen. SINTEF rapport STF66 F98091.
- Johansen, Ø., Skognes, K., 1999. Oil drift simulations in the Southern Barents Sea. SINTEF report STF66 F99028.
- Johansen, Ø., Skognes, K., 1999. Oljedriftberegninger 6704/12-1 Gjallarryggen. SINTEF rapport STF66 F99012.
- Josefsen, K., Sveum, P., Ramstad, S., Markussen, S., Folkvord, K., Krigsvoll, S., Aune R. and Storrø, I. (1995). *In situ* production of bio-surfactants: An alternative method for dispersing and bioremediating

marine oil spills. In situ burning of uncontained crude oil and emulsions. Proceedings of the 18th Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar, June 14-16, Edmonton Alberta. Environment Canada, Ottawa. SINTEF report STF21 S95011.

Knudsen, O.Ø., Brandvik, P.J., 1997. Leaching of surfactants used in oil spill chemicals from the oil to the water phase. DIWO 26. SINTEF report no. STF66 A97028.

Knudsen, O.Ø., Brandvik, P.J., 1997. Optimisation of oil spill dispersant for Arctic conditions – low temperature and varying salinity. DIWO 29. SINTEF report no. STF66 A97030.

Knudsen, O.Ø., Brandvik, P.J., 1997. Procedures for analysis of oil spill chemicals. DIWO 28. SINTEF report no. STF66 A97029.

Lewis, A., Daling, P.S., Moldestad, M.Ø., Reed, M., 1997. Sammensetning av dispergeringsmidler. SINTEF report no. STF66 F97020.

Løset, S., Singasaas, I., Sveum, P., Brandvik, P.J. og Jensen, H. (in norwegian) Oljevern i Nordlige og arktiske farvann (ONA) - Status: Volum 1. (Oil spill contingency in Northern and arctic waters (ONA) - Status: Vol. 1). SINTEF report no. STF60 F94087.

Ramstad, S and P. Sveum. (1995). Bioremediation of Oil-Contaminated Shorelines; Effects of Different Nitrogen Sources. In R.E. Hinchee, G.S. Douglas and S.K. Ong (eds.) . Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons. Batelle Press, Columbus OH. pp 415-422. SINTEF report STF21 S95029.

Ramstad, S. 2000: Interaksjoner olje-sediment, knyttet til uhellsslipp av bunkersolje IF-180 i van Mijenfjorden. SINTEF rapport STF66 F00114.

Ramstad, S. og I. Singasaas, 1999. Behovsanalyse for beredskapsressurser i kyst- og strandsone beredskapen for Balder og Jotun feltene. Esso Norge AS., *Vedlegg* til SINTEF rapport STF66 A99047. Singasaas, I., et.al.

Ramstad, S., 1997. BIOREN arctic field experiment – 1997 follow-up study. SINTEF report no. STF66 F97119.

Ramstad, S., 1997. Blood animal meal as a bioremediation agent – field tests on Spitsbergen – 1997 follow-up report. SINTEF report no. STF66 F97118.

Ramstad, S., 1997. Field experiment at Svalbard to verify the behavior and effect of the BIOREN additives on hydrocarbon degradation. SINTEF report no. STF66 F97065.

Ramstad, S., Sveum, P. and Faksness, L.G. Physical-chemical processes and hydrocarbon biodegradation. SINTEF report no. STF66 F96019.

Reed, M, Ekrol, N. 1998. Quantifying Environmental Implications of Alternative Oil Spill Contingency and Response Plans. Paper (to be presented) at Oil Spill'98 at Southampton, UK. July 29-31. SINTEF registration no. STF66 S98013.

Reed, M. 1998. Norsk Hydro Namibia: Support for Environmental Impact Analysis. SINTEF report STF66 F98057.

Reed, M., 1997. Oil Spill Response Analysis for Ormen Lange. SINTEF report no. STF66 F97080.

Reed, M., Ekrol, N., Rye, H., Turner, L. 1998. Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) Analysis in Support of Environmental Impact Assessment Offshore Namibia. Paper presented at the Second

International Marine Environmental Modelling Seminar at Lillehammer, Norway, March 3-5, 1998. SINTEF registration no. STF66 S980010.

