



Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde

Nr. x, Årgang 1x (201x), STAMI-rapport
ISSN nr. xxx-xxx





Statens
arbeidsmiljøinstitutt

Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde

Forfattere: Berit Bakke, Kasper F. Solbu, Syvert Thorud, Helge Johnsen, Hanne Line Daae,
Merete Hersson

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 10. januar 2013

Serie: STAMI-rapport nr. x, Årgang 1x (201x)

Innholdsfortegnelse

Liste over vedlegg.....	V
Forkortelser	VI
Norske administrative normer	VII
SAMMENDRAG	IX
SUMMARY (english translation)	XI
FORORD	XIII
1. BAKGRUNN	1
2. MÅL	2
3. ORGANISERING OG DELTAKELSE	3
4. OVERSIKT OVER AKTIVITETER I PROSJEKTET	4
5. KARTLEGGING AV ARBEIDSOPERASJONER	5
5.1. Møteserie landanlegg.....	5
5.2. Arbeidsmøter.....	8
6. INNSAMLING OG SYSTEMATISERING AV KVANTITATIVE LUFTMÅLINGER	9
7. KARTLEGGING AV EKSPONERING	11
7.1. Organofosfater	11
7.2. Dieseleksos	12
8. KARTLEGGING AV BRUK AV KERAMISKE FIBRE.....	15
9. BRUK AV KJØPTE KJEMIKALIER I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI	16
10. PRØVETAKINGS- OG ANALYSEMETODER- BESTE PRAKSIS	18
11. KONKLUSJON	21
12. KUNNSKAPSHULL	23
REFERANSER	24
VEDLEGG.....	vedlegg 1-5

Liste over vedlegg

Vedlegg 1: Arbeidsmøter

1-1: Revisjonsstans - helt eller delvis nedstengning	sider 1-15
1-2: Boring og brønnvedlikehold	sider 1-15
1-3: Prosess og produksjon.....	sider 1-10
1-4: Vedlikehold og modifikasjon	sider 1-11
1-5: Forpleining.....	sider 1-10
1-6: Eksponering for benzen.....	sider 1-10
1-7: Eksponering for dieseleksos	sider 1-11
1-8: Eksponering for stekeos	sider 1-12
1-9: Eksponering for keramiske fibre	sider 1-8

Vedlegg 2: Innsamling og systematisering av kvantitative luftmålinger	sider 1-32
--	-------------------

Vedlegg 3: Eksponeringskartlegginger utført ved STAMI

3-1: Organofosfater	sider 1-12
3-2: Dieseleksos	sider 1-15

Vedlegg 4: Bruk av kjøpte kjemikalier (Fellesdatabasen)

4-1: Systematisering og rangering av stoffer og produkter	sider 1-22
4-2: Tilpasset skår-liste basert på CLP	side 1

Vedlegg 5: Prøvetakings- og analysemetoder	sider 1-63
---	-------------------



Forkortelser

ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
Atil	Arbeidstilsynet
BTEX	Benzen, toluen, etylbenzen og xylen
CIS	<i>Conical inhalable sampler</i>
EC	<i>Elemental carbon</i> (elementært karbon)
ECHA	<i>European Chemicals Agency</i> (Det Europeiske Kjemikaliebyrået)
ETUC	<i>European Trade Union Confederation</i>
EURAM	<i>European Union Risk Ranking Method</i>
FDB	Fellesdatabasen
GSP	<i>Gesamtstaubprobenahme</i> (tysk prøvetakingskassett av typen CIS)
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
IOM	<i>Institute of Occupational Medicine</i>
IPPP	<i>Isopropylated phenyl phosphate, mixture of isomers</i> (isopropylert fenylfosfat, isomerblanding)
LO	Landsorganisasjonen i Norge
LOD	<i>Limit of detection</i> (deteksjonsgrense)
NaI	Natriumjodid
NO₂	Nitrogendioksid
OLF	Oljeindustriens landsforening (i dag: Norsk olje og gass)
OP	<i>Organophosphate</i> (organofosfat)
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
OVS	<i>OSHA Versatile Sampler</i>
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i> (polyvinylklorid)
R	Pearsons produkt-moment korrelasjonskoeffisient
RCF	<i>Refractory ceramic fibres</i> (ildfaste keramiske fibre / aluminiumsilikatfibre)
R-setning	Risikosegning (fra forskrift om klass. merk.)
SAFE	Sammenslutningen av Fagorganiserte i Energisektoren
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
SVHC	<i>Substances of Very High Concern</i> (liste over spesielt bekymringsverdige stoffer)
TCP	<i>Tricresyl phosphate, mixture of isomers</i> (trikresylfosfat, isomerblanding)
TLV[®]	<i>Threshold Limit Value</i> (øvre tillatte eksponeringsgrense, definert av ACGIH)
TPP	<i>Triphenyl phosphate</i> (trifenylfosfat)
TWA	<i>Time-weighted average</i> (tidsvektet gjennomsnitt)
UFP	Ultrafine partikler
UiB	Universitetet i Bergen
WHO	<i>World Health Organization</i> (Verdens Helseorganisasjon)

Norske administrative normer

(Tiltaksverdier og grenseverdier)¹

Agens	Enhet	Administrativ norm ² (8-timer)	Justert offshore-norm ³ (12 timer)*
Benzen	ppm	1 K	0,6
Toluen	ppm	25 H	15
Etylbenzen	ppm	5 HK	3
Xylen (alle isomere)	ppm	25 H	15
n-Heksan	ppm	20 R	12
Oljedamp	mg/m ³	50	30
Oljetåke	mg/m ³	1	0,6
Sjenerende støv			
-Totalstøv	mg/m ³	10	6
-Respirabelt støv	mg/m ³	5	3
Sveiserøyk (uspesifisert)	mg/m ³	5	3
α-Kvarts			
-Totalstøv	mg/m ³	0,3 K	0,18
-Respirabelt støv	mg/m ³	0,1 K	0,06
AES-ull	fiber/cm ³	0,5	
Asbest, alle former	fiber/cm ³	0,1 K	0,06
Ildfaste keramiske fibre	fiber/cm ³	0,1 K	0,06
Mineralull (glass-, stein- og slagull)	fiber/cm ³	1	
Aluminium (sveiserøyk)	mg/m ³	5	3
Bly (støv/røyk)	mg/m ³	0,05 R	0,03
Jern(III)oksid (beregnet som Fe)	mg/m ³	3	1,8
Kadmiumoksid (beregnet som Cd)	mg/m ³	0,02 KT	0,012
Krom (Cr ²⁺ /Cr ³⁺)	mg/m ³	0,5	0,3
Sekssverdig krom (kromsyre/kromater)	mg/m ³	0,005 AK	0,003
Mangan			
-Inhalerbar fraksjon	mg/m ³	1	0,6
-Respirabel fraksjon	mg/m ³	0,1	0,06
Nikkel	mg/m ³	0,05 KRA	0,03
Sinkoksid	mg/m ³	5	3
Hydrogensulfid	ppm	5 / 10 T	3

A= allergifremkallende stoffer, K= kreftfremkallende stoffer, R= reproduksjonsskadelige stoffer, H=hudoptak, T= takverdi.

*Adm. norm justert for 12-timers skift: ACGIH har omtalt hvordan man vurderer eksponering når arbeidstiden avviker fra 8-timers skift/40 timers arbeidsuke.⁴

Ny forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (*forskrift om tiltaks- og grenseverdier*) trer i kraft 01.01.2013.¹ I virksomheter hvor arbeidstakerne kan bli utsatt for støv, vibrasjoner, stråling, kjemikalier eller biologiske faktorer, må arbeidsgiver overholde de verdiene som er fastsatt i forskrift om tiltaks- og grenseverdier. Forskriften erstatter blant annet veiledningen om administrative normer (best. nr. 361) for forurensning av arbeidsatmosfæren.²

Forskriften fastsetter:

- *Tiltaksverdier* som angir når det må gjennomføres tiltak for å redusere eksponering for støy, vibrasjoner og kjemikalier til et minimum. Tiltaksverdien angir høyeste tillatte gjennomsnittskonsentrasjon over en periode på åtte timer. Hvis ikke noe annet fremgår av anmerkningene til et stoff, er verdien satt som tiltaksverdi.
- *Grenseverdier* for eksponering som ikke tillates overskredet for støy, vibrasjoner, stråling og kjemikalier. Grenseverdiene er enten fastsatt som gjennomsnittlig konsentrasjon over en periode på 8 timer, og/eller fastsatt som en takverdi som ikke på noe tidspunkt må overskrides.

SAMMENDRAG

Prosjektet er gjennomført av Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) i samarbeid med bransjeprosjektet; "Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien", også kalt Kjemikalieprosjektet.

Bakgrunnen for prosjektet er at tidligere undersøkelser har avdekket at risikovurderingene som er utført i næringene i for liten grad har vært bygget på kvantitative eksponeringsmålinger. Dermed har eksponeringsdokumentasjon for mange komponenter som er til stede i arbeidsatmosfæren vært utilstrekkelig.

Hovedformålet med prosjektet har vært å fremskaffe kunnskap om kjemisk eksponering slik arbeidet utføres i dag og som kan ha betydning for helse. For å nå dette målet har vi samlet inn og systematisert data og informasjon om kjemisk eksponering som kan tenkes å utgjøre en helserisiko i norsk olje- og gassindustri.

Til tross for fokus gjennom flere år fra næringen selv, myndigheter, partene og media er det fremdeles begrenset dokumentasjon av nivåer av kjemiske stoffer for arbeidstakere i petroleumsnæringen, og spesielt ansatte i servicenæringen. Dette tilsier at det er behov for å videreføre satsningen på kjemisk arbeidsmiljø og å fortsette aktiviteten med å dokumentere eksponeringsgrad for de fleste agens ved arbeid på innretninger til havs og på landanlegg.

Resultatene fra dette prosjektet viser en svak økning i antall målinger som utføres i næringen i dag sammenliknet med datamengden i Pilotprosjektet i Petroleumstilsynet. Det utføres også betydelig flere personbårne målinger, som er viktig dersom dataene skal brukes til vurdering av eksponering og mulige helseeffekter. Dataene viser videre at næringen har relativt god oversikt over eksponering for løsemidler (BTEX og n-heksan) og oljetåke/oljedamp i prosess/produksjon og ved boreoperasjoner offshore og at det på mange områder jobbes systematisk med å dokumentere eksponeringsgrad. Dataene viser også at det er stor variasjon i eksponeringsnivå mellom ulike arbeidsoppgaver som utføres. For å etablere grupper med eksponeringsprofil som har antatt lik gjennomsnitt og spredning av eksponering (f.eks. samme type oppgaver som utføres, eksponert for de samme stoffene, lik bruk av utstyr)⁵ må dataene systematiseres videre med dette som formål for bruk i epidemiologiske studier eller i det forebyggende arbeidet.

Følgende kunnskapshull er identifisert i prosjektet:

- Det mangler kunnskap om variasjon i eksponeringsgrad, og da særlig data som dokumenterer kortvarige toppeksponeeringer. Dette gjelder mange stoffer, som f.eks. hydrogensulfid.
- Det er mangelfull oversikt over eksponeringspotensialet ved termisk nedbrytning av organisk materiale (f.eks. epoksy) ved ulike typer varmt arbeid. Det er derfor stort behov for ytterligere forskning for å karakterisere termiske nedbrytningsprodukter ved ulike typer av varmt arbeid.
- Det er mangelfull oversikt over eksponeringspotensialet ved sveising på stål med korrosive egenskaper som brukes i petroleumsvirksomhet (f.eks. stål som inneholder krom (Cr), seksverdig krom (Cr^{VI}), nikkel (Ni), kobber (Cu) eller mangan (Mn)).
- Det mangler dokumentasjon på eksponering for endotoksin eller andre bioaerosol-komponenter.
- Det er mangelfull dokumentasjon på kjemisk eksponering i forbindelse med håndtering av boreavfall (f.eks. borekaks, boreslam og slop) og avfall fra produksjon (f.eks. kvikksølvholdig og lav-radioaktivt avfall).
- Det er mangelfull dokumentasjon på kjemisk eksponering for vannbaserte borevæsker.
- Det er mangelfull oversikt over hvor keramiske fibre er benyttet på installasjonene og anleggene, samt dokumentasjon på kjemisk eksponering for fibre.
- Det er behov for videreutvikling av prøvetakere for to-fase systemer (f.eks. ved prøvetaking av stekeos og oljeaerosol), som kan ta prøver over et arbeidsskift og som kan separere damp- og partikkelfasen.
- Det mangler dokumentasjon på betydningen av opptak via hud ved eksponering for løsemidler og andre stoffer som tas opp via hud.
- Det er behov for å etablere datasystemer for å kunne samordne og systematisere eksponeringsdata på tvers av selskaper.

SUMMARY

The project was conducted by the National Institute of Occupational Health, NIOH (Statens arbeidsmiljøinstitutt, STAMI) in collaboration with the Norwegian oil and gas industry, trade unions, and the steering committee of the industry's own project "Chemical Work Environment in the Oil and Gas Industry."

Previous studies have shown that risk assessments in the industry were often based on few quantitative exposure measurements, and documentation of exposure levels was therefore limited for most agents and jobs within the industry.

The main purpose of the project was to collect and systematize data and information about chemical exposures that may represent a health risk in the Norwegian oil and gas industry.

The results from this project show that despite several years of attention from the industry itself, government, parties and the media on this topic, the documentation on levels for most agents is still limited, and especially for jobs held by contractors. This suggests that there is a need to continue the commitment on improving chemical work environment and to continue documentation of exposure levels for most agents and jobs within the industry.

However, the data shows a slight increase in the number of measurements performed in industry today compared to the collected data in the pilot project. Moreover, significantly more personal measurements are performed, which is of importance for use in risk assessments. The data also shows that the industry has relatively good overview of exposure to solvents (BTEX and n-hexane) and oil mist/vapor in the processing/production, and in drilling offshore. The data also shows that there is large variation in exposure levels between workers performing different work tasks. To establish groups of workers with the same general exposure profile with a similar mean and distribution of exposure (e.g., similar tasks, exposures to similar materials, equipment, and processes)⁵ the data needs to be further systemized for use in epidemiologic studies or risk assessment.

The following knowledge gaps have been identified in the project:

- Little is known about variation in exposure levels, particularly data that document short-term peak exposures. This applies to many substances, e.g., hydrogen sulfide.
- There is limited overview of the exposures from thermal decomposition of organic materials (e.g., epoxy) during hot work.
- There is limited documentation on exposure to welding fumes when welding on steel with corrosive properties, which is used in the petroleum industry offshore (e.g., steel containing chromium (Cr), hexavalent chromium (Cr^{VI}), nickel (Ni), copper (Cu) or manganese (Mn)).
- There is limited documentation of exposure to endotoxins or other bioaerosol components.
- No documentation on chemical exposure during handling of waste from drilling operations (e.g., cuttings, drilling mud, and slop) and production (e.g., mercury contaminated waste and radioactive scale) was found.
- No documentation on exposure to water-based drilling fluids was found.
- There is limited documentation on use of ceramic fibers on installations and facilities.
- There is a need for further development of samplers for two-phase systems (e.g., for sampling of cooking fumes and oil aerosols), which can collect samples for a whole work shift and separate the vapor and particulate phases.
- There is no data on dermal exposure.
- There is a need to establish data systems to manage and systematize exposure data across companies.

FORORD

Denne rapporten oppsummerer prosjektet *Eksponering for kjemikalier i olje- og gassindustrien – Dagens eksponeringsbilde. Dagens eksponeringsbilde* ble initiert i 2008 av Kjemikalieprosjektet i petroleumsnæringen som har en partssammensatt styringsgruppe og et prosjektsekretariat i regi av Norsk olje og gass (tidligere Oljeindustriens landsforening (OLF)).⁶ Prosjektet er avgrenset til virksomhetene som er tilknyttet Petroleumstilsynets myndighetsansvar.

STAMI er ansvarlig for innholdet i rapporten og for eventuelle feil og mangler knyttet til denne.

For å sikre at resultatene skulle komme raskt ut til bransjen har vi valgt å oppsummere alle aktiviteter i egne rapporter underveis. Disse har blitt gjort tilgjengelig for bransjen og ligger vedlagt denne rapporten.

For å få et helhetlig bilde av nåværende eksponeringssituasjon må denne rapporten sees i sammenheng med andre bransjeprosjekter som er gjennomført i perioden. En liste over aktuelle prosjekter er gitt i sluttrapporten til bransjeprosjektet "Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien".⁶

Takk til Kjemikalieprosjektet for finansiering og for å ha stilt infrastruktur til rådighet for å få gjennomført innsamlingen av målerapporter og møter med fagmiljøet i bransjen. Vi vil også takke alle selskapene som har sendt inn målerapporter til oss og deltatt i kartleggingen av eksponering for organofosfater og dieseleksos. Vi har også hatt gode og nyttige diskusjoner med mange personer tilknyttet det yrkeshygieniske fagmiljøet i bransjen, samt flere HMS-fora i bransjen, takk til dere også.

Oslo, 10.01.2013

1. BAKGRUNN

Edwin Drake boret den første kommersielt vellykkede oljebrønnen i Pennsylvania i USA i 1859. Dette representerer starten for den moderne oljealderen.⁷ I Norge ble olje for første gang pumpet opp på Ekofisk-feltet i 1971.⁸ I dag inkluderer norsk olje- og gassindustri letevirsomhet og utbygging og drift av felt som allerede er i produksjon. Videre er det mottaksapparat på land for raffinering av råolje og gass. Det er i Norge seks prosess-/gassanlegg (Sture, Nyhamna, Melkøya, Kollsnes, Kårstø og Tjeldbergodden), samt to oljeraffinerier på land (Mongstad og Slagentangen).⁹ Det er mange nasjonale og internasjonale oljeselskaper som har aktivitet på den norske kontinentalsokkelen. I tillegg er det mange serviceselskaper som utfører spesialoppgaver innen vedlikehold og modifikasjon på installasjonene offshore og på landanleggene. Petroleumsvirksomheten sysselsetter i dag i underkant av 50 000 personer (for de tre næringene utvinning, teknisk tjenesteyting og rørtransport).¹⁰

Mye av kunnskapen om kjemisk helsefare i oljebransjen er framkommet de siste 10 årene hvor flere norske forskningsmiljøer og bransjen har bidratt. Myndighetene, partene og media har også fulgt næringen tett i mange år. Fokuset har vært rettet mot historisk eksponering og mulige helseskader knyttet til kjemisk eksponering i pionertiden. Tidligere undersøkelser har avdekket at eksponeringsdokumentasjon for komponenter som er til stede i arbeidsatmosfæren har vært utilstrekkelig. Det eksisterer få kvantitative eksponeringsmålinger før 1985 og mesteparten av dataene som er framkommet i ulike prosjekter er fra år 2000 og senere.^{11,12} I Petroleumstilsynets pilotprosjekt fra 2007 ble flere årsaker nevnt; bransjen har vektlagt kvalitative vurderinger framfor eksponeringsmålinger, fokus har vært rettet mot et fåtall, antatt risikofylte arbeidsprosesser og tiltak har vært prioritert framfor å dokumentere eksponeringsnivå med eksponeringsmålinger.¹³ Næringen ble derfor anbefalt å skaffe en oversikt over tilgjengelige kvantitative eksponeringsdata, både historiske data og data fra nåtid.

Næringen etablerte i 2007 et eget prosjekt *Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien* ("Kjemikalieprosjektet") for å gi et helhetlig bilde av den nåværende og tidligere eksponeringssituasjon, beskrive og tette igjen kunnskapshull og bidra til at næringen blir bedre til å håndtere risiko rundt kjemikalier i arbeidsmiljøet i olje- og gassektoren. Prosjektet har vært et samarbeid mellom Oljeindustriens Landsforening (nå *Norsk olje og gass*), Norsk Industri, Norges Rederiforbund, Landsorganisasjonen i Norge (LO) og Sammenslutningen av Fagorganiserte i Energisektoren (SAFE). Petroleumstilsynet og Arbeidstilsynet har deltatt som observatører. Universitetet i Bergen har i sin rapport fra 2010 oppsummert historiske eksponeringsdata fra næringen fram til år 2007.¹⁴

Denne rapporten oppsummerer arbeidet som Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) har utført i samarbeid med næringen for å kartlegge dagens eksponeringssituasjon fra 2007 og senere.

2. MÅL

Målet har vært å samle inn og systematisere data og informasjon om kjemisk eksponering som kan tenkes å utgjøre en helseisiko slik arbeidet utføres i dag i norsk olje- og gassindustri.

Dette er blitt gjort ved å:

- 1) kartlegge arbeidsoperasjoner og samle kunnskap om kjemiske stoffer i arbeids- og produksjonsprosesser og i produksjonsstrømmer
- 2) samle og systematisere eksponeringsmålinger som selskapene selv har utført i perioden 2007-2009
- 3) utføre eksponeringsmålinger av utvalgte agens der det i dag er mangelfull dokumentasjon på eksponering offshore og i landbasert industri
- 4) gjennomgå og systematisere foreliggende dokumentasjon av kjøpte kjemikalier
- 5) etablere beste praksis med hensyn til valg av prøvetakings- og analysemetoder i næringen

3. ORGANISERING OG DELTAKELSE

Prosjektet ble initiert av Kjemikalieprosjektet i petroleumsnæringen som har en partssammensatt styringsgruppe og et prosjektsekretariat i regi av Norsk olje og gass (tidligere OLF). Prosjektet ble utformet etter dialog med prosjektsekretariatet for Kjemikalieprosjektet, og forankret i Kjemikalieprosjektets styringsgruppe.

