



KJEMISK EKSPONERING I PETROLEUMSVIRKSOMHETEN, RELATERT
TIL PRODUKSJONSSTRØMMER, PRODUSERT VANN OG BORESLAM

Rapport nr. 3, 2007
Seksjon for arbeidsmedisin
Universitetet i Bergen

ISBN 82-91232-65-2

ISSN 0806 - 9662

Forfattere: Magne Bråtveit og Bente E. Moen

INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	4
Bakgrunn	4
Metoder for innhenting av informasjon	4
Eksposering for boreslam	4
Eksposering for produksjonsstrømmer og produsert vann	5
Helseeffekter	6
Forsknings- og utredningsbehov – ”kunnskapshull”	7
BAKGRUNN	10
METODER	11
Arbeidsgruppe ved Seksjon for arbeidsmedisin	11
Innsamling og gjennomgang av publikasjoner og rapporter	11
Data fra Chess Pride	11
Møter med HMS-ansvarlige	12
Gjennomgang av målerapporter og risikovurderinger	12
Oppsummering fra idédugnader	12
BORESLAM	13
Innledning	13
Sammensetning	13
Baseoljer	14
Tilsetningsstoffer	15
Eksposering	16
Metoder for prøvetaking og analyse av oljedamp og oljetåke	16
Administrative normer	16
Eksposeringsforhold og målinger	17
Oljedamp og oljetåke	17
Støv	20
Hudeksposering	21
PRODUKSJONSSTRØMMER OG PRODUSERT VANN	22
Innledning	22
Sammensetning	22
Råolje	22
Produsert vann	23
Tilsetningsstoffer	24
Eksposering	25
Metoder for prøvetaking og analyse i rapporterte studier	25
Benzen og andre hydrokarboner	25
Formaldehyd	26
Administrative normer	26
Eksposeringsforhold og målinger	26
Normal drift	26
Nedstengning	27
Eksposering for benzen i arbeidsluft	27
Eksposering for toluen, etylbenzen, xylen og n-heksan	29
Biologisk monitorering av benzen	32
Formaldehyd	33
Kvikksølv	34

HELSEEFFEKTER AV KJEMISK EKSPONERING INNEN BORING OG PRODUKSJON	35
Akutte helseplager	35
Langvarige helseeffekter	36
Toksikologiske virkninger på nervesystemet	36
Hydrokarboner	36
Tungmetaller, herunder kvikksølv	36
Toksikologiske skader på nyre	37
Toksikologiske luftveisplager	37
Hudplager	38
Toksikologiske skader på reproduksjonshelse	38
Kreftsykdom	39
 FORSKNINGS- OG UTREDNINGSBEHOV – ”KUNNSKAPSHULL”	 42
Generelt	42
Eksposering for boreslam	42
Eksposering for produksjonsstrømmer og produsert vann	43
Helseeffekter	45
 REFERANSER	 47

SAMMENDRAG

Bakgrunn

På oppdrag fra Oljeindustriens landsforening har Universitetet i Bergen, Seksjon for arbeidsmedisin utarbeidet en oversikt over kjemisk eksponering relatert til boreslam, produksjonsstrømmer og produsert vann som kan forårsake helseskade for ansatte i petroleumsvirksomheten. Det er på bakgrunn av tilgjengelig dokumentasjon skissert områder der det er behov for mer kunnskap.

Metoder for innhenting av informasjon

Informasjon om eksponering offshore er basert på datainnsamlingen fra ett doktorgradsprosjekt for OLF om eksponering for kreftfremkallende stoffer, ett doktorgradsprosjekt for Norges Forskningsråd om eksponering for benzen, ett kompetanseprosjekt for Norges forskningsråd innen kjemisk helsefare offshore, søk etter tilgjengelig vitenskapelig litteratur i litteraturdatabasene "PubMed" og "Embase", og i NIOSH, søk i databaser over doktorarbeider og hovedoppgaver, søk i Oljedirektoratets/ Petroleumstilsynets årsrapporter og datauttrekk over produkter som er registrert i Chess Pride-databasen innen utvalgte bruksområder. Prosjektgruppen har deltatt på møte med leger og yrkeshygienikere i OLF og drøftet innholdet i rapporten med dem.

Eksponering for boreslam

Borevæsken er en kompleks vann- eller oljebasert blanding med et stort antall tilsetningsstoffer avhengig av hvilket system som blir brukt og formasjonen det bores i. Det originale oljebaserte boreslammet inneholdt diesel som baseolje. Diesel ble faset ut tidlig på 1980-tallet og gradvis substituert med petroleumsbaserte baseoljer med redusert aromatisk innhold. Av tilsetningsstoffer kan nevnes asbest som ble brukt som tørt tilsetningsstoff i mud frem til 1980, og krystallinsk silika som fortsatt finnes i flere tørre tilsetningsstoffer i borevæske slik som vektmaterialene barytt og bentonitt. Det er ikke kjent i hvilken grad hydrokarbon- og benzeneksponering forekommer ved boring via kontaminering av borevæsken fra de geologiske formasjonene det bores i, eller fra hydrokarboner som tilsettes borevæsken for å forbedre boreegenskapene.

I slambehandlingsområdene kan borepersonell bli eksponert for boreslam både ved inhalasjon av aerosol og damp eller ved hudkontakt. Tidligere ble sekker med tørrkjemikalier kuttet opp manuelt og tømt i åpen trakt. I første halvdel av 90-tallet innførte de fleste faste installasjoner med borefasiliteter automatiske sekkekutteamlegg, noe som trolig har redusert støveksposeringen

vesentlig. Innføring av automatiske sekkekuttere tok noe lenger tid blant flytende borerigger – inntil så sent som år 2000. Det er svært lite måledata som er tilgjengelig for støveksposering i slambehandlingsområdene, inkludert i sekkerom.

Steinsvåg et al. (2006a) samlet inn alle tilgjengelige målerapporter angående oljetåke- og oljedamp-eksponering i slambehandlingsområdene fra 13 oljeselskaper og borekontraktører på norsk sokkel. Tre målerapporter fra 1979, 1982 og 1983 viser høy eksponering for dieseldamp. Ved bruk av lav-aromatiske baseoljer og prøvetaking med seriekoplet filter og kullrør var andelen av målinger som overskred administrativ norm 42 % for oljetåke og 45 % for oljedamp. Fra 1998, når ikke-aromatiske baseoljer ble tatt i bruk, ble eksponeringen for oljetåke redusert slik at andelen målinger over norm var henholdsvis 24 % og 15 %.

Boredekkarbeid har medført betydelig hudeksponering for boreslam, spesielt fram til det ble installert automatisk rørhåndteringsutstyr på boredekket i perioden 1985-1995. Boreslamarbeid ved vibrasjonssiktene har også ført til søl og hudkontakt med oljebasert borevæske. Kvantitative studier av hudeksponering til boreslam har ikke blitt publisert verken nasjonalt eller internasjonalt.

Eksponering for produksjonsstrømmer og produsert vann

Petroleumsstrømmene består hovedsakelig av en blanding av råolje, gass og vann som blir ført i et lukket prosesssystem og separert. Råolje og produsert vann består av en kompleks blanding av bl.a. hydrokarboner, inkludert benzen, toluen, etylbenzen og xylen, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og alkylfenoler, og små mengder metaller som nikkell, vanadium, natrium, kobolt, jern, krom, kobber, sink og kvikksølv. Ved normal drift åpnes prosesssystemene bare i korte perioder. Nedstengninger er karakterisert ved høy manuell aktivitet og kan ha en varighet fra dager til flere uker. I denne perioden blir større deler av prosesssystemene åpnet for rengjøring og vedlikehold.

Den foreliggende rapporten gir en oversikt over rapporterte eksponeringsnivå for benzen fra henholdsvis norsk og internasjonal petroleumsindustri. For eksponering for benzen er både fullskift og korttids målinger under normal drift og ved spesifikke arbeidsoperasjoner inkludert. Under vanlig drift er eksponeringen for benzen gjennomgående rapportert til å være lav sammenlignet med administrative norm, men kortvarige verdier opp mot norm er vist ved åpning av hydrokarbonførende utstyr, for eksempel i flotasjonsanlegg. Relativt høye fullskifteksponeringer er også vist ved tankarbeid. I en studie ble tankarbeidere og forpleiningspersonell (referansegruppe) fulgt i tre påfølgende dager. Tankarbeidernes gjennomsnittlige eksponering for benzen over disse tre dagene var 0,23 ppm (variasjonsbredde

0,01 – 0,62 ppm), dvs. 38 % av administrativ norm. Sammenlignet med referansegruppen hadde tankarbeidere en høyere konsentrasjon av benzen i både blod og urin.

I flere av kartleggingene som har vært gjort på norsk sokkel har også eksponeringen for toluen, etylbenzen, xylen, og i noen tilfeller *n*-heksan, vært målt. Eksponeringen for disse hydrokarbonene har gjennomgående vært lave sammenlignet med administrative normer.

Helseeffekter

Akutte effekter av boreslam er rapportert i form av irritasjon i øye eller på hud. Tilfeller av akutt forgiftning av H₂S-gass har forekommet i arbeid med produksjon av olje og gass.

I årsrapportene for Oljedirektoratet/Petroleumstilsynet i tiden 1992-2005 angis 3-13 tilfeller av forgiftninger per år, men årsakene til disse er dårlig beskrevet.

Langvarige helseeffekter forårsaket av kjemiske stoffer på oljeplattformer beskrives i litteraturen i hovedsak som kreftsykdommer og hudplager.

Langtidseksponering for både toluen, etylbenzen, xylen og *n*-heksan kan forårsake skade på nervesystemet (løsemiddelskade), men eksponeringsnivåene vist under normal drift offshore er for lave til å gi slike skader. Litteraturen har heller ikke vist noen eksempler på slike skader hos ansatte i boring offshore, verken relatert til hydrokarboner eller andre nevrotoksiske stoffer som for eksempel kvikksølv.

Visse hydrokarbonforbindelser, både alifatiske og aromatiske, kan skade nyrene. Det kreves svært høye eksponeringsnivåer av disse stoffene for å utvikle en slik skade. Kvikksølv kan også skade nyrene. I en nederlandsk studie av ansatte i produksjon av naturgass ble det ikke funnet mer nyreskader blant kvikksølvexponerte arbeidstakerne enn i en kontrollgruppe. Vi har ikke funnet andre studier av nyrefunksjon blant offshorearbeidere.

I årsrapportene for Oljedirektoratet/Petroleumstilsynet i tiden 1992-2004, angis innmeldte sykdommer som affiserer ”åndedretsorganer”. Disse tallene varierer fra fire til seksten, og det blir årlig kommentert at dette kan dreie seg om ”irritative” plager. For noen år nevnes det at slike irritasjoner kan skyldes eksponeringer for boreslam. En kanadisk studie av lungesyntomer og lungefunksjon blant olje- og gassarbeidere indikerte at arbeidstakere som hadde opplevd H₂S-eksponering hadde mer lungesyntomer enn de andre. En norsk oversiktsartikkel nevner at det kan være mulig å utvikle lungefibrose pga. eksponering for oljetåke og oljedamp, men det er ingen som har studert denne problemstillingen blant ansatte offshore.

Hudsykdommer offshore er beskrevet i flere internasjonale publikasjoner. I 1989 beskrives seks pasienter som har fått håndeksem og/eller utslett i ansiktet og/eller på hele kroppen etter å ha arbeidet med boreslam, og fem av dem hadde utviklet allergi mot emulgatorer i boreslam. Samme forfatter beskriver tre nye tilfeller som hadde vært utsatt for boreslam i 1998. I årsrapportene til Oljedirektoratet/Petroleumstilsynet er det rapportert et varierende antall tilfeller, fra 29 til 150 årlig. Det nevnes spesifikt i rapportene at dette i hovedsak dreier seg om arbeidstakere som har hudreaksjoner på boreslam.

Selv om studier har vist at visse løsemidler, glykoletere, kvikksølvforbindelser og fenoler kan ha uheldige effekter på reproduksjonshelsen er det usikkert om eksponeringsnivåene som borepersonell og produksjonsarbeidere utsettes for kan gi slike effekter.

En studie viser økt forekomst av testikkelkreft blant tidligere ansatte i olje- og gassutvinning. Fire store epidemiologiske studier gir støtte til hypotesen om at oljeproduksjonsarbeidere offshore utvikler akutt myelogen leukemi, og en femte studie antyder også det samme. Den økte risikoen blir satt i sammenheng med eksponering for benzen. Det nevnes generelt i alle disse artiklene at de har kort observasjonstid av arbeidstakerne. De fleste krefttyper har lang latenstid, og det er kanskje for tidlig å konkludere mht. foreliggende kreftrisiko i denne yrkesgruppen.

Flere av årsrapportene fra Oljedirektoratet/Petroleumstilsynet i Norge 1992-2005 nevner at det er registrert 1-3 tilfeller av brysthinnekreft (mesoteliom) blant offshorearbeiderne, men dette tilskrives arbeidsmiljøforhold før de begynte i arbeid offshore.

Kreftregisteret etablerte i 1998 en kohort av 28 000 tidligere og nåværende offshorearbeidstakere, som basis for en prospektiv studie av kreft innen denne bransjen (Strand et al, 2001). Kreftutviklingen i denne kohorten vil bli fulgt opp i årene som kommer, med første analyse planlagt i 2010.

Forsknings- og utredningsbehov – ”kunnskapshull”

Eksponeringsdata offshore er tilgjengelig kun for et lite antall komponenter og for et fåtall arbeidsprosesser. Det er et stort behov for en vitenskapelig tilnærming for å undersøke eventuelle sammenhenger mellom eksponering og helseeffekter i offshorebransjen. I slike studier er det nødvendig å inkludere flere selskaper, slik at materialet blir tilstrekkelig stort til å konkludere. Gjennom slike undersøkelser må samarbeidet mellom forskningsinstitusjoner og oljeselskapene styrkes, og det må sikres at resultatene blir gjort tilgjengelig i offentlig tilgjengelige rapporter og i publikasjoner som blir gjenstand for vitenskapelig kvalitetssikring.

På bakgrunn av innholdet i den foreliggende rapporten er det behov for mer dokumentasjon innen de punktene som er nevnt nedenfor.

Eksponering for boreslam

For målinger av oljedamp og oljetåke i slambehandlingsområdene bør de administrative normene vurderes med hensyn til sammensetning av oljedamp/oljetåke, prøvetakingsmetodikk, 12-timers skift og eventuelle funn ved grundige helseundersøkelser. Resultatene fra dette må også benyttes til å vurdere forebyggende tiltak som teknisk utforming med hensyn til innelukking av prosesser og ventilasjon, samt krav til og bruk av verneutstyr.

Det bør gjennomføres en systematisk karakterisering og kvantifisering av hudeksponering blant ansatte innen boring. Dette vil også kunne gi viktig informasjon i det forebyggende arbeidet.

Det foreslås også å skaffe eksponeringsdokumentasjon for operatørene som blander tørrstoff til boreslammet.