Reed, M., Johansen, Ø., Rye, H. 1998: Spill Science and Technology Bulletin, Special Volume on Oil Spill Modelling. Presented in Vol. 5, no. 1. SINTEF Registration no. STF66 S98017.

Reed, M., N. Ekrol, H. Rye, L. Turner, 1999: Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) Analysis in Support of Environmental Impact Assessment Offshore Namibia. Spill Science and Technology Bulletin, Vol. 5, no. 1, pp.29-38. STF66 S99009.

Reed, M., Rye, H., Aamo, O.M., Daling, P.S., 1997. Drivbaneberegninger – Vøring Platå BP blokk PL 218. SINTEF report no. STF66 F97024.

Reed, M., Ø. Johansen, P.J. Brandvik, P.S. Daling, A. Lewis, R. Fiocco, D. Mackay, R. Prentki, 1999: Oil Spill Modelling towards the Close of the 20th Century: Overview of the State of the Art. Spill Science and Technology Bulletin, Vol. 5, no. 1, pp.3-16. STF66 S99008.

Resby, J.L.M., Singasaas, I., Daling, P.S. 1999. Jotunolje Elli South, Tau og Elli: Egenskaper og forvitring på sjøen relatert til beredskapstiltak. SINTEF rapport STF66 A99009.

Resby, J.L.M., T. Strøm, P.S. Daling, I. Singasaas, 1999: Visund råolje: Egenskaper og forvitring på sjøen relatert til beredskapstiltak. SINTEF rapport STF66 A98162.

Rye, H. 1998. Eldfisk Platforms 2/7 B and 2/7 FTP. Dilution and Spreading of Produced Water Releases to Sea. SINTEF report STF66 F98102.

Rye, H. 1998. Snorre B Platform. Dilution and Spreading of Regular Releases to Sea. SINTEF report STF66 F98103.

Rye, H. 1998. Åsgard B. Platform. Appendix: Dilution and Spreading of Regular Releases to Sea. SINTEF report STF66 F98135.

Rye, H. 1999. Konsekvensanalyser for utblåsninger og utslipp av produsert vann fra Kristin feltet på Haltenbanken, SINTEF report STF 66 F99038.

Rye, H. 2000:Girassol Field outside the coast of Angola. Simulation of deep water blowout. SINTEF report STF F00007

Rye, H. Johansen, Ø. 1999. Oil Spill Contingency for Deep Water Exploration Report from Phase 1: Basis for oil spill contingency planning: An assessment of the expected oil spill behaviour during a deepwater blowout off the Norwegian coast (Norwegian Sea). SINTEF report STF66 F99020.

Rye, H., 1997. Beregninger av undervannsplume og flakutbredelse. Leteboring på Vøring, BP blokk PL 218. SINTEF report no. STF66 F97023.

Rye, H., 2000: Deepwater well outside the coast of Gabon. Simulation of deep water blowout. SINTEF Report no. STF66 F00065.

Rye, H., Johansen, Ø. 1999, Utslipp fra Åsgard rørledning. Simuleringer av fortyninger av glykol og sjøvannsutslipp. SINTEF rapport STF66 F99036.

Rye, H., Johansen, Ø., 1997. Spredning og drift av olje som følge av utblåsning på dypt vann – Ormen Lange. SINTEF report no. STF66 F97060.

Rye, H., Johansen, Ø., Kolderup, H. 1998. Drop size formation from deep water blowouts. SINTEF report STF66 F98090.

Singsaas, I, K. Skognes, N. Ekrol, Ø. Johansen, M. Reed, Terje Nygård. 1999: Teknisk bakgrunnsrapport for Visund Oljevern Beredskapsplan. Oljevern utslippsscenarier, statistiske oljedriftsberegninger og beredskapsanalyse for Visund. Norsk Hydro ASA. SINTEF report STF66 A99042.

Singsaas, I. 2000. Beredskapsanalyse for etablering av oljevernberedskap i forbindelse med skipning av kull i van Mijenfjorden på Svalbard. SINTEF rapport STF66 F00115.

Singsaas, I. N. Ekrol, 1999: Visund: Evaluering av miljøkonsekvenser og effektivitet av oljevernoperasjoner ved en endring i feltberedskapen på Visund.

Singsaas, I., 1999. Revisjon av dispergeringsstrategi for Balderfeltet basert på vurderinger av spesielt miljøfølsomme ressurser offshore og beredskapsanalyse med OSCAR modell systemet. Esso Norge AS. *Vedlegg* til SINTEF rapport STF66 A99047. Singsaas, I., et.al.