Prosjektsekretariatet i Norsk olje og gass og Norsk Industri har bistått med å skaffe oversikt over potensielle samarbeidspartnere og deltagere fra henholdsvis operatørselskapene og serviceselskaper.

Bedriftene har selv vært ansvarlig for prøvetaking av organofosfater, elementært karbon og nitrogendioksid (dieseleksos). STAMI har stått for prøvetakingsutstyr og analyser og bistått innsamlingen av prøver ved behov.

Prosjektgruppen ved Statens arbeidsmiljøinstitutt har hatt følgende medlemmer:

- Berit Bakke (prosjektleder)
- Hanne Line Daae
- Merete Hersson
- Helge Johnsen
- Kasper F. Solbu
- Syvert Thorud

Prosjektets styringsgruppe har hatt følgende sammensetning:

- Fra arbeidstakerorganisasjonene: Halvor Erikstein (SAFE)
- Fra arbeidsgiverorganisasjonene: Vemund Digernes (Norsk Industri)
- Fra Norsk olje og gass: Jakob Nærheim og Inger Margrethe Haaland
- Fra Statens arbeidsmiljøinstitutt: Pål Molander, Dag G. Ellingsen og Syvert Thorud

Det har vært avholdt sju møter i styringsgruppen i prosjektperioden.

4. OVERSIKT OVER AKTIVITETER I PROSJEKTET

Alle aktiviteter i prosjektet er oppsummert i egne rapporter og utgitt fortløpende i prosjektperioden for å sikre at resultatene skulle komme raskt ut til bransjen. Denne sluttrapporten bygger på resultatene fra disse rapportene. Alle rapporter er vedlagt som egne vedlegg og henvist til underveis.

STAMI-rapporter:

2011, nr. 2	<i>Prøvetakings- og analysemetoder – Beste praksis</i> ¹⁵	Vedlegg 5
2011, nr. 6	<i>Innkjøpte kjemikalier - gjennomgang og systematisering av Fellesdatabasen (FDB)</i> ¹⁶	Vedlegg 4
2011, nr. 8	<i>Organofosfater i arbeidsatmosfæren på norske offshoreinstallasjoner – Dagens eksponeringsbilde</i> ¹⁷	Vedlegg 3-1
2011, nr. 9	<i>Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009</i> ¹⁸	Vedlegg 2
2012, nr. 4	<i>Dieseleksos i arbeidsatmosfæren i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde</i> ¹⁹	Vedlegg 3-2

Rapporter fra arbeidsmøter:

Stansarbeid	<i>Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved revisjonsstans i norsk olje- og gassindustri</i> ²⁰	Vedlegg 1-1
Boring/brønn	<i>Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved boring og brønn på norske offshore-installasjoner</i> ²¹	Vedlegg 1-2
Prosess/produksjon	<i>Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved prosess og produksjon i norsk olje- og gassindustri</i> ²²	Vedlegg 1-3
Vedlikehold/modifikasjon	<i>Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved vedlikehold og modifikasjon i norsk olje- og gassindustri</i> ²³	Vedlegg 1-4
Forpleining	<i>Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering innen forpleining i norsk olje- og gassindustri</i> ²⁴	Vedlegg 1-5
Benzen	<i>Arbeidsmøte om benzen i norsk olje- og gassindustri</i> ²⁵	Vedlegg 1-6
Dieseleksos	<i>Arbeidsmøte for kartlegging av dieseleksos og eksponeringskilder i norsk olje- og gassindustri</i> ²⁶	Vedlegg 1-7
Stekeos	<i>Arbeidsmøte om stekeos i norsk olje- og gassindustri</i> ²⁷	Vedlegg 1-8
Keramiske fibre	<i>Keramiske fibre i norsk olje- og gassindustri</i> ²⁸	Vedlegg 1-9

5. KARTLEGGING AV ARBEIDSOPERASJONER

En viktig del av STAMIs prosjekt har vært å kartlegge risikoutsatte arbeidsoperasjoner slik arbeidet utføres i dag. Vi har i prosjektet brukt flere innfallsvinkler for å samle inn denne informasjonen. En kort redegjørelse er gitt nedenfor.

5.1. Møteserie landanlegg

Gjennom en møteserie med alle landanlegg i Norge ble det innhentet informasjon om arbeidsoperasjoner og eksponeringsforhold ved anleggene slik arbeidet utføres i dag.

Tabell 5-1: Oversikt over landanlegg

Anlegg	Type anlegg	Tilknyttet felt	Andre mottak	Besøkt
Mongstad	Raffineri NGL-prosessanlegg Råoljeterminal	Troll, Kvitebjørn, Fram	Råolje fra tankskip	10. 03.2009
Slagentangen	Raffineri		Råolje fra tankskip	04.09.2009
Nyhamna	Gassprosesserings- anlegg	Ormen Lange		06.10.2009
Kårstø	Gassprosesserings- anlegg	>30 felt bl.a. Åsgard, Statfjord, Sleipner		20.10.2009
Kollsnes	Gassprosesserings- anlegg	Troll, Visund, Kvitebjørn		29.10.2009
Sture	Råoljeterminal	Grane, Oseberg		30.10.2009
Tjeldberg- odden	Gassmottaks- anlegg Metanolfabrikk Luftgassfabrikk	Heidrun		05.11.2009
Melkøya	LNG-anlegg	Snøhvit		24.11.2009

I rapporten *Fakta Norsk Petroleumsvirksomhet (2012)* er landanleggene ytterligere beskrevet.⁹

Ved alle besøk har følgende prosess vært gjennomført:

- Gjennomgang av anlegget ved å følge produksjonsstrømmene sammen med personell fra drift og yrkeshygienikere. Følgende tema ble gjennomgått:
 - anleggets historikk
 - føde
 - produkt
 - kjemikaliebruk
 - arbeidsoperasjoner
 - potensielle kontaktpunkter med mennesker
 - hvem gjør hva
- Omvisning på anlegget. Vi fulgte produksjonsstrømmen for å kartlegge kontaktpunkter.
- Oppsummering og identifikasjon av arbeidsprosesser og – situasjoner som kan medføre eksponering for kjemiske stoffer.

Graden av kjemisk eksponering er avhengig av hvilke kjemikalier/produkter og prosesser som er aktuelle, men påvirkes også av en rekke andre faktorer som f.eks. type og varighet av arbeidsoppgaver, arbeidsvaner og meteorologiske forhold. På de fleste anleggene foregår mesteparten av arbeidet utendørs, og værforhold vil derfor i stor grad påvirke eksponeringsgraden. Ved utførelse av enkelte oppgaver vil det være naturlig å vurdere hudopptak i tillegg til eksponering via luftveiene (f.eks. ved avfallshåndtering og mottak av renseplugg).

I utgangspunktet er det meste av produksjonen i lukkede hydrokarbonførende systemer. Eksponering kan skje ved åpning av disse systemene. Mange av oppgavene som utføres ved normal drift er av kortere varighet (f.eks. prøvetaking som ofte bare tar noen få minutter). Ved revisjonsstanser utføres oppgaver av lengre varighet som er nøye planlagt, og hvor tiltak for å redusere eksponering kan implementeres.²⁰

Oversikt over arbeidsoperasjoner som ofte utføres av operatørselskapets ansatte ved arbeid på landanlegg og som kan medføre eksponering for kjemikalier:

- Mottak og sending av rensplugg ("pigging")
- Håndtering av avfall og utstyr som er forurenset med avfall
- Prøvetaking (noen har prøvepunkt i lukkede skap, de fleste er åpne)
- Drenering og tømning av rørledninger
- Skifte av filter
- Rengjøring av væskefanger (eng.: *slug catcher*) og rørsystemer
- Inspeksjon (f.eks. ved åpning av mannhull)
- Ventilsjekking
- Katalysatorbytter
- Frakobling av lastearm/lasting (tankbåter)
- Arbeid ved vannrenseanlegg (mekanisk/biologisk)²⁹
- Nedboksing og oppboksing; rengjøring. Denne arbeidsoperasjonen er fra 2012 faset ut ved det aktuelle anlegget.

Oversikt over arbeidsoperasjoner som ofte utføres av kontraktører ved arbeid på landanlegg og som kan medføre eksponering for kjemikalier:

- Sveising (varmt arbeid)
- Overflatebehandling
 - teknisk rengjøring av overflater og tanker (f.eks. avfetting og spyling)
 - vannjetting
 - meisling
 - nålebanking
 - maling
 - kost og rulle
 - sprøyting
 - pålegging av passiv brannbeskyttelse
- Isolasjonsarbeid
 - Riving av gammel isolasjon
 - Pålegging og tilpasning av ny isolasjon
- Inspeksjon av utstyr som er åpnet (f.eks. ved åpning av mannhull ifm. rengjøring av tanker)
- Trykktesting
- Stillasbygging/-demontering
 - stillas kan være tilgriset fra annet arbeid
- Grunnarbeid/veivedlikehold/betongvedlikehold

I samarbeid med bransjen er det gjennomført 9 arbeidsmøter for å kartlegge arbeidsoperasjoner og eksponering offshore og på landanlegg. Formålet med disse arbeidsmøtene var å legge til rette for en arena der næringen på en åpen og detaljert måte kunne fremskaffe og dele kunnskap om arbeidsoperasjoner, eksponeringer og praksis. Det har deltatt ca. 10-15 kompetansepersoner fra både operatørselskapene og kontraktørene på hvert av disse møtene. All informasjon fra arbeidsmøtene er dokumentert i egne vedlegg.

Følgende områder og eksponeringer er kartlagt:

- Revisjonsstans – helt eller delvis nedstengning (30.04.2009), Vedlegg 1-1
- Boring og brønnvedlikehold (22. 06.2009), Vedlegg 1-2
- Prosess og produksjon (23.06.2009), Vedlegg 1-3
- Vedlikehold og modifikasjon (08.09.2009), Vedlegg 1-4
- Forpleining (11.09.2009), Vedlegg 1-5
- Eksponering for benzen (09.01.2011), Vedlegg 1-6
- Eksponering for dieseleksos (03.02.2011), Vedlegg 1-7
- Eksponering for stekeos (15.03.2011), Vedlegg 1-8
- Eksponering for keramiske fibre (27.10.2011), Vedlegg 1-9

Erfaringer fra disse møtene, hvor flere aktører med forskjellig fagbakgrunn innen ulike deler av bransjen har sittet sammen, har vist at arbeidsformen er en nyttig og effektiv metode for å samle inn kunnskap og dele erfaringer. Arbeidsmøtene har tatt utgangspunkt i dagens praksis på området og kan være et utgangspunkt for næringen for å utvikle beste praksis med hensyn til å kontrollere risiko knyttet til kjemisk eksponering. Det er per 10.09.2012 etablert ny Norsk olje og gass-retningslinje (nr. 132) for håndtering av kvikksølv.³⁰

6. INNSAMLING OG SYSTEMATISERING AV KVANTITATIVE LUFTMÅLINGER 2007-2009

Vedlegg 2

En av hovedaktivitetene i prosjektet har vært å sammenstille tilgjengelige kvantitative eksponeringsmålinger som selskapene selv har utført i perioden 2007-2009. Norsk Industri og Norsk olje og gass sendte ut et invitasjonsbrev til selskapene hvor de ble invitert til å sende inn målerapporter som inneholdt kvantitative eksponeringsmålinger. Dataene som ble innsendt var trykte rapporter og pdf-filer fra enkeltstående kartlegginger. Ingen selskaper sendte inn dokumentasjon på eksponering lagret i elektronisk tabellformat. Alle måledata ble ekstrahert fra rapportene og lagt inn i en database med tilhørende kontekstinformasjon.

Totalt ble det sendt inn 233 rapporter fordelt på 12 selskaper (3335 målinger), hvorav 171 rapporter (2578 målinger) var relevante fra den aktuelle perioden. Ett selskap fikk ikke tillatelse internt til å sende inn yrkeshygieniske rapporter til prosjektet. 19 rapporter var fra landanlegg. Ett landanlegg leverte 15 rapporter. Totalt ble det samlet inn 626 personlige og stasjonære prøver fra landanlegg.

93 kjemiske stoffer er påvist i prøvene som er analysert. Av disse er det 12 agens som er bestemt i 100 eller flere prøver (toluen ($n=1423$), xylener ($n=1394$), etylbenzen ($n=1316$), benzen ($n=1210$), *n*-heksan ($n=1196$), oljedamp ($n=645$), alifater C4-C8 ($n=627$), oljetåke ($n=614$), alifater C9-C16 ($n=613$), aromater C9-C12 ($n=523$), total-VOC ($n=500$) og totalstøv ($n=103$)). De fleste prøvene var fra arbeid offshore (70 %). Det var totalt beskrevet 299 arbeidsoperasjoner.

En samlet vurdering er at gjennomsnittsnivået for de fleste løsemidlene (benzen, toluen, etylbenzen, xylen og *n*-heksan) er lavt sammenliknet med dagens justerte/tilpassede normer som benyttes offshore (hhv. 0,6 ppm, 15 ppm, 3 ppm, 15 ppm og 12 ppm). Målinger ved utførelse av arbeidsoperasjoner som grovrengjøring/rengjøring og åpning av hydrokarbonførende utstyr viser at eksponeringsnivået for benzen kan overskride norm. Ved arbeid i siktemaskinrom og slamtankrom var medianen av oljetåke- og oljedampmålingene ca. 1/3 av de tilpassede normene (henholdsvis 0,6 og 30 mg/m³). Enkeltprøver viser imidlertid at eksponeringsnivået for oljetåke- og oljedamp kan bli betydelig høyere og overskride norm. For andre agens er datagrunnlaget for lite til å kunne generalisere tatt i betraktning det store antall arbeidsoperasjoner som er identifisert.

Næringen har i stor grad hatt fokus rettet mot dokumentasjon av eksponering for løsemidler. Dataene viser at næringen har relativt god oversikt over eksponering for løsemidler (benzen, toluen, etylbenzen, xylener og *n*-heksan) og oljetåke/oljedamp i prosess/produksjon og ved boreoperasjoner offshore. For andre agens er det begrenset

informasjon vedrørende eksponeringsgrad. Det er funnet lite dokumentasjon av eksponering ved utførelse av typiske vedlikeholdsoppgaver (f.eks. sveising og isolasjonsarbeid).

I målerapportene var det oppgitt ulike årsaker til at eksponeringskartleggingen var utført, bl.a. etter ønske fra ansatte, kontroll av tiltak, generell risikovurdering og sammenlikning mot administrative normer. I mange tilfeller innebærer dette at man velger ut de jobbene og oppgavene som man antar er høyest eksponert og dokumenterer eksponeringsgrad for disse. Dersom disse dataene skal brukes i senere epidemiologiske studier, må man derfor være oppmerksom på at det kan være mangelfull dokumentasjon av eksponeringsgrad for enkelte jobbgrupper og oppgaver, og da spesielt oppgaver med antatt lav eksponering. Selskapsinterne målinger er i noen studier vist å gi høyere eksponeringsestimater enn målinger som var utført av andre etter prinsippet "tilfeldig prøvetaking" ("random sampling").³¹ Hvor representative målingene er for en aktuell problemstilling må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Kunnskap om hvor ofte en arbeidsoppgave utføres og arbeidets varighet vil være avgjørende for bruk av disse målingene.

7. KARTLEGGING AV EKSPONERING

En del av prosjektet skulle ivareta behov for utvikling av metodikk og gjennomføring av eksponeringsmålinger knyttet til problemstillinger som har vært lite kartlagt.

I løpet av det siste tiåret har det i Norge og internasjonalt vært økt oppmerksomhet rettet mot mulig helsefare forbundet med eksponering for organofosfater (OPer) fra hydraulikk- og turbinoljer i arbeidsmiljøet. Industrioljer tilsettes en rekke kjemiske stoffer (f.eks. organofosfater) for å optimalisere oljenes egenskaper. Enkelte organofosfater rapporteres å ha nevrotoksiske effekter.^{32,33} Helsefare knyttet til forurensninger fra dieselpartikler og andre stoffer fra dieseleksos har også vært et tilbakevendende spørsmål fra næringen da det foreligger mange rapporterte hendelser knyttet til dieseleksos eksponering. Det er rapportert i litteraturen at eksponering for dieselpartikler er relatert til luftveis- og hjertekarsykdommer,³⁴⁻³⁶ astma/allergi^{37,38} og utvikling av lungekreft.^{39,40} Andre komponenter i eksososen har også dokumenterte helseeffekter i seg selv (f.eks. nitrogendioksid). På denne bakgrunn har prosjektet foretatt en særskilt kartlegging av eksponering for organofosfater og dieseleksos i petroleumsnæringen, ved å samle inn luftmålinger i tilknytning til relevante arbeidsoperasjoner og arbeidssteder.

7.1. Organofosfater

Vedlegg 3-1

Mineralske/syntetiske hydraulikkoljer og smøreoljer (f.eks. turbinoljer) er samlende betegnelser på oljer benyttet som medier til trykk- og varmeoverføring, og som smørende kjemikalier som også motvirker slitasje og korrosjon. De fleste av disse oljene inneholder tilsetningsstoffer, som f.eks. OPer, for å forbedre oljenes egenskaper. Mange oljer inneholder organofosfater som trikresylfosfat-isomerer (TCP), samt andre triaryl- eller trialkylfosfater, vanligvis med innhold under 1%. Smøreoljer for jet-turbiner kan imidlertid inneholde høyere andel organofosfater, typisk 1-5% TCP. Syntetiske hydraulikkoljer kan inneholde en stor andel organofosfater (20-90%), f.eks. butylfosfater, på grunn av organofosfatenes brannhemmende egenskaper. Men disse oljene er først og fremst benyttet i luftfartsindustrien.³³

I olje- og gassindustrien er organofosfater først og fremst benyttet i smøreoljer til turbiner og er mindre vanlig i de hydraulikkoljene som typisk er i bruk på offshore-installasjonene. De aktuelle organofosfatene er isopropylert fenylfosfat-isomerer (IPPP), trifenylfosfat (TPP) og TCP. Eksponering for organofosfater vil derfor hovedsakelig i dag kunne oppstå ved arbeidsoperasjoner tilknyttet tilsyn og vedlikehold av turbinene.¹⁷

I arbeidet med å kartlegge luftkonsentrasjoner av organofosfater (TPP, IPPP og TCP) på sju norske offshore-installasjoner ble det totalt samlet inn 120 organofosfatprøver fra fire

arbeidsoperasjoner og fra turbinrom ("hood") og turbinhall.¹⁷ Alle målinger ble utført ved vedlikeholdsarbeider i turbinrom og turbinhall etter at turbinene var nedkjølt fordi arbeid i turbinrom ikke er tillatt før nedkjøring og avkjøling av turbinene. Målingene viste lave (sub- $\mu\text{g}/\text{m}^3$) konsentrasjoner av organofosfater i luft ved arbeid på kalde turbiner der organofosfater (TPP og IPPP) ble påvist i kun 4 av 120 luftprøver.

Det ble detektert organofosfater i 21 av 24 passive langtidsprøver. Dette viser et potensial for deponering av organofosfater på veggene i turbinrom når turbinen er i drift.

Aerosoler som f.eks. oljetåke kan genereres mekanisk eller ved fordamping og påfølgende rekondensering. Ved mekanisk generert aerosol vil oljens sammensetning også reflekteres i aerosolen, mens for aerosol generert via fordampning/rekondensering vil sammensetningen av aerosolen kunne avvike fra oljens sammensetning, avhengig av de enkelte komponenters flyktighet. For turbinoljer med OP-tilsetninger er både oljer og OPene relativt tungtflyktige, dvs. man vil kunne forvente at forholdet mellom olje og organofosfat i aerosolen tilnærmet vil være den samme som i turbinoljen. Siden innholdet av organofosfater i turbinoljer typisk er 1-5 %, vil en eventuell OP-eksponering, ved en oljetåkeeksponering som tilsvarer administrativ norm ($1 \text{ mg}/\text{m}^3$), kunne være i størrelsesorden $10\text{-}50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På denne bakgrunn er det lite sannsynlig at dagens turbinoljer vil resultere i høy OP-eksponering. Målingene, som er utført under normale driftsomstendigheter og i henhold til gjeldende arbeidsinstrukser, underbygger dette.

7.2. Deseleksos

Vedlegg 3-2 og 1-5

Deseleksos inneholder en kompleks blanding av elementært karbon (EC) partikler med adsorbent mutagene og kreftfremkallende polysykliske aromatiske hydrokarboner, andre organiske forbindelser og uorganiske gasser (f.eks. nitrogendioksid, karbonmonoksid og svoveldioksid).