Eksponering for produksjonsstrømmer og produsert vann

Det er utilstrekkelig dokumentasjon på eksponeringsnivå av benzen for arbeidstakere som er engasjert ved nedstengninger av prosessanleggene. Det er også behov for mer eksponeringsdokumentasjon for benzen ved kortvarige, spesielle arbeidsoperasjoner som pigging, tankarbeid, osv. Det er behov for å undersøke om verneutstyret som benyttes gir tilstrekkelig beskyttelse ved slikt arbeid. Den foreliggende dokumentasjonen på benzen samt nye eksponeringsdata kan benyttes til å utvikle eksponeringsestimater i kreftkohorten som er etablert av Kreftregisteret.

Petroleumsstrømmene og produsert vann inneholder også en rekke andre forbindelser som PAH, alkylfenoler, kvikksølv, H₂S, organiske syrer, biocider, monoetylglykol osv. Det er behov for å vite i hvilken grad arbeidstakerne blir eksponert for slike komponenter. Det bør da spesielt fokuseres på prosesser som utføres ved nedstengninger og på spesielle arbeidsprosesser under normal drift som antas å kunne medført høye, men kortvarige eksponeringer. For å kunne vurdere denne eksponeringen bedre, og for å verifisere at innførte kontrolltiltak fungerer (verneutstyr, arbeidsprosedyrer m.v), bør biologisk monitorering av eksponering for benzen, PAH og kvikksølv utføres, i tillegg til målinger i arbeidsatmosfæren.

Helseeffekter

Petroleumstilsynets innmelding av sykdommer og statistikk over arbeidsbetingede sykdommer bør forbedres. Videre bør det bli utført studier av forekomst av akutte symptomer og akutte

forgiftninger innen boring og produksjon. Dette bør gjøres i et samarbeid mellom flere selskaper over tid. Det bør også legges til rette for å få utført regelmessige analyser av Kreftregisterets kohort av oljearbeidere, relatert til aktuelle eksponerte grupper.

Til tross for at operatørene i slambehandlingsområdene har hatt og til dels fortsatt har relativ høy eksponering for oljetåke og oljedamp har det ikke blitt utført noen systematisk undersøkelse for å avdekke eventuelle effekter på respirasjonssystemet som for eksempel luftveisplager, lungefunksjon og lungefibrose. I en slik undersøkelse som krever vitenskapelig tilnærming, kan det på basis av spørreskjema og den eksisterende eksponeringsdokumentasjonen lages eksponeringsestimat for den enkelte operatør. Slike eksponeringsestimater vil også kunne benyttes i analyser av kreftkohorten som er etablert av Kreftregisteret.

Det bør utføres studier av hudsymptomer, utslett og håndeksem blant ansatte innen boring.

Dersom eksponeringsmålinger viser at de ansatte innen boring og produksjon offshore har en reell eksponering for reproduksjons-skadelige stoffer som f.eks. fenoler og etylenglykol, bør man vurdere å utføre studier av reproduksjonshelse blant disse grupper ansatte.

Eksponeringen på sokkelen skjer i løpet av 12 timer og ikke 8 som i land, og det er av interesse å finne ut om dette kan ha betydning for helsen blant arbeidstakere offshore, både med hensyn til kreft, hudplager og luftveisplager. Videre er skiftarbeid om natten med kjemisk eksponering lite utforsket, kontra hvordan dette er om dagen. Petroleumsindustrien vil være en interessant arena for slike studier.

BAKGRUNN

Oljeindustriens landsforening ønsker en oversikt over eksponering som kan forårsake helseskade for ansatte offshore, relatert til produksjonsstrømmer, produsert vann og boreslam.

Informasjonen er ønsket brukt for å gi innspill til Petroleumstilsynet om kunnskapsnivå og kunnskapshull innen dette området.

Vi har i dette arbeidet hatt som målsetting å beskrive dokumentert kunnskapsstatus med hensyn til både eksponering og helseeffekter. Innhenting av ny måledokumentasjon inngikk ikke i prosjektplanen.

Oppdraget er utført av Universitetet i Bergen, Seksjon for arbeidsmedisin, og oppsummert i denne rapporten. Seksjon for arbeidsmedisin har ledet ett av fire kompetanseprosjekter for Norges forskningsråd innen feltet HMS Petroleum i tiden 2002-2006. Ett av hovedtemaene seksjonen har arbeidet med i dette prosjektet har vært "Kjemisk helsefare". Seksjonen har to doktorgradskandidater som har arbeidet med dette tema, og begge har ferdigstilt graden sin i 2006/2007 (Kirkeleit og Steinsvåg). Seksjon for arbeidsmedisin har utført prosjektet "Eksponering for kreftfremkallende stoffer offshore" for Oljeindustriens landsforening i tiden 2003-2006.

METODER

Arbeidsgruppe ved Seksjon for arbeidsmedisin

Prosjektet har blitt utført av Magne Bråtveit og Bente E. Moen. Jorunn Kirkeleit har gitt innspill til rapporten.

Innsamling og gjennomgang av publikasjoner og rapporter

Arbeidsgruppen har søkt etter tilgjengelig vitenskapelig litteratur på emnene ”kjemisk helsefare i petroleumsindustrien”. Det er søkt i litteraturløstene ”PubMed” og ”Embase” , og i NIOSH sin base. Det er ikke lagt restriksjoner i tidsrom for publisering. Det er videre søkt i databaser over doktorarbeider og hovedoppgaver, og i Oljedirektoratets/ Petroleumstilsynets årsrapporter. Publikasjonene er lest og innholdet systematisert.

Data fra Chess Pride

Chemtox Norge AS foretok med eiernes tillatelse et datauttrekk over hvilke produkter som er registrert i Chess Pride-databasen innen bruksområdene:

Korrosjonsinhibitorer/korrosjonshemmere/oksygenfjerner

pH-stabilisator/pH-regulerende kjemikalier

H₂S-fjerner

Avleiringshemmere

Emulsjonsbrytere

Hydrathemmere/frostvæske

Antiskummiddel/skumdemper

Emulsjonsbrytere

Flokkulanter

Borevæsker

Mudsystemer

Viskositetsendrende kjemikalier

Biocider

Det ble for hvert produkt bedt om handelsnavn, ingredienser, risiko-setning og klassifisering. Siden alle produktene ikke har registrert bruksområde, understreker Chemtox at listene de har produsert ikke er fullstendige.

Møter med HMS-ansvarlige

Leger og yrkeshygienikere i OLF har regelmessige fagmøter. Bråtveit og Moen har deltatt på møte med begge disse gruppene i desember 2006 og januar 2007, og drøftet innholdet i rapporten med dem.

Gjennomgang av målerapporter og risikovurderinger

I forbindelse med prosjektet ”Eksposering for kreftfremkallende stoffer offshore”, samlet Seksjon for arbeidsmedisin inn en rekke målerapporter som er relevante for prosjektet. Vi samlet i praksis inn det som var tilgjengelig av målerapporter om kjemiske stoffer fram til og med 2004. Resultatene fra dette arbeidet er oppsummert i rapporten. I tillegg er det tilkommet måledata fra ytterligere fire målerapporter.

Oppsummering fra idédugnader

Innen prosjektet HMS Petroleum hadde vi flere idédugnader for å finne ut hva som er de største helseproblemene offshore. Dette omfattet også kjemisk helsefare. Resultatene fra disse ideene er gjennomgått og inkorporert i rapporten.

BORESLAM

Innledning

Ved oljeboring benyttes borevæsker for blant annet smøring og kjøling av borekrone og borestreng, trykkstøtte i brønnen og for å transportere borekaks til overflaten. I slambehandlingsområdet renses borevæsken for kaks og resirkuleres via tanker. Borevæsken er en kompleks vann- eller oljebasert blanding med et stort antall tilsetningsstoffer avhengig av hvilket system som blir brukt og formasjonen det bores i. Vannbaserte systemer benyttes i de øvre seksjonene av en brønn, mens oljebasert væske er det eneste alternativet i lange og dype brønner. Sammensetningen av disse systemene har variert med periode, formasjoner det bores i og mellom ulike leverandører og selskaper. I slambehandlingsområdene kan borepersonell bli eksponert for boreslam både ved inhalasjon av aerosol og damp eller ved hudkontakt.

Sammensetning

Det enkleste slammet består av vann og leire (for eksempel bentonitt) som tilsettes for å øke viskositeten. I tillegg tilsettes ulike additiver for å modifisere egenskapene til slammet. En typisk vannbasert borevæske brukt på britisk sektor i Nordsjøen består ifølge HSE (2000) av (volum%): 85% vann, 14% vektmateriale (bentonitt og barytt; BaSO₄), 0,8% viskositetsdanner og filtertaps-kontrollerende produkter (polymerer som carboxy-methyl cellulose) og 0,1% pH-regulator (kaustisk soda).

Andre grupper av additiver er bl.a. (HSE, 2000):

- salt-regulatorer; NaCl og KCl
- skumdempere; aluminium stearate og alkyl fosfater
- biocider; glutaraldehyd, formaldehyd
- korrosjonshemmere; sulfater som ammonium bisulfat (oksygen-scavenger), jernoksid/sink-karbonat/sinkoksid (sulfid-scavenger) eller ved å regulere pH mellom 9-10 med tilsetting av lime, NaOH eller KOH
- avleiringshemmere; fosfatestere, fosfonates og ulike syntetiske polymerer
- smøremidler; sulphonated asfalt, tunge hydrokarbonemulsjoner, fettsyrer, triglyserider
- emulgeringsmidler; fettsyrer, sulfonater, polyoksylater
- dispergeringsmiddel; ligno-sulphonates
- filtertapskontrollerende produkter (perlite, mica og tidligere asbest/tremolitt/attapulgitt)

En typisk oljebasert borevæske brukt på britisk sektor i Nordsjøen består av (volum%) 52% baseolje, 30% vann, 11% vektmateriale (barytt), 3% Detaljerte beskrivelser av ulike borevæsker og tilhørende tilsetningsstoffer finnes i tre rapporter som omhandler vannbaserte- og oljebaserte borevæsker (Hudgins, 1991; HSE, 2000) og syntetiske borevæsker (HSE, 1998).

Borevæsken kan kontamineres med hydrokarboner, inkludert benzen fra de geologiske formasjonene det bores i, eller fra hydrokarboner som tilsettes borevæsken for å forbedre boreegenskapene (Verma et al., 2000).

Baseoljer

Det originale oljebaserte boreslammet inneholdt diesel som baseolje (Davidson *et al.*, 1988). Diesel ble faset ut tidlig på 1980-tallet og gradvis substituert med petroleumbaserte baseoljer med redusert aromatisk innhold (HSE, 2000). I tillegg har det blitt benyttet syntetiske baseoljer, som har tekniske egenskaper som på mange måter tilsvarende oljebaserte borevæsker. Disse ble benyttet i en periode på 1990-tallet, men er nå svært lite brukt. Tabell 1 viser at det de siste årene hovedsakelig har blitt benyttet vann- og oljebaserte borevæsker.

Tabell 1. Forbruk av ulike hovedtyper borevæsker på norsk sokkel (OLF, 2005)

BOREVÆSKE	FORBRUK (TONN)	
	2004	2005
Vannbasert	239 889	219 126
Syntetisk	2 298	5 303
Oljebasert	132 062	217 852

Bruk av de ulike baseoljene kan deles inn i ulike tidsperioder (Steinsvåg et al., 2006a):

Før 1979 Hovedsakelig vannbaserte borevæsker

ca. 1979-1984 Diesel – aromatinhold >15%
 • Kokepunktintervall 150-370°C

- ca. 1985-1997 Lavaromatiske mineraloljer - aromatinhold 1-10%
- Koepunktintervall 220-325°C
- Fra ca. 1990 Syntetiske baseoljer basert på ester eller olefin.
- Fra ca. 1998 Ikke-aromatiske baseoljer - aromatinhold <0,01%
- Koepunktintervall 230-320°C for baseoljer med normal viskositet (3,0-4,5 mm²/s ved 40 °C)
 - Koepunktintervall 210-260°C for baseoljer med lav viskositet (2,0-2,3 mm²/s ved 40 °C). Lange og kompliserte brønner med høy temperatur og høyt trykk kan kreve bruk av disse lav viskøse baseoljene som antas å være mer flyktige enn de med normal viskositet.

Tilsetningsstoffer

Forbruket av tilsetningsstoffer domineres av vektmaterialer og uorganiske kjemikalier, med barytt som det viktigste. Det benyttes også bl.a. viskositetsendrende kjemikalier (inkludert lignosulfat og lignitt), emulgatorer (som fettsyrer), avleiringshemmer (som kaliumkarbonat) og små mengder biocider (som tetrakis(hydroksymetyl)fosfoniumsulfat og glutaraldehyd), hydrathemmere (som monoetylglykol og metanol) og oksygenfjerner (som natriumhydrogensulfitt).

Vektmaterialene barytt og bentonitt inneholder begge krystallinsk silika. Det er myndighetskrav om at kvartsinnholdet er mindre enn 5%, med respirabel fraksjon på maksimalt 0.3% (Steinsvåg et al., 2005). Barytt utvinnes i Marokko fra seks forskjellige gruver som varierer i kvarts og tungmetallinnhold. Bentonitt inneholder kvarts og litt tungmetaller (atskillig mindre enn for barytt). Soltex er et sulfonert asfaltprodukt er et stoff som tidligere ble brukt som tilsetning til borevæske for å hindre filtetap, dog i mindre grad. Soltex har et kvartsinnhold på under 1%.

Ett oljeselskap har opplyst at krysotil asbest under handelsnavnene "Flosal Drilling Mud Asbestos Additive" og "Flosal Viscosifier" ble brukt som tørt tilsetningsstoff i mud frem til 1980. Flosal ankom i 20 kg-sekker (Steinsvåg et al., 2005; 2006b). Sekker på 20 kg ble kuttet opp med kniv og tømt i "hopper" av operatørene. Dette har sannsynligvis medført høy støveksponering. Oljedirektoratet satte totalforbud mot asbestholdige boreslamskjemikalier 26.10.1983.

Eksposering

Metoder for prøvetaking og analyse av oljedamp og oljetåke

Prøvetakingsmetoden som har vært mest benyttet for prøvetaking av oljedamp og oljetåke i arbeidsatmosfæren i løpet av det siste årene ble utviklet i 1989, og består av en seriekopling av et glassfiberfilter for oppsamling av tåke og et kullrør for oppsamling av dampfraksjonen. Denne metoden gjør det mulig å samle opp tåke og dampfraksjonen samtidig i løpet av en 2 timers periode (Malvik og Børresen, 1988; James et al., 2000). Oljetåke analyseres med Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR), og dampfraksjonen analyseres med gass kromatografi (GC) med flamme-ioniserings detektor. Malvik og Børresen (1988) foreslo opprinnelig å bruke FTIR analyse for både tåke og damp, men industrien har foretrukket å GC-analyse for oljedamp. Analysemetodene er i tråd med NIOSH metodene 1500 (damp) og 5026 (tåke) (NIOSH, 1994).