Singsaas, I., 1999: Teknisk bakgrunnsrapport for Troll Oljevern Beredskapsplan II. Reviderte oljevern utslippsscenarier og beredskapsanalyse for Troll. SINTEF Rapport nr.: STF66 A99140.

Singsaas, I., 1999: Teknisk rapport: Beredskapsanalyse oljevern for Balderfeltet. SINTEF rapport nr. STF66 A99047.

Skognes, K. 1999. Oil Drift Simulations Pechora Sea. SINTEF report STF66 F99039.

Skognes, K., 1999: Exploratory drillings at the Fylla field southwest of Greenland: Far field drift and fate of potential surface and seabed blowouts. SINTEF reports no.: STF66 F99141.

Skognes, K., Johansen, Ø. 1988. Drivbane-beregninger Huldra. SINTEF rapport STF66 F98092.

Skognes, K., Rye, H. 1998. Drivbaneberegninger Snøhvit. SINTEF rapport STF66 F98052.

Skognes, K., Rye, H. 1988: Drivbaneberegninger Gullfaks Sør. SINTEF Rapport STF66 F98071.

Skognes, K., Rye, H., 1998. Drivbaneberegninger Åsgard – Undervannsutblåsning. SINTEF rapport nr. STF66 F98100.

Sørstrøm, S.E., Brandvik, P.J., Singsaas, I., Vefsnmo, S., Jensen, H., Løvås, S.M., Mathiesen, M., Løset, S., Johannesen, B.O., Johansen, Ø., Sveum, P. og Guénette, C. Eksperimentelt oljeutslipp i den marginale issonen, April 1993 (MIZ-93). Sluttrapport. (Experimental oil discharges in the marginal ice zone, April 1993 (MIZ-93)). SINTEF report no. STF60 F94081.

14.2.4 Miljørisikoanalyse

Rye, H. 1997. ROS - Risiko- og sårbarhetsforskning. Metodikk for miljørisikoanalyser. SINTEF rapport STF66 A97043.

Rye, H., 2000: Beregninger av EIF faktorer for PPCoN sine utslipp i Ekofisk området. SINTEF Rapport nr. STF66 F00051.

Rye, H., 2000: Miljømessige konsekvenser knyttet til utslipp av kaks og borevæske i forbindelse med leteboring i Barentshavet. SINTEF Rapport nr. STF66 F00050.

14.2.5 Kjemisk analyse – metoder og anvendelse

- Almås, I.K., Daling, P.S., 1997. Analyse av bunkersoljen etter havariet av "Leros Strength". SINTEF report no. STF66 F97032.
- Daling, P.S., 1998. Analyse av PAH komponenter i Sleipner kondensat. SINTEF rapport STF66 F98104.
- Daling, P.S., J.L.M. Resby, I.K. Almås, 1999: Kjemisk analyse av vannprøver for SFT, juli, 1999. SINTEF rapport STF66 A99085.
- Daling, P.S., Johnsen, S., 1997. Karakterisering av vannløselige fraksjoner av Troll-olje. SINTEF report no. STF66 F97052.
- Endresen, U.30.01.96 Analysis of Ethoxylated Nonyl-Phenol. Akvamiljø 95/005.
- Faksness, L.G. 1998. Karakterisering av overflatefilm fra produsertvann på Heidrun. SINTEF rapport STF66 F98084.
- Faksness, L.G., 1997. Characterization of the reference oil no. 6213. SINTEFs contribution. SINTEF report no. STF66 F97106.
- Faksness, L.G., 1999: Chemical characterization of produced water in connection with testing of CTour Technology on Statfjord B. SINTEF report no. STF66 F99091.
- Faksness, L.-G., 2000: Chemical characterisation of produced water from Gullfaks C, Sleipner SLA and Sleipner SLT. SINTEF report STF66 F00020.
- Faksness, L.-G., 2000: Chemical characterisation of produced water from Åsgard A. Data report. SINTEF Report no. STF66 F00044.
- Faksness, L.G., 2000: Chemical characterisation of produced water from well C33 at Gullfaks C. Data report. SINTEF report STF66 F00128.
- Faksness, L.-G., 2000: PERF WSO: Chemical characterisation of produced water from Statfjord B. Experimental setup at Statoil and SINTEF. SINTEF report no. F00017.
- Faksness, L.G., Daling, P.S., 2000: PERF 98-04 Produced Water. Analysis of semi volatile organic compounds from WAF systems. Data report. SINTEF report no. STF66 F00127.
- Faksness, L-G. 2000: Testing of Ctour technology: Analysis of produced water - DATA REPORT. SINTEF report no. STF66 F00107.
- Jonsson, G. Øysæd, K.B. Torgrimsen, S. Endresen, U. 1996. Extraction and Analysis of Sediment Samples from ABS. Akvamiljø 96/016.
- Jonsson, G. 1996. Analysis of Methanol in Frøy Crude oil by GC/MS. Akvamiljø Akvamiljø 96/003.
- Jonsson, G. 1996. GC/MS Analysis of BOKOL samples. Akvamiljø 96/004.