Kilder til deseleksos i næringen er i hovedsak:

- Sementenheter
- Brannpumper
- Nøddaggregat
- Båter/skip
- Helikopter
- Dieselaggregater fra flotell
- Trucker
- Kakseanlegg
- Turbiner

Tre typer drivstoff er vanlig:

- Fossilt diesel; "diesel"
- Bunkersolje/tungolje
 - Halv-raffinert tungolje som benyttes som drivstoff på skip
- Helikopterdrivstoff, helifuel/jetfuel

EC er ansett som den beste markøren for partikkelfasen av dieseleksos. Selv om en analysemetode for bestemmelse av EC har vært tilgjengelig de siste 15 årene, er det ikke funnet målinger av EC på offshoreinstallasjoner i den vitenskapelige litteraturen eller i målerapporter fra norske operatører og entreprenører. I målerapportene fra selskapene ble det registrert noen få målinger av nitrogendioksid (NO₂) hvor dieseleksos var nevnt som kilde.¹⁶ Det finnes ingen egen administrativ norm for elementært karbon. Det pågår imidlertid et prosjekt som kartlegger arbeidstakeres lufteksponering for dieseleksospartikler i relevante bransjer ved bruk av elementært karbon som markør for dieseleksospartikler.⁴¹ Disse resultatene skal brukes som kunnskapsgrunnlag for fastsettelse av en eventuell administrativ norm for dieseleksospartikler på et senere tidspunkt.

Vi har i løpet av 2011 gjennomført en kartlegging av luftkonsentrasjoner av dieseleksos på seks norske offshore installasjoner, ett landanlegg og ett forsyningskip. I denne første studien med målinger av dieseleksos på offshoreinstallasjoner ble det totalt samlet inn 16 personlige og 91 stasjonære dieseleksosprøver fra seks deltakende selskaper.

Resultatene viser at luftkonsentrasjoner av EC var gjennomgående lave (median= 4,8 µg/m³, min-max <LOD-130) sammenliknet med f.eks. gruve- og tunnelarbeidere.⁴² En betydelig andel av målingene var under deteksjonsgrensen (38%). Resultatene indikerer imidlertid at det er en forskjell i konsentrasjonsnivåer mellom arbeidssteder. Målingene fra arbeid på helidekk og forsyningskip viste at disse områdene kan medføre høyere eksponering enn andre steder og bør derfor prioriteres ved fremtidige målinger.¹⁹ Luftkonsentrasjonen av NO₂ (median= 3,3 µg/m³, min-max <LOD-320) var gjennomgående lav sammenliknet med dagens justerte/tilpassede norm som benyttes offshore (0,66 mg/m³). Halvparten av alle NO₂ prøvene var under deteksjonsgrensen. Det var ingen samvariasjon mellom EC og NO₂ (R<0.1).

Denne kartleggingen har skaffet informasjon om grad av eksponering ved utførelse av spesifikke arbeidsoppgaver i tilknytning til kildene. Undersøkelsen har gitt nyttig informasjon om eksponeringsnivå i ulike områder i næringen, men de fleste målingene er stasjonære og gir derfor kun informasjon om luftkonsentrasjoner i aktuelle områder. Datagrunnlaget er imidlertid for lite til å kunne fastslå med sikkerhet at det er fullt forsvarlige forhold, og mer dokumentasjon på eksponeringsnivå er derfor nødvendig.

I et pågående prosjekt *”Eksponering og lungeeffekter hos boredekkarbeidere”* er det kartlagt eksponering for elementært karbon ved arbeid på boredekk. Resultater fra denne kartleggingen er forventet i løpet av 2013 og vil gi ytterligere dokumentasjon av eksponeringsnivå i næringen.

Ildfaste keramiske fibre (eng.: *refractory ceramic fibres, RCF*) er ikke-krystalinske fibre som hører til klassen av uorganiske syntetiske glassaktige fibre, også kalt "kunstige mineralfibre".^{43,44} Eksponering for RCF kan gi irritasjon av luftveiene, endret lungefunksjon og lungekreft. Dersom disse fibrene blir utsatt for temperaturer over ca. 900 °C kan de delvis omformes til kristobalitt (en form for krystallinsk silika) som har iboende kreftfremkallende og fibrosefremkallende egenskaper.⁴⁵ Det har derfor de siste årene vært mye internasjonalt fokus på bruk av og eksponering for RCF. Et resultat av dette er at RCF er blitt tilegnet et CAS-nr. som innebærer at RCF vurderes på lik linje med andre kjemikalier. RCF regnes dessuten av det Europeiske kjemikaliebyrået (ECHA) for å tilhøre de spesielt bekymringsverdige stoffene og er derfor oppført på ECHAs kjemikalieliste SVHC.⁴⁶

På bakgrunn av helsefarer knyttet til eksponering i kontakt med RCF er det viktig å ha oversikt over bruken av RCF og tilhørende eksponering (på lik linje med andre helsefarlige agens). Vår oversikt over innrapporterte data fra olje- og gassindustrien i Norge i perioden 2007-2009 viste ingen eksponeringsmålinger av RCF.¹⁸ I en tilsvarende oppsummering av historiske eksponeringsdata, for perioden 1966-2007, er det referert til kun 18 målinger for hele perioden (0,03-1,2 fibre/cm³).¹⁴

STAMI gjennomførte derfor i 2011 en spørreundersøkelse for å kartlegge bruk av RCF innen olje- og gassindustrien. Undersøkelsen viste at det generelt sett har vært liten kontroll med hva som blir brukt, når, hvor og hvordan da dette er produkter som tidligere ikke har blitt søkt inn som kjemikalier. I tillegg var det mangelfull oversikt over hvor RCF allerede er benyttet.²⁸ Det kan derfor ved rivningsarbeid være utfordrende å finne ut om materialet som skal rives inneholder RCF. Det var imidlertid flere som gav tilbakemelding om at det jobbes med å fremskaffe oversikt over bruk av RCF. Dette er et viktig arbeid for å dokumentere hvor RCF finnes og begrense fremtidig eksponering for RCF.

9. BRUK AV KJØPTE KJEMIKALIER I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

Vedlegg 4

Det brukes mange forskjellige kjemikalier ved leting og produksjon av olje og gass. Et av målene i prosjektet var å identifisere aktuelle kjemikalier som benyttes i olje- og gassindustrien og som kan tenkes å utgjøre en helserisiko for arbeidstakerne. Anskaffelse og bruk av kjøpte kjemikalier reguleres vanligvis av selskapsinterne avtaler. Sammensetningen av de kjøpte kjemikaliene vil ikke variere, dersom det ikke skjer en forurensning av produktet ved bruk (f.eks. ved uttak fra store beholdere).

Et felles stoffkartotek (Fellesdatabasen (FDB)) ble etablert høsten 2001 av Statoil, ConocoPhillips, Exxon Mobil, Transocean, Aker Solutions og Teekay. Stoffkartoteket ble bygget opp ved at de ulike aktørene og eierne av databasen la inn informasjon om sine respektive kjemikalier. Hver aktør har kun hatt tilgang til sine egne registreringer. Alle databladene i FDB kontrolleres iht. norsk regelverk, og skal sikre at medlemmene ivaretar sitt eget ansvar i henhold til arbeidsmiljøloven.⁴⁷ FDB er bygget opp som en Chess database hvor Bureau Veritas har ansvaret for den tekniske og faglige siden. Den faglige delen går ut på å kvalitetssikre alle databladene og all informasjonen som legges inn i databasen. Alle databladene skal oppdateres i takt med og i henhold til norsk regelverk.

Vi har antatt at de fleste og viktigste kjemikaliene som brukes i bransjen var registrert i dette stoffkartoteket. Kjøpte kjemikalier som var registrert i FDB per 08.03.2010 dannet grunnlag for gjennomgang og systematisering av dokumentasjon på kjøpte kjemikalier.¹⁶

Dataene i FDB ble systematisert på følgende måte:

- Kjemikaliene ble sortert med hensyn til helsefareklassifisering og risikosestninger (R-setninger)
- Kjemikaliene ble systematisert med hensyn til viktige agens som ble identifisert i prosjektet og ved gjennomgang av FDB
- Ved gjennomgang av FDB skulle det søkes å identifisere helsefarlige kjemikalier med hensyn til mulig luft- og hudeksponering

Det var i 2010 registrert 5564 kjemikalier/produkter og 1942 unike stoffer i dette stoffkartoteket. Av disse var 4,4% av produktene og 9% av stoffene helsefareklassifisert som giftige eller meget giftige stoffer på bakgrunn av stoffenes iboende egenskaper (laboratoriekjemikalier ikke medregnet). Informasjon om bruk og bruksvolum var ikke tilgjengelig for prosjektet. Databasen ble derfor systematisert basert på den registrerte informasjonen om helsefare og risiko (stoffets iboende egenskaper).

Vi utarbeidet et skåringssystem med utgangspunkt fra et annet system kalt "European Union Risk Ranking Method" (EURAM),⁴⁸ som blant annet er benyttet av European Trade Union Confederation (ETUC).⁴⁹ Skåringssystemet gir poeng basert på ulike typer helsefare der kreftfremkallende, mutagene og reproduksjonsskadelige effekter får høyest poeng, og rangerer henholdsvis stoffer og produkter etter iboende egenskaper for helsefare. I tillegg er det for den rangerte listen over stoffer også merket av for eventuelle treff i andre kjemikalielister som andre organisasjoner står bak, og som har vurdert stoffer utover bare de iboende egenskapene ved f.eks. å inkludere produksjonsvolum eller skadevirkning til det ytre miljø. Ved å inkludere informasjon om bruk og bruksvolum kan denne måten å systematisere produkter og stoffer på være et godt verktøy for å peke ut produkter og arbeidsoppgaver som er mest aktuelle for videre risikovurdering. Dette er basert på å identifisere de stoffene og produktene som skårer høyest (og dermed identifisert med høyest helsefare) og som også er i utbredt bruk.

I forbindelse med innføringen av CLP-merkeforskriften i juni 2012, er det lagt om til bruk av faresetninger (H-setninger) i stedet for R-setninger slik som i den gamle "klass.merk."-forskriften. Vi har derfor satt opp en ny tabell basert på gruppeinndelingen i CLP og med tilnærmet samme skårssystem ved hjelp av oversettelser fra H- til R-setninger (se Vedlegg 4-2). Det er imidlertid viktig å huske på at det ikke nødvendigvis er samsvar mellom disse to systemene, slik at totalskår for et stoff eller produkt kan bli noe forskjellig mellom gammelt og nytt system.

Det er viktig for arbeidsgivere og arbeidstakere at det finnes god dokumentasjon på yrkeshygiene forhold knyttet til kjemisk eksponering. Mangel på kunnskap om eksponeringsnivå ved utførelse av arbeidsoppgaver kan skape usikkerhet om mulig helserisiko. Hensikten med dette arbeidet var å vurdere og samle prøvetakings- og analysemetoder som kan anvendes for å kvantifisere eksponering for de mest aktuelle kjemiske stoffene i næringen.¹⁵

En tabelloversikt over prøvetakings- og analysemetoder for en rekke organiske og uorganiske forbindelser som er relevante for næringen, samt tilhørende referanser er gitt i rapporten. Utvalget av forbindelser er basert på en liste som framkom fra Petroleumsstilsynets pilotprosjekt¹³ og er supplert med forbindelser som er registrert av STAMI ved innlegging av eksponeringsdata fra olje- og gassindustrien i Norge.¹⁸ Listen er ikke fullstendig. Det kommer stadig nye kjemikalier inn i markedet, og det vil derfor være utfordringer knyttet til utvikling av nye prøvetakings- og analysemetoder.

Nedenfor har vi gitt anbefalinger for valg av prøvetakingsmetode for noen sentrale eksponeringsfaktorer i olje- og gassindustrien. Det kan være forskjeller mellom ulike laboratorier, og valg av prøvetakingsmetode bør derfor alltid avklares med analyselaboratoriet.

Løsemidler

8-timers prøver:

- Enkeltløsemidler: kullrør m/pumpehastighet 50 mL/min eller diffusjonsprøvetaker med kulladsorbent
- Destillasjonsfraksjoner (bensindamp, white spirit osv.): kullrør m/pumpehastighet 50 mL/min

5 min. prøver:

- Enkeltløsemidler: kullrør m/pumpehastighet 50 mL/min
- Destillasjonsfraksjoner: kullrør m/pumpehastighet 50 mL/min
- Stoffe med meget lave normer (f.eks. benzen): ATD-rør m/pumpehastighet 50 mL/min

Arbeidsoperasjoner med varighet under 10 min/enkeltløsemidler med meget lave normer (f.eks. benzen):

- ATD-rør m/pumpehastighet 50 mL/min

Oljetåke/oljedamp

37 mm lukket filterkassett m/glassfiberfilter + celluloseacetatfilter med kullrør i serie bak. Anbefalt pumpehastighet er 1,4 L/min og anbefalt prøvetakingstid er 2 timer.

Glykoler

OSHA Versatile Sampler (OVS-sampler) som består av et glassfiberfilter (13 mm) etterfulgt av 2 sjikt med XAD-7 adsorbent. Anbefalt pumpehastighet er 1,4 L/min.

Organofosfater

Organofosfater fra oljer samles opp ved hjelp av 37 mm totalstøvkassett med glassfiberfilter og et Chromosorb 106 adsorbentrør i serie bak. Anbefalt pumpehastighet er 1,5 L/min.

Aerosoler generelt:

Prøvetakingsutstyr for aerosoler må vurderes ut fra hvilket grunnlag administrativ norm er satt. Dersom normen er satt for respirabel fraksjon benyttes sykklon for respirabel aerosolfraksjon. Ved normer satt for inhalerbar fraksjon benyttes en kassett for inhalerbar aerosolfraksjon (IOM eller CIS). De fleste normer for aerosoler er satt for "totalstøv" og en totalstøv-kassett kan benyttes.

Respirabel aerosolfraksjon

Syklon for respirabel aerosolfraksjon benyttes til prøvetaking av denne fraksjonen. Filtertype må velges ut fra de komponenter som prøvene skal analyseres på. Pumpehastighet er f.eks. 2,2 L/min for Casella-syklon.

Torakal aerosolfraksjon

Syklon for torakal aerosolfraksjon benyttes til prøvetaking av denne fraksjonen. Filtertype må velges ut fra de komponenter som prøvene skal analyseres på. Pumpehastighet må være i henhold til spesifikasjonene for syklonen.

Inhalerbar aerosolfraksjon

Aerosol-kassett for inhalerbar aerosolfraksjon (IOM eller CIS) benyttes for prøvetaking av denne fraksjonen. Filtertype må velges ut fra de komponenter som prøvene skal analyseres på. Pumpehastighet må være i henhold til spesifikasjonene for de forskjellige kassettenne.

Sveiserøyk

Sveiserøyk samles opp med 25 mm lukket totalstøv-kassett med PVC-filter, montert i innåndingssonen innenfor beskyttelsesutstyr. Pumpehastighet er 2,0 L/min.

Kvarts

Kvarts-støv samles opp med sykklon for respirabel aerosolfraksjon med celluloseacetat membranfilter. Pumpehastighet er f.eks. 2,2 L/min for Casella-syklon.

Dieseleksos

Dieseleksos-partikler for bestemmelse av elementært karbon samles opp med 25 eller 37 mm lukket totalstøv-kassett med kvartfilter og med pumpehastighet 2,0 L/min.

Nitrogendioksid og karbonmonoksid fra dieseleksos kan bestemmes ved hjelp av direktevisende elektrokjemiske gass-sensorer. Nitrogendioksid kan også bestemmes ved oppsamling på natriumjodid-impregnert filter og med pumpehastighet 2,0 L/min.

Impregnert filter kan pakkes i samme kassett som kvartfilteret som samler opp elementært karbon.

11. KONKLUSJON

Ved arbeid i petroleumsnæringen vil mange yrkesgrupper komme i kontakt med en rekke kjemiske stoffer, ofte i komplekse blandinger, enten ved hudkontakt eller ved inhalasjon av aerosoler og gasser/damper. Kunnskapen om hvilke helseeffekter eksponering for lave konsentrasjoner av flere stoffer i blanding eller kortvarige høye eksponeringer kan ha er i de fleste sammenhenger begrenset. Det er derfor av stor betydning å kunne samordne og systematisere eksponeringsdata på tvers av selskaper for å overvåke og følge trender over tid, og for dermed å kunne gi grunnlag for næringens og selskapenes prioriteringer av forebyggende arbeid.

Vi har i dette prosjektet samlet inn og systematisert eksisterende og tilgjengelige yrkeshygieniske målinger fra norsk olje- og gassindustri for å gi en kunnskapsoppsummering om eksponeringsgrad i dag (Vedlegg 2).¹⁸ Prosjektet har videre bidratt med ny kunnskap om eksponering for organofosfater og dieseleksospartikler (Vedlegg 3).^{17,19} For å sikre kvalitet på risikovurderinger av kjemisk arbeidsmiljø må hensiktsmessig måleutstyr og prøvetakingsstrategi benyttes. Prosjektet har derfor utarbeidet beste praksis med hensyn til valg av prøvetakings- og analysemetoder for de mest aktuelle stoffene i næringen (Vedlegg 5).¹⁵ For å kunne drive forebyggende arbeid er det viktig å ha kunnskap om faktorer som påvirker eksponeringsgrad og i hvilke sammenhenger disse er gjeldende. Prosjektet har bidratt med kunnskap om eksponeringsscenarioer knyttet til de mest aktuelle områdene og kjemiske stoffene i næringen (Vedlegg 1).²⁰⁻²⁸ Resultatene fra disse arbeidsmøtene kan danne grunnlag for utarbeidelse av retningslinjer for å redusere risiko for kjemisk eksponering i næringen.

Til tross for fokus gjennom flere år fra næringen selv, myndigheter, partene og media er det fremdeles begrenset dokumentasjon av nivåer av kjemiske stoffer for arbeidstakere i petroleumsnæringen, og spesielt ansatte i servicenæringen. Dette tilsier at det er behov for å videreføre satsningen på kjemisk arbeidsmiljø og å fortsette aktiviteten med å dokumentere eksponeringsgrad for de fleste agens ved arbeid på innretninger til havs og landanlegg. Næringen har yrkeshygienisk kompetanse som er nødvendig for å fortsette denne satsningen.

Resultatene fra dette prosjektet viser en svak økning i antall målinger som utføres i næringen i dag sammenliknet med datamengden i Pilotprosjektet i Petroleumstilsynet. Det utføres også betydelig flere personbårne målinger, som er viktig dersom dataene skal brukes til vurdering av eksponering og mulige helseeffekter. Dataene viser videre at næringen har relativt god oversikt over eksponering for løsemidler (BTEX og n-heksan) og oljetåke/oljedamp i prosess/produksjon og ved boreoperasjoner offshore. Dataene viser også at det er stor variasjon i eksponeringsnivå mellom ulike arbeidsoppgaver som utføres.

For å etablere grupper med eksponeringsprofil som har antatt lik gjennomsnitt og spredning av eksponering (f.eks. samme type oppgaver som utføres, eksponert for de samme stoffene, lik bruk av utstyr)⁵ må dataene systematiseres videre med dette som formål for bruk i epidemiologiske studier eller i det forebyggende arbeidet. På mange områder jobbes det systematisk i næringen med å dokumentere eksponeringsgrad.

12. KUNNSKAPSHULL

Dette avsnittet sammenfatter kunnskapshull som er identifisert i prosjektet for å synliggjøre forskningsbehov av betydning for beslutningstagere og som innspill ved tildeling av forskningsmidler. Det er viktig å påpeke at temaene som belyses ikke representerer alle forskningsbehov innen kjemisk helsefare i petroleumsnæringen i Norge. Forskningsbehovene som vi viser til, er framkommet på basis av de spørsmålene vi har besvart i prosjektet, og med de metodene vi benyttet.

Noen kunnskapshull som ble avdekket var:

- Det mangler kunnskap om variasjon i eksponeringsgrad, og da særlig data som dokumenterer kortvarige topp-eksponeringer. Dette gjelder mange stoffer, som f.eks. hydrogensulfid.
- Det er mangelfull oversikt over eksponeringspotensialet ved termisk nedbrytning av organisk materiale (f.eks. epoksy) ved ulike typer varmt arbeid. Det er derfor stort behov for ytterligere forskning for å karakterisere termiske nedbrytningsprodukter ved ulike typer av varmt arbeid.
- Det er mangelfull oversikt over eksponeringspotensialet ved sveising på stål med korrosive egenskaper som brukes i petroleumsvirksomhet (f.eks. stål som inneholder krom (Cr), seksverdig krom (Cr^{VI}), nikkel (Ni), kobber (Cu) eller mangan (Mn)).
- Det mangler dokumentasjon på eksponering for endotoksiner eller andre bioaerosol-komponenter i oljeindustrien.
- Det er mangelfull dokumentasjon på kjemisk eksponering i forbindelse med håndtering av boreavfall (f.eks. borekaks, boreslam og slop) og avfall fra produksjon (f.eks. kvikksølvholdig og lav-radioaktivt avfall).
- Det er mangelfull dokumentasjon på kjemisk eksponering for vannbaserte borevæsker.
- Det er mangelfull oversikt over hvor keramiske fibre er benyttet på installasjonene og anleggene.
- Det er behov for videreutvikling av prøvetakere for to-fase systemer (f.eks. ved prøvetaking av stekeos og oljeaerosol), som kan ta prøver over et arbeidsskift og som kan separere damp- og partikkelfasen.
- Det mangler dokumentasjon på betydningen av opptak via hud ved eksponering for løsemidler og andre stoffer som tas opp via hud.
- Det er behov for å etablere datasystemer for å kunne samordne og systematisere eksponeringsdata på tvers av selskaper.