Det er en risiko for at fraksjonen av oljetåke blir underestimert dersom hydrokarboner fra filteret fordampes til det påfølgende kullrøret. Oppsamlingstiden for denne metoden er derfor begrenset til 2 timer. Studier av fordamping av mineraloljer brukt som skjæreoljer har vist tap på opp til 34% etter 1 times oppsamlingstid for mineraloljer med en viskositet på 4-5 mm²/s ved 40 °C (Simpson et al., 2000). I en annen studie konkluderte Simpson (2003) med lette mineraloljer kan gå tapt når glassfiberfilter lagres. Det har ikke blitt gjort studier for å kvantifisere analoge tap av mineraloljer brukt i boreslam. Metoden som benyttes til oppsamling og analyse bør derfor valideres for de nyere generasjoner av baseoljer.

Administrative normer

For å kompensere for 12 timers skiftordningen offshore foreslo Petroleumstilsynet (2006) at de administrative normene skal multipliseres 0,6. Dagens administrative norm for 8 timers eksponering for oljedamp på 50 mg/m³ (Arbeidstilsynet, 2003) er basert på en mulig økt risiko for lungefibrose og lungekreft ved eksponeringsnivå på 50-100 mg/m³ (Skyberg et al., 1986; Rønneberg og Skyberg, 1988; Rønneberg et al., 1988). Administrativ norm for oljetåke på 1 mg/m³ (Arbeidstilsynet, 2003) er basert på irritasjonseffekter på respirasjonssystemet ved eksponeringsnivåer på 2,5 mg/m³. De administrative normene offshore bli da henholdsvis 30 og 0,6 mg/m³ for oljetåke og oljedamp. I tillegg må normen for oljetåke også vurderes med hensyn til innhold av karsinogener som polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)(Arnesen, 1985;Arbeidstilsynet, 2003).

Eksponeringsforhold og målinger

Oljedamp og oljetåke

Bruk av oljebaserte slamsystemer medførerhydrokarbonforurensing (oljetåke og oljedamp) i arbeidsatmosfæren i slambehandlingsområdene (Davidson *et al.*, 1988). OLF (1996) har antatt at det var potensiale for inhalasjon av oljetåke og oljedamp langs flowlines fra toppen av brønnen til separasjonsutstyret som inkluderer vibrasjonssikter, desandere, desiltere, sentrifuger og slamtank, og at spesielt vasking og skifte av sikteduker på vibrasjonssiktene kan medføre høy eksponering. Dette utstyret var opprinnelig konstruert for vannbasert boreslam ved å være åpne, og kontroll av forurensinger var via naturlig ventilasjon. Tekniske tiltak for å redusere eksponeringen har hovedsakelig vært å bygge shakerbu for operatørene og installere mer effektive ventilasjonssystemer. Noen installasjoner har for eksempel lukket vibrasjonssiktene inn i ventilasjonshetter. Lukking av åpne renner og slamtank har trolig også redusert eksponeringsnivået. Mange faktorer som slamtemperatur, slammengde, brønnlengde, brønnseksjon og viskositet for baseoljen kan antas å ha innvirkning på eksponeringsnivået av oljetåke og oljedamp i slambehandlingsområdene (Steinsvåg et al. 2006a).

Oljedamp dannes generelt ved fordampning av komponentene i en væskefase etter stigende kokepunkt. Svært lite er kjent med hensyn til generering og karakteristika for oljetåke i slambehandlingsområdene. I to oversiktsartikler har Eide (1990) og Gardner (2003) foreslått at oljetåke (aerosoler) blir dannet både direkte ved vibrasjonssiktene og ved kondensasjon av damp, men det har ikke blitt gjort studier for å støtte disse teoriene eller for å kvantifisere disse kildene til oljetåke. Oljetåke som dannes ved kondensering av oljedamp regnes for å ha en relativt homogen partikkelstørrelse under 1 µm, mens oljetåke som dannes mekanisk sannsynligvis trolig vil ha kjemisk sammensetning lik væskefasen og en ikke-homogen partikkelstørrelse som kan variere mellom 1-10mm (Steinsvåg et al.2003). Dette er imidlertid ikke etterprøvd ved forskning i slambehandlingsområdene.

Personlig eksponering for total hydrokarbon var opptil 450 mg/m³ under arbeid ved vibrasjonssiktene og 10-200 mg/m³ på boredekk når det ble boret med oljebasert slam (Davidson *et al.*, 1988). Ved en installasjon der slambehandlingssystemet i større grad var lukket rapporterte James *et al.* (2000) nivået for to personlige målinger i vibrasjonssiktrommet til å være 0.06 and 0.40 mg/m³ for oljetåke and 3.2 og 35.0 mg/m³ for oljedamp. Stasjonære målinger ved vibrasjonssiktene viste verdier for oljetåke mellom 0,03-5,52 mg/m³ og for oljedamp 3,5-63,3 mg/m³ (James et al., 2000). Dampfraksjonen inneholder også lettflyktige

hydrokarbonkomponenter som er antatt å stamme fra tilsetningsstoffenes løsemidler (Davidson *et al.*, 1988; James *et al.*, 2000), eller fra formasjonen (James *et al.*, 2000).

Steinsvåg *et al.* (2006a) samlet inn alle tilgjengelige målerapporter angående oljetåke- og oljedamp-eksponering i slambehandlingsområdene fra 13 oljeselskaper og borekontraktører på norsk sokkel. I alt 495 personlige eksponeringsmålinger fra 37 borerigger i perioden 1979-2004 ble lagt inn i en database og analysert. Tabell 2 viser personlig eksponering for oljedamp og oljetåke ved boring med mineralolje-basert borevæske, og er hentet fra 69 målerapporter i perioden 1985-2004. I tillegg viste tre målerapporter fra 1979, 1982 og 1983 høy eksponering for dieseldamp (aritmetisk gjennomsnitt: 1217 mg/m³, range: 73,0-2650 mg/m³, n=40).

Ved bruk av lav-aromatiske baseoljer og prøvetaking med seriekoplet filter og kullrør var aritmetisk gjennomsnitt for eksponeringen 4,3 mg/m³ for oljetåke og 36,3 mg/m³ for oljedamp. Andelen av målinger som overskred administrativ norm var 42 % for oljetåke og 45 % for oljedamp. Fra 1998, når ikke-aromatiske baseoljer ble tatt i bruk ble eksponeringen for oljetåke redusert til 0,54 mg/m³ og 16,1 mg/m³ for oljedamp, og andelen målinger over norm var henholdsvis 24 % og 15 %.

Ved analyser av hvilke faktorer som har betydning for eksponeringsnivået ble det bare sett på målingene i perioden 1989-2004 tatt med dagens prøvetakingsmetode (n=340), dvs. seriekopling av filter og kullrør. I dette datamaterialet som inkluderte målinger fra 22 faste og 12 flyttbare rigger, var det en nedadgående tidstrend i eksponeringsnivå både for oljetåke (6,3 % pr. år) og oljedamp (8,4 % pr. år).

Eksponeringsmodeller viste at eksponeringsnivået i slambehandlingsområdet var assosiert med riggtype (faste eller flyttbare), boreslamtemperatur, type baseolje, baseoljens viskositet, arbeidsområde, årstid og om målingen var gjort for å dokumentere tiltak eller for å sammenligne med norm. Eksponeringen for oljetåke og oljedamp økte med henholdsvis 19% og 16% ved en økning i mudtemperatur på 10⁰C. Modellene indikerte videre at eksponeringen både for oljetåke og oljedamp var dobbelt så høy på flytende enn på faste installasjoner. Ved bruk av lavviskøs baseolje økte estimert oljedampeksponering med en faktor på 2,2 sammenlignet med bruk av en baseolje med normal viskositet.

Tabell 2. Personlig eksponering for oljetåke og oljedamp i slambehandlingsområdet på norske offshore borefasiliteter i perioden 1979-2004, stratifisert på målemetode og type baseolje.

Målemetode	Luft- forurensing	Type baseolje	<i>n</i> (<i>u</i>)	AM (SD) [mg/m ³]	Range [mg/m ³] (<i>n</i> <DG)	<i>n</i> > ADM	Årstall	Totalt antall rigger (flyttbare rigger)	
Filter og kullrør, seriekoblet	Oljetåke (OEL = 0.6 mg/m ³)	Lavaromatisk mineralolje	90 (34)	4.30 (9.84)	<DG–48.1 (5)	38	1989– 1997, 2000	13 (5)	
		Ikke- aromatisk mineralolje	228 (52)	0.538 (0.678)	<DG–8.00 (5)	55	1998– 2004	27 (10)	
		Oljedamp (OEL = 30 mg/m ³)	Lavaromatisk mineralolje	94 (15)	36.3 (32.7)	<DG–164 (2)	42	1989– 1997, 2000	13 (5)
		Ikke- aromatisk mineralolje	233 (46)	16.1 (17.1)	0.30–122	36	1998– 2004	27 (10)	
	Kullrør	Oljedamp	Diesel	40	1217(663)	73.0-2650		1979, 1982-1983	3
			Lavaromatisk mineralolje	9	21.5 (6.72)	11.2–31.0		1988	1
Ikke- aromatisk mineralolje			8	3.29 (0.825)	2.10–4.40		1999	1	
Dosimeter	Oljedamp	Lavaromatisk mineralolje	93 (6)	91.2 (205)	<DG – 1450 (4)	4	1985, 1997	2	

n, antall målinger; *u*, antall målinger uten kjent baseolje; AM, aritmetisk gjennomsnitt; SD, standardavvik; ADM, administrativ norm; DG, deteksjonsgrense.

Støv

Borevæsken blandes til i borevæsketanker (mud pits) i det som kalles mud pit rom eller sekkerom. Kjemikalier som det brukes mye av (f.eks. barytt) tilsettes fra bulk (i rør, lukket system), mens mindre vanlige kjemikalier tilsettes fra sekk (gjærne 20/25-kg-sekker). Tidligere ble sekkene kuttet opp manuelt og tømt i åpen ”hopper” (beholder/trakt). Dette førte til mye støvdannelse. I første halvdel av 90-tallet innførte de fleste faste installasjoner med borefasiliteter automatiske sekkekutteamlegg (Procon-anlegg), noe som trolig har redusert støveksponeeringen vesentlig. Innføring av automatiske sekkekuttere tok noe lenger tid blant flytende borerigger – inntil så sent som år 2000 (Steinsvåg et al., 2005; 2006b).

Det er først og fremst tårnmann og tårnmannassistent som blander borevæske. På Procon-anlegg skjæres først sekkene manuelt før de skyves inn i sekkekuttemaskinen som automatisk åpner sekken ved å skru den over en skrue. Kjemikaliene fra sekkene blandes inn i borevæsken via en ”hopper”. Tomsekker blir samlet automatisk i en tett plastsekk som byttes manuelt for ca. hver 50. sekk. For en ordinær brønn kan det gå med 4000-5000 sekker. Spesielt intensiv er iblandingen ved oppstart (seksjon 17 ½ tommer) og ved overgang fra vannbasert til oljebasert borevæske ved seksjon 12 ¼ tommer. Det går i lukket system, men utblåsing kan skje f.eks. hvis gummibelger sprekker. Operatørene bruker 1-2 minutter på å håndtere hver sekk. Ved skifting av plastsekken som samler opp tomsekkene kan det støve noe. Denne arbeidsoperasjonen tar rundt 10 minutter. Håndtering av ”big bags” (gjelder bulk-kjemikalier) ved hjelp av kran til ”big bag unit” kan forårsake litt støving. Tømming av en ”big bag” tar ca. 20 minutter.

Det er svært lite måledata som er tilgjengelig for støveksponeering i slambehandlingsområdene. Stasjonær prøvetaking i vibrasjonssiktrommet ved boring med vannbasert borevæske på dansk sokkel viste støvnivåer mellom 0,04 til 1,41 mg/m³, og det ble rapportert at støvet inneholdt de faste komponentene i slammet, som for eksempel bariumsulfat (Hansen et al., 1991) Resultat fra korttids- og langtids- støvmålinger ved miksing på sekkerom fra fire faste installasjoner med Procon sekkekutte-anlegg (1999, 2002 og 2004) viste følgende verdier (se Steinsvåg et al, 2005 for mer detaljert informasjon):

Stasjonære prøver, total støv: $n=19$, AM=1.6 mg/m³ (0.18-9.6 mg/m³)

Personbårne prøver, total støv: $n=5$, AM=12 mg/m³, GM= 8.9 mg/m³ (2.8-27 mg/m³)

Personbårne prøver, respirabelt støv (kun en installasjon): $n=4$, AM=0.20 mg/m³ (0.10-0.32 mg/m³)

n =antall; AM= aritmetisk gjennomsnitt; GM=geometrisk gjennomsnitt

Støvmengden vil trolig variere noe fra hvilket kjemisk stoff som håndteres på sekkekutteren, og det er usikkert om målingene er representative for eksponeringsnivået for totalt støv på et Procon-sekkekutteanlegg.

Hudeksponering

Boredekkarbeid har medført betydelig hudeksponering for boreslam (Davidson et al., 1988), spesielt fram til det ble installert automatisk rørhånderingsutstyr på boredekket i perioden 1985-1995 (Steinsvåg et al., 2005; 2006b). Boreslamarbeid ved vibrasjonssiktene har også ført til søl og hudkontakt med oljebasert borevæske (Steinsvåg et al., 2006b). Kvantitative studier av hudeksponering til boreslam har ikke blitt publisert verken nasjonalt eller internasjonalt.

PRODUKSJONSSTRØMMER OG PRODUSERT VANN

Innledning

Petroleumsstrømmene som pumpes opp består hovedsakelig av en blanding av råolje, gass og vann. På produksjonsplattformer blir denne blandingen ført i et lukket system og separert.

Komposisjonen av petroleumsstrømmen fra undersjøiske reservoarer varierer mellom oljefeltene og er avhengig av mange faktorer som geologiske forhold og produksjonsperioden for feltet. Gass og råolje sendes til en onshore terminal via rør eller fraktes med skip.

Vannet som blir produsert i denne prosessen blir enten reinjisert i brønnen eller renses og sluppet over bord og ut i sjøen. Det produserte vannet varierer både i mengde og i sammensetning mellom oljefeltene. Generelt består det produserte vannet av en blanding av formasjonsvann fra reservoaret, injisert vann og tilsetningsstoffer fra produksjonsprosessen.

Normalt foregår de fleste produksjonsprosessene i lukket system, men ved åpning av systemkomponenter for prøvetaking, justeringer, modifikasjoner, reparasjon og vedlikehold er det et potensial for eksponering for blant annet hydrokarboner.

Sammensetning

Råolje

Råolje består av en kompleks blanding av hydrokarboner (n-paraffiner, i-paraffiner, naphthener og aromater), et stort antall oksygen-, nitrogen- og svovelforbindelser, samt små mengder metaller som nikkel, vanadium, natrium, kobolt, jern, krom, kobber, sink og kvikksølv (Statoil, 2005). Av kreftramkallende stoffer finnes bl.a. benzen, polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og fenoler (Faksness et al. 2004; Strand & Andersen, 2001).