Jonsson, G.1996.HOPANES IN FISH LIVER; Method for extraction and GC/MS – analysis.Akvamiljø 95/002.

Melbye, A., 1999: Miljørisiko av naftensyrer / naftenater i produsert vann fra Heidrun. SINTEF Rapport nr. STF66 F99116.

Melbye, A.G. 1998: Analyse av vannprøver – totalt ekstraherbart organiske materiale. SINTEF rapport STF66 F98073.

Melbye, A.G., 2000: Analysis of water sample taken at “France Turbot”, Noirmoutier. SINTEF Report no. STF66 F00092.

Melbye, A.G., 2000: Analysis of water samples taken from Guèrande: Filtration experiment. SINTEF Report no. STF66 F00088.

Melbye, A.G., 2000: Analysis of water samples taken in the area of La Boule.

Singsaas, I. 1998. Forvitringsegenskaper for Huldra kondensat. SINTEF rapport STF66 F98085.

Singsaas, I. 1998. Forvitringsegenskaper, oljevern utslippsscenarier, statistiske oljedriftsberegninger og beredskapsanalyse for Njord. SINTEF rapport STF66 F98059.

Singsaas, I. 1998. Weathering properties of Siri crude oil. SINTEF report STF66 F98016.

Wakili, S., Dybvik, L.1996.Analyses of sand blasting grit before and after use offshore.Akvamiljø 95/003.

Øysæd, K.B.1996.Analyses of Alterations of mussel shells and rubber material upon exposition to phosphoric acid.Akvamiljø 95/004.

14.2.6 Testing og bioakkumulering

Baussant, T.,Sanni, S., Skadsheim, A., Jonsson, G., Børseth, J.F., Gaudebert, B.2000.Modelling bioaccumulation in fish and mussel.Akvamiljø 2000/012.

Baussant, T.,Sanni, S., Jonsson, G., Skadsheim, A., Børseth, J.F.2000.Bioconcentration of PAH in two marine species and SPMD.Akvamiljø 2000/011.

Baussant Thierry, Labes-Carrier Catherine1996.Long term exposure to oil dispersed in sea water. II - Preliminary tests on turbot juvenile.Akvamiljø 96/020.

Baussant T., Sanni S., Skadsheim A., Jonsson G., Børseth J.F., Gaudebert B.1999.Modelling bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in marine organisms chronically exposed to dispersed oil.Akvamiljø 99/012.

Baussant, Thierry; Jonsson, Grete; Sanni, Steinar; Øysæd, Kjell Birger; Skadsheim, Arnfinn 1998.Bioconcentration of dispersed oil in juvenile turbot *Scophthalmus maximus*: a time and dose reponse study.Akvamiljø 98/002.