REFERANSER

- 1) Arbeidsdepartementet. *Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier)*. Oslo, **2011**.
- 2) Arbeidstilsynet. *Administrativ norm for forurensning i arbeidsatmosfære*. Trondheim, **2010**.
- 3) Petroleumstilsynet. *Veiledning til Aktivitetsforskriften §36 - Kjemisk helsefare*. Stavanger, **2011**.
- 4) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *TLVs and BEIs*. ACGIH: Cincinnati, Ohio, **2010**.
- 5) P. Stewart and M. Stenzel. Exposure assessment in the occupational setting, *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, **2000**, 15 (5), 435-444.
- 6) Norsk Industri, Norges Rederiforbund, LO, Petroleumstilsynet, SAFE, Lederne, Arbeidstilsynet, OLF. *Kjemisk arbeidsmiljø i den norske petroleumsindustrien*, **2011**.
- 7) Store Norske Leksikon. *Edwin Laurentine Drake*. **2012**.
- 8) *Vi fant, vi fant - Norge feirer 40 år som olje- og gassnasjon*, red. Kristin Bremer Nebben, Font forlag, **2009**.
- 9) *Fakta - Norsk petroleumsvirksomhet 2012*, Olje- og energidepartementet / Oljedirektoratet: Oslo / Stavanger, **2012**.
- 10) Statistisk sentralbyrå, *Årsstatistikk for olje- og gassvirksomhet (2010)*. Oslo, **2012**. (<http://www.ssb.no/oljev/>)
- 11) K. Steinsvåg, Retrospective assessment of exposure to carcinogens in Norway's offshore petroleum industry (Ph.D. Thesis), *University of Bergen, Department of Public Health and Primary Health Care*, Bergen, **2007**.
- 12) J. Kirkeleit, Benzene exposure and hematological effects among offshore workers exposed to crude oil (Ph.D. Thesis), *University of Bergen*, Bergen, **2007**.
- 13) Petroleumstilsynet. *Pilotprosjekt - Kjemisk arbeidsmiljø offshore*, **2007**.
- 14) M. Bråtveit, B.E. Hollund, K.S. Vågnes. *Historisk eksponering for kjemikalier i den norske olje- og gassindustrien - Yrkeshygieniske eksponeringsmålinger inntil år 2007*, Rapport nr. 2, Arbeids- og miljømedisin, Universitetet i Bergen og Uni helse: Bergen, **2010**.
- 15) S. Thorud, B. Bakke, M. Hersson, H.L. Daae, K.F. Solbu, H. Johnsen, N.P. Skaugset, T. Woldbæk, K. Halgard, K.K. Heldal, A. Skogstad, Y. Thomassen, W. Eduard, D. Ellingsen. *Prøvetakings- og analysemetoder - Beste praksis*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 2, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 16) K.F. Solbu, H. Johnsen, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae, B. Bakke. *Innkjøpte kjemikalier - gjennomgang og systematisering av Fellesdatabasen (FDB)*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 6, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.

- 17) K.F. Solbu, S. Thorud, P. Molander. *Organofosfater i arbeidsatmosfæren på norske offshoreinstallasjoner – Dagens eksponeringsbilde*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 8, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 18) B. Bakke, K.F. Solbu. *Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 9, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 19) K.F. Solbu, B. Bakke, G. Friisk, N.P. Skaugset. *Dieseleksos i arbeidsatmosfæren i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 4, Årgang 13, STAMI: Oslo, **2012**.
- 20) B. Bakke, K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved revisjonsstans i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-1, STAMI: Oslo, **2012**.
- 21) K.F. Solbu, B. Bakke, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved boring og brønn på norske offshore-installasjoner*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-2, STAMI: Oslo, **2012**.
- 22) K.F. Solbu, B. Bakke, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved prosess og produksjon i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-3, STAMI: Oslo, **2012**.
- 23) K.F. Solbu, B. Bakke, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved vedlikehold og modifikasjon i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-4, STAMI: Oslo, **2012**.
- 24) K.F. Solbu, B. Bakke, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering innen forpleining i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-5, STAMI: Oslo, **2012**.
- 25) K.F. Solbu, B. Bakke, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Arbeidsmøte om benzen i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-6, STAMI: Oslo, **2012**.
- 26) B. Bakke, K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Arbeidsmøte om dieseleksos og dieseleksoskilder i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-7, STAMI: Oslo, **2012**.
- 27) K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae, B. Bakke. *Arbeidsmøte om stekeos i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-8, STAMI: Oslo, **2012**.
- 28) K.F. Solbu, A. Skogstad, B. Bakke, V. Skaug, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Keramiske fibre i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-9, STAMI: Oslo, **2012**.
- 29) W. Fonahn, V. Lund, J.E. Pettersen. *Kartlegging av legionellaforekomst i luftede biologiske avløpsrensaneanlegg 2009-2010*, Vannrapport 117 - Biodamrapporten, Folkehelseinstituttet: Oslo, **2011**.
- 30) Norsk olje og gass. *Anbefalte retningslinjer for håndtering av kvikksølv*. Retningslinjer fra Norsk olje og gass, Nr. 132, Stavanger, **2012**.

- 31) S. Føreland, M.D. Bugge, B. Bakke, E. Bye, and W. Eduard. A novel strategy for retrospective exposure assessment in the Norwegian silicon carbide industry, *J. Occup. Environ. Hyg.*, **2012**, 9 (4), 230-241.
- 32) S. Michaelis, in *Aviation contaminated air reference manual*, red. Susan Michaelis, Eastbourne, 1st edn., **2007**, pp. 1-844.
- 33) K.F. Solbu, Airborne organophosphates in the aviation industry - Sampling development and occupational exposure measurements (Ph.D. Thesis), *Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo*, Oslo, **2011**.
- 34) A.J. Ghio, C.B. Smith, and M.C. Madden. Diesel exhaust particles and airway inflammation, *Curr. Opin. Pulm. Med.*, **2012**, 18 (2), 144-150.
- 35) K. Torén, I.A. Bergdahl, T. Nilsson, and B. Järholm. Occupational exposure to particulate air pollution and mortality due to ischaemic heart disease and cerebrovascular disease, *Occup. Environ. Med.*, **2007**, 64 (8), 515-519.
- 36) F. Laden, J.E. Hart, T.J. Smith, M.E. Davis, and E. Garshick. Cause-specific mortality in the unionized U.S. trucking industry, *Environ. Health Perspect.*, **2007**, 115 (8), 1192-1196.
- 37) R.J. Pandya, G. Solomon, A. Kinner, and J.R. Balmes. Diesel exhaust and asthma: Hypotheses and molecular mechanisms of action, *Environ. Health Perspect.*, **2002**, 110 (SUPPL. 1), 103-112.
- 38) A. Sydbom, A. Blomberg, S. Parnia, N. Stenfors, T. Sandström, and S.-E. Dahlén. Health effects of diesel exhaust emissions, *Eur. Respir. J.*, **2001**, 17 (4), 733-746.
- 39) D.T. Silverman, C.M. Samanic, J.H. Lubin, A.E. Blair, P.A. Stewart, R. Vermeulen, J.B. Coble, N. Rothman, P.L. Schleiff, W.D. Travis, R.G. Ziegler, S. Wacholder, and M.D. Attfield. The diesel exhaust in miners study: A nested case-control study of lung cancer and diesel exhaust, *J. Natl. Cancer Inst.*, **2012**, 104 (11), 855-868.
- 40) M.D. Attfield, P.L. Schleiff, J.H. Lubin, A. Blair, P.A. Stewart, R. Vermeulen, J.B. Coble, and D.T. Silverman. The diesel exhaust in miners study: A cohort mortality study with emphasis on lung cancer, *J. Natl. Cancer Inst.*, **2012**, 104 (11), 869-883.
- 41) Næringslivets Hovedorganisasjon, *NHOs Arbeidsmiljøfond.*, **2011**.
(<http://www.nho.no/arbeidsmiljoefondet/rapporter-fra-arbeidsmiljoefondet-article23508-66.html>)
- 42) A. Pronk, J. Coble, and P.A. Stewart. Occupational exposure to diesel engine exhaust: A literature review, *J. Expos. Sci. Environ. Epidemiol.*, **2009**, 19 (5), 443-457.
- 43) D.M. Bernstein. Synthetic vitreous fibers: A review toxicology, epidemiology and regulations, *Crit. Rev. Toxicol.*, **2007**, 37 (10), 839-886.
- 44) M.J. Utell and L.D. Maxim. Refractory ceramic fiber (RCF) toxicity and epidemiology: A review, *Inhal. Toxicol.*, **2010**, 22 (6), 500-521.
- 45) A. Skogstad, V. Skaug, E. Bye, K. Lenvik. *Bruk av keramiske fibre i norsk industri*, Rapport nr. HD1104/99 FOU, STAMI: Oslo, **1999**.
- 46) European Chemicals Agency (ECHA). *Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation*. ECHA: Helsinki, Finland, **2012**.

- 47) *Stoffkartotek*. Arbeidstilsynet, **2012**.
(<http://www.arbeidstilsynet.no/fakta.html?tid=78208>)
- 48) B.G. Hansen, H. Van, L. Van, and D.Z. Van. Priority setting for existing chemicals: European Union risk ranking method, *Environ. Toxicol. Chem.*, **1999**, 18 (4), 772-779.
- 49) T. Santos, D. Romano, R. Gadea. *Trade Union Priority List for REACH Authorisation*, European Trade Union Confederation: **2009**.

VEDLEGG

Arbeidsmøter

Revisjonsstans - helt eller delvis nedstengning	Vedlegg 1-1
Boring og brønnvedlikehold	Vedlegg 1-2
Prosess og produksjon	Vedlegg 1-3
Vedlikehold og modifikasjon	Vedlegg 1-4
Forpleining	Vedlegg 1-5
Eksponering for benzen	Vedlegg 1-6
Eksponering for dieseleksos	Vedlegg 1-7
Eksponering for stekeos	Vedlegg 1-8
Eksponering for keramiske fibre	Vedlegg 1-9

Rapporter

Innsamling og systematisering av kvantitative luftmålinger	Vedlegg 2
Eksponeringskartlegginger utført ved STAMI	
Organofosfater	Vedlegg 3-1
Diseleksos	Vedlegg 3-2
Bruk av kjøpte kjemikalier (Fellesdatabasen)	
Systematisering og rangering av stoffer og produkter	Vedlegg 4-1
Tilpasset skår-liste basert på CLP	Vedlegg 4-2
Prøvetakings- og analysemetoder	Vedlegg 5



ARBEIDSOPERASJONER OG KJEMISK EKSPONERING VED REVISJONSSTANS I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Berit Bakke, Kasper F. Solbu, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 30. april 2010

Sted: Hummeren Hotell, Sola

Sammendrag:

Dette dokumentet beskriver viktige arbeidsoperasjoner som utføres ved helt eller delvis nedstengning av et anlegg eller en innretning og viktige kjemiske stoffer som operatørene kan bli eksponert for.

De fleste arbeidsoppgavene som utføres under en stans er ordinære reparasjons- og vedlikeholdsoppgaver som ikke skiller seg nevneverdig fra når disse utføres under ordinær drift. Noen oppgaver er unike ved stansarbeid, dette gjelder spesielt splitting og tømning av hydrokarbonførende rør og utstyr, entringsjobber og arbeid på rør- og ventilsystemer. For utførelsen av noen oppgaver er det forskjell fra ordinære driftsforhold, f.eks. ved sveising, hvor man ikke trenger å sveise i habitat fordi systemet er tømt for hydrokarboner. Viktige eksponeringer som er omtalt omfatter benzen og andre hydrokarboner, kvikksølv, avleiringsmasse, dieseleksos, bakterier og biocider.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, eksponering, revisjonsstans.

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, exposure, maintenance turnaround.

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	III
1. Introduksjon og mål	1
2. Generelt om revisjonsstans.....	2
3. Arbeidsoperasjoner	4
3.1. Rengjøring av tanker/separatorer/utstyr.....	4
3.2. Entring av tank.....	5
3.3. Fjerning av overflatebelegg/forbehandling av flater	5
3.4. Overflatebehandling/malingsarbeid	6
3.5. Varmt arbeid.....	6
3.6. Avfetting	7
3.7. Isoleringsarbeid	7
4. Eksponeringer.....	8
4.1. Benzen og andre hydrokarboner.....	8
4.2. Kvikksølv	8
4.3. Avleiringer i prosess og produksjonsutstyr	9
4.4. Deseleksos	9
4.5. Bakterier	10
4.6. Biocider.....	11
5. Verneutstyr.....	12
6. Kommentarer fra deltakerne	13
Referanser	15

Forkortelser

AES	<i>Alkaline earth silicates</i> (jordalkaliesilikater)
VOC	<i>Volatile organic compounds</i> (flyktige organiske forbindelser)
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IKF (RCF)	Ildfaste keramiske fibre (eng.: <i>refractory ceramic fibres</i>)
LRA (LSA)	Lavradioaktive avleiringer (eng.: <i>low specific activity radioactive scale</i>)
MWF	<i>Metal working fluid</i> (skjærevæske)
NDT	<i>Non-destructive testing</i> (tester på materialer, men uten å påvirke disse)
OLF	Oljearbeidernes landsforening
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt

1. Introduksjon og mål

Dette dokumentet oppsummerer et arbeidsmøte 30. april 2010 om revisjonsstans. Formålet med arbeidsmøtet var å fremskaffe kunnskap om viktige arbeidsoperasjoner og eksponeringer i forbindelse med stansarbeide, samt få diskutert hvorvidt de arbeidsoperasjonene som utføres under en stans er vesentlig forskjellig fra arbeid som utføres når innretningen/anlegget er i drift.

Det deltok representanter fra fire operatørselskaper, fire leverandører (derav én bedriftshelsetjeneste som representerte en av leverandørene), samt deltakere fra STAMI og OLF, til sammen 16 personer.

2. Generelt om revisjonsstans

En revisjonsstans er en samling av vedlikeholdsaktiviteter, modifikasjoner eller utbyggingsprosjekter som krever stopp av hele produksjonslinjer eller deler av denne i en begrenset tidsperiode. Formålet med en revisjonsstans er å kunne utføre nødvendig vedlikehold og inspeksjoner, slik at sikkerhet og produksjonsregularitet på plattformer og installasjoner forbedres og levetiden forlenges.

Det finnes tre typer stanser:

1. Hele produksjonslinjen er nedstengt.
2. Deler av produksjonslinjen er nedstengt.
3. Uforutsett stans. Ofte i forbindelse med uønskede hendelser. En uforutsett stans er likevel nøye planlagt, dvs. et system for hvordan en slik stans skal håndteres og gjennomføres skal ligge i ferdigutviklede planer.

En revisjonsstans innebærer mye aktivitet i løpet av et kort tidsrom og mange aktører vil være i arbeid på installasjonen eller anlegget. Dette representerer bl.a. spesielle utfordringer i forhold til det å ha oversikt over risikoforhold. Planleggingen og gjennomføringen av en stans vil på bakgrunn av eksisterende kunnskap og erfaringer følge et gitt løp med flere tidsbestemte milepæler fram mot selve stansen. Detaljeringsgraden av informasjonen øker ettersom stansen nærmer seg. Denne prosessen skal gi sikkerhet for gode og realistiske planer og løsninger og sikre medvirkning og deltakelse fra aktører som vil være involvert i stansen. Beslutningspunkter og beslutningsunderlag vises i planen for å tydeliggjøre roller og ansvar. Noen av rollene og ansvars grensene vil være styrt av lovbestemmelser. Det vil alltid være en leder for stansen og det opprettes et team rundt lederen som er med under gjennomføringen av stansen. Organisasjonen kan være forskjellig fra selskap til selskap, men planprosessen er i prinsippet nokså lik. Gjennomføringen av stansen stiller store krav til planlegging og jobbforberedelse av operatør og leverandørbedriften. I forbindelse med en stans etableres såkalte helse, miljø og sikkerhet (HMS)-forum som er en arena hvor operatør og leverandør møtes. I disse fora formidles krav og forventninger til hverandre. En god planprosess kan redusere tiden som produksjonen er nedstengt.

Gjennomføringen av en stans kan beskrives i fire trinn:

1. Planleggingsfase. 100% produksjon på innretning/anlegg.
2. Nedkjøringsfase med blinding av utstyr og trykkavlastning. Prosessanlegget stenges ned 14 dager før stansen.
 - Dersom ikke hele produksjonslinjen er nedstengt, isoleres og blindes det utstyret som det skal jobbes på fra anlegget for øvrig.
 - Rørledninger og utstyr dreneres og tømmes for hydrokarboner. Mesteparten av innholdet i rørene blir tømt ved at det spyles med vann og/eller inert gass (f.eks. nitrogen), men der det er lavpunkter på nettet må det dreneres. I andre land brukes ofte dieseleksos som et alternativ til nitrogen.
 - Tanker og rørsystem som skal åpnes rengjøres også med vanndamp (eng: *steaming*), eventuelt med tilsetning av kjemikalie til dampen, for å løse opp avleiringer. Bruk av vanndamp skjer i lukket system.
 - Tanker ventileres og utluftes.
 - Måling av radioaktivt avfall.
 - Inspeksjon av området.
 - Det utføres gassmålinger og oksygenmålinger før entring av tank, samt underveis i arbeidet.
3. Gjennomføringsfase. Tidsvindu hvor det utføres vedlikeholdsaktiviteter, modifikasjoner eller nyinstallasjoner. Mekanisk arbeid.
4. Oppkjøringsfase. Det settes trykk i anlegget.
 - Før produksjonen startes opp igjen fjernes oksygen som måtte finnes i systemet ved å spyle med inert gass (f.eks. nitrogen).

3. Arbeidsoperasjoner

Vi skiller mellom de arbeidsoperasjonene som utføres før rørledninger, tanker, separatorer og utstyr er fullstendig tømt for hydrokarboner og avleiringer og de som utføres etter at systemet er rengjort. De fleste arbeidsoppgavene som utføres under en stans er ordinære reparasjons- og vedlikeholdsoppgaver som ikke skiller seg nevneverdig fra når disse utføres under ordinær drift. Noen oppgaver er unike ved stansarbeid, dette gjelder spesielt splitting av rør, entringsjobber og arbeid på rør- og ventilsystemer. For utførelsen av noen oppgaver er det forskjell fra ordinære driftsforhold, f.eks. ved sveising, hvor man ikke trenger å sveise i habitat fordi systemet er tømt for hydrokarboner. Nedenfor er kritiske arbeidsoperasjoner omtalt.

3.1. Rengjøring av tanker/separatorer/utstyr

Det er flere metoder for rengjøring av tanker, rørsystemer, ventiler og annet hydrokarbonførende utstyr:

- Spyling med inert gass (f.eks. nitrogen)
- Ultrahøytrykksspyling (eng.: *jetting*) med vann
- Vanndamp
- Bruk av kjemikalier
- Vanndamp tilsatt kjemikalier

Ved bruk av disse rengjøringsmetodene er det ikke kontakt mellom operatør og kjemikaliene. Ved bruk av vanndamp er det viktig å legge ut-luften (ventileringen) på riktig sted slik at operatørene ikke eksponeres. Temperatur på vanndampen er viktig mht eksponering. Etter rengjøring skal utstyret gjennomluftes (mekanisk ventilasjon) før entring. Det kan ta flere dager å rengjøre en tank. Behovet for rengjøring avhenger av type tank som skal rengjøres, f.eks. ferskvannstank sammenliknet med inlet separator.

Ved kjemisk rengjøring av prosessutstyr og tanker blir varm vanndamp tilsatt kjemikalier. For å få løst opp mest mulig av avleiringer og slam brukes jetvannsdysene, og vanndamp med kjemikalier spyles fra bunnen av tanken og opp. Da kan vakuumsuger i mange tilfeller brukes for å få ut massene i stedet for manuelt arbeid. Det som suges ut av tanken går til et slurry-anlegg hvor avfallet slurrifiseres og kan reinjiseres til en avfallsbrønn. Kjemisk rengjøring benyttes fortrinnsvis der hvor man har råolje/tunge komponenter i systemet. Det er også erfart at man får mindre hydrokarboner i tankatmosfæren ved åpning i etterkant av kjemisk rengjøring.

Det finnes flere kjemikalier og metoder som er i bruk ved kjemisk rengjøring. Det er ofte sterke preferanser på det enkelte anlegg. Plattformsjefen har gjerne erfaringer med kjemikalier som han/hun ønsker å bruke. Rengjøring av tanker gjøres stort sett av innleide spesialfirmaer, men det hender at operatører fra mekanisk eller drift rengjør.

Noen typer av kjemikalier som brukes:

- Enzymvasking
- Tilsetning av avfettingsmidler/hydrokarboner
- Noen installasjoner har erfart at vanlig oppvaskmiddel i pulverform, som skummer lite, er veldig effektivt til å løse opp harde avleiringer.

Det vil som regel være noe masse igjen inne i tanker og utstyr. For å få denne restmassen ut av tanker og rør kreves det bruk av manuelle operasjoner som meisling og spading. Dette er fysisk og psykisk tungt arbeid. Operatørene eksponeres også for mye støy, bl.a. fra lyskildene. Avleiringer i prosessanlegg er særlig aktuelt i koksanlegg og krakkere. Noen ganger kan det spades ut 50 m³ med slam/avleiringer, men denne mengden kan variere stort.

3.2. Entring av tank

Før noen går inn i tanker skal tanken være godt utluftet. Etter grundig utlufting skal det alltid kontrolleres ved måling at tanken er gassfri og at det er tilstrekkelig oksygen tilstede. Det skal sørges for mekanisk ventilasjon under arbeidet. Det skal også være en entringsvakt som registrerer når personer er inni og utenfor tanken (se forskrift om arbeid i tanker).