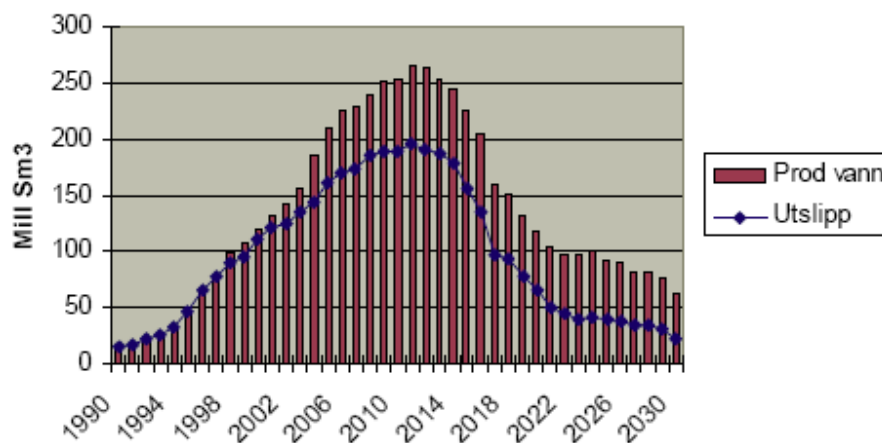
Benzen, C_6H_6 , er et aromatisk og flyktig hydrokarbon. Fraksjonen av benzen i råolje, gass og produsert vann varierer mellom feltene, avhengig av faktorer som berggrunn i reservoaret og hvor lenge feltet har vært i produksjon. I følge *crude oil assays* fra ulike felt på norsk sokkel (n=14) var det gjennomsnittlige innholdet av benzen i 2004 0,28 vekt% (variasjonsbredde <0.01–0.66 %) (Statoil, 2005).

Et søk i Medline ga noen studier som har vært gjort på innhold av kvikksølv i slam, råolje og andre petroleumsprodukter (Bloom, 2000; Kelly *et al.* 2003; Al-Futaisi et al. 2006). Råolje og naturgass inneholder ofte kvikksølv, som kan være til skade for metallkomponenter i produksjonsfasilitetene og for det ytre miljøet (Bloom, 2000). Det er på flere prosessanlegg montert såkalte kvikksølvfeller (gassrensere). Forskjellige former av kvikksølv kan være til stede, både metallisk og organisk.

Kvikksølv kan også gjenfinnes i mer raffinerte produkter (Kelly et al, 2003), samt i sediment på havbunnen nær plattformer (Lacerda et al, 2004). Det er gjort forsøk på å estimere emisjon av kvikksølv til luft fra petroleum (Wilhelm, 2001), med utgangspunkt i at en gjennomsnittskonsentrasjon for kvikksølv i råolje er ca. 10ppb.

Produsert vann

På grunn av krav mht. utslipp har det blitt gjort et betydelig antall analyser av produsert vann som slippes ut i sjø. Figur 1 viser at mengden produsert vann fra 1990 til nå, og estimerte mengder i årene framover (SFT, 2006). Olje i produsert vann finnes både i form av små oljedråper (dispergert olje) og løst i vannet, og inneholder en rekke komponenter fra formasjonen som bl.a. PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner), NPD (naftalen, phenantren og dibenzotiofen), BTEX (benzen, toluen, etylbenzen og xylen) og alkylfenoler (SFT, 2006; OLF 2005). Av disse har SFT særlig fokus på PAH og alkylfenolene oktylfenol (C₈) og nonylfenol (C₉) som står på prioritetslisten (SFT, 2006). Produsert vann inneholder også naturlig forekommende tungmetaller i varierende mengder. De siste årene har det vært størst utslipp til sjø av kobber, med 3639 kg i 2004, og krom med 4018 kg i 2005. Utslippene av kvikksølv har ligget på under 10 kg per år (SFT, 2006).



Figur 1. Produsert vann og utslipp av produsert vann på norsk sokkel (Hentet fra SFT: *Petroleumsvirksomhetens arbeid med å nå nullutslippsmålet: Status og fremdrift 2006*).

Tilsetningstoffer

Forbruket av de ulike gruppene av tilsetningsstoffer varierer mellom de ulike feltene. Den følgende oversikten viser en oppstilling av et lite utvalg av de komponentene som ifølge datauttrekket fra ChessPride er tilsatt i de ulike produktene innen hver hovedgruppe av tilsetningsstoffer. Denne listen ikke fullstendig, og opplysninger over forbruk er ikke tilgjengelig i denne basen.

Hydrathemmere:

Monoetylenglykol (MEG)

Metanol

Trietylenglykol

1,2-etandiol

Biocider:

Formaldehyd

Glutaraldehyd

Tetrakishydroksymetylfosfoniumsulfat

Metanol

2-propanol

Kvarternær fosfor forbindelse

Avleiringshemmere:

Glutaraldehyd

Monoetylenglykol

Formaldehyd

Metanol

Dietanolamin

Polyfosforsyre, estere med trietanolamin

1,2-etandiol

2-merkaptetyl alkohol

2-butoksyetanol

Glykolbasert løsemiddel

Emulsjonsbrytere:

Solvent nafta (petroleum), tung aromatisk; kerosin - uspesifisert

Solvent nafta (petroleum), lett aromatisk; lavtkokende nafta - uspesifisert

White Spirit (aromatinnhold < 22%)

White Spirit (aromatinnhold > 22 %)

Xylen

1,2,4-trimetylbenzen

2-metoksy-1-metyletylacetat

2-butoksyetanol

Polymerisert polyol

Butyldiglykoleter

Korrosjonshemmere og oksygenfjernere

Amid/imidazoliner

3-azapentan-1,5-diamin

Kvartær ammonium forbindelse

Solvent nafta (petroleum), tung aromatisk; kerosin - uspesifisert

Solvent nafta (petroleum), lett aromatisk; lavtkokende nafta - uspesifisert

White Spirit (aromatinnhold > 22 %)

Xylen

Etylbenzen

Trimetylbenzen (alle isomere)

1-Butanol
1,2-etandiol
2-merkaptoetylalkohol
2-Propanol isopropylalkohol
2-butoksyetanol
2-propanol
Formaldehyd
Benzenaldehyde
Dietylglykol
Natriumnitrat
Natriumnitritt
Natrium iodid
Natriumbisulfitt
Natriumtiocyanat

Flokkulanter

Akrylamid
1,2-etandiol
Ammoniumklorid
Eddiksyre
Maleinsyre (kopolymer)

Skumdempere

Solvent nafta (petroleum), tung aromatisk; kerosin - uspesifisert
Destillater (petroleum), hydrogenbehandlede lette, kerosin - uspesifisert
Trimetylbenzen (alle isomere)
White Spirit (aromatinnhold > 22 %)
2-Propanol
Polyetylen-propylen glykol, monobutyleter
Butan-1-ol
1-oktanol
Sulfonert ester

Eksposering

Metoder for prøvetaking og analyse i rapporterte studier

Benzen og andre hydrokarboner

Personbåren fullskifts-eksponering for benzen, toluen, etylbenzen og xylen har i stor grad blitt målt med 3M passive dosimetre festet på arbeidstakerens krage (Steinsvåg et al., 2006b; Kirkeleit et al., 2006a). Kullet fra dosimeteret desorberes i karbondisulfid og blir deretter analysert kvalitativt og kvantitativt ved hjelp av gasskromatografi med massespektrometri (NIOSH, 1994). Ved korttidsmålinger av benzen, toluen, etylbenzen og xylene har det også blitt benyttet tenaxrør som analyseres med termisk desorbsjon, gasskromatografisk separasjon og massespektrometrisk deteksjon (ATD/GC/MS) (NIOSH, 1994).

Formaldehyd

Formaldehyd har blitt målt ved hjelp av GMD dosimetre med 2,4-dinitrophenylhydrazine impregnerte filtre, utviklet av Arbeidsmiljøinstituttet i Umeå. Filtrene ble analysert med væskechromatograf (HPLC) (Steinsvåg et al., 2005; 2006b).

Administrative normer

For lettere å kunne sammenligne resultatene fra eksponeringsmålingene som er gitt i denne rapporten med administrative normer, viser Tabell 3 viser et lite utvalg av aktuelle normer for komponenter innen produksjon.

Tabell 3. Administrative normer for noen aktuelle komponenter innen produksjon.

Stoff	Administrativ norm		Korttidsverdi	Biologisk grenseverdi	
	8 timer	12 timer		Blod	Urin
Benzen	1 ppm, K	0,6 ppm	3 ppm	50 nmol benzen/l ¹	
Toluen	25 ppm, H	15 ppm	37,5 ppm		
Etylbenzen	5 ppm, H, K	3 ppm	10 ppm		
Xylen (alle isomere)	25 ppm, H	15 ppm	37,5 ppm		
<i>n</i> -Heksan	25 ppm, R	15 ppm	37,5 ppm		
Formaldehyd	0,5 ppm A,K	0,3 ppm	1 ppm (Tak)		
Kvikksølv og kvikksølvforbindelser*	0,05 mg/m ³ A		0,15 mg/m ³	—	—
	Nytt forslag: 0,02 mg/m ³		0,06 mg/m ³	—	ATs forslag (mai 05): 30 µg/g kreatinin

¹Finlands aksjonsgrense

Eksponeringsforhold og målinger

Normal drift

Petroleumsstrømmen går i lukket system. Under normal drift åpnes prosesssystemene bare i korte perioder i forbindelse med bl.a. prøvetaking av råolje, kondensat og/eller produsert vann, inspeksjon og arbeid i flotasjonsanlegget/separasjonsanlegg for vann/olje, mottak og sending av rensespigg, jetting av separatorer, skifte og rengjøring av ventiler og filtre og forberedelse til vedlikeholdsarbeid som åpning av flenser.

Arbeid i flotasjonsanlegg på eldre plattformer ble regnet som å kunne medføre kortvarig, men høy, eksponering for benzen. Vi vet ikke noe om eksponering for andre kjemiske stoffer i produksjonsstrømmen, som PAH og fenoler ved åpning av prosessutstyr.

Nedstengning

Nedstengninger er karakterisert ved høy manuell aktivitet og kan ha en varighet fra dager til flere uker. I denne perioden blir prosesssystemene åpnet for rengjøring og vedlikehold. I slike perioder utføres arbeid også inne i prosessutstyr og i råoljetanker. Vedlikeholdsarbeid i tanker som inneholder rester av råolje, som råoljetanker, slopptanker eller *drain water seal tanker*, blir også utført under normal drift etter lossing (Kirkeleit et al., 2006a).

Eksponering for benzen i arbeidsluft

Benzen er en eksponeringsfaktor flere steder i produksjonsprosessen på en oljeinstallasjon. Vi vet lite om offshore-arbeideres tidligere eksponering for benzen (Steinsvåg et al. 2006b). Det er imidlertid grunn til å tro at eksponeringen for benzen under vanlig drift har vært lav (Steinsvåg et al. 2006b; Kirkeleit et al. 2006a; Glass et al. 2000), men at potensialet for eksponering har vært høyere ved åpning av hydrokarbonførende utstyr under revisjonsstanser og ved rengjøring og vedlikehold av tanker som har inneholdt råolje (Durand et al. 1995; Runion, 1988; Kirkeleit et al. 2006a). Tabell 4 og 5 gir oversikt over noen rapporterte eksponeringsnivå for benzen fra henholdsvis norsk og internasjonal petroleumsindustri. Tabell 6 angir korttids eksponeringsdata for bl.a. benzen under spesifikke arbeidsoperasjoner.

Det har også vært gjort målinger under vanlig drift i petroleumsindustrien på britisk sektor. Rapportene angir lave eksponeringsnivå sammenlignet med administrativ norm for benzen (HSE, 1999). Organisasjonen Concawe (<http://www.concawe.org>) har publisert flere målerapporter på benzen og hydrokarboner, men storparten av disse har vært gjort i nedstrømssegmentet, som raffinering, distribusjon og salg. Noen få av disse rapporterer eksponeringsnivå fra 0.003 – 12.9 ppm benzen under rengjøring av tank som inneholder raffinerte petroleumsprodukter (Concawe 1997; 2000; 2006). Dette er imidlertid av mindre verdi i vurderingen av eksponeringen for råolje og gass oppstrøms. Også Lillienberg og medarbeidere (1992) har vurdert eksponeringen for benzen under rengjøring av lagertanker som inneholdt forskjellige fraksjoner av petroleum. Mens eksponeringen for *light fuel oil* og *low-boiling point petroleum product* hadde en variasjonsbredde på henholdsvis 1,3 – 2,7 ppm og 1,0 – 26 ppm, varierte eksponeringen for *heavy fuel oil* fra 1,3 til 58,3 ppm.

Tabell 4 Oversikt over rapporterte eksponeringsnivå (aritmetisk middelværdi) av benzen ved arbeid i petroleumsindustrien på norsk sokkel. Alle målingene er personbårne fullskiftsmålinger der n = antall målinger.

Industri/arbeidskategori/arbeidsoppgave	Prøvetid i min (spredning)	Benzen (ppm)	Spredning i ppm (min-maks)	Referanse	
Produksjonsskip (råolje)	<i>Driftsaktivitet</i>			Kirkeleit et al. 2006a	
	Vanlig drift (n=71)	661 (257-866)	0,02		< DG – 0,22
	Kort nedstengning (n=26)	522 (190-915)	0,03		< DG – 0,21
	Tankarbeid ¹ (n=42)	519 (43-931)	1,37		0,004-16,75
	<i>Jobbkategorier</i>				
	Dekksarbeidere	669 (182-915)	0,39		< 0,001 – 16,75
	Prosessoperatører	564 (43-866)	0,89		< 0,001 – 7,3
	Mekanikere	632 (257-705)	0,07		< 0,001 – 0,51
	Kontraktører	518 (190-931)	0,11		< 0,001 – 0,42
	<i>Arbeidstakere kategorisert etter utførte arbeidsoppgaver</i>				
	Rengjøring av tank	189 (43-538)	6,17		1,14-16,75
	Vedlikehold av rengjort tank	597 (224-931)	0,24		0,004-0,62
	Arbeid nær åpne hydrokarbonførende systemer	632 (190-915)	0,03		< 0,001 – 0,22
	Andre arbeidsoppgaver	612 (257-866)	0,005		< 0,001 – 0,04
Eksponeringsmålinger samlet inn fra norsk petroleumsindustri offshore (1994 – 2003)	Dekksarbeidere (n = 29)	Ikke oppgitt	0,170	< 0,001 – 2,6	
	Prosessoperatører (n =204)		0,036	< 0,001 – 0,97	
	Laboranter (n = 40)		0,012	< 0,001 – 0,11	
	Mekanikere (n = 78)		0,006	< 0,001 – 0,08	
	Elektrikere (n = 6)		0,015	< 0,001 – 0,05	
	Samlet (n = 367)		0,037	< 0,001 – 2,6	
Fire plattformer Vanlig driftsaktivitet	Prosessoperatører (n=42)	Ikke oppgitt	0,022	< 0,001 – 0,290	
	Prosess/laborant (n=6)		0,017	0,004 – 0,057	
	Laborant (n=12)		0,003	< 0,001 – 0,006	
	Mekanikere (n=40)		0,002	< 0,001 – 0,018	
	Alle (n=100)		0,012	< 0,001 – 0,290	
Olje og gassplattform Driftspersonell under vanlig driftsaktivitet	<i>Målinger kategorisert etter utførte arbeidsoppgaver</i>			Norsk Hydro, 2006a	
	Alle (n=35)	657 (450 – 730)	0,042		< 0,001 – 0,688
	Flotasjonsarbeid (n=6)		0,221		0,030 – 0,688
	Prøvetaking (n=11)		0,005		< 0,001 – 0,014
	Andre arbeidsoppgaver (n=18)		0,005		< 0,001 – 0,023

¹De høyeste målingene som ble målt under tankarbeid (rengjøringen av *drain water seal tank*) er av kort varighet (43-182 min). Dette skyldes at arbeidet medførte en del søl av oljeholdig vann og dermed fare for tilsøling av dosimetre. Disse kortvarige målingene av rengjøringen er svært høye (4,4-16,8 ppm benzen). Målingene representerer ikke eksponeringen over et 12 timer skift, men er langt høyere enn hva som er akseptabelt mhp. overskridelse av administrativ norm for en periode på opptil 15 minutter (3 ppm).