- Baussant, Thierry; Børseth, Jan Fredrik; Jonsson, Grete; Sanni, Steinar; Øysæd, Kjell Birger; Skadsheim, Arnfinn 1998. Accumulation of PAHs by *Mytilus edulis* and Semipermeable membrane devices during a chronic exposure with dispersed crude oil - Comparison with accumulation of PAHs in juvenile fish. Akvamiljø 98/003.
- Baussant, Thierry; Bechmann, Renee; Jonsson, Grete; Sanni, Steinar; Øysæd, Kjell Birger; Skadsheim, Arnfinn 1998. Bioconcentration of polycyclic aromatic compounds from dispersed crude oil in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Akvamiljø 98/004.
- Baussant, Thierry; Jonsson, Grete; Sanni, Steinar; Øysæd, Kjell Birger; Skadsheim, Arnfinn 1998. Oil behaviour in experimental systems Akvamiljø 98/005
- Baussant, Thierry; Jonsson, Grete; Sanni, Steinar; Øysæd, Kjell Birger; Skadsheim, Arnfinn; Aas, Endre 1998. Preliminary results from CFS#4 experiment: bioconcentration of PAH in cod (*Gadus morhua*) - Time and dose response. Akvamiljø 98/006.
- Baussant, Thierry ;Jonsson, Grete; Sanni, Steinar; Skadsheim, Arnfinn 1999. Long-term exposure of marine organisms to chronic levels of dispersed oil with a Continuous Flow System : bioaccumulation studies. Akvamiljø 99/001.
- Brakstad, O.G., 1997. Toksisitetstesting av sediment. SINTEF report no. STF66 F97128.
- Brakstad, O.G., 1998. Natriumhydroksyd som biosid ved RFO. Mikrobiologiske analyser. SINTEF rapport nr. STF66 F98157.
- Brakstad, O.G., 1998: Borekaks fra Oseberg – Innledende mikrobiologiske og kjemiske analyser. SINTEF rapport STF66 F98122.
- Brakstad, O.G., 1999: Simulated Seabed Study – Establishment of Test System and Guideline. SINTEF rapport nr. STF66 F99131.
- Brakstad, O.G., Daling, P.S., Olsen, A., Serigstad, B. 1998. Toksisitet og bioakkumulering av løst og dispergert olje under realistiske eksponeringsbetingelser: Fase 1: "State-of-the-art". SINTEF rapport STF66 F98069.
- Brakstad, O.G., Haug, A.M., 1997. Lysproduserende bakterier – Biosensorer for giftighetsmålinger og påvisning av PAH-forbindelser. SINTEF report no. STF66 A97031.
- Brakstad, O.G., Olsen, A., Nordtug, T., og Aunaas, T. Produsert vann: Studie av biologisk nedbrytning og eksponering. SINTEF report STF66 F96025.
- Elf Akvamiljø & IARE 1997. Biodegradability of Chemical Substances in Seawater - Results of the four OSPARCOM ring tests. Akvamiljø 96/025.
- Kjeilen, Grethe., Torgrimsen, S. Jonsson, G., Øysæd, K.B., Paulsen, JE. 1998. Testing of BIOREN bioremediation products enhanced oil biodegradation in the Flow Column System - comparison of four experiments. Akvamiljø 97/003..
- Kjeilen, Grethe 1998. Development and Comparison of products for enhancement of oil biodegradation - summary of the BIOREN programme. Akvamiljø 97/005.