Etter at arbeidet inne i tanken er ferdig, kommer operatøren ut og tar av seg dress og annet verneutstyr. Da kan operatøren bli eksponert for de stoffene som er på dressen, hansker og sko.

3.3. Fjerning av overflatebelegg/forbehandling av flater

Før overflatebehandling må gammel maling/belegg fjernes fra overflaten. Det er spesialfirmaer som utfører dette arbeidet. Det er flere metoder som benyttes for å fjerne maling:

1. Bruk av kjemiske stoffer
 - Hydrogenperoksid
 - Rødsprit
 - Isopropanol
2. Mekanisk fjerning av malingsbelegg
 - Nålebanking (eng.: *picking*)
 - Sliping
 - Vannjetting/høytrykksspyling
 - Sandblåsing eller våtblåsing hvor det tilsettes 20% vann for å redusere støvdannelsen
 - Induksjonsvarme/varmepistol
 - Skuring med kost og skrape

I mange tilfeller vet man ikke hva slags type maling/belegg som er på konstruksjonen. Da bør man tenke worst-case med hensyn til eksponeringsforhold og beskyttelse av arbeidstakerne. ConocoPhillips har et system hvor de merker overflaten på plattformen hvor det forekommer maling som inneholder bly eller isocyanater.

3.4. Overflatebehandling/malingsarbeid

Det er i hovedsak tre typer overflatebehandling som utføres:

1. Når nye installasjoner produseres overflatebehandles stålkonstruksjoner som kommer i kontakt med vann for å unngå korrosjon av stålet. En av metodene som brukes for å beskytte mot korrosjon er påføring av maling. Maling vil imidlertid brytes ned over tid og det vil derfor være nødvendig å vedlikeholde installasjonene ved å male overflatene med jevne mellomrom. Det benyttes flere typer maling i olje- og gassindustrien og ofte må det males flere strøk (grunnstrøk og toppstrøk).
2. Termisk sprøyting (metallisering) blir utført på områder der det er særskilte krav til overflatebeskyttelse. Metalliseringsbelegget gjør at overflaten har høyere korrosjonsmotstand og tåler større grad av ytre påvirkninger fra varme og mekaniske belastninger.
3. Det påføres passiv brannbeskyttelse på enkelte konstruksjoner for å beskytte mot varmepåvirkning ved brann eller eksplosjoner. Det er i hovedsak to typer brannbeskyttelse som påføres: epoksy- og sementbaserte belegg.

Det finnes en norsk standard NORSOK standard M-501 som beskriver krav til valg av overflatebelegg, overflatebehandling og påføringsmetoder. Overflatebehandling/malingsarbeid blir utført av spesialfirmaer.

3.5. Varmt arbeid

Ved en stans utføres det mange typer varmt arbeid, f.eks. sveising, sliping og termisk skjæring. Disse oppgavene gjøres etter at rørsystemet er tømt for hydrokarboner. Det brukes derfor ikke habitat. Varmt arbeid skal også kun utføres etter at overflatebelegg er fjernet.

Eksponeringer

- Metaller fra konstruksjonen som det jobbes på (f.eks. krom og mangan)
- Organiske forbindelser fra rester av overflatebelegg
- Stoffer fra termisk dekomponering

Eksponering og helseeffekter ved varmt arbeid på belagt metall er blitt gjennomgått i en tidligere rapport av Institutet För Kämisk Analys.¹

3.6. Avfetting

Ved avfetting/rengjøring av større utstyr er det lukkede systemer (oppvaskmaskiner) hvor operatøren ikke er i kontakt med kjemikaliene. Ved avfetting/rengjøring av mindre deler brukes det klut som fuktes med løsemiddel (f.eks. aceton, rødsprit) og delen som skal rengjøres tørkes av. Praktis på bruk av oppvaskemaskin vs. bøtte/klut varierer.

Ved arbeid som innebærer avfetting av større og mindre utstyr bør følgende være vurdert:

- Type avfettingsmiddel som brukes
- Hvor ofte oppgaven utføres og varigheten av denne type oppgave
- Temperatur på avfettingsmiddelet (romtemperatur vs. oppvarmet)
- Hvordan man utfører oppgaven (oppvaskemaskin, bruk av klut, kost, dyppet ned i bøtte etc.)

3.7. Isoleringsarbeid

Det er mye isolasjonsarbeid ved en stans. Før vedlikehold på gamle rørledninger må isolasjon rives, kuttet og fjernes. Når nye rørledninger er lagt må det legges ny isolasjon rundt rørene. Ved legging av ny isolasjon rundt rør vil isolasjonsmaterialet bli tilskåret/tilpasset. Det finnes mange forskjellige produkter av isolasjonsmaterialer slik som matter. Det er spesialfirmaer som driver isoleringsarbeid. Disse firmaene utfører også fjerning og riving av isolasjon. Stillasarbeidere jobber mye med isolasjon.

Det brukes flere typer isolasjonsmaterialer avhengig av krav til termisk isolasjon:

- Mineralull – steinull (f.eks. Rockwool) eller glassull (f.eks. Glava)
- Ildfaste keramiske fibre (IKF), eng.: *refractory ceramic fibres (RCF)* – høytemperaturisolasjon
- AES (fra eng.: *alkaline earth silicates*) fibre – høytemperaturisolasjon

Keramiske fibrer benyttes som isolasjonsmateriale der det er store krav til termisk isolasjon. Bruk av keramiske isolasjonsmaterialer kan medføre eksponering for fibrer. Grad av eksponering er avhengig av hvordan materialet håndteres, arbeidsoperasjon, produkttype, varighet av arbeidet, ventilasjon og vernetiltak. Bruken av keramiske fibre har avtatt de senere år. De har delvis blitt erstattet av AES fibre som har gode termiske egenskaper, men som ikke er klassifisert kreftfremkallende i henhold til de regler som gjelder for kreftmerking av mineralfibre.

Keramiske og AES fibre er glassaktige (amorfe). Dersom disse fibrene blir utsatt for temperaturer over ca. 900 °C kan de delvis omformes til kristobalitt (en form for krystallinsk silika) som har iboende kreftfremkallende og fibrosefremkallende¹ egenskaper.^{2,3} Dette representerer en ekstra helseserisiko ved demontering og riving av gammel isolasjon som har vært utsatt for høye temperaturer. I tillegg vil varmpåvirkede fibre bli mer sprøtt og utsatt for brekkasje. Av den grunn vil slikt materiale ved håndtering støve mer enn nytt.

¹ Gir dannelse av kollagen og arr i lungene

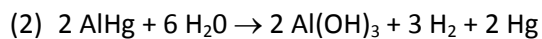
4. Eksponeringer

4.1. Benzen og andre hydrokarboner

Benzen og andre hydrokarboner er viktige komponenter i naturgass, råolje og produsert vann, samt i petroleumsprodukter. Eksponering for benzen og andre hydrokarboner kan skje i forbindelse med splitting og tømning av hydrokarbonførende utstyr, f.eks. ved manuell drenering/rengjøring av tanker/separatore/utstyr eller kontakt med avleiringsmasse.

4.2. Kvikksølv

Kvikksølv finnes i naturgass og petroleumsprodukter. Hvor mye kvikksølv som er i naturgass og petroleumsprodukter avhenger av reservoaret som det bores i. Kvikksølv kan eksistere i flere kjemiske former: elementært ($\text{Hg}^{(0)}$), ionisk (f.eks. Hg_2^{2+}) og organisk (CH_3Hg). Våt naturgass kan inneholde både elementært og organisk kvikksølv, mens tørr naturgass inneholder kun elementært kvikksølv.⁴ Kvikksølv i naturgass og petroleumsprodukter kan korrodere aluminiumskonstruksjoner ved at kvikksølv danner et amalgam på overflaten av metallet, noe som fører til en svekkelse av konstruksjonene (sikkerhetsproblem). Ved tilstedeværelse av vann dannes aluminiumhydroksid og hydrogen ved den følgende reaksjonen:



Denne prosessen frigjør kvikksølv, og korrosjonsprosessen kan fortsette ved at kvikksølv danner amalgam med basemetallet i konstruksjonene.⁵

Kvikksølv kan også finnes i avleiringer i form av kvikksølvulfider.

Arbeidsoperasjoner hvor eksponering for kvikksølv kan skje:

- Åpning av prosessutstyr
- Flowline inspeksjon (*NDT - non destructive testing*)
- Entring av tanker og separatore
- I gasstørkingsprosess
- Mottak av renseplugg (eng.: *pig*)
- Nedblødning av gassrør
- Varmt arbeid på utstyr med utfelt kvikksølvulfid (kan frigjøre kvikksølv: $\text{HgS} \rightarrow \text{Hg}^{(0)}$ i luft)
- Damprengjøring (eng.: *steaming*) av prosessutstyr
- Håndtering av voks

4.3. Avleiringer i prosess og produksjonsutstyr

Avleiringsmasse er forsteininger og slagg i form av utfellinger av mineraler i prosess- og produksjonsutstyr. Disse avleiringer fester seg på rørvegger, i tanker, i ventiler og annet utstyr som produksjonsstrømmen er i kontakt med. Avleiringene tetter igjen utstyret og bidrar til redusert produksjon over tid og høyere sikkerhetsrisiko. Noen avleiringer er radioaktive og kalles da lavradioaktive avleiringer (LRA). Naturlig forekommende radioaktive stoffer kan lekke ut fra berggrunnen, sammen med polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), tungmetaller, aromater og olje. LRA i prosess- og produksjonsutstyr er regnet for å være et avfallsproblem, og i mindre grad knyttet til et helse- og arbeidsmiljøproblem. Eksponering for LRA kan skje ved at operatørene er i kontakt med utstyr som er forurenset av LRA. Når avleiringsmassene tørker vil det også kunne forstøves og innåndes, og på den måten bidra til at operatørene eksponeres. LRA øker i takt med mengden produsert vann. Man forventer derfor at lavradioaktivt avfall vil øke i årene framover fordi eldre oljefelt produserer mer vann.

Alle installasjonene har egen strålevernansvarlig. Det stilles strenge krav til håndteringen av LRA. Alt utstyr (inkludert rør og metalleder) som skal sendes til land skal kontrolleres for avleiringsmasse.

Avleiringer i utstyret kan fjernes ved bruk av:

1. Kjemiske stoffer. Det brukes kjemiske stoffer som løser opp avleiringsmassen. Noen av disse produktene markedsføres som såkalte 'scale dissolver' som retter seg mot enkelte typer avleiringsmasser, f.eks. bariumsulfat (BaSO_4), strontiumsulfat (SrSO_4) og kalsiumkarbonat (CaCO_3). Det brukes også syrer (f.eks. fosforsyre).
2. Mekaniske arbeidsoperasjoner
 - Brotsjing/"boring" (eng.: *reaming*) og vasking
 - Ultrahøytrykkspyling (eng.: *jetting*)

Arbeidsoperasjoner hvor man kan komme i kontakt med avleiringsmasse:

- Vedlikehold på utstyr hvor det er avleiringsmasse
- Inspeksjon av tanker, rør og ventiler
- Utskifting av rør og ventiler
- Rengjøring av tanker/utstyr

Det tas prøver av avleiringer som sendes til analyse.

4.4. Deseleksos

Deseleksos inneholder en partikulær fase som består av elementært karbon, organiske forbindelser (f.eks. PAH) og små mengder av uorganiske sulfater, nitrater, metaller og andre sporelementer. I eksosen er det også en ikke-partikulær fase som inneholder karbondioksid, karbonmonoksid, nitrogenforbindelser (f.eks. nitrogendioksid, NO_2), svovelforbindelser (f.eks. svoveldioksid, SO_2) og

hydrokarboner/uforbrent drivstoff. Sammensetningen og mengden fra dieselmotorer er avhengig av drivstoffets sammensetning og tilsetninger, motorens tilstand, driftsbetingelser (f.eks. fart, belastning, temperatur) og tekniske innretninger for å overvåke og justere blandingen av diesel og luft, samt etterbehandle eksosen (f.eks. katalysatorer og partikkelfiltre). Deseleksos, bl.a. eksosens sammensetning, er blitt grundig gjennomgått av International Agency for Research on Cancer (IARC).⁶

Ved yrkesmessig eksponering for dieseleksos må det ved vurdering av risiko tas hensyn til både eksponering for partikulær- og ikke-partikulær fase.

I forbindelse med en stans er det mye dieseldrevet utstyr/aggregater i bruk. Alle turbiner er nede og det er ekstra behov for kraftforsyning. Det gjøres en del provisoriske løsninger for å lede eksosen bort fra der hvor folk jobber. Når plattformen designes gjøres det spredningsanalyser for å kunne si noe om eventuelle problemer med eksos. I praksis viser det seg at disse teoretiske modellene ikke samsvarer godt med virkeligheten, og problemer med dieseleksos er ofte større enn det som er blitt predikert av modellene. Det gjøres lokale tiltak for å redusere eksponering, f.eks. legge eksosuttaket opp og bort fra der hvor operatørene jobber.

Grad av eksponering er avhengig av antall dieseldrevne aggregater/utstyr, avstanden som operatøren jobber i forhold til dette utstyret, værforhold, varighet av arbeidet og vernetiltak.⁷

STAMI har nylig gjennomført en kartlegging av eksponering for dieseleksos innen olje- og gassindustrien.⁸

4.5. Bakterier

Det er kjent at produksjonsrør blir korrodert av bakterier som fester seg i kolonier/slimlag (biofilm) på metallflater på innsiden av rørene.¹¹ Bakteriene finnes i produksjonsvannet og kommer fra reservoarer flere km nede i undergrunnen. Disse hissigene bakteriene får rørene til å korrodere i rekordfart. Noen av bakteriene fortsetter også inn i prosessanlegget og videre til lagringstanker. Dagens miljøvennlige hydraulikk og smøreoljer kombinert med tilgang på luft og vann gjør at mange systemer med roterende utstyr er gode vekstmiljøer for mikroorganismer og dannelse av biofilm. Mikroorganismene benytter hydrokarboner i smøre- og hydraulikkoljer som næring (*Pseudomonas*, *Mycobakterier*). Er et system først angrepet kan biofilm dannes overalt i systemet og kan inkludere ventiler, pumper, motorer, sylindere, rørsystemer osv. Spesielt gode vilkår for mikrobiell vekst er ved resirkulering av prosessvann/produksjonsvann og boreslam, og i hydraulikkoljesystemer hvor det ikke er tilsatt biocider.

Aerosoler kan lett dannes ved ulike arbeidsoperasjoner hvor slik olje-emulsjoner håndteres og inhaleres av arbeidere. Mikroorganismer i form av bioaerosoler med høyt innhold av endotoksin har

¹¹Microbial induced corrosion (MIC)

tidligere vært en aktuell problemstilling innen metallindustrien (skjærevæsker, eng.: *metal working fluid*) og er rapportert å ha tilknytning til luftveisirritasjoner, astma og den sjeldne ungesykdommen hypersensitiv pneumonitt (allergisk alveolitt). Helseplager forårsaket av inhalering av mikroorganismer fra biofilm er imidlertid lite undersøkt i arbeidsmiljøsammenheng, men problemstillingen er av interesse for videre undersøkelser ved STAMI.

4.6. Biocider

Biocider som tilsettes er stort sett basert på ulike aldehyder (glutaraldehyd) og kvartære aminer. Ved rengjøring/vedlikehold av hydraulikkoljesystemer hvor det er tilsatt biocider kan operatørene bli eksponert. Det er viktig at utstyr som har vært i kontakt med biocider skylles godt med vann før demontering og vedlikehold. Eksponering for biocider regnes ikke å være fremtredende under stansarbeid.

5. Verneutstyr

Ved rengjøring av tanker benyttes verneutstyr med full barriere av type engangsdrakter, hansker og friskluftsutstyr helt fram til inspeksjonsarbeidet. Ved inspeksjonsarbeidet kan det være aktuelt bare å bruke en halvmaske dersom målinger av flyktige organiske komponenter (VOC) ved bruk av direktevisende fotoionisasjonsdetektor viser konsentrasjoner lavere enn 50 ppm. Bruk av verneutstyr i forbindelse med arbeid i tanker er beskrevet i Lovdata.⁹

Ved bruk av friskluftsutstyr er det viktig å ha god kontroll på pusteluften. Samarbeid for sikkerhet har en veiledning for overvåkning av luftkvaliteten. De fleste sluttbrukerne av trykkluft som pusteluft overvåker luften kontinuerlig. De fleste kompressorer for pusteluft er i dag oljefri. Ved varmt arbeid brukes alltid åndedrettsvern.¹⁰

6. Kommentarer fra deltakerne

- Flere av deltakerne etterlyste informasjon om hva man kan forvente å finne av kjemiske stoffer i tanker og utstyr på et tidlig tidspunkt i planleggingen av en stans. Denne informasjonen er viktig for å kunne velge riktige metoder for rengjøring og utførelse av de enkelte oppgavene.
- ConocoPhillips har fra 2004 hatt yrkeshygienikere med ved planlegging og gjennomføring av stans på Ekofisk. Yrkeshygienikerne kartlegger eksponering for et utvalg av kjemiske stoffer (benzen, n-heksan, VOC, kvikksølv) ved utførelse av enkelte arbeidsoppgaver. De skiller ikke mellom oppgaver som utføres av operatør og de som entreprenørene utfører. Alle arbeidsoppgaver vurderes med hensyn til kjemisk eksponering. Det er også innført en praksis hvor det tas biologiske prøver (urin) for overvåking av eksponering for kvikksølv og benzen. Yrkeshygienikerne er også til stede for å kunne håndtere uforutsette eksponeringssituasjoner/hendelser. De andre operatørselskapene som var til stede har ikke liknende praksis. Det kan være vanskelig å få med ekstra folk når det er stans pga begrenset sengekapasitet på mindre installasjoner.
- Flere deltakere uttrykte at det er ønskelig at yrkeshygienikere er med i prosessen fra planlegging til gjennomføring av en stans. Dette er viktig for å kunne ivareta uforutsette hendelser og skape trygghet hos de som utfører jobber med stor risiko for kjemisk eksponering. Det er ulik praksis på dette i selskapene.
- Enkelte selskaper prøver å skaffe seg rammeavtaler med seriøse firmaer som leverer tjenester. På denne måten kan man sørge for at leverandørene utvikler seg og det blir mer stabilitet både for operatør og leverandør.
- Det ble også nevnt at i noen selskaper jobbes det med å etablere prosesskart hvor man beskriver hva som kan finnes av kjemiske stoffer i rør og tanker. Her vil det være viktig å ta med alle eksponeringer som kan tenkes å utgjøre en helserisiko (f.eks. kvikksølv, benzen, LRA).
- Mange har erfart at det er store forskjeller mellom ulike stanser og operatørselskap i forhold til fokus på HMS. Flere etterlyste derfor felles retningslinjer for å følge opp kjemisk arbeidsmiljø i forbindelse med stansarbeid. I den forbindelse er det viktig å tenke helhetlig arbeidsmiljø og samspill mellom ulike faktorer i arbeidsmiljøet. Følgende faktorer ble nevnt:
 - Kjemiske stoffer
 - Støy
 - Ergonomi - tunge løft
 - Valg av verneutstyr
 - Jobbrotasjon
 - Bruk av overtid (noen jobber opptil 16 timer på et skift)
 - Lengre arbeidsperioder (16-21 dager mot 14 dager normalt)

- Ved å innføre et system hvor det er yrkeshygieniker tilstede og utfører målinger vil man over tid akkumulere måledata og erfaringer som kan være nyttig i en tidlig fase av planleggingen av en stans.
- Mange selskaper som leverer tjenester til en stans opplever at det er sterkt tidspress for å få utført jobbene på så kort tid som mulig. Dette kan gå på bekostning av helse, miljø og sikkerhet.
- Kontraktørene/serviceselskapene har med seg de kjemikaliene som er nødvendig for å få gjort jobben. Bruk av verneutstyr er regulert i kontrakten mellom operatør og kontraktør, men som regel er dette noe som det enkelte selskap har til sine ansatte.
- Det ble stilt spørsmål om gamle pakninger/materialer kan inneholde asbest. Hvis dette ikke er fjernet så kan slike materialer være aktuell problemstilling ved opphugging av eldre innretninger.
- Trelchem kjemikaliedresser^{III} med overtrykk er standard hos ConocoPhillips ved arbeidsoperasjoner som manuell grovrengjøring og vakuumsugning. Har gode erfaringer med denne dressen, bl.a. i forhold til komfort.
- Det ble kommentert at spesialprodukter som er beregnet til fjerning av maling, og som ofte er en blanding av flere løsemidler, er lite brukt.