Tabell 5 Oversikt over rapporterte eksponeringsnivå av benzen ved arbeid i petroleumsindustrien utenfor norsk sokkel.

Industri/arbeidskategori/arbeidsoppgave		Prøvetakingsstrategi	Benzen (ppm)	Variasjonsbredde i ppm (min–maks)	Referanse
Eksponeringsmåling er samlet inn fra kanadisk petroleumsindustri (oppstrøms)	Olje og gass sektoren (1985-1996)	Personbårne fullskiftsmålinger (n=198)	AM = 0,064 GM = 0,011	<0,001 – 2,431	Verma <i>et al.</i> 2000
		Personbårne korttidsmålinger (n=21)	AM = 0,399 GM = 0,114	0,005 – 3,844	
		Stasjonære fullskiftsmålinger (n=23)	AM = 0,207 GM = 0,007	<0,001 – 2,431	
Eksponeringsmåling er samlet inn fra australsk petroleumsindustri	<i>Upstream operator offshore</i>	Estimert eksponering	0.02	—	Glass <i>et al.</i> 2000; Health Watch, 2001
	Rengjøring av <i>crude tanks (crude and slop storage)</i>		2.01 <i>Crude (n = 13) and slops storage data (n = 46)</i>	—	
Rengjøring av tanker, separatorer og produksjonsrør som inneholder råolje			< LOD – 5,8	—	Durand <i>et al.</i> 1995
Eksponeringsmåling er samlet inn fra amerikansk petroleumsindustri	Inspeksjon av lagertanker	Personbårne korttidsmålinger (n=124)		< 0,01 – 50	Runion, 1988

Eksponering for toluen, etylbenzen, xylen og n-heksan

I flere av vurderingene som har vært gjort på norsk sokkel (Kirkeleit et al. 2006ab; Petrojarl ASA, 2005; Norsk Hydro, 2003; 2005; 2006) har også eksponeringen for toluen, etylbenzen, xylen, og i noen tilfeller *n*-heksan, vært målt. Eksponeringen for disse hydrokarbonene har gjennomgående vært lave sammenlignet med administrative normer. Måledataene er gitt i tabell 6 og 7. Det har også vært gjort målinger på toluen, etylbenzen og xylen under vanlig drift i petroleumsindustrien på britisk sektor. Rapportene angir lave eksponeringsnivåer sammenlignet med administrativ norm for de respektive stoffene (HSE, 1999).

Tabell 6. Måledata (gitt i ppm) for benzen, toluen, etylbenzen og xylen (alle isomere). Alle målingene er personbårne korttidsmålinger tatt under spesifikke arbeidsoperasjoner. Prøvetakingsmetoden er aktiv prøvetaking med tenax-rør.

Type installasjon/driftsaktivitet/ jobbkategori/arbeidsoppgave		Benzen (ppm)	Toluen (ppm)	Etylbenzen (ppm)	Xylen ¹ (ppm)	Referanser
Olje- og gassplattform	Flotasjonsanlegg (n=10)	1,056 (0,092-2,326)	1,06 (0,19-2,14)	0,49 (0,02-1,11)	1,52 (0,15-3,67)	Norsk Hydro, 2006b
	Piggsluseområdet (n=6)	0,322 (0,088-0,673)	0,29 (0,11-0,52)	0,04 (0,02-0,06)	0,16 (0,09-0,24)	
	Prøvetaking og analyse (n=7)	0,021 (0,002-0,041)	0,02 (<0,01-0,04)	< 0,01 (<0,01-0,02)	0,01 (<0,01-0,03)	
Driftspersonell under vanlig drift	Åpning av prosessutstyr (n=4)	0,237 (0,062-0,537)	0,16 (0,003-0,63)	0,03 (<0,01-0,11)	0,12 (<0,01-0,43)	
Oljeplattform	Prøvetaking av råolje (n=6)	3,54 (maks. 11,5)	3,68 (maks. 12,1)	0,73 (maks. 2,58)	3,1 (maks. 10,9)	Norsk Hydro, 2005
Vanlig drift	Spotting ² (n=3)	9,34 (maks. 11,5)	9,8 (maks. 12,1)	2,1 (maks. 2,6)	8,8 (maks. 10,9)	
	Prøvetaking av produsert vann (n=3)	0,026 (maks. 0,04)	0,02 (maks. 0,031)	0,003 (maks. 0,004)	0,017 (maks. 0,02)	
	Blåsing av transmittorer (n=5)	0,39 (maks. 0,75)	0,16 (maks. 0,25)	0,010 (maks. 0,036)	0,017 (maks. 0,13)	
	Skifting av ventil (n=1)	0,0017	0,0014	0	0	
	Drenering av tank (n=1)	0,0167	0,0135	0,001	0,009	
	Laboratoriearbeid (n=1)	0,0027	0,0017	0,0003	0,0041	
Administrativ norm (8 timer)		1 ppm	25 ppm	3 ppm	25 ppm	Arbeidstilsynet, 2003
Korttidsverdi (perioder på opptil 15 minutter)		3 ppm	37,5 ppm	10 ppm	37,5 ppm	

1 = Alle isomere, 2 = Spotting gjøres når man har feil på tanken for oljeoppsamling. Dette gjøres i skapet ved siden av råoljeprøvetakingen. Operatøren henger en vanlig metallbøtte inn i skapet, åpner en kran slik at råoljen renner/spruter ned i bøtten. Bøtten fylles ca 1/3-1/4 full. Dette gjøres for å tømme rørene slik at man ikke tar prøve av oljen som står i rørene. Det blir dannet en del damp og aerosol ved denne operasjonen. Til slutt fylles en flaske ca 1/4 full. Når det er problemer med tanken må slik spotting gjennomføres 4 ganger i døgnet, slik at flasken til slutt er full = døgnp prøve.

Tabell 7. Måledata for toluen, etylbenzen, xylen (alle isomere) og n-heksan. Alle målingene er personbårne fullskiftmålinger. Prøvetakingsmetoden er passive prøvetaking med 3M 3500 dosimeter.

Type installasjon/driftsaktivitet/ jobbkategori/arbeidsoppgave		Toluen	Etylbenzen	Xylen ¹	n-heksan	Referanser
Fire plattformer	Prosessoperatører	0,023 (<0,01 – 0,24)	0,002 (<0,01 – 0,02)	0,012 (<0,01 – 0,17)	0,011 (<0,01 – 0,11)	Norsk Hydro, 2003
	Prosess/laborant	0,023 (<0,01 – 0,07)	<0,01	0,008 (<0,01 – 0,05)	0,013 (<0,01 – 0,04)	
	Laborant	0,007 (<0,01 – 0,01)	0,003 (<0,01 – 0,01)	0,003 (<0,01 – 0,01)	0,002 (<0,01 – 0,01)	
	Mekanikere	0,007 (<0,01 – 0,04)	0,002 (<0,01 – 0,01)	0,004 (<0,01 – 0,04)	0,007 (<0,01 – 0,03)	
	Alle	0,014 (<0,01 – 0,24)	0,002 (<0,01 – 0,02)	0,007 (<0,01-0,17)	0,008 (<0,01-0,11)	
Olje- og gassplattform	<i>Arbeidstakere kategorisert etter utførte arbeidsoppgaver</i>					Norsk Hydro, 2006a
Driftspersonell under vanlig driftsaktivitet	Alle (n=35)	0,05 (<0,01 – 0,56)	0,02 (0,01 – 0,09)	0,03 (<0,01 – 0,37)	—	
	Flotasjonsarbeid (n=6)	0,21 (0,03 – 0,41)	0,04 (0,01 – 0,09)	0,13 (0,02 – 0,37)	—	
	Prøvetaking (n=11)	0,01 (<0,01 – 0,56)	0,02 (0,01 – 0,03)	0,01 (<0,01 – 0,03)	—	
	Andre arbeidsoppgaver (n=18)	0,01 (<0,01 – 0,04)	0,02 (0,01 – 0,03)	0,01 (<0,01 – 0,01)	—	
Produksjonsskip	<i>Driftsaktivitet</i>					Petrojarl ASA, 2004;2005; Kirkeleit <i>et al.</i> 2006a
Vanlig drift (n=71)	0,011 (<0,001-0,164)	0,002 (<0,001-0,034)	0,011 (<0,001-0,162)	—		
Kort nedstengning (n=26)	0,034 (0,003-0,147)	0,008 (<0,001-0,031)	0,027 (<0,001-0,091)	—		
Tankarbeid (n=42)	1,480 (0,003-16,25)	0,264 (0,012-1,601)	1,685 (0,004-10,53)	—		
Alle kategorier (n=139)	0,459 (<0,001-16,25)	0,083 (<0,001-1,60)	0,520 (<0,001-10,53)	—		
Administrativ norm (12 timers skift)		15 ppm	3 ppm	15 ppm	15 ppm	Arbeidstilsynet, 2003

1: alle isomere, 2: råolje, kondensat og produsert vann

Biologisk monitorering av benzen

For noen stoffer kan biologisk monitorering brukes til å måle kjemisk eksponering. Biologisk monitorering baserer seg på analyse av en markør, ofte kalt biomarkør, som kan være stoffet selv eller stoffets nedbrytningsprodukter i for eksempel blod og urin. Det har vært gjort biologisk monitorering av benzen-eksponering på norsk sokkel. Driftsoperatører under vanlig drift og forpleiningspersonell (referansegruppe) ble fulgt i tre påfølgende dager etter å ha vært offshore på en gass- og oljeplattform i ca. 10 dager (Norsk Hydro, 2006). Gjennomsnittlig eksponering for benzen målt under vanlig drift over tre dager var 0,042 ppm (variasjonsbredde < 0,001 – 0,688 ppm), mens medianen var 0,004 ppm benzen, henholdsvis 7 og 0,7 % av administrativ norm. Gjennomsnittlig konsentrasjon av benzen i blod ved arbeidsskiftets slutt hos både driftspersonell og referansegruppe var 1,8 nmol/l (variasjonsbredde 1,0 – 4,0 nmol/l). Dette er godt under Finlands aksjonsgrenser for benzen i blod, tilsvarende 1 ppm i arbeidsluft over et 8 timers skift. Norge har ikke normer for biologiske målinger av benzen. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i benzen konsentrasjonen i blod mellom driftspersonell og referansegruppe.

I en annen studie ble tankarbeidere og forpleiningspersonell (referansegruppe) fulgt i tre påfølgende dager (Kirkeleit et al. 2006b). Tankarbeidernes gjennomsnittlige eksponering for benzen målt under arbeid i lagertank over tre dager (n = 26) var 0,23 ppm (variasjonsbredde 0,01 – 0,62 ppm), mens medianen var 0,16 ppm benzen, henholdsvis 38 og 27 % av administrativ norm. Sammenlignet med referansegruppen hadde tankarbeidere en signifikant høyere konsentrasjon av benzen i både blod og urin både *før skiftets begynnelse* ("nullprøve"), *ved skiftets slutt og før neste skift* (Tabell 8). Gjennomsnittlig konsentrasjon av benzen i blod ved arbeidsskiftets slutt hos tankarbeidere var 17,3 nmol/l (variasjonsbredde 2-38 nmol/l). Dette er omtrent $\frac{1}{3}$ av nivået tilsvarende eksponering for 1 ppm benzen over en 8 timers arbeidsdag (Finlands aksjonsgrense = 50 nmol benzen/l blod). Gjennomsnittlig konsentrasjon av benzen i urin *ved skiftets slutt* hos tankarbeidere var 59,3 nmol/l (variasjonsbredde 3-333 nmol/l). På tross av bruk av åndedrettsvern hadde tankarbeiderne et større opptak av benzen enn forventet.

Tabell 8. Oversikt over konsentrasjonen av benzen i blod og urin hos tankarbeidere og referansegruppe før skiftets begynnelse ("nullprøve"), ved skiftets slutt og før neste skift. Konsentrasjoner av benzen i blod og urin under kvantifiseringsgrensen på 1 nmol/l er i tabellen oppgitt som 0,5 nmol/l.

Måletidspunkt	TANKARBEIDERE				REFERANSEGRUPPE				p-verdi
	N	Snitt	Variasjons bredde	Median	N	Snitt	Variasjons bredde	Median	
Benzen i blod (nmol/l)									
Før skiftets begynnelse	10	1,7	0,5 – 3	1,5	9	0,9	0,5 – 1	1	0,029
Ved skiftets slutt	9	17,3	2 – 38	20	9	0,8	0,5 – 1	1	< 0,001
Før neste skift	10	4,3	1 – 18	3	6	0,8	0,5 – 1	0,8	< 0,001
Benzen i urin (nmol/l)									
Før skiftets begynnelse	10	12,3	1 – 28	6,5	9	3,4	0,5 – 10	2	0,029
Ved skiftets slutt	10	59,3	3 – 333	23	9	0,8	0,5 – 2,0	0,5	< 0,001
Før neste skift	10	70,5	1 – 197	64	9	0,5	0,5	0,5	< 0,001

Formaldehyd

Biocid går i lukkede systemer fra tank. Biocidtanken har gjerne vært plassert i kjemikaliepakken / kjemikalierom / lagersted. Formaldehyd brukes sammen med glutaraldehyd som biocid ved spesielle operasjoner som for eksempel ved sending av batch/pille gjennom lange rørledninger for å hindre oppgroing. Formaldehyd er mer effektivt enn glutaraldehyd, antagelig fordi stoffet er mer overflateaktivt. Formaldehyd er fra ca. år 2002 trolig erstattet av andre typer biocider. Operatører som har utført vedlikehold i kjemikaliepakken eller tilsvarende kan ha blitt eksponert for søl av formaldehyd ved bytting av slanger, filter etc. tilknyttet biocidtanken. Åpning av pumper, kalibrering av injeksjonspumper, påfyll fra transporttank til biocidtank eller injisering av biocid til vanninjeksjonssystemet kan føre til eksponering for biocidsøl. Flere selskaper har oppgitt at operatører har blitt akutt syke etter eksponering for biocid i prosessanlegg (Steinsvåg et al., 2005).