- Kjeilen, Grethe., Torgrimsen, S. Jonsson, G., Øysæd, K.B., Paulsen, J.E. 1998. Meso-scale experiments (ABS) comparing the F1 bioremediation product as a powder suspension to no treatment. Akvamiljø 97/006.
- Labes-Carrier Catherine, Baussant Thierry 1996. Long term exposure of marine organisms to oil dispersed in sea water. I - Preliminary tests on Crangon Crangon. Akvamiljø 96/019.
- Marsal, Laurent 1996. Determination of Acute Toxicity of WAF of Five Hydrocarbons with Growth inhibition test on *Skeletonema costatum* and Microtox Test. Akvamiljø 96/015.
- Melbye, A.G., Ø. Johansen, J.L.M. Resby, M.Ø. Moldestad, 1999: Thin Oil Films of Norne Crude; Phase 1 & “. Small-scale laboratory and meso-scale flume tests on fate of thin oil films. SINTEF Report STF66 F99062.
- Melbye, A.G., Ø. Johansen, J.L.M. Resby, M.Ø. Moldestad, 1999: Development of methodology for studying natural dispersion and emulsification of thin oil films. SINTEF report no. STF66 F99136.
- Moldestad, M.Ø., Resby, J.L.M., 2000: Forvitringsegenskapene til IF180 oljer fra Statoil, Shell og Esso. SINTEF rapport STF66 F00094.
- Resby, J.L.M. et al. 1999: Oppdatert forvitningsstudie for Ula råolje relatert til effektivitet av Foftail Skimmer. SINTEF rapport nr. STF66 F99076.
- Resby, J.L.M., 1999: Verifisering av forvitringsegenskapene til Oseberg Øst råolje. SINTEF rapport nr. STF66 F99078.
- Resby, J.L.M., Faksness, L-G., Daling, P.S., 1998. Weathering properties and component analysis of South Arne Crude Oil. SINTEF Report no. STF66 F98142.
- Resby, J.L.M., I. Singasaas, P.S. Daling, 1999: Dispersability Interlaboratory Calibration on IFP and WSL. SINTEF Report STF66 F99072.
- Resby, J.L.M., I. Singasaas, 2000: Egenskapene til Oseberg Sør råolje: Begrenset laboratoriestudie i småskala, SINTEF report STF F00011
- Resby, J.L.M., M.Ø. Moldestad, 2000: Weathering Properties of Draugen crude oil.
- Resby, J.L.M., P.S. Daling, 1999: Fram råolje: Egenskaper og forvitring på sjøen relatert til beredskapstiltak. SINTEF rapport STF66 F99105.
- Resby, J.L.M., P.S. Daling, 1999: Weathering properties of Siri crude oil. SINTEF Report no. STF66 F99143.
- Sanni, S., Høivangli, V., 1996. CFS (Continuous Flow System) - process monitoring and control system. Akvamiljø 96/001.
- Singasaas, I., Brandvik, P.J., Daling, P.S., 1998: Norne råolje: Egenskaper og forvitring på sjøen relatert til beredskapstiltak. SINTEF Rapport STF66 A98126.
- Singasaas, I., Daling, P.S., 1997. foreløpig vurdering av Huldra kondensatets forvitringsegenskaper i sammenligning med andre kondensat. SINTEF report no. STF66 F97074.

Singsaas, I., Daling, P.S., Reed, M. 1998. OSCAR 2 – A Model System for Advanced Management of Oil Spills. Paper presented at the Second International Marine Environmental Modelling Seminar at Lillehammer, Norway, March 3-5, 1998. SINTEF registration no. STF66 S98009.

Singsaas, I., M. Reed og N. Ekrol 1999: Visund: Evaluering av miljøkonsekvenser og effektivitet av oljevernoperasjoner ved en endring i feltberedskapen på Visund. SINTEF rapport STF66 A99103.

Singsaas, I., P.S.Daling, H.W.Jensen, M.Ø.Moldestad, 2000: Effektivitet av Foxtail skimmer på forvitret Balder og Jotun råoljer. SINTEF Rapport nr. STF66 A00046.

Singsaas, I., Skognes, K., Ekrol, N., Johansen, N., Reed, M., Nygaard, T. 1999. Oljevern utslippsscenarioer, statistiske oljedriftsberegninger og beredskapsanalyse for Jotun. Teknisk bakgrunnsrapport for Jotun Oljevern Beredskapsplan. SINTEF rapport STF66 A99003.

Singsaas, I., Skognes, K., Ekrol, N., Johansen, Ø., Reed, M., Brandvik, P.J., Nygård, T. 1999. Teknisk bakgrunnsrapport for Troll Oljevern Beredskapsplan. Oljevern utslippsscenarioer (DFU), virksomhetens spesifikke krav til beredskap (VSKTB), vurdering av Troll C oljens forvitringsegenskaper, spredning av olje fra undervannsutblåsning, statistiske oljedriftsberegninger og beredskapsanalyse for Troll. SINTEF rapport STF66 A99021.

Singsaas, I., Strøm, T., 1997. Forvitringsegenskaper på sjøen og kjemisk dispergerbarhet for Yme råolje. Kondensert brukermanual. SINTEF report no. STF66 F97033.

Singsaas, I., Strøm, T., Daling, P.S., 1997. Forvitringsegenskaper på sjøen og kjemisk dispergerbarhet for Njord råolje. SINTEF report no. STF66 F97073.

Singsaas, I., Strøm, T., Reed, M., Johansen, Ø., Rye, H., Daling, P.S., 1997. Forvitringsegenskaper til Kristin – Lavrans. SINTEF report no. STF66 F97086.

Skadsheim, Arnfinn; Baussant, Thierry, 1997. IDREMER: Bioaccumulation project: Main achievements and plans for the remaining period. Akvamiljø 97/002.