^{III} Se <http://www.trellchem.com/>

Referanser

- 1) M. Dalene, G. Skarping, M. Spanne, S. Willers. *Present knowledge regarding exposure and possible health effects of "hot work" in coated metal parts offshore*, Vedlegg 7 til Ptils pilotprosjekt "Kjemisk arbeidsmiljø offshore (2007)", Institutet för Kemisk Analys Norden AB: Hässleholm, Sweden, **2007**.
- 2) A. Skogstad, V. Skaug, E. Bye, K. Lenvik. *Bruk av keramiske fibre i norsk industri*, Rapport nr. HD1104/99 FOU, STAMI: Oslo, **1999**.
- 3) K.F. Solbu, A. Skogstad, B. Bakke, V. Skaug, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Keramiske fibre i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-9, STAMI: Oslo, **2012**.
- 4) P. Sarrazin, C.J. Cameron, and Y. Barthel. Processes prevent detrimental effects from As and Hg in feedstocks, *Oil and Gas Journal*, **1993**, 91(4), 86-90.
- 5) M.D. Bingham. Field detection and implications of mercury in natural gas, *SPE Prod. Eng.*, **1990**, 5(2), 120-124.
- 6) International Agency for Research on Cancer. *IARC Monographs 46 on Diesel and Gasoline Engine Exhaust and Some Nitroarenes*. 46, **1998**.
- 7) B. Bakke, K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae. *Arbeidsmøte for kartlegging av dieseleksos og eksponeringskilder i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-7, STAMI: Oslo, **2012**.
- 8) K.F. Solbu, B. Bakke, G. Friisk, N.P. Skaugset. *Dieseleksos i arbeidsatmosfæren i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 4, Årgang 13, STAMI: Oslo, **2012**.
- 9) Arbeidsdepartementet. *Forskrift om arbeid i tanker*. **2007**.
- 10) *Seminar om personlig verneutstyr*. Petroleumstilsynet, www.norskoljeoggass.no, **27.05.2011**. ([http://www.norskoljeoggass.no/no/Kjemisk/Nyheter1/Presentasjoner-personlig-verneutstyr/](http://www.norskoljeoggass.no/no/Kjemisk/Nyheter1/Presentasjoner-personlig-verneutstyr/Presentasjoner-personlig-verneutstyr/))



Statens
arbeidsmiljøinstitutt

ARBEIDSOPERASJONER OG KJEMISK EKSPONERING VED BORING OG BRØNN PÅ NORSKE OFFSHORE-INSTALLASJONER

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Kasper F. Solbu, Berit Bakke, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 22. juni 2009

Sted: OLFs møtelokaler, Vassbotnen 1, Forus

Sammendrag:

Dette dokumentet beskriver arbeidsoperasjoner som utføres ved prosesser rundt boring og brønnvedlikehold innen norsk olje- og gassindustri, samt viktige kjemiske stoffer som personellet kan bli eksponert for.

"Boring og brønnvedlikehold" og underliggende spesifikke arbeidsoperasjoner skiller seg spesielt ut som særegent for olje- og gassindustrien offshore. De fleste arbeidsoppgavene som utføres under boring og brønnvedlikehold inkluderer kontakt med formasjonene i havbunnen og det sirkulerende systemet med borevæske som skal transportere og filtrere ut borekaksen fra slammet. Borevæsken kan ha en kompleks sammensetning av forskjellige kjemikalier, i tillegg til at det vil være bruk av smøremidler og smørefett på nødvendig utstyr. I forbindelse med boring og brønnvedlikehold er det mye dieseldrevet utstyr/aggregater i bruk som kan gi eksponering for eksos, også til randsonene. Mye av utstyret som brukes er hydraulisk drevet (spesielt på boredekk), og kan medføre eksponering for hydraulikkoljer.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, kjemisk eksponering, boring og brønn.

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, chemical exposure, drilling and well

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	III
1. Introduksjon og mål	1
2. Generelt om boring og brønnvedlikehold	2
3. Arbeidsoperasjoner	4
3.1. Klargjøring, land.....	4
3.2. Klargjøring, offshore	4
3.3. Boring	5
3.4. Sementering	6
3.5. Slambehandling	7
3.6. Logging og prøvetaking	8
3.7. Kverning.....	8
3.8. Komplettering.....	9
3.9. Testing	9
3.10. Reservoarstimulering	9
3.11. Brønnvedlikehold	9
3.12. Vedlikehold av utstyr.....	9
3.13. Rensing av vaskevann.....	9
4. Eksponeringer.....	11
4.1. Borevæsker/boreslam	11
4.2. Stoffer fra formasjonene	11
4.3. Oljer, asfalt og fett.....	11
4.4. Deseleksos	12
4.5. Støv og silika/kvarts.....	12
4.6. Syrer og baser.....	12
4.7. Uorganiske salter, oksider, silikater og gasser	13
4.8. Leire og polymerer	13
4.9. Bakterier	13
4.10. Biocider.....	14
Referanser	15

Forkortelser

BHA	<i>Bottom hole assembly</i> (nederste delen av borerstrengen som gir kraft til boringen)
BOP	<i>Blow-out preventer</i> (utblåsningsventiler)
CMC	<i>Carboxymethyl cellulose</i> (karboksymetylcellulose)
CRI	<i>Cutting re-injection</i> (reinjeksjon av kaks (sand/grus fra formasjonene))
DP	Dynamisk posisjonering
FPSO	<i>Floating production, storage and offloading</i> (produksjonsskip)
IRN	<i>Iron roughneck</i> (robot/maskin for å montere/demontere borerør)
LRA (LSA)	Lavradioaktive avleiringer (eng.: <i>low specific activity radioactive scale</i>)
LWI	<i>Light well intervention</i> (lett brønnintervensjon)
MWD	<i>Measurement while drilling</i> (kontinuerlige målinger relatert til boringen)
MWF	<i>Metal working fluid</i> (skjærevæske)
NAF	<i>Non-aqueous fluid</i> (ikke-vandig/oljebasert væske)
OBM	<i>Oil based mud</i> (oljebasert slam)
OLF	Oljeindustriens landsforening (nå Norsk olje og gass)
PAC	Polyanionske celluloser
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
RGB/PGB	<i>Retrievable/permanent guide base</i> (midlertidig/permanent lederamme)
ROV	<i>Remotely operated vehicle</i> (fjernstyrt undervannsfarkost)
SMACCC	<i>Statoil method for autogenous crushing and classifying of cuttings</i>
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
TLP	<i>Tension leg platform</i> (plattform med strekkstag)
WBM	<i>Water based mud</i> (vannbasert boreslam)

1. Introduksjon og mål

Denne rapporten beskriver arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering i forbindelse med boring og brønnvedlikehold på offshore-installasjoner. Arbeidsgruppene hadde som formål å fremskaffe kunnskap om arbeidsoperasjoner og tilhørende eksponeringskilder/kontaktpunkter. "Boring og brønnvedlikehold" skiller seg spesielt ut fordi dette inkluderer arbeidsoperasjoner som er særegent for olje- og gassindustrien offshore, og det var derfor viktig å fremskaffe god forståelse om stillingssystemet og arbeidsoperasjonene for denne delen av industrien. Mye av den daglige terminologien innen boring og brønnvedlikehold er på engelsk, men vi har i dette dokumentet valgt å beholde norske ord samtidig som vi har referert til de engelske ordene for å sikre en korrekt forståelse.^a

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser. Det deltok representanter fra tre operatørselskaper, to leverandører, én bedriftshelsetjeneste, samt deltakere fra OLF og STAMI, til sammen 15 personer.

^a Online-ordbøkene Oil Gas Glossary (www.oilgassglossary.com) og Schlumberger Oilfield Glossary (www.glossary.oilfield.slb.com), samt boken "Brønnvæsker"¹ er i stor grad benyttet til definisjoner av terminologi som er typisk for bransjen og til utfyllende informasjon. Detaljer rundt arbeidsoperasjoner og eksponering for boring er også godt beskrevet i en rapport fra IPIECA/OGP.²

2. Generelt om boring og brønnvedlikehold

Arbeidsoperasjoner i forbindelse med boring og brønnvedlikehold skiller seg ut som unikt for olje- og gassindustrien, siden disse ikke utføres i andre industrier og kan medføre direkte kontakt og eksponering for olje/naturgass/kondensat og boreslam. Boring vil dessuten kunne være hovedaktivitet på en installasjon fordi prosessen frem til et oljereservoar er klart for produksjon kan være lang. Arbeid inkluderer da klargjøring av utstyr (på land og offshore), boring, slambehandling, logging, prøvetaking, kverning, rensning av forurenset og ofte oljeholdig vann (eng.: *slop*), sementering (eng.: *cementing*), komplettering (eng.: *completion*), testing og stimulering (eng.: *stimulation*) av reservoaret. I løpet av brønnens levetid og produksjon vil det også være nødvendig med periodisk vedlikehold.

Boring og brønnvedlikehold foregår både på flyttbare og faste innretninger. Flyttbare innretninger finnes i flere varianter:

- Halvt nedsenkbar rigg (eng.: *semisub rig*) – dynamisk posisjonering (DP) eller anker
- Oppjekkbar rigg (eng.: *jack-up rig*) – mobil plattform med oppjekkable legger
- Boreskip
- Lett brønnintervensjon (eng.: *LWI - light well intervention*) - først og fremst bruk av skip

Produksjonsinnretninger kan være:

- Bunnfast – betong- eller stålfundamenter til havbunnen
- Flytende og vertikalt forankret plattform med strekkstag (eng.: *TLP - tension leg platform*)
- Produksjonsskip (eng.: *FPSO – floating production, storage and offloading*)
- Oppjekkbar rigg

De som jobber med boring og brønn er ansatt i et entreprenørselskap som har kontrakt med operatørselskapet. Typisk for stillingssystemet er borehierarkiet der opprykk i hierarkiet er basert på ansiennitet og kompetanse. Dette sikrer at lederne har tilegnet seg kunnskap og erfaring i alle stillingene som ligger under ansvarsområdet. Stillingsbetegnelser er (fra øverste leder):

- Boreleder dag/natt (eng.: *company man*) – fra operatørselskap
- Assisterende boreleder
- Boresjef (eng.: *toolpusher*) – fra entreprenør (boreselskap) og øverste leder i boreprosessen.
- Assisterende boresjef (eng.: *tourpusher*)
- Borer (eng.: *driller*) – leder for hvert boremannskap (eng.: *crew*) og ansvarlig for maskineriet
- Assisterende borer
- Tårnmann (eng.: *derrickman*) – ansvarlig for boreslammet og systemene det blir brukt i
- Assisterende tårnmann (kan være i kombinasjonsstilling med boredekkarbeider)
- Boredekkarbeider (eng.: *roughneck*) – typisk jobber 3-5 stk. samtidig

Andre stillingsbetegnelser inkluderer boreingeniør/kompletteringsingeniør, *CRI* (eng.: *cutting re-injection*)-operatør eller *SMACCC* (*Statoil method for autogenous crushing and classifying of cuttings*)-operatør, retningsborer, *MWD* (eng.: *measurement while drilling*)-ingeniør og slamlogger (eng.: *mud logger*).

3. Arbeidsoperasjoner

3.1. Klargjøring, land

Noe av materialet som benyttes i boreprosessen, som f.eks. borerør (eng.: *pipe*),^b må klargjøres på land før det sendes ut til plattformen. Dette kan inkludere påsetting av smørefett (eng.: *dope*) og montering av utstyr som den nederste delen av borestrengen (eng.: *BHA - bottom hole assembly*). *BHA*^c inkluderer bl.a. borekrone (eng.: *drill bit*), stabilisatorer og hydraulisk eller mekanisk støtstang (eng.: *jarring device - "jar"*). Ofte inneholder *BHA*en også en slam-motor, utstyr til retningsboring og utstyr for måling av formasjonsparametre under boringen (*MWD*) som bl.a. kan inneholde radioaktive kilder. Borevæske/boreslam (eng.: *mud*) håndteres både på land og offshore. Normalt mottas borevæske ferdig blandet (eng.: *premixed mud*) fra land via forsyningskip (eng.: *supply vessel*). Det er likevel nødvendig å kondisjonere og vedlikeholde borevæsken. Det finnes derfor både basevæske og tilsetningsstoffer om bord. Barytt, bentonitt og sement transporteres til riggen som bulkvarer og lagres i store siloer. Andre tilsetningsstoffer kommer normalt i "big-bags", 25 kg-sekker eller lukkede systemtanker, alternativt i kanner eller tanker (200 L/1000 L) for væskekemikalier. Enkelte væskekemikalier transporteres i konteiner-tanker.

3.2. Klargjøring, offshore

I forkant av boringen må det utføres kontroll og klargjøring av utstyret som skal benyttes. Borerør og utstyr på boredekk rengjøres og smøres, samt at boredekk gjøres klar for operasjon ved rydding, vasking/spyling/rensing og drenering. Stigerør (eng.: *riser*)^d påsettes smørefett^e samt at lås og pakninger kontrolleres før de monteres i riktig rekkefølge. Føringrør (eng.: *casing*)^f klargjøres ved å fjerne en beskyttelseshette (eng.: *protector*) og en beskyttende smøring som er påsatt før lagring (eng.: *storage dope*). Ofte er dette gjort klart på land med gjengefett, men føringrør-operatør (eng.: *casing operator*) må av og til rengjøre/spyle og smøre føringrør på nytt på offshoreinstallasjonen i tillegg til å utføre kontroll av gjengene.^g Andre klargjøringsoperasjoner er lekkasjetesting av utblåsningsventiler (eng.: *BOP - blow-out preventer*),^h påmaling av nummerering på rørene (sikre montering i riktig rekkefølge) og klargjøring av en midlertidig/permanent lederamme (eng.: *retrievable/permanent guide base - RGB/PGB*).ⁱ

^b En rekke av sammensatte rør omtales som borestreng (eng.: *drill string*)

^c Diameter kan typisk variere mellom 7" (17,8 cm) og 42" (106,7 cm)

^d Stigerør er en kanal som gir en midlertidig forbindelse mellom brønnen og boreinnretningen.

^e Smørefettet kan ofte være i blanding med kalsiumfluorid, kalsiumoksid eller kobber. Det finnes også smørefett med sinkpulver og blyforbindelser.

^f Føringrør er rør med stor diameter som settes inn i en nylig boret del av et borehull for bl.a. å gi en sterk fundamentering før videre boring.

^g Det er kritisk for boreprosessen at gjengene er i orden slik at man unngår stans. Entreprenører kan f.eks. være Weatherford og Odfjell Well Service.

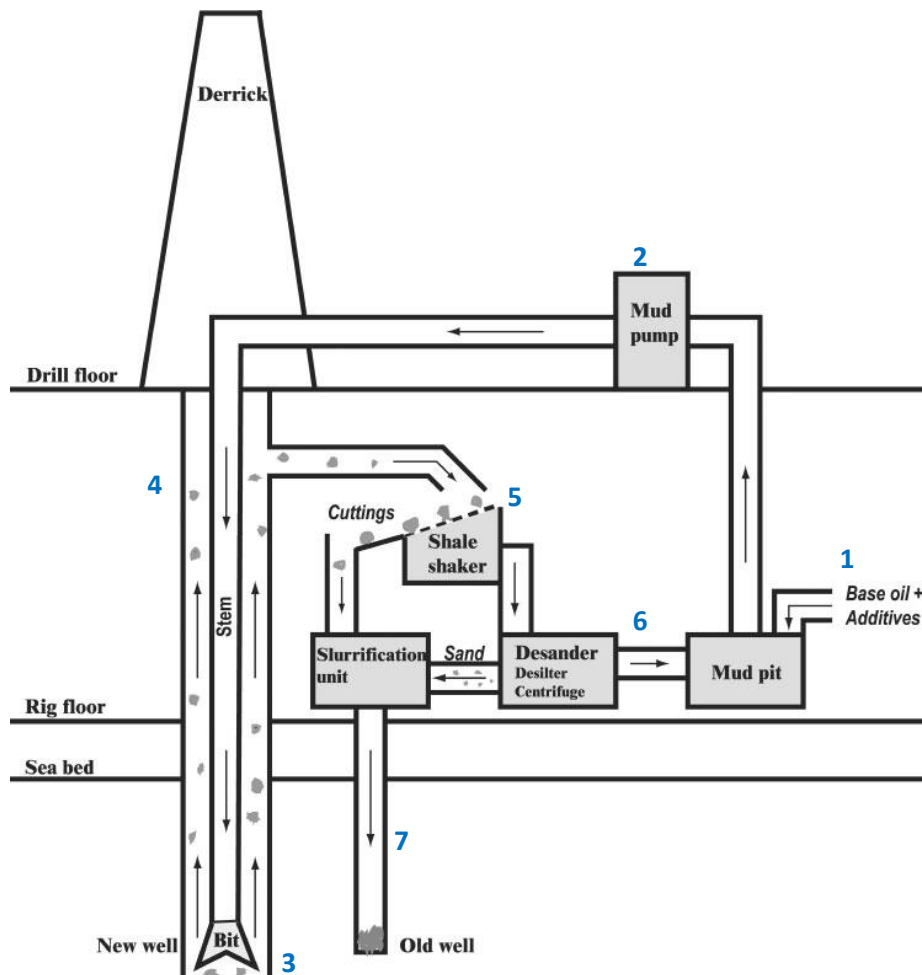
^h Installerer på brønnhodet for å hindre utslipp av trykk. Lekkasjetestes på dekk.

ⁱ Settes på havbunnen for å gi mekanisk støtte til *BOP* (produsert på land av f.eks. Aker, FMC og ABB). Bruken av *RGB/PGB* er mest typisk for leteboring.

3.3. Boring

Boreprosessen innledes med fjerning av stein, jord og andre sedimenter med drillhodet (eng.: *spudding*) og fortsetter med å bore toppseksjon, trekke ut borestreng, sette det første fôringsrøret i brønnen (konduktor - eng.: *conductor casing*), sementere konduktor, bore neste seksjon, sementere, sette brønnehode, sette *BOP* og deretter sette et forbindelsesrør (eng.: *riser pipe*).^j Vask og smøring av rørene gjøres automatisk eller manuelt før automatisk sammenkobling, vanligvis ved hjelp av en fjernoperert maskin (eng.: *iron roughneck - IRN*).

Etter at forbindelsesrøret er satt bores det med slam i sirkulasjon (Figur 3-1): (1) Basevæske og tilsetningsstoffer blandes i slamtanken; (2) Slammet pumpes ved høyt trykk inn i borestrengen, (3) passerer gjennom dysene i borekronen, og (4) returnerer på utsiden av borestrengen og transporterer borekaks til overflaten på plattformen; (5) Faste stoffer og væsker blir atskilt med vibrerende sikter (siktemaskin/shaker) og annet rengjøringsutstyr; (6) Slammet blir sendt tilbake til slamtanken og resirkulert; (7) Når borekaksen skal pumpes ned i en gammel brønn for lagring blir den først kvernet og slurrifisert.



Figur 3-1: Sjematisk fremstilling av boreprosessen med boreslam (hentet fra Steinsvåg et al. 2006³)

^j Forbindelsesrøret fungerer som en guide for borestammen fra boreinstallasjonen til brønnehodet og overfører borevæske fra brønnen til installasjonen.

Boreslammet består hovedsakelig av en base, vektmateriale, viskositetsprodukter og andre kjemikalier som er tilsatt for å tilpasse slammets egenskaper:¹

- Basen består av vann eller olje. Innledningsvis benyttes vannbasert boreslam. Oljebasert boreslam (eng.: *oil based mud*) benyttes etter hvert dersom reservoaret krever det (f.eks. når det vannbaserte slammets reagerer med formasjonene).
- Vektmateriale: Barytt (består av >98% BaSO₄) er mest vanlig, men også kalsiumkarbonat (CaCO₃) og hematitt eller jernoksid (Fe₂O₃) blir også brukt for spesielle tilfeller.
- Viskositetsøkende stoffer: Vanligvis benyttes leirtypen bentonitt som hydratiseres og sveller i vann. Det benyttes også polymerer som stivelse, cellulose, karboksymetylcellulose, polyanioniske celluloser, hydroksidetylcellulose, polyakrylamider og polyakrylater.
- Sirkulasjonstapsmaterialer: Ved tap av sirkulasjon eller tap av væske til formasjon (f.eks. ved hulrom i bergarten eller oppsprekking), kan det bl.a. benyttes nøtteskall (f.eks. hvalnøtt), cellofan, glimmer, fiber, sagmugg, kalsiumkarbonat eller sement for å fylle opp hulrommene/sprekkene.
- Andre tilsetningsstoffer: Smøremidler, pH-justerende kjemikalier og korrosjonshindrende kjemikalier.

Når det er behov for å skifte borekrone, skifte verktøy/måleutstyr, forberede spesielle kjøring for testing, ved hullstabilitetsproblemer m.m. er det nødvendig å trekke borestrengen ut for deretter å kjøre den ned i borehullet igjen (eng.: *tripping*). I denne delen av operasjonen er det vanlig å ha sirkulasjon på slammets som går gjennom borestrengen, og det vil da kunne renne ut boreslam på boredekket. I slike tilfeller vil det forekomme manuell tørking av borestreng i begrenset omfang. Ved brekking (frakobling av rør) blir det ofte mye søl av slam på boredekket. Som regel benyttes det fjernopererte eller manuelle slamspann (eng.: *mudbucket*) for å begrense søl av slam. Rørene settes tilbake på lagringsplassen (eng.: *stand*) på boredekket eller legges ned på rør-dekket (eng.: *pipe deck*) dersom det ikke skal benyttes mer.

Det meste av boreslammet som benyttes i boreprosessen er ferdig mikset på land og leveres i bulk fra skip til lagringstanker om bord.^k Justering, kalibrering m.m. utføres offshore, og installasjonen har en egen slam-ingeniør om bord som har ansvar for slam-laboratoriet og for prøvetaking og analyse av boreslam. Tårnmann og boredekksarbeidere (i shakerrommet) måler også vekt og viskositet på boreslammet regelmessig ved boring. Dette kan gjøres opp til 4 ganger pr time. I tillegg vil det kunne være en geolog til stede for å ta prøver av borekaks og karakterisere reservoaret.