16 yrkeshygieniske luftmålinger fra to oljeselskaper i 1999 og 2000 viser nivåer fra 0.05 til 0.53 mg/m³ (GM=0.13 mg/m³) for formaldehyd ved arbeid/opphold i nærheten av biocidtanker. Det er særlig prosessoperatører og dekkarbeidere som har potensiale for eksponering for formaldehyd, men også andre vedlikeholdsyrker i prosessområdene som instrumenttekniker, mekaniker og elektriker kan eksponeres (for mer detaljer se Steinsvåg et al., 2005).

Kvikksølv

Kvikksølv og andre tungmetaller er sannsynligvis tilstede i visse deler av produksjonen, men når, ved hvilke arbeidsoperasjoner og i hvilke konsentrasjoner er ukjent. Vi har ikke funnet publikasjoner der yrkesmessig eksponering for kvikksølv offshore har vært vurdert. Vi finner heller ikke Concawe-rapporter hvor eksponering for kvikksølv i forbindelse med produksjonstrømmen har vært vurdert (<http://www.Concawe.org>).

Kvikksølv eksponering kan også trolig forekomme i visse sammenhenger i relasjon til boreprosesser. Denne eksponeringen vet vi lite om, verken når det gjelder eksponeringsnivå eller frekvens.

HELSEEFFEKTER AV KJEMISK EKSPONERING INNEN BORING OG PRODUKSJON

Akutte helseplager

Vi skiller mellom akutte og kroniske helseplager mht. kjemisk eksponering, selv om det iblant kan forekomme kombinasjoner av dette. Med akutte plager menes plager som oppstår i tilslutning til en eksponering i arbeidet, evt. kort tid etter, og som vanligvis ikke varer lenge. Noen få publikasjoner fra oljeindustrien nevner at akutte plager kan oppstå i forbindelse med arbeid med boreslam. Boreslammet kan gi akutte effekter i form av irritasjon i øye eller på hud (Grieve, 1988; Knox et al, 1986). Dette kan skyldes for eksempel diesel, aromater, bentonitt, surfactanter og mica. Tilfeller av forgiftning av H₂S-gass har forekommet i arbeid med produksjon av olje og gass (Burnett et al, 1977), uten at de spesifikke arbeidsoperasjonene her er beskrevet. Denne studien beskriver et amerikansk femårs pasientmateriale av slike forgiftninger, i alt 221 tilfeller, og 64% av disse pasientene kom fra olje og gass-produksjon.

I årsrapportene for Oljedirektoratet/Petroleumstilsynet i tiden 1992-2005, angis innmeldte arbeidsbetingede sykdomstilfeller. Forgiftninger er dårlig beskrevet, men skjuler seg sannsynligvis bak tall for ”toksiske effekter”. Dette dreier seg om 3-13 tilfeller per år. Om dette er et reelt bilde, eller skyldes underrapportering er uvisst. I et par av rapportene nevnes også at det har oppstått ”kvalme, luftveisirritasjon og hodepine” hos noen av de ansatte, og at dette kan ha sammenheng med eksponering for boreslam. Antallet og alvorligheten av dette er ikke beskrevet.

Det er også mulig at noen slike plager skyldes eksponering for hydrokarboner, jfr. Notat om akutte helseeffekter fra Petroleumstilsynet i 2006 (Zachariassen, 2006), der det fremgår at dette kan være en relevant problemstilling. Notatet er skrevet på bakgrunn av to dødsfall på britisk sektor som skal ha skjedd etter inhalering av høye konsentrasjoner hydrokarboner. Selv om det ikke er beskrevet i litteraturen, vil vi også nevne muligheten for akutte forgiftninger av kvikksølv. Dette nevnes da kvikksølv er et svært toksisk metall, og siden vi ikke vet noe om eksponeringen av dette, er det vanskelig å vurdere om slike forgiftninger kan skje eller har skjedd.

Langvarige helseeffekter

Med langvarige helseeffekter mener vi skadevirkninger på helsen som vedvarer i tid. Langvarige helseeffekter forårsaket av kjemiske stoffer på oljeplattformer beskrives i litteraturen i hovedsak som kreftsykdommer og hudplager. Vi har i tillegg søkt spesielt etter publikasjoner om sykdommer i nervesystemet, luftveiene, urinveiene, samt vedrørende forplantning. Det finnes lite litteratur om dette. En norsk oversiktsartikkel nevner at slike plager teoretisk sett kan oppstå offshore (Eide, 1990).

Toksikologiske virkninger på nervesystemet

Hydrokarboner

En rekke hydrokarboner er tilstede i arbeidsatmosfæren både i forbindelse med boring og produksjon. Langtidseksponering for både toluen, etylbenzen, xylen og *n*-heksan kan forårsake skade på nervesystemet (løsemiddelskade). Slike hydrokarboner tas hovedsaklig opp ved innånding, men eksponeringsnivåene under normal drift offshore er lave. Det kreves relativt høye, jevnlig eksponeringsnivåer over mange år for å utvikle for eksempel løsemiddelskader av nervesystemet (Moen & Aaserud, 2003), og eksponeringsnivåene for organiske løsemidler for offshorearbeiderne slik de er beskrevet er mye lavere enn dette (Moen & Kyvik, 1998). Litteraturen har heller ikke vist noen eksempler på slike skader hos ansatte i boring offshore. I årsrapportene for Oljedirektoratet/Petroleumstilsynet i tiden 1992-2005, angis innmeldte "Sykdommer i nervesystem", men disse tallene er blandet med støyskader, og lar seg vanskelig tolke.

Tungmetaller, herunder kvikksølv

Det er ikke beskrevet tilfeller av kvikksølvforgiftning blant ansatte offshore i litteraturen. Det er utført en nederlandsk studie av ansatte i produksjon av naturgass, der man undersøkte en liten gruppe kvikksølveksponerte. Det ble ikke funnet noen forskjell på undersøkelse av perifere nerver og tremor (skjelvinger) blant 18 av disse arbeidstakerne, sammenlignet med en kontrollgruppe på 19 (Boogaard et al, 1996). De kvikksølveksponerte arbeidet på laboratoriet, med overvåking av vedlikehold og med vedlikehold.

Toksikologiske skader på nyre

Visse hydrokarbonforbindelser, både alifatiske og aromatiske, som finnes i råoljen kan skade nyrene. Det kreves svært høye eksponeringsnivåer for å utvikle en slik skade. Kvikksølv er også en forbindelse som kan skade nyrene. Det er utført en nederlandsk studie av ansatte i produksjon av naturgass, der man undersøkte en liten gruppe kvikksølv eksponerte. Det ble ikke funnet noen forskjell på nyreskader blant 18 av disse arbeidstakerne, sammenlignet med en kontrollgruppe på 19 (Boogaard et al, 1996). Vi har ikke funnet andre studier av nyrefunksjon blant offshorearbeidere.

Toksikologiske luftveisplager

I årsrapportene for Oljedirektoratet/Petroleumstilsynet i tiden 1992-2004, angis innmeldte sykdommer som affiserer "åndedretsorganer". Disse tallene varierer fra fire til seksten pr. år, og det blir årlig kommentert at dette kan dreie seg om "irritative" plager. Noen år nevnes at slike irritasjoner kan skyldes eksponeringer for boreslam.

Det er utført en kanadisk studie av lungesyntomer og lungefunksjon blant olje- og gassarbeidere, sett i relasjon til deres opplevelser med eksponering for H₂S. Arbeidstakere som hadde opplevd slik eksponering hadde mer lungesyntomer enn de andre. Arbeidet de har utført er dessverre ikke godt beskrevet (Hessel et al, 1997), slik at det er vanskelig å finne ut hvordan eksponeringen fant sted.

En norsk oversiktsartikkel nevner at det kan være mulig å utvikle lungefibrose pga. eksponering for oljetåke og oljedamp (Eide, 1990), men det finnes ikke studier som har bekreftet at offshorearbeidere får dette. Lungefibrose kan oversettes til arrlunge på norsk. Den kjennetegnes ved økt bindevevsdannelse i selve lungevevet som derved blir stivere og mindre bevegelig enn før. En slik arrdannelse er trolig lungenes måte å reparere en skade på. Arrlunge kan derfor ha en rekke forskjellige årsaker. Silikose og asbestose er eksempler på lungefibroser som skyldes inhalasjon av mineralstøv, og det er mange teorier om hva som kan utvikle tilstanden (Taskar & Coultas, 2006). Tidligere norske studier fra en kabelfabrikk (Skyberg et al, 1986; Skyberg et al, 1992) har vist at disse arbeidstakerne ble eksponert for oljedamp og oljetåke under arbeidet, og at de hadde tegn på utvikling av lungefibrose. Denne oljen er imidlertid annerledes enn de vi finner offshore. Det er ingen som har studert denne

problemstillingen blant ansatte offshore, og den generelle kunnskapen om relasjonen mellom oljeinhalasjon og utvikling av lungefibrose er begrenset.

Hudplager

Hudsykdommer offshore er beskrevet i flere internasjonale publikasjoner. I 1989 beskrives seks pasienter som har fått håndeksem og/eller utslett i ansiktet og/eller på hele kroppen etter å ha arbeidet med boreslam (Ormerod et al, 1989). Fem av dem ble grundig testet, og hadde utviklet allergi mot emulgatorer i boreslam (dietyltriamin, trietyltetramin). Disse fem pasientene jobbet på laboratoriet, som ”roughneck”, driller, mud ingeniør og en innen service (ikke tydelig forklart i artikkelen). Samme forfatter beskriver tre nye tilfeller i 1998 (Ormerod et al, 1998), denne gang en driller, en ”roughneck” og en dykker som hadde vært utsatt for boreslam på havbunnen, på ubeskyttet hud. Slike hudplager er også beskrevet blant mørkhudede arbeidstakere på oljerigger (Fisher, 1977). I årsrapportene til Oljedirektoratet/Petroleumstilsynet er det rapportert et varierende antall tilfeller, fra 29 til 150 årlig. Det nevnes spesifikt i rapportene at dette i hovedsak dreier seg om arbeidstakere som har hudreaksjoner på boreslam.

En italiensk studie beskriver forekomst av vitiligo hos en arbeidstaker som har vært i kontakt med boreslam (Cirasino, 1988). Dette er en tilstand der man taper pigmentet i huden flekkvis. I artikkelen diskuteres om aromatiske hydrokarboner kan ha vært årsak til tilstanden. Vitiligo er en tilstand der årsakene er svært lite kjent, og det finnes ikke andre studier som støtter denne.

En annen kuriositet er en pasientbeskrivelse av en driller som utviklet en tilstand som heter ”calcinosis cutis”, der kalsium lagrer seg under huden (Wheeland & Roundtree, 1985). Siden pasienten ellers var frisk, inneholder artikkelen en hypotese om at kalsium fra borevæskene kan ha gått gjennom huden hans og lagret seg der. Det finnes ikke andre studier som direkte støtter dette. Imidlertid finnes en beskrivelse av åtte ansatte innen drilling som har fått alvorlige etselignende skader av huden etter håndtering av borevæsker med kalsium klorid (Knox et al, 1986).

Toksikologiske skader på reproduksjonshelse

Det er svært usikkert om hydrokarbonforbindelser av den type som boreere og produksjonsarbeidere utsettes for kan gi uheldige effekter på reproduksjonshelsen. Nyere studier har vist at visse løsemidler kan ha uheldige effekter på gravide (Thulstrup & Bonde,

2006), men det er her snakk om eksponering for enkelte løsemidler som er svært mye høyere enn det man finner offshore.

Glykoletere er kjent for å kunne påvirke mannlig reproduksjon negativt (Jensen et al, 2006), og det er mulig at noen arbeidstakere i produksjonen offshore kan ha kontakt med slike stoffer, uten at eksponeringsnivå er kjent. Det samme er tilfelle med kvikksølvforbindelse og fenoler. Det er derfor vanskelig å vurdere helserisikoen. Det er utført én studie av offshoreansatte og reproduksjon, og denne viste ikke tegn til skade (Bull et al, 1999).

Kreftsykdom

En norsk oversiktsartikkel fra 1983 (Lærum et al, 1983) peker på at de som arbeider i oljeindustrien er i kontakt med en rekke potensielt kreftfremkallende stoffer og uttrykker bekymring for den mulige kreftfare som disse arbeidstakerne utsettes for. Forfatterne understreker behovet for forskning og løpende kontroll av arbeidstakerne pga. dette. Imidlertid er det få studier å finne om temaet.

En enslig studie viser økt forekomst av testikkelkreft blant tidligere ansatte i olje- og gassutvinning (Mills et al, 1984). Det har ikke vært studier som har bekreftet dette funnet siden.

Benzen tas primært opp ved innånding (Pekari *et al.* 1992; Åstrand, 1985), mens opptak gjennom hud er begrenset (Kezic *et al.* 2000; Vermeulen *et al.* 2006). Det bloddannende system er det mest følsomme organ for benzen, og vedvarende eksponering for benzen kan forårsake utvikling av blodkreft (IARC, 1987; Schnatter *et al.* 2005). Glass og medarbeidere (2003) har rapportert om en økt risiko for å utvikle blodkreft i petroleumsindustrien. Den økte risikoen ble satt i sammenheng med eksponering for benzen. Vedvarende eksponering for benzen har også vist seg å gi forandringer i blodsystemet (Lan *et al.* 2004; Ward *et al.* 1996). I en studie på tankarbeidere som utførte vedlikeholdsarbeid i en rengjort råoljetank ble det på tross av et eksponeringsnivå under administrativ norm og bruk av åndedrettsvern, funnet en akutt reduksjon i enkelte immunparametre hos tankarbeiderne sammenlignet med referansegruppen. Dempingen av immunsystemet samvarierte med benzen i både pustesone, blod og urin (Kirkeleit et al. 2006b).

Fire store epidemiologiske studier (Christie et al, 1991; Sathiakumar et al, 1995; Divine et al, 2000; Glass et al, 2003) gir støtte til hypotesen om at oljeproduksjonsarbeidere offshore

utvikler akutt myelogen leukemi (Tabell 9), og en femte studie antyder også det samme (Gun et al, 2004). Det nevnes generelt i alle disse artiklene at de har kort observasjonstid av arbeidstakerne. De fleste krefttyper har lang latenstid, og det er kanskje for tidlig å konkludere mht. foreliggende kreftrisiko i denne yrkesgruppen. Leukemi er en gruppe kreftsykdommer som har kortere latenstid enn andre, og dette kan være en av grunnene til at vi har kunnet finne en antydning av relasjon mellom denne sykdomstypen og oljeproduksjonsarbeid. En forstyrrende faktor er også at det er høye krav til helsetilstanden for de som arbeider offshore, slik at vi får en utvelgelse av særlig friske personer som begynner å arbeide her, noe som i seg selv kan gi en lavere risiko for kreft i denne gruppen enn hos den generelle befolkningen. En nyere, norsk studie av Kirkeleit *et al* viser en forhøyet forekomst av leukemi også blant norske arbeidstakere. Denne studien er innsendt for vurdering i faglig tidsskrift, og foreløpig ikke publisert i fullstendig artikkelform.