Skadsheim, Arnfinn; Bechmann, Renee; Bjørnstad, Anne; Jensen, Ingrid; Jonsson, Grete; Øysæd, Kjell B. 1998. Bioaccumulation of petroleum PAC in algae, crustacea and fish: Short term exposures to high concentrations. Akvamiljø 98/001.

Skadsheim, Arnfinn; Baussant, Thierry; Bechmann, Renee 1999. Elf IDREMER Bioaccumulation. Final summary report. Akvamiljø 99/002.

Skadsheim, A. 2000. Fish Uptake of Water soluble or oil droplet introduced hydrocarbons. Akvamiljø 2000/005.

Strøm, T. og Daling P.S. 1998. Forvitringsegenskaper på sjøen og kjemisk dispergerbarhet for Grane råolje. SINTEF rapport STF66 F98038.

Strøm, T., Daling, P.S., Brandvik, P.J., Singsaas, I. 1998. Evaluering av emulgeringsrate for Norne råolje ved vinterforhold. SINTEF rapport STF66 F98043.

Strøm, T., Lewis, A., Daling, P.S., Hokstad, J.N., Singsaas, I., 1997. Weathering and dispersion of naphthenic, asphaltenic and waxy crude oils. Publication in the Proceedings of the 1997

International Oil Spill Conference, fort Lauderdale, Florida. SINTEF registration no. STF66 S97030.

Øysæd, K.B. 1996. Testing of SMART Environmental Buoy at ELF Akvamiljø. Akvamiljø 96/005.

14.2.7 Opprydning og remediering

Ramstad, S., 2000: Miljømudring: Fraksjonering og behandling av forurensede marine sedimenter. SINTEF Rapport STF66 F00031.

Ramstad, S., Faksness, L.G. and Sveum, P. Methods for bioremediation studies. SINTEF report no. STF66 F96018.

Ramstad, S., P. Sveum, C. Bech and L.-G. Faksness (1995). Modeling Shoreline Bioremediation; Continous Flow and Seawater Exchange Columns. In R.E. Hinchee, J.A. Kittel and H.J. Reisinger (eds). Monitoring and verification of bioremediation. Batelle Press, Columbus OH. pp. 77-86. SINTEF report STF21 S95031.

Sveum, P. and C. Bech. (1994) Bioremediation and physical removal of oil on shore. In. R. E. Hinchee et al. (Eds.) Hydrocarbon Bioremediation. Lewis Publisher, Boca Raton. pp. 311 - 317. SINTEF report STF21 S94032.

Sveum, P. and S. Ramstad. (1995). Bioremediation of Oil on Shorelines With Organic and Inorganic Nutrients. In R.E. Hinchee, G.S. Douglas and S.K. Ong (eds.). Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons. Batelle Press, Columbus OH. pp 201-218. SINTEF report STF21 S95028.

Sveum, P. Research on bioremediation of oil polluted shorelines. (1995). Seminar biotechnology for Marine Oil Spills and Contaminated soils in cold climate. SINTEF report STF21 S95002.

Sveum, P. System analytical modelling of bioremediation - preproject. SINTEF report no. STF66 F96020.

Sveum, P., Bech, C., Faksness, L.G. Conceptual aspects of Bioremediation. SINTEF report no. STF66 F96017.

Sveum, P., Josefsen, K., Folkvord, K., Aune, R., Storrø, I. and Krigsvoll, S. (1995) In-Situ production of biosurfactant: An alternaitve method for dispersing and bioremidating marine oil spills. STF21 S95003.

Sveum, P., L. G. Faksnes and S. Ramstad. (1994) Bioremediation of oil contaminated shorelines: The role of carbon in fertilizers. In. R. E. Hinchee et al. (Eds.) Hydrocarbon Bioremediation. Lewis Publisher Boca Raton. pp. 163 - 174. SINTEF report STF21 S94031.

Sveum, P., S. Ramstad, L.-G. Faksness, C. Bech and B. Johansen. (1995), Physical Modeling of Shoreline Bioremediation; Continous Flow Mesoscale Basins. In R.E. Hinchee, J.A. Kittel and H.J. Reisinger (eds). Monitoring and verification of bioremediation. Batelle Press, Columbus OH. pp. 87-96. SINTEF report STF21 S95030.

82-12- 01623- 4