3.4. Sementering

Målet med sementering er å sette opp en beskyttende kappe rundt føringsrøret og isolere den fra formasjonene. Sementeringen skal gi en varig hydraulisk forsegling i borehullet som tillater selektiv væskeproduksjon fra de underjordiske formasjonene og samtidig hindre lekkasjer og uønsket migrering av væsker til andre formasjoner eller til overflaten. Det finnes flere sementeringsmetoder

^k Typiske leverandører: MI Swaco, Baker Hughes, Clariant og Halliburton

og inkluderer bruk av flere kjemikalier som kan gi eksponering for de som forbereder sementblandingen og for boredekkarbeidere ved evt. søl:¹

- Akseleratorer – reduserer herdetiden (uorganiske salter, salter av organiske syrer og alkaliske salter av salpetersyre)
- Retarder – forlenger herdetiden (lignin, lignosulfonat, syrer, cellulosederivat, organiske og uorganiske syrer)
- Ekstendere – reduserer tettheten (leire, natriumsilikat, gilsonitt, pozzolaner og nitrogen)
- Vektmaterialer – øker tettheten (ilmenitt, hematitt, kalsiumkarbonat, barytt)
- Tynnere – reduserer viskositeten (organiske syrer, lignin, polymerer)
- Filtertapsmateriale – reduserer tap av vannfasen som trenger inn i formasjonen (faste partikler - bentonitt, polyvinylklorid, asfaltén (fra råolje), resin (harpiks); vannløselige kjemikalier - celluloseprodukter, syntetiske polymerer)
- Tapt sirkulasjonsmateriale – grovere materiale for å stanse eller hindre tapt sirkulasjon (gilsonitt, granulert kull)
- Spesielle additiver – ulike spesialpreparater

3.5. Slambehandling

Bulkkjemikalier tas i mot fra båt til tank om bord. På tanker lagres det borevann, vektmateriale (barytt, ilmenitt), mud/slam, baseolje, sement og saltlake (eng.: *brine*). Kjemikalier kan også leveres som enheter (sekk/pod).

Ved iblanding av tørrkjemikalier fra sekker og åpning av sekker kan disse bli kuttet manuelt på forhånd, men lukket sekkekutter med undertrykkventilasjon er normalt i bruk for å dempe støveksponering. Åpne kuttere for "big bags" er også i bruk, i prinsippet som lukket system, men likevel med fare for støvdannelse og dermed mulig eksponering for støv.

Væsketilsetning foregår med fast eller flyttbar pumpe rett i tank (eng.: *pit*) eller til slamlinjen (eng.: *mudline*), eller ved hjelp av kanne. Det kan også tilsettes små enheter med viskøs væske eller fibrøst materiale (eng.: *pill*) som "*Killpill*" (stoppe væskestrøm fra brønnen), "*HiVis - high viscosity*" (med høy viskositet for å hjelpe løft av boremateriale opp av en vertikal brønn), "*LCM – lost circulation material*" (tilsettes sement eller slam for å hindre tap av sement eller slam til formasjonen det bores i) og "vaskepille". Boreslammet settes inn i det sirkulerende slamsystemet ved hjelp av en pumpeenhet.

Separasjon av borekaks (sedimenter/fast stoff, eng.: *cuttings*) og væske foregår ved bruk av siktemaskin (eng.: *shale shaker*) slik at boreslammet kan returneres til boreprosessen og kaksen siles ut. I slambehandlingen på siktemaskiner inngår også skifte av gitter/filter (eng.: *screen*), evt. rengjøring eller lapping av disse, rense og sjekke magneter i strømlinjen (eng.: *flowline*) i forkant av

siktemaskinen, i tillegg til generell overvåking. Retur av slammet skjer i et lukket system,^l mens kaksen sendes enten til re-injeksjon (slurrifisert kaks)^m av SMACC-operatør ned i en avfallsbrønn eller sendes til land. Kaks transporteres i så fall fra siktemaskinrom (eng.: *shaker room*) til transportenhet i *big bags* eller i konteiner. Personell som overvåker siktemaskinene har som oftest anledning til å oppholde seg i en skjermet operatørbu (eng.: *shaker room cabin*), slik at oppholdstid i eksponert område reduseres (f.eks. 1 time i eksponert område i løpet av en 3-timersvakt ved siktemaskinene). Normalt fordeles arbeid i shakerrommet mellom flere boredekkarbeidere i løpet av et 12-timers skift.

Det foretas manuell prøvetaking av slam forholdsvis ofte, både i siktemaskinrom og i tankrom, i tillegg til inspeksjoner og generell operasjon av utstyret. Slam-tanker rengjøres ved skifte av slam-system. Dette gjøres ofte av spesialiserte entreprenørfirma.

3.6. Logging og prøvetaking

Ved boreoperasjoner i et oljefelt vil en slamloggingstekniker bestemme posisjonene av hydrokarbonforekomsten med hensyn til dybde, identifisere nedihulls (eng.: *downhole*) litologi, måle naturgass som entrer boreslamstrømmen og skrive brønnlogger som kan brukes av oljeselskapets geologer. Slamloggeren tar også prøver av biter fra formasjonene som etter hvert sirkuleres ut av borehullet og undersøkes under mikroskopⁿ eller teste kjerneprøver av reservoaret for bestemmelse av porøsiteter og permeabiliteter. I borestrengen er det ofte inkludert MWD-utstyr som bl.a. består av elektriske logger som måler ulike data i formasjonen, og opereres typisk av en ekstern MWD-tekniker. Det er da mulig å måle formasjonens naturlige radioaktivitet, ledeevne, trykk, temperatur, og brønnens retning og helning. Dataene transporteres til overflaten gjennom slammet inne i borestrengen under boring.

3.7. Kverning

Enheter som er gjensatt eller tapt i borehullet (eng.: *fish*) og ikke kan fiskes opp igjen kan bores gjennom ved hjelp av kverning/fresing (eng.: *milling*). Kverning eller kutting av fôringsrør kan også utføres når man skal gjøre et sidesteg. Denne prosessen fører til at det kommer metall i retur med boreslammet og de sirkulerte væskene må være i stand til å fjerne freste materialer vekk fra borehullet. Det er viktig å unngå metallspon på siktemaskinen, og det gjøres derfor et manuelt arbeid med å fjerne slikt metallspon der magneten løftes ut fra strømlinjen og rengjøres (varighet på normalt 10-15 min).

^l Det er viktig å gjenbruke slammet, som har stor verdi

^m En slurry er en blanding (suspensjon) av et uløselig fast stoff (som kaks) med en væske (f.eks. vann eller olje). En slurry av kaks og vann vil da oppføre seg som en tykk væske.

ⁿ Det bestemmes bergartstypene for å få indikasjon på porøsiteten i reservoaret

3.8. Komplettering

Etter boring og fôring må brønnen kompletteres. Overhalings- og kompletteringsvæsker blir derfor plassert i brønnen for å legge til rette for den endelige driften før oppstart av produksjon der det skal installeres permanent utstyr i brønnen (som filtreringsmetoder eller skyte perforeringer i den produserende sonen). Væskene skal sørge for at reservoarområdet rundt brønnen skades minst mulig og at den opprinnelige permeabiliteten opprettholdes for å oppnå best mulig strømning fra reservoaret og inn i brønnen. Klassifisering av overhalings- og kompletteringsvæsker er delt inn i paknings-, overhalings-, perforerings-, skille-, gjennomborings- og sandpakningsvæsker. Type væske velges etter dens evne til å kontrollere formasjonstrykket og minimere skade på formasjonen.

3.9. Testing

Diverse tester gjøres, f.eks. trykktester etter at væskestrøm i borehullet er endret.

3.10. Reservoarstimulering

Reservoaret/brønnen kan stimuleres for å øke produksjonsutbyttet. Syrevasking brukes f.eks. ved å reagere og bryte ned matriksen i formasjonene for å øke porestørrelsen, evt. løse opp hele formasjonen. Det kan også injiseres vann for å øke trykket i brønnen.

3.11. Brønnvedlikehold

Vedlikehold av brønnen (eng.: *well servicing*) utføres for å forbedre eller opprettholde produksjonen fra en formasjon som allerede er i produksjon. Det involverer vanligvis reparasjoner på bl.a. pumper, ventiler, rør og pakninger og vedlikehold av andre elektriske og mekaniske deler. Utstyr som benyttes ved brønnvedlikehold krever logging og vedlikehold. Dette kan være på utstyr for kabeloperasjon (eng.: *wireline*), kveilerør (eng.: *coiled tubing*), produksjonsrør (eng.: *tubing*) og rørdytting (eng.: *snubbing*).^o

3.12. Vedlikehold av utstyr

Andre typer utstyr krever også vedlikehold, som *BOP* og fjernstyrte undervannsfarkoster (eng.: *ROV - remotely operated vehicle*). Mye av utstyret i boreavdelingen er hydraulisk operert, slik at drift, vedlikehold og reparasjoner kan medføre søl av hydraulikkolje.

3.13. Rensing av vaskevann

Vaskevann (eng.: *slop*) er vannet som samles i en egen tank fra flere dreneringspunkter om bord på en rigg. Dette vaskevannet har opprinnelse fra nedbør, og fra rensing og rengjøring av borerør og

^o Rørdytting er en type tung brønn-intervensjon der borerøret settes inn i brønnhullet når *BOP* er stengt og trykket til brønnen er opprettholdt.

boredekk som normalt kan bli tilsølt av borekaks, boreslam og saltvann. Vaskevannet er derfor en blanding av regnvann, vann som inneholder olje eller vannbasert boreslam fra sluk på boredekk, såpe og smørefett fra rengjøring av rørgjenger på dekk, slam, og kjemiske residuer fra slam på pumperommet og slamblanderommet. I tillegg kan det også forekomme kontaminering fra andre hjelpesystemer som f.eks. hydrauliske oljer, smøremidler, løsemidler, frostvæske og fett.⁴ På grunn av vaskevannets komplekse og uforutsigbare sammensetning har det vært mest vanlig å sende vannet til land som spesialavfall, med mindre vannet kan bli injisert ned i dedikerte brønner. Det er dessuten tatt i bruk metoder for å behandle vaskevannet offshore der det rensede vannet kan slippes ut i sjøen.^{5,6}

4. Eksponeringer

4.1. Borevæsker/boreslam

Bruken av borevæsker er omfattende i oppstrøms olje- og gassindustrien og er kritisk for å oppnå en sikker og produktiv olje- eller gassbrønn. Ved boring blir et stort volum av borevæsker sirkulert i åpne eller halv lukkede systemer, ved høye temperaturer og ved røring/miksing, som medfører et potensial for kjemisk eksponering. De forskjellige typene med væsker har ofte en komplisert sammensetning av ulike typer kjemikalier (eksempelvis 52% baseolje, 30% vann, og tilsetningsstoffer som 11% vektmateriale, 3% emulgatorer, 2% saltoppløsning, 1% pH-økende stoffer, og 1% viskositetsøkende stoffer).³

Oljetåke/oljedamp-målinger er tradisjonelt sett på som beste indikator for slameksponering, men er ikke like godt egnet for måling av aerosoler fra vannbasert slam (eng.: *WBM - water based mud*) som for oljebasert slam (eng.: *NAF - non-aqueous fluid*), og prøvetakingsmetode for oljedamp/tåke i slambehandlingsområdene synes ikke å være validert for oppsamling av dagens baseoljer.⁷ Eksponering for slam (spesielt fra siktemaskiner) er ellers blitt godt dokumentert siden 1980.^{3,8,9} Det er tidligere utarbeidet en detaljert rapport vedrørende eksponering for oljeslam og de komponentene som finnes i slammet.¹⁰

4.2. Stoffer fra formasjonene

Ved boring i formasjonene kan borestrengen passere små lommer av olje, gass og kondensat som vil kunne frigis til det sirkulerende boreslammet og dermed gi uventet eksponering for disse stoffene, inkludert benzen og H₂S-gass. H₂S-gass kan føre til degradering av metallet i bore- og sirkulasjonsrør. Disse gassene må derfor kontinuerlig overvåkes. Det kan også forekomme eksponering fra lavradioaktive avleiringer (LRA, eng.: *LSA – low specific activity radioactive scale*) ved utrensing av avleiring (eng: *scale clean-out*) og ved nedstengning av produksjonsbrønner.

4.3. Oljer, asfalt og fett

Bruk av oljebasert slam øker potensiell helsefare ved slameksponering, og eksponeringspotensialet for oljeaerosoler er spesielt stort nær siktemaskiner. Men flere faktorer (bl.a. væskestrøm (flow), temperatur og baseoljekvalitet) spiller inn på graden av aerosoldannelse.¹¹ I områdene for siktemaskiner er det ofte personell til stede for å holde tilsyn og utføre renhold og vedlikehold, og det er derfor som regel en oppholdstidsbegrensning på 2-3 timer. Ofte finnes det en egen operatørbu for å begrense oppholdstiden ute ved maskinene, men disse rommene kan være av ulik kvalitet. Det er stor forskjell på eksponering mellom ulike systemer og seksjoner som blir boret.

Eksponering for oljetåke/oljedamp kan også forekomme fra slam i slam-tankrom pga. åpne luker og evt. søl pga. overtrykk i tank. Bruk av naturasfalt som f.eks. gilsonitt (benyttet som vektreduserende materiale i sement) vil også kunne generere støvdannelse og evt. eksponering ved bruk.

Personell som jobber på boredekket kan være utsatt for hudkontakt med borevæske, smøremidler, smørefett, og hydrauliske oljer. Håndtering av slike kjemikalier kan være langvarig og repeterende på grunn av utbredt manuelt arbeid og håndtering av urent utstyr, overflater, spray, og utslipp fra rengjøringsoperasjoner og høytrykkspyling.

4.4. Deseleksos

Deseleksos inneholder en partikulær fase som består av elementært karbon, organiske forbindelser (f.eks. PAH) og små mengder av uorganiske sulfater, nitrater, metaller og andre sporelementer. I eksosen er det også en gass/damp-fase som inneholder karbondioksid, karbonmonoksid, nitrogenforbindelser (f.eks. nitrogendioksid), svovelforbindelser (f.eks. svoveldioksid) og hydrokarboner/uforbrent drivstoff. Sammensetningen og mengden av eksos fra dieselmotorer er avhengig av drivstoffets sammensetning og tilsetninger, motorens tilstand, driftsbetingelser (f.eks. fart, belastning, temperatur), tekniske innretninger for å overvåke og justere blandingen av diesel og luft, og etterbehandling av eksosen (f.eks. katalysatorer og partikkelfiltre).¹²

Ved yrkesmessig eksponering for deseleksos må det ved vurdering av risiko tas hensyn til både eksponering for partikulær- og ikke-partikulær fase.

I forbindelse med boring og brønnvedlikehold kan det være mye dieseldrevet utstyr/aggregater i bruk. Grad av eksponering er avhengig av antall dieseldrevne aggregater/utstyr, avstanden som operatøren jobber i forhold til dette utstyret, værforhold, varighet av arbeidet og vernetiltak.¹³

4.5. Støv og silika/kvarts

Åpne sekker ved blanding av slam eller sement kan være en betydelig kilde til eksponering for støv. Miksing av tørrkjemikalier og sement i åpne blandetrakter, i enkelte sammenhenger uten av sug, kan medføre en betydelig støveksposering. Krystallinsk silika (kvarts) benyttes fremdeles i enkelte typer sementblandinger. Lukkede, automatiske sekkekutleanlegg og lukkede bulksystem (med barytt og bentonitt) er vanlig i dag. For nyere sementeringsanlegg kontrolleres normalt de fleste sementjobber fra et separat sement-kontrollrom.

4.6. Syrer og baser

Både syrer og baser inngår i boreslam i forbindelse med pH-justering og i brønnvæsker til bruk ved reservoarstimulering. Eksempelvis kan organiske (f.eks. sitronsyre) og uorganiske syrer benyttes som retardere i sement. Benyttede baser kan være natronlut (NaOH), kalilut (KOH) og lime (Ca(OH)₂).

4.7. Uorganiske salter, oksider, silikater og gasser

I slammet kan det benyttes flere typer salter som barytt (BaSO_4), CaCO_3 og Fe_2O_3 . Ved sementering kan akseleratorer som CaCl_2 (veisalt, vanligst 2-4% av vekt), NaCl (koksalt), KCl , NaBr , salter av organiske syrer, og alkaliske salter av salpetersyre inngå. Videre kan det inngå vektreduserende silikater (f.eks. Na_2SiO_3) og pozzolan.^p ZnBr_2 som kan benyttes i borevæske er korrosiv.

4.8. Leire og polymerer

Viskositetsprodukter fra boring kan inkludere stivelsler, cellulose, karboksymetylcellulose (CMC), polyanioniske celluloser (PAC) og bentonitt (leirtype). I sement kan det inngå lignin^q som tilhører gruppen polysykliske biopolymerer og er et av de mest allment forekommende organiske forbindelsene i naturen. Lignosulfonat, et sulfonert lignin, benyttes også i sement og består av vannløslige anioniske polyelektrolytiske polymere. Lignosulfonat er et biprodukt fra produksjon av papirmasse med sulfittprosessen.

Leire kan inneholde bentonitt, og bestemmelse av kvarts (SiO_2) er en viktig determinant for toksisiteten til bentonitt og andre leirer.

4.9. Bakterier

Vaskevannet som er brukt til rengjøring av tanker og utstyr kan inneholde oljerester. Kombinasjonen av oljerester med tilgang til luft og vann kan gi godt vekstmiljø for mikroorganismer og dannelse av biofilm. Det er f.eks. kjent at produksjonsrør blir korrodert av bakterier som fester seg i kolonier/slimlag (biofilm) på metallflater på innsiden av rørene.^r Bakteriene finnes i produksjonsvannet og kommer fra reservoarer flere km nede i undergrunnen, og mikroorganismene benytter hydrokarbonene som næring (*Pseudomonas*, *Mycobakterier*). Dersom et system først er angrepet kan biofilm dannes i hele systemet og kan inkludere ventiler, pumper, motorer, sylindre rørsystemer osv. Spesielt utsatt for mikrobiell vekst er f.eks. ved resirkulering av prosessvann/produksjonsvann og boreslam, og i hydraulikkoljesystemer hvor det ikke er tilsatt biocider.

Aerosoler kan lett dannes ved ulike arbeidsoperasjoner hvor slike olje-emulsjoner håndteres og inhaleres av arbeidere. Mikroorganismer i form av bioaerosoler med høyt innhold av endotoksin har tidligere vært en aktuell problemstilling innen metallindustrien ved bruk av skjærevæske (eng.: *MWF - metal working fluid*) og er knyttet til luftveisirritasjoner, astma og evt. opphopning av den sjeldne

^p Pozzolan er en gruppe stoffer som har den egenskap at de danner bindestoffer ved reaksjon med kalsiumhydroksid. Pozzolaner består hovedsakelig av silisiumforbindelser, og finnes i naturlig form som bergarter av vulkansk opprinnelse og kunstig fremstilt bl.a. som brente leirminerale, risaske og flyaske fra kullfyrte kraftverk (fra Store Norske Leksikon, online)

^q Lignin er fellesnavnet på en gruppe kompliserte kjeder av aromatiske alkoholer som inngår i planters cellevegger

^r Microbial induced corrosion (MIC)

lungesykdommen hypersensitiv pneumonitt. Helseplager forårsaket av inhalering av mikroorganismer fra biofilm er imidlertid lite undersøkt i arbeidsmiljøsammenheng, men problemstillingen er interessant for videre undersøkelser.

4.10. Biocider

Biocider som tilsettes (f.eks. rett i sirkulasjonssystemet) er stort sett basert på ulike aldehyder (f.eks. glutaraldehyd), kvartære aminer eller kvartære fosforforbindelser. Ved rengjøring/vedlikehold av f.eks. slamtanker hvor det er tilsatt biocider kan operatørene bli eksponert. Det er viktig at utstyr som har vært i kontakt med biocider skylles godt med vann før demontering og vedlikehold. Eksponering for biocider regnes ikke å være fremtredende ved boring og brønn dersom utstyr er godt rengjort før vedlikeholdsarbeid utføres.

Referanser

- 1) G. Kolle and R. Mesel, in *Brønnvæsker*, red. Vett & Viten AS, Nesbru, 3. opplag, **2006**.
- 2) IPIECA, OGP. *Drilling fluids and health risk management - A guide for drilling personnel, managers and health professionals, in the oil and gas industry*, International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA) and International Association of Oil & Gas Producers (OGP): London, UK, **2009**.
- 3) K. Steinsvåg, M. Bråtveit, and B.E. Moen. Exposure to oil mist and oil vapor during offshore drilling in Norway, 1979-2004, *Ann. Occup. Hyg.*, **2006**, 50 (2), 109-122.
- 4) E.D. Glimmerman. *Assessment of the available technologies for slop and bilge water treatment and monitoring offshore*, Chalmers University of Technology: Gothenburgh, Sweden, **2006**.
- 5) *Sorbwater - Treatment of slop water*. SorbWater Technology, www.sorbwater.com, **2012**.
- 6) *Filtrering av slop på Åsgard*. Statoil, www.statoil.com, **2012**.
- 7) M. Bråtveit, B.E. Moen. *Kjemisk eksponering i petroleumsvirksomheten, relatert til produksjonsstrømmer, produsert vann og boreslam*, Rapport nr. 2, Seksjon for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen: Bergen, **2007**.
- 8) B. Bakke, K.F. Solbu. *Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 9, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 9) S. Thorud, B. Bakke, M. Hersson, H.L. Daae, K.F. Solbu, H. Johnsen, N.P. Skaugset, T. Woldbæk, K. Halgard, K.K. Heldal, A. Skogstad, Y. Thomassen, W. Eduard, D. Ellingsen. *Prøvetakings- og analysemetoder - Beste praksis*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 2, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 10) International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, International Association of Oil & Gas Producers. *Drilling fluids and health risk management. A guide for drilling personnel, managers and health professionals in the oil and gas industry*, OGP Report Number 396, IPIECA/OGP: **2009**.
- 11) M. Bråtveit, K. Steinsvåg, S.A. Lie, and B.E. Moen. Modeling of oil mist and oil vapor concentration in the shale shaker area on offshore drilling installations., *J. Occup. Environ. Hyg.*, **2009**, 6, 679-686.
- 12) International Agency for Research on Cancer. *Diesel and Gasoline Engine Exhaust and Some Nitroarenes*. IARC Monographs, Volume 46, **1998**.
- 13) K.F. Solbu, B. Bakke, G. Friisk, N.P. Skaugset. *Dieseleksos i arbeidsatmosfæren i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 4, Årgang 13, STAMI: Oslo, **2012**.