Det finnes også to mortalitetsstudier av petroleumsarbeidere (Schnatter et al, 1992; Raabe & Wong, 1996). Disse viser ikke forøket forekomst av leukemi i de studerte gruppene. Begge har en blanding av arbeidstakere med i analysene, inklusive raffinierarbeidere og transportarbeidere. Disse har en annen eksponering enn produksjonsarbeidere offshore, og dette kan være årsaken til at disse studiene avviker fra de nevnt i tabellen mht. resultater. Schnatters studie viser en overhyppighet av malignt melanom blant petroleumsarbeiderne. Flere av årsrapportene fra Oljedirektoratet/Petreoleumstilsynet i Norge 1992-2005 nevner at det er registrert 1-3 tilfeller av brysthinnekreft (mesoteliom) blant offshorearbeiderne. Hver gang kommenteres at disse har hatt sin asbest eksponering andre steder enn offshore.

Kreftregisteret etablerte i 1998 en kohort av 28 000 tidligere og nåværende offshorearbeidstakere, som basis for en prospektiv studie av kreft innen denne bransjen (Strand et al, 2001). Kreftutviklingen i denne kohorten vil bli fulgt opp i årene som kommer, med første analyse planlagt å skje i 2010.

Tabell 9. Kreftstudier der petroleumsarbeidere fra produksjonen "upstream" er inkludert.

Årstall	Land	Type studie	Antall studerte	Funn
1984	England (Mills og medarbeidere)	Pasient-kontroll-studie	347 pasienter	Økt risiko for testikkelkreft blant dem som arbeidet med olje- og gassutvinning (OR = 2.29, 95% KI 1.03 – 5.11)
1991	Australia (Christie og medarbeidere)	Kohortstudie Insidens - stude	15 000	Forekomst av kreft blant ansatte i oljeproduksjonen (blanding av type arbeidstakere) totalt sett ganske lik den i befolkningen, men lavere forekomst for lungekreft En økt forekomst av myelogen leukemi (SIR = 4.0, 95% KI 1.6-8.2) ble funnet
1995	USA (Sathiakumar og medarbeidere)	Pasient-kontroll-studie	69 pasienter med leukemi og 284 kontroll-personer	Økt risiko for akutt myelogen leukemi (OR = 2,8, 95 % KI 1,1 - 7,3) for ansatte i produksjon av gass/olje
1997	USA (Mark, Gray & Rintels)	Kasuistikk	1	Akutt myelogen leukemi beskrevet hos én person som hadde drevet offshore drilling, samt platarbeid
2000	USA (Divine og medarbeidere)	Kohortstudie	24 124	Lavere forekomst av alle krefttyper sammenliknet med befolkningen, men økt forekomst av akutt myelogen leukemi for dem som var ansatt før 1940 og som hadde arbeidet i produksjonen > 30 år
2003	Australia (Glass og medarbeidere)	"Nested" pasient-kontroll studie	79 pasienter med leukemi fra kohort på 1573 menn	Økt risiko for akutt myelogen leukemi og kronisk lymfatisk leukemi blant de arbeidstakerne som var mest eksponert for benzen (OR = 11.3, 95% KI 2.85-45.1)
2003	Canada (Lewis og medarbeidere)	Kohort fra 1964-1994	25 292	Økt risiko for melanom (SMR = 2.82, 95%KI 1.13-5.81) blant produksjonsarbeidere
2004	Australia (Gun og medarbeidere)	Kohort fra 1991	15 000	Økt forekomst av melanom (SIR = 1.54, 95% KI 1.30-1.81), blærekreft (SIR = 1.37, 95% KI 1.00-8.83) og prostatakraft (SIR = 1.19, 95% KI 1.00-1.40), samt grense - signifikant økning av mesoteliom, leukemi og multipel myelom
2006	Australia (Gun og medarbeidere)	Kohort fra 1991	15 000	Signifikant økt forekomst av melanom, prostatakraft og mesoteliom

FORSKNINGS- OG UTREDNINGSBEHOV – ”KUNNSKAPSHULL”

Generelt

Eksponeringskartlegginger og eksponeringsbeskrivelser er av stor betydning som basis for å vurdere hva som er reelle helseproblemer offshore. Kjemisk eksponering i petroleumsindustrien varierer både med hensyn til varighet, hyppighet og intensitet, og betydningen av dette bør utforskes nærmere. Som det framgår av den foreliggende rapporten er imidlertid eksponeringsdata offshore tilgjengelig kun for et lite antall komponenter og for et fåtall arbeidsprosesser. Det er derfor vanskelig å gi en fullstendig vurdering av behovet for forskning innen temaet kjemisk eksponering og eventuelle helseeffekter.

Det er et stort behov for en vitenskapelig tilnærming for å undersøke eventuelle sammenhenger mellom eksponering og helseeffekter i offshorebransjen. I slike studier er det nødvendig å inkludere flere selskaper, slik at materialet blir tilstrekkelig stort til å konkludere. Gjennom slike undersøkelser må samarbeidet mellom forskningsinstitusjoner og oljeselskapene styrkes, og det må sikres at resultatene blir gjort tilgjengelig i offentlig tilgjengelige rapporter og i publikasjoner som blir gjenstand for vitenskapelig kvalitetssikring. Denne strategien vil også bidra til at kunnskapen kommer til nytte i forbindelse med den forventede økningen i aktivitet innen boring og produksjon i andre havområder der norske selskaper deltar.

På bakgrunn av innholdet i den foreliggende rapporten er det behov for mer dokumentasjon innen de punktene som er nevnt nedenfor:

Eksponering for boreslam

- Personlig eksponering for operatørene ved blanding av tørrstoff til boreslammet er svært mangelfullt dokumentert
- De administrative normene for oljetåke og oljedamp er omregnet til 12 timers norm, men basert på eksponering i 8 timer for andre oljer/sammensetning enn de som benyttes innen boring. Sammenligning med administrativ norm har hovedsakelig basert seg på 2-timers

målinger. Det er derfor behov for å revurdere disse slik at de i større grad blir relevante, og de følgende tre punktene vil bidra med dokumentasjon i et slikt arbeid

- Prøvetakingsmetode for oljedamp/tåke i slambehandlingsområdene synes ikke å være validert for oppsamling av dagens baseoljer
- Karakterisering av oljedamp og oljetåke i slambehandlingsområdene er mangelfull. Dette gjelder partikkelstørrelser i oljetåken og kjemisk sammensetning av oljetåke og oljedamp. Det er ukjent i hvilken grad innslag fra formasjonen det bores i bidrar med komponenter i slammet som resirkuleres. Dette gjelder spesielt dersom det bores i hydrokarbonførende formasjoner. Det er heller ikke kjent om eller hvordan trykk og temperatur eventuelt påvirker komponentene i slammet.
- Det bør gjennomføres en systematisk undersøkelse for å avdekke eventuelle effekter på respirasjonssystemet relatert til eksponering for boreslam (se under helseeffekter)
- Resultater fra punktene over må også benyttes til å vurdere forebyggende tiltak som teknisk utforming med hensyn til innelukking av prosesser og ventilasjon, samt krav til og bruk av verneutstyr. Dette må vurderes også i lys av helseundersøkelser som er foreslått under overskriften helseeffekter.
- En systematisk kartlegging med karakterisering og kvantifisering av hudeksponering i ulike yrkesgrupper vil kunne gi viktig informasjon i det forebyggende arbeidet (se også under helseeffekter).

Eksponering for produksjonsstrømmer og produsert vann

- Eksponering for benzen ved normal drift viser gjennomgående lave verdier. Imidlertid er det utilstrekkelig dokumentasjon på eksponeringsnivå for arbeidstakere som er engasjert ved nedstengninger av prosessanleggene. Det er også behov for mer

eksponeringsdokumentasjon for benzen ved kortvarige, spesielle arbeidsoperasjoner som pigging, rengjøring av tank, vedlikeholdsarbeid i rengjort tank, osv.

- Biologisk monitorering av benzen er svært nyttig i en vurdering av arbeidstakernes eksponering for benzen. I tillegg til å si noe om hvorvidt arbeidstakeren har tatt opp benzen i blod, så vil det gi informasjon om hvor effektive forskjellige kontrolltiltak har vært, som for eksempel effektiviteten på åndedrettsvernet. Det er særlig behov for å undersøke om verneutstyret som benyttes gir tilstrekkelig beskyttelse under vedlikeholdsarbeid som pågår ved revisjonsstans av prosessanleggene, og ved kortvarige, spesielle arbeidsoperasjoner som gir høy eksponering over en begrenset tidsperiode (piggingoperasjoner, jetting av separatorer, rengjøring og vedlikehold av tanker og separatorer, m.v).
- Den foreliggende dokumentasjonen på benzen samt nye eksponeringsdata som antydnet i forrige punkt kan benyttes til å utvikle eksponeringsestimater i kreftkohorten som er etablert av Kreftregisteret.
- Det forventes at polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) finnes i de tyngre petroleumstraksjonene og som bestanddel av diesel og dieseleksos. På tross av at PAH er kreftfremkallende (lunger, hud og blære), har vi i dag ingen informasjon om eksponering for PAH verken under vanlig drift, under revisjonsstanser eller under rengjøring og vedlikeholdsarbeid i tanker, separatorer og annet prosessutstyr. Vi har heller ingen informasjon om dette for borepersonell.
- Petroleumstrømmene og produsert vann inneholder også en rekke andre forbindelser som alkylfenoler, kvikksølv, H₂S, organiske syrer, biocider, monoetylglykol, osv. (viser til liste over tilsetningsstoffer). Det er behov for å vite i hvilken grad arbeidstakerne blir eksponert for slike komponenter. Det bør da spesielt fokuseres på prosesser som utføres ved nedstengninger og på spesielle arbeidsprosesser under normal drift som antas å kunne medført høye, men kortvarige eksponeringer.

- For å kunne vurdere eksponeringen bedre i forbindelse med nedstengninger og ved spesielle arbeidsprosesser som eventuelt medfører høye, kortvarige eksponeringer bør biologisk monitorering av benzen, PAH og kvikksølv inngå.

Helseeffekter

- Petroleumstilsynets innmelding av sykdommer og statistikk over arbeidsbetingede sykdommer bør forbedres. Kategoriseringen i forhold til yrkesgrupper bør endres, slik at man lettere kan se hvilke kategorier som har reelle problemer. Analyser av materialet slik det gjøres i årsrapportene fra Petroleumstilsynet bør utvides.
- Det bør bli utført studier av forekomst av akutte symptomer og akutte forgiftninger innen boring og produksjon. Dette bør gjøres i et samarbeid mellom flere selskaper over tid. Her kan man lage egne systemer, eller endre registreringen av slike forhold på plattformene slik at disse kan brukes til dette formålet
- Det bør legges til rette for å få utført regelmessige analyser av Kreftregisterets kohort av oljearbeidere, relatert til aktuelle eksponerte grupper
- Til tross for at operatørene i slambehandlingsområdene har hatt og til dels fortsatt har relativ høy eksponering for oljetåke og oljedamp, og trolig også til tider for støv i sekkerom, har det ikke blitt utført noen systematisk undersøkelse for å avdekke eventuelle effekter på respirasjonssystemet som for eksempel luftveisplager, lungefunksjon og lungefibrose. Det er nødvendig å utføre studier som inkluderer flere selskaper, slik at materialet blir stort nok til å konkludere. I en slik undersøkelse som krever vitenskapelig tilnærming, kan det på basis av spørreskjema og den eksisterende eksponeringsdokumentasjonen lages eksponeringsestimat (for eksempel kumulativ eksponering) for den enkelte operatør som deltar i undersøkelsen. Slike eksponeringsestimat vil også kunne benyttes i analyser av kreftkohorten som er etablert av Kreftregisteret.
- Hudplager blant borepersonell rapporteres jevnlig til Petroleumstilsynet. Imidlertid er omfanget av hudplager blant offshoreansatte ikke kjent. Det bør utføres studier av hudsymptomer, utslett og håndeksem blant ansatte innen boring. Det er nødvendig å

utføre studier som inkluderer flere selskaper, slik at materialet blir stort nok til å konkludere

- Dersom eksponeringsmålinger viser at de ansatte innen boring og produksjon offshore har en reell eksponering for reproduksjonsskadelige stoffer som f.eks. fenoler og etylenglykol, bør man vurdere å utføre studier av reproduksjonshelse blant disse grupper ansatte.
- Eksponeringen på sokkelen er annerledes enn eksponering i land, da den skjer i løpet av 12 timer og ikke 8 som i land. En sammenligning av helse hos arbeidstakere offshore og på land med samme eksponering forøvrig, ville være av stor interesse. Dette vil gjelde kreftstudier, samt studier av hudplager og luftveisplager. Biologisk monitorering av eksponering for kjemiske forbindelser som benzen og PAH vil også kunne gi informasjon om hvilken betydning offshore-arbeideres skiftordning har på opptak og utskillelse av forbindelsene de eksponeres for.
- Skiftarbeid om natten med kjemisk eksponering er lite utforsket, kontra hvordan dette er om dagen. Petroleumsindustrien vil være en interessant arena for slike studier. Dette vil gjelde for kreftstudier og for studier av hudplager og luftveisplager

REFERANSER

Al-Futaisi A, Jamrah A, Yaghi B, Taha R (2006) Assessment of alternative management techniques of tank bottom petroleum sludge in Oman. *J Hazard Mater*; Jul 15; [Epub ahead of print]

Arbeidstilsynet. (2003) Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære (veiledning, best.nr. 361); <http://www.Arbeidstilsynet.no>

Arnesen U. (1985) Nordiske ekspertgruppen for grenseverdidokumentasjon 57. Oljetåke. *Arbäte och hälsa*; 13.

Aschehoug SH, Zachariassen GH. Oljebasert borevæske og arbeidsmiljø. Hovedoppgave, Fakultet for samfunnsvitenskap og teknologiledelse, NTNU, 120 s.

Bloom NS. (2000) Analysis and stability of mercury speciation in petroleum hydrocarbons. *Fresenius J Anal Chem*; 366(5):438-43.

Boogaard PJ, Houtsma AT, Journee HL, Van Sittert NJ. (1996) Effects of exposure to elemental mercury on the nervous system and the kidneys of workers producing natural gas. *Arch Environ Health*; 51:108-15.

Bull N, Riise T, Moen BE. (1999) Influence of paternal exposure to oil and oil products on time to pregnancy and spontaneous abortions. *Occup Med*; 49:371-6.

Burnett WW, King EG, Grace M, Eng P, Hall WF. (1977) Hydrogen sulfide poisoning: review over 5 years' experience. *Can Med Ass J*; 117:1277-1280.

Christie D, Robinson K, Gordon i, Bisby J. (1991) A prospective study in the Australian petroleum industry II Incidence of cancer. *Br J Ind Med*; 48:511-4.

Cirasino L, Pisati A, Imbriani M. (1988) Vitiligo appearing after contact with mud containing solvents: an occupational cause? *G Ital Med Lav*; 10: 43-5.

Concawe (1997;2000;2006); <http://www.concawe.org/>

Davidson RG, Evans MJ, Hamlin JW, Saunders KJ. (1988) Occupational hygiene aspects of the use of oil-based drilling fluids. *Ann Occup Hyg*; 32: 325-32

Divine BJ, Hartman CM. (2000) Update of a study of crude oil production workers 1946-94. *Occup Environ Med*; 57: 411-7.

Durand KTH, Lees PSJ, Kern DV. (1995) Exposure assessment and respirator selection in the cleaning of crude oil process vessels. *Appl Occup Environ Hyg*;10(2):120-124.

Eide I. (1990) A review of exposure conditions and possible health effects associated with aerosol and vapour from low-aromatic oil-based drilling fluids. *Ann Occ Hyg*;34: 149-157.

Faksness L-G, Grini PG, Daling PS. (2004) Partitioning of semi-soluble organic compounds between the water phase and oil droplets in produced water. *Marine Poll Bull* 48:731-742.

Fisher AA. (1977) Contact Dermatitis in Black Patients. *Cutis*; 20:303-322.

Gardner R. (2003) Overview and characteristics of some occupational exposures and health risks on offshore oil and gas installations. Review. *Ann Occup Hyg*; 47: 201-10.

Glass DC, Adams GG, Manuell RW, Bisby JA. (2000) Retrospective exposure assessment for benzene in the Australian petroleum industry. *Ann Occup Hyg*; 44(4):301–320.

Glass DC, Gray CN, Jolley DJ, Gibbons C, Sim MR, Fritschi L, Adam GG, Bisby JA, Manuell R. (2003) Leukemia risk associated with low-level benzene exposure. *Epidemiology*; 14: 569-77.

Grieve A. (1988) Toxicity of drilling mud. *Occup Health*;Dec:736-739

Gun RT, Pratt NL, Griffith EC, Adams GG, Bisby JA, Robinson KL. (2004) Update of a prospective study of mortality and cancer incidence in the Australian petroleum industry. *Occ Environ Med*; 61:150-156.

Gun RT, Pratt N, Ryan P, Roder D. (2006) Update of mortality and cancer incidence in the Australian petroleum industry cohort. *Occ Environ Med*; 63:476-481.

Hansen AB, Larsen E, Hansen LV et al. (1991) Elemental composition of airborne dust in the shale shaker house during an offshore drilling operation. *Ann Occup Hyg*; 35:651-657.

Hessel PA, Herbert FA, Melenka LS, Yoshida K, Nakaza M. (1997) Lung health in relation to hydrogen sulfide exposure in oil and gas workers in Alberta, Canada. *Am J Ind Med*; 31:554-7.

HSE (Health and Safety Executive). (1999) Occupational exposure to benzene, toluene and xylene and ethylbenzene during routine offshore oil and gas production. HSE Offshore Technology Report OTO 1999 088, 1999. Available from: <http://www.hse.gov.uk/research/otopdf/1999/oto99088.pdf>. Accessed 13. December 2006

HSE. (1998) HSE offshore technology report – OTO 97 075. Pseudo oil based muds. Drilling safety issues. A review: Health and Safety Executive.

HSE. (2000) HSE offshore technology report – OTO 1999 089. Drilling fluids composition and use within the UK offshore drilling industry. London: Health and Safety Executive.

Health Watch (2001) Health Watch case control report. Lympho-haematopoietic cancer and exposure to benzene in the Australian petroleum industry. Technical report and appendices, 2001. Available from: URL: http://www.aip.com.au/pdf/case_study.pdf. Accessed 29 December, 2006.

Hudgins CM. (1991). Chemical usage in North Sea oil and gas production and exploration operations. Houston: Petrotech Consultants Inc. p. 622.24:665.6:66.

IARC (International Agency of Research on Cancer) (1987) IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Benzene.;suppl. 17.

James RW, Schei T, Navestad P, Geddes TA, Nelson MG, Webster D. (2000) Improving the working environment and drilling economics through better understanding of oil-based drilling fluid chemistry. SPE Drilling Completion; 15: 254–60

Jensen TK, Bonde JP, Joffe M. (2006) The influence of occupational exposure on male reproductive function. Occup Med; 56:544-53.

Kelly WR, Long SE, Mann JL. (2003) Determination of mercury in SRM crude oils and refined products by isotope dilution cold vapor ICP-MS using closed-system combustion. Anal Bioanal Chem; 376:753-58.

Kezic S, Monster AC, Krüse J, Verberk MM. (2000) Skin absorption of some vaporous solvents in volunteers. Int Arch Occup Environ Health; 73:415-422.

Kirkeleit J, Riise T, Bråtveit M, Moen BE. (2006a) Benzene exposure on a crude oil production vessel. Ann Occup Hyg; 50:123–129.

Kirkeleit J, Ulvestad E, Riise T, Bråtveit M, Moen BE. (2006b) Acute suppression of serum IgM and IgA in tank workers exposed to benzene. Scand J Immunol; 64: 690-698

Knox JM, Knox JM, Dinehardt SM, Holder W, Cox G, Smith EB. (1986) Acquired perforating disease in oil field workers. J Am Acad Dermatol; 14:605-11.

Lacerda LD, Rezence CE, Ovalle ARC, Carvalho CEV. (2004) Mercury distribution in continental shelf sediments from two offshore oil fields in Southeastern Brazil. Bull Environ Contam Toxicol;72:178-85.

Lan Q, Zhang L, Li G, Vermeulen R, Weinberg RS, Dosemeci M, Rappaport SM, Shen M, Alter BP, Wu Y, Kopp W, Waidyanatha S, Rabkin C, Guo W, Chanock S, Hayes RB, Linet M, Kim S, Yin S, Rothman N, Smith MT. (2004) Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. Science; 306:1774–6.

Lewis RJ, Schnatter AR, Drummond I, Murray N, Thompson FS, Katz AM, Jorgensen G, Nicolich MJ, Dahlman D, Thériault G. (2003) Mortality and cancer morbidity in a cohort of Canadian petroleum workers. Occ Environ Med; 60:918-28.

Lillienberg L, Högstedt B, Järholm, Nilson L. (1992). Health effects of tank cleaners. Am Ind Hyg Assoc J; 53(6);375-380

Lærum OD, Haugen Å, Mørk SJ, Norseth T. (1983) Kreftfare ved oljeutvinning og oljeprodukter. Tidsskr Nor Lægeforen; 103: 2300-5.

Malvik B, Børresen E. (1988) STF21 A88028. Målemetoder for oljetåke/damp. Trondheim: SINTEF Teknisk Kjemi.

- Mark HF, Gray Y, Rintels P. (1997) Translocation 2;19 in a patient with probable relapsed acute myeloid leukaemia. *Pathobiology*; 65(4):223-8.
- Mills PK, Newell GR, Johnson DE. (1984) Testicular cancer associated with employment in agriculture , oil and natural gas extraction. *Lancet*; 1: 207-10.
- Moen BE, Aaserud O. (2003) Nevrotoksiske effekter i yrke og miljø. I: Gjerstad L, Skjeldal OH, Helseth E (red.) *Nevrologi og nevrokirurgi. Vett og viten*; 609-616.
- Moen BE, Kyvik KR. (1998) Løsemiddelskader i nervesystemet. *Tidsskr Nor Lægeforen*; 118:721-6.
- NIOSH (1994) NIOSH Manual of analytical methods (NMAM), 4th edn. Available at <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/>
- Norsk Hydro (2003) Bestemmelse av benzen, etylbenzen, toluen, xylen og heksan på fire oljeplattformer på norsk sokkel.
- Norsk Hydro (2005) Bestemmelse av benzen, toluen, etylbenzen og xylen – eksponering ved toppeksposering om bord på en olje- og gassplattform på norsk sokkel.
- Norsk Hydro (2006a) Vurdering av eksponering for benzen i arbeidsatmosfæren ved driftsavdelingen om bord på en olje- og gassplattform på norsk sokkel. Rapport fra Seksjon for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen.
- Norsk Hydro (2006b) Bestemmelse av benzen, toluen, etylbenzen og xylen – eksponering ved toppeksposering om bord på en olje- og gassplattform på norsk sokkel.
- Norwegian Oil Industry Association (1996) Criteria for selection and approval of drilling fluids with respect to effects on human workers and marine ecological systems. Norwegian Oil Industry Association. Stavanger.
- OLF - Oljeindustriens Landsforening (2005) Miljørapport 2005 <http://www.olf.no/miljo/miljorapporter/?32711>
- Ormerod AD, Dwyer CM, Goodfield MJD. (1998) Novel causes of contact dermatitis from offshore oil-based drilling muds. *Contact Dermatitis*; 39:262-3.
- Ormerod AD, Wakeel A, Mann TAN, Main RA, Aldridge RD. (1989) Polyamine sensitization in offshore workers handling drilling muds. *Contact Dermatitis*; 21; 326-9.
- Pekari K, Vainiotalo S, Heikkilä P, Palotie A, Luotamo M, Riihimäki V. (1992) Biological monitoring of occupational exposure to low levels of benzene. *Scand J Work Environ Health*; 18:317–322.
- Petroleumstilsynet (2006) Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (aktivitetsforskriften) , seksjon 34. Stavanger: Petroleumstilsynet, Norge.
- Petroleumstilsynet/Oljedirektoratet, Årsrapporter 2004-2005 og 1992-2003

Petrojarl ASA. (2004) Vurdering av eksponering for benzen, toluen, etylbenzen og xylen og *n*-heksan i arbeidsatmosfæren på Petrojarl Varg. Rapport fra Seksjon for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen.

Petrojarl ASA. (2005) Vurdering av eksponering for benzen i arbeidsatmosfæren ved tankarbeid på Petrojarl Varg. Rapport fra Seksjon for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen.

Raabe GK, Wong O. (1996) Leukemia mortality by cell type in petroleum workers with potential exposure to benzene. *Environ Health Perspect*; 104:1381-1392.

Runion HE. (1988) Occupational exposure to potentially hazardous agents in the petroleum industry. *Occup Med*; 3:431-444.

Rønneberg A, Andersen A, Skyberg K. (1988) Mortality and incidence of cancer among oil exposed workers in a Norwegian cable manufacturing company. Part 2. Mortality and cancer incidence 1953-84. *Br J Ind Med*; 45:595-601.

Rønneberg A, Skyberg K. (1988) Mortality and incidence of cancer among oil exposed workers in a Norwegian cable manufacturing company. Part I. Exposure conditions 1920-79. *Br J Ind Med*; 45: 589-94.

Sathiakumar N, Delzell E, Cole P, Brill I, Frisch J, Spivey G. (1995) A case-control study of leukemia among petroleum workers. *J Occup Environ Med*; 37:1269-77.

Schnatter AR, Thériault G, Katz AM, Thompson FS, Donaleski D, Murray N. (1992) A retrospective mortality study within operating segments of a petroleum company. *Am J Ind Med*; 22:209-229.

Schnatter AR, Rosamilia K, Wojcik NC. (2005) Review of the literature on benzene exposure and leukaemia subtypes. *Chemico-Biol Interact*; 153-154:9-21.

Simpson AT. (2003) Comparison of methods for the measurement of mist and vapour from light mineral oil-based metalworking fluids. *Appl Occup Environ Hyg*; 18:865-76.

Simpson AT, Groves JA, Unwin J, Piney M. (2000) Mineral oil metal working fluids (MWFs) – development of practical criteria for mist sampling. *Ann Occup Hyg*; 44:165-72.

Skyberg K, Rønneberg A, Kamøy JI, Dale K, Borgersen A. (1986) Pulmonary fibrosis in cable plant workers exposed to mist in vapor of petroleum distillates. *Environ Res*; 40:261-73.

Skyberg K, Rønneberg A, Christensen CC, Naess-Andresen CF, Borgersen A, Refsum HE. (1992) Lung function and radiographic signs of pulmonary fibrosis in oil exposed workers in a cable manufacturing company: a follow up study. *Br J Ind Med*; 49:309-15.

SFT - Statens forurensingstilsyn (2006) Petroleumsvirksomhetens arbeid med å nå nullutslippsmålet: Status og fremdrift 2006

Statoil (2005). <http://www.statoil.com/>

Strand LÅ, Andersen A. (2001) Kartlegging av kreftisiko og årsaksspesifikk dødelighet blant ansatte i norsk offshorevirksomhet. Rapport Kreftregisteret.

Steinsvåg, K., Bråtveit, M. & Moen, B.E. (2005) Eksponering for kreftfremkallende faktorer i norsk offshore petroleumsvirksomhet 1979-2005. Rapport fra Seksjon for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen og UNIFOB. ISBN 82-91232-52-0 ISSN 0806-9662

Steinsvåg K, Bråtveit M, Moen BE. (2006a) Exposure to Oil Mist and Oil Vapour During Offshore Drilling in Norway, 1979-2004. *Ann Occup Hyg*; 50:109-122

Steinsvåg K, Bråtveit M, Moen BE. (2006b). Exposure to carcinogens for defined job categories in Norway's offshore petroleum industry, 1970-2005. *Occup Environ Med* Oct 16; [Epub ahead of print]

Steinsvåg K, Schei TM, Svendsen K, Woldbæk T. (2003) Oljedamp og oljetåke ved boring offshore. *Yrkeshygienikeren*: 3.

Taskar VS, Coultas DB. (2006) Is idiopathic pulmonary fibrosis an environmental disease? *Proc Am Thorac Soc*; 3:293-8.

Thulstrup AM, Bonde JP. (2006) Maternal occupational exposure and risk of specific birth defects. *Occup Med (Lond)*. Dec; 56(8):532-43.

Verma DK, Johnson DM, McLean JD. (2000) Benzene and total hydrocarbon exposures in the upstream petroleum oil and gas industry. *Am Ind Hyg Assoc J*; 61:255-63.

Vermeulen R, Lan Q, Li G, Rappaport SM, Kim S, van Wendel de Joode B, Shen M, Bohong X, Smith MT, Zhang L, Yin S, Rothman N. (2006) Assessment of dermal exposure to benzene and toluene in shoe manufacturing by activated carbon cloth patches. *J Environ Monit*; 8(11):1143-1148.

Ward E, Hornung R, Morris J, Rinsky R, Wild D, Halperin W, Guthrie W. (1996) Risk of low red or white blood cell count related to estimated benzene exposure in a rubber worker cohort (1940-1975). *Am J Ind Med*;29:247-257.

Wheeland RG, Roundtree JM. (1985) Calcinosis cutis resulting from percutaneous penetration and deposition of calcium. *J Am Acad Dermatol*; 12:172-5.

Wilhelm SM. (2001) Estimate of mercury emissions to the atmosphere from petroleum. *Environ Sci & Technol*; 35:4704-4710.

Zachariassen S. (2006) Hydrokarbonutslipp – akutte helseeffekter. Petroleumstilsynet
26.1.2006.

Åstrand I. (1985) Uptake of solvents from the lungs. Br J Ind Med; 42:217–218.