Statens
arbeidsmiljøinstitutt

ARBEIDSOOPERASJONER OG KJEMISK EKSPONERING VED PROSESS OG PRODUKSJON I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Kasper F. Solbu, Berit Bakke, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 23. juni 2009

Sted: OLFs møtelokaler, Stavanger

Sammendrag:

Dette dokumentet beskriver viktige arbeidsoperasjoner som utføres ved prosess og produksjon i olje- og gassindustrien, samt viktige kjemiske stoffer som operatøren kan bli eksponert for.

Produksjonsstrømmen går i et lukket hydrokarbonførende system. Eksposering for produksjonsstrømmene kan skje når systemet åpnes. Ved ordinær drift vil systemet vanligvis kun åpnes ved uttak av prøver eller i forbindelse med vedlikehold og rengjøring (f.eks. mottak av renseplugg). Kontakt med føden og tilsatte prosesskjemikalier skjer stort sett bare i korte perioder ved prøvetaking av råolje, kondensat og/eller produsert vann, eller i forbindelse med rensepluggoperasjoner og annet vedlikehold og rengjøring.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, eksponering, prosess og produksjon.

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, exposure, processes and production.

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	III
1. Introduksjon og mål	1
2. Generelt om prosess og produksjon	2
3. Prosesser	3
3.1. Hovedprosess	3
3.1.1. Separasjon	3
3.1.2. Produksjonskjemikalier	3
3.1.3. Vann- og gassinjeksjon	3
3.2. Hjelpesystemer.....	4
3.3. Lagring	4
3.4. Annet	4
4. Arbeidsoperasjoner	5
4.1. Hovedprosess	5
4.1.1. Produksjonskjemikalier – trietylenglykol (TEG)/monoetylenglykol (MEG).....	5
4.1.2. Produksjonskjemikalier - kjemikaliepakke i injeksjonspunkt	5
4.1.3. Olje og produsert vann	5
4.2. Klargjøring før entring	5
4.3. Inspeksjon og prøvetaking.....	6
4.4. Vedlikehold, rengjøring og avfallsbehandling	6
5. Eksponeringer.....	7
5.1. Produksjonskjemikalier	7
5.2. Avfall og avleiringer	7
5.3. Råolje og kondensat	8
5.4. Biocider.....	8
5.5. Eksponering for biologiske faktorer/agens	8
5.6. Andre eksponeringer	8
Referanser	10

Forkortelser

CO₂	Karbondioksid
F&G	<i>Fire and gas</i> (brann og gass)
H₂S	Hydrogensulfid
Hg	Kvikksølv
LRA (LSA)	Lavradioaktiv stråling (eng.: <i>low specific activity radioactive scale - LSA</i>)
MEG	Monoetylenglykol
NDT	<i>Non destructive testing</i> (tester på materialer, men uten å påvirke disse)
OLF	Oljeindustriens landsforening
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
TEG	Trietylenglykol
UiB	Universitetet i Bergen
WHRU	<i>Waste heat recovery unit</i> (varmegjenvinningsenhet/varmeveksler)

1. Introduksjon og mål

Et sentralt mål i prosjektet *Eksposering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri –Dagens eksponeringsbilde* er å identifisere arbeidsoperasjoner, bruksområder og bruksbetingelser for de mest aktuelle stoffene som brukes i næringen. Hensikten med dette arbeidsmøtet var å fremskaffe kunnskap om viktige arbeidsoperasjoner og tilhørende eksponeringskilder/kontaktpunkter ved arbeid i prosess og produksjon på installasjoner til havs.¹

Denne rapporten oppsummerer informasjon som er framkommet i et arbeidsmøte 23. juni 2009 hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser. Det deltok representanter fra to operatørselskaper, samt deltakere fra Oljeindustriens Landsforening (OLF) og STAMI, til sammen 11 personer.

¹ Online-ordbøkene Oil Gas Glossary (www.oilgassglossary.com) og Schlumberger Oilfield Glossary (www.glossary.oilfield.slb.com), samt boken "[Produksjonsteknikk 2](#)",¹ er i stor grad benyttet til definisjoner av terminologi som er typisk for bransjen og til utfyllende informasjon. Helsefare forbundet med prosesskjemikalier er bl.a. beskrevet av Cottle et al.²

2. Generelt om prosess og produksjon

Produksjon involverer håndteringen av alle produserte og injiserte væsker fra brønnhodet til deponeringspunkt (f.eks. oppsamling til manifoldsystemetⁱⁱ). Produksjonsstrømmene som tas opp består av råolje, gas og vann. Produksjonsstrømmen går i et lukket hydrokarbonførende system. Eksponering for produksjonsstrømmene kan skje når systemet åpnes. Ved ordinær drift vil systemet vanligvis kun åpnes ved uttak av prøver eller i forbindelse med vedlikehold og rengjøring (f.eks. mottak av renseplugg). Svært mange av de involverte prosessene er lukkede, og kontakt med føden og tilsatte prosesskemikalier skjer stort sett bare i korte perioder ved prøvetaking av råolje, kondensat og/eller produsert vann, eller i forbindelse med renseplugg-operasjoner og annet vedlikehold og rengjøring. Vedlikehold ved stans er diskutert i et eget arbeidsmøte.³

Stillinger innen prosess og produksjon kan være prosesstekniker/prosessoperatør, *non destructive testing (NDT)*-tekniker, mekaniker, laborant, instrumenttekniker, og andre stillinger innen elektro, automasjon, brann og gass (*F&G*), sveising, platearbeid, isolasjon og deksarbeid.

ⁱⁱ For å samle strømmen av olje, gass og vann fra alle brønnene går det et rør fra hver brønn inn til et samlerør som kalles manifoldsystemet.

3. Prosesser

3.1. Hovedprosess

3.1.1. Separasjon

I hovedprosessen vil det være en blanding av olje, kondensat, gass og oljeforurenset vann (produsert vann) som følger med olje og gass opp fra brønnen ved produksjon. Dette må separeres og behandles videre i hvert sitt system. Felles for disse systemene er prøvetakingspunkter som f.eks. inkluderer tapping over på flasker for å kunne analysere innhold eller renhet. I tillegg må avleiringer, slam og annet avfall som oppstår fra separasjonsprosessen håndteres. Slik avfall/avleiring oppstår i tanker og utstyr og kan bestå av slam, voks, oljerester og tungmetaller.

Før olje, kondensat og gass sendes til lager eller eksport blir separert olje kjølt og deretter varmet. Gass og kondensat tørkes (vha. henholdsvis glykoler eller gass), separeres ytterligere, renses og kondensatet stabiliseres. Gassen må renses for karbondioksid (CO₂), hydrogensulfid (H₂S) og kvikksølv (Hg).

Produsert vann kommer hovedsakelig sammen med produksjon av oljen, men også ved fjerning av vann fra oljeemulsjon, dreneringssystemene og separatorene. Vannet separeres fra de andre systemene og behandles videre ved rensing og utslipp til sjøen. Rensing av vannet kan da typisk foregå ved flotasjon (filterpakker) eller hydrosyklon. Avgassing kan skje etter tilsetning av flokkulant.

3.1.2. Produksjonskjemikalier

Produksjonskjemikalier tilsettes for å opprettholde produktiviteten til en brønn. Det er vanlig å tilsette aminer for å fjerne CO₂ og H₂S. Våt gass og kondensat tørkes ved å blande inn trietylenglykol (TEG) eller monoetylenglykol (MEG) som absorberer vannet. Produksjonskjemikalier benyttes også i injeksjonspunkter for å tilføre kjemikalier på bestemt punkt i prosessen ("kjemikaliepakke"). Aminer og MEG/TEG som er blitt benyttet i produksjonen filtreres, separeres og regenereres for gjenbruk.

3.1.3. Vann- og gassinjeksjon

Injeksjon av sjøvann benyttes i oljereservoar for å øke oljeutvinningen. Sjøvann som hentes inn filtreres med grov- eller finfilter for å fjerne partikler og organisk materiale. Oksygen fjernes mekanisk eller kjemisk før tilsetning av biocid (glutaraldehyd, kvartære aminer eller klormiddel) for å drepe sulfatreduserende, anaerobe bakterier. Disse bakteriene danner H₂S-gass som kan forårsake store korrosjonsproblemer i oljeproduksjonsutstyret. Korrosjonsinhibitor tilsettes også. Prosessen overvåkes ved hjelp av prøvetaking for oksygen, partikler og klor.

Gass kan også injiseres i brønnen for å opprettholde trykket, enten ved naturgassinjeksjon eller gassløft (eng.: *gas lift*). Ved gassløft blir gass injisert i produksjonsrøret slik at det hydrostatiske nedihullstrykket reduseres og fører til at væskene fra reservoaret strømmer raskere opp brønnrøret.

Det gjøres også mengdemåling (eng.: *metering*) av gassen som skal rapporteres til myndighetene (fiskal måling).

3.2. Hjelpesystemer

Hjelpesystemer inkluderer alle systemer som er nødvendig for at hovedprosessen kan gjennomføres. For eksempel produseres kraft med gassturbiner/dieselgeneratorer der også turbinoljer og hydraulikkoljer inngår. Andre eksempler på slike systemer er systemer for gassventilering og fakkell, sjøvann, varme- og kjølemedier, nitrogen, ferskvannproduksjon, trykkluft, brann- og gassvarsling, brannvern, pumper, ventiler, metanol (hindre hydratdannelse) og spillvarmegjenvinning (eng.: *WHRU* - *waste heat recovery unit*).

3.3. Lagring

På installasjonene er det egne lagringsområder der det er regler knyttet til lagring og samlagring. I tillegg finnes det flere "ekornlagre", dvs. små lagre rundt om kring etter behov. De lagrede kjemikalierne kan deles inn i produksjonskjemikalier, hydraulikkoljer, smøreoljer, laboratoriekjemikalier og vedlikeholdskjemikalier.

3.4. Annet

Andre prosesser på olje- og gassinstallasjonene:

- Avfallsbehandling (drenering, kjemikalierester, metall):
Tanker og utstyr må renses for avfall og avleiringer. Rengjøring kan skje ved å bruke vandamp (eng.: *steaming*). Avfallet kan slurrifiseresⁱⁱⁱ og reinjiseres i en nedlagt brønn eller sendes til land for videre behandling der.
- Rengjøring, inspeksjon og korrigerende vedlikehold:
Mye arbeid der det er vanskelig å unngå manuell håndtering med bruk av vakuumsystem, spade og bøtte. Typisk ved vedlikeholdsstans.

ⁱⁱⁱ En slurry er en blanding (suspensjon) av et uløselig fast stoff med en væske (f.eks. vann eller olje). En slurry vil da kunne oppføre seg som en tykk væske.

4. Arbeidsoperasjoner

4.1. Hovedprosess

4.1.1. Produksjonskjemikalier – trietylenglykol (TEG)/monoetylenglykol (MEG)

Arbeidsoppgaver som kan inngå for TEG/MEG-produksjonskjemikaliene:

- Skifte av MEG-filtre utføres mellom én gang i uken og én gang i måneden avhengig av forholdene. TEG-filtre er mye mindre enn MEG-filtrene og skiftes hver 2.-3. uke. Prosessoperatør stopper prosessen slik at mekanisk personell kommer til, åpner filteret og tar ut stavene. Dette kan ta noen timer. Tilsøling av tøy kan lett forekomme.
- Demontering og rensing av MEG-analysator.
- Avskumming (eng.: *skimming*) av MEG-topp i utjevningstank (eng.: *surge tank*). Dette utføres 1-2 ganger i uken og kan vare i ca. én time.
- Damping (eng.: *steaming*) av vekslere: Vanddamp sendes inn på anlegget og personellet må jobbe inne i lokalet når dette foregår, der de kan bli eksponert for kondensatrester. Varighet i underkant av 1 time.
- Prøvetaking for laboratoriet
- Kontroll av pulsdempere/drenering i bøtte. Varighet i underkant av 1 time.

4.1.2. Produksjonskjemikalier - kjemikaliepakke i injeksjonspunkt

Kjemikalier blir tilsatt på bestemte punkter i prosessen. Disse kjemikaliene^{iv} leveres fra transporttank til lagertank og inn på ulike injeksjonspunkter i anlegget. Kontroll av transporttank og ventilasjon av lagertank kan gi eksponering. I de faste oppleggene kan det forekomme lekkasjer i flensedede rør og i halvpermanente anlegg der det må utføres manuell håndtering.

4.1.3. Olje og produsert vann

I forbindelse med produsert vann kan det være arbeidsoperasjoner tilknyttet prøvetaking, rensing, og separasjon (flotasjon/hydrosyklon/C-tour). Flotasjon (skiller/separerer masser med f.eks. ulik materialoverflate eller ulik egenvekt) krever mye oppfølging. Flotasjonsanleggene har luker som må åpnes ved inspeksjon som må utføres opptil flere ganger per skift avhengig av hydrokarbonnivået i det produserte vannet. Brenngass benyttes for å få bevegelse på vannet og en flokkulant/skummer tilsettes for å få oljen til å skille seg ut. Av og til må det manuell benyttes en svaber for å dytte oljen over kanten. Skillekanten må også justeres for å få fin flyt over kanten.

4.2. Klargjøring før entring

Ved klargjøring før en entring er anlegget trykkløst og drenert. Entringsstedet blir luftet ut og renses (bruk av nitrogen, vann, diesel, damp) før åpning og kontroll. Atmosfæren må måles for oksygen, hydrokarboner, benzen, hydrogensulfid, lav-radioaktive avleiringer (LRA, eng.: *LSA – low specific*

^{iv} Typiske leverandører er MI Swaco, Clariant, Baker, BASF.

activity radioactive scale) og kvikksølv. Dersom det er aktuelt med entring vil det stilles strengere krav til måling og verneutstyr og egen arbeidstillatelse. Ved klargjøring for drift skal det utføres lekkasjetest (vann, nitrogen, annet) og oksygenfrigjøring før mediet introduseres i systemet.

4.3. Inspeksjon og prøvetaking

Det utføres mye visuell inspeksjon på forskjellige systemer som kan resultere i mange, men kortvarig eksponering. I tillegg utføres det mange typer tester på materialer, men uten å påvirke disse (*NDT*). Det er ofte egne firma som utfører *NDT*. Eksponering for røntgen, stråler og fluoriserende væsker er mulig. Røntgen- og gammakilder blir f.eks. ofte benyttet i forbindelse med vurdering av sveisede skjøter.⁴ Sandfeller inspiseres også.

Ved prøvetaking tappes det ofte over på gassylinder, kevlarposer eller plastflasker avhengig av prøven som tas, og kan utføres av laborant eller operatør. Typiske prøvetakingspunkter er brønnhode, testseparator, ulike prosesssteg og eksportlinjer med gass/kondensat/olje. Det finnes automatisk styrt prøvetaker som er programmert til f.eks. å ta døgnprøver eller månedsprøver. Dette vil kunne minimere den kjemiske eksponeringen i forhold til den manuelle prøvetakingen som enten hentes fra delvis lukket system i skap eller fra åpen tappekran.

4.4. Vedlikehold, rengjøring og avfallsbehandling

Det finnes mange mindre vedlikeholdsjobber som utføres på enheter slik som pumper, kompressorer, ventiler og sykkloner, i tillegg til drenering og rengjøring av utstyr. Eksponering for kjemikalierester og tungmetaller kan forekomme. Høytrykksspyling (eng.: *jetting*) brukes bl.a. til rengjøring av separatorene. Skifte av filter (eng.: *strainer*) utføres f.eks. på råoljekjøler (stort, grovt metallfilter) og lastefilter.

Mottak og sending av renseplugg (eng.: *pig*) utføres for å rengjøre produksjonsrør (også til landanlegg). Dette regnes som en skitten arbeidsoperasjon med manuelt arbeid ved håndtering av avfallet som hentes ut. Renseplugg finnes i flere varianter tilpasset de forskjellige forholdene. Renseplugg kan kokes i oppvarmet råolje (eng.: *hotoil*) i opptil 18 timer for å renses, og fjerner stort sett all voks, sand og olje.

Ved mottak av renseplugg oppbevares pluggen i en sluse mens slusen og pluggen skylles med inert gass (nitrogen) i en periode før luken åpnes for å fjerne mest mulig av hydrokarbondamper. Slusen trykkavlastes før luken åpnes (operatør går bort fra luken når dette skjer). Etter åpning brukes en lang stang med hake for å dra pluggen ut. Kanten langs lukeåpningen tørkes av, og kanten smøres inn med voks før luken stenges igjen. Avfallet og avleiringen som trekkes ut sammen med pluggen (voks/olje) skuffes ned i et oljefat/sluk ved hjelp av spade (men det har også vært tilbakemelding om bruk av hender med hansker).

5. Eksponeringer

Petroleumstrømmen går i lukket system og prosesssystemene åpnes bare i korte perioder under normal drift i forbindelse med prøvetaking, samt ved inspeksjon og arbeid i flotasjons- og separasjonsanlegg for vann/olje og mottak/sending av renseplugg. Ellers kan det være mange mindre eksponeringer i forbindelse med kortere vedlikeholdsoperasjoner. Eksos fra dieseldrevet utstyr, samt oljedamp og oljetåke fra utluftningsventiler kan dessuten være generelle eksponeringskilder. Kjemisk eksponering i petroleumsvirksomheten, relatert til produksjonsstrømmer, produsert vann og boreslam er blitt beskrevet i en rapport fra 2007.⁵ I tillegg er eksponering for benzen dokumentert i en vitenskapelig artikkel.⁶

5.1. Produksjonskjemikalier

Produksjonskjemikalier benyttes i egne delprosesser for systemet og i injeksjonspunkter, og eksponering kan oppstå ved vedlikehold av systemene og åpning av punkter. Vedlikehold av produksjonssystemet inkluderer filtrering, separasjon og regenerering med mulig eksponering for aminer (fra CO₂- og H₂S-fjerning) og MEG/TEG (fra gasstørking). TEG kan inneholde oppkonsentrerte kondensatrester og gi eksponering for disse (f.eks. aromater) i tillegg til eksponering for hydrokarboner som er løselige i MEG. Voksdannelse fra kondensat kan tette igjen filtre som igjen medfører hyppige filterskift med mulighet for langvarig aromat-eksponering. Søl av MEG/TEG kan også forekomme ved filterskifte og andre arbeider.

Produksjonskjemikalier som tilsettes i injeksjonspunkter kan være metanol (forebygge hydrat), MEG (som alternativ til metanol), avleiringshemmer/-fjerner, næringsmedium, emulsjonsbryter, korrosjonshemmer, flokkulanter, skumdemper, O₂-fjerner, H₂S-fjerner, biocider og sporingstoffer (eng.: *tracer*). I tillegg kan operatørene måtte håndtere testkjemikalier som er ukjente for operatørene og med provisorisk oppkopling, der transport, kopling og pumping gir muligheter for eksponering.

5.2. Avfall og avleiringer

Det dannes avfall og avleiringer (eng.: *scale*) i tanker og utstyr som må renses og håndteres og kan medføre eksponering for disse i tillegg til LRA. Avfallet kan være typer av slam, sand, voks, oljerester, og tungmetaller (f.eks. Hg). Avleiringer dannes hovedsakelig når injisert sjøvann kommer i kontakt med formasjonsvann og kan dannes av jernoksider, silikater, fosfater, karbonater av kalsium og jern, sulfater av kalsium, barium og strontium, og andre stoffer som er lite løselige eller uløselige i vann. Avleiringer på rør og utstyr kan være vanskelig å fjerne, og syrevask blir derfor benyttet i tillegg til mekanisk fjerning og gir mulighet for eksponering for slik syre. Avleiringshemmer eller -fjerner kan benyttes til forebyggelse av slik avleiring. Ved rengjøring benyttes ofte vanndamp som medfører et potensial for at varme kan frigjøre benzen, Hg og andre flyktige komponenter fra avleiringene.

Sending av renseplugg gjennom produksjonsrørene skjer med varierende intervaller. Operatøren kan bli eksponert for avdampning fra avleiringene i det han åpner sluseluken, skyver pluggen inn i sluse og ved tørking av olje langs lukeåpningen. Slusen trykkavlastes før luken åpnes. Mottak av renseplugg er en spesielt skitten operasjon, og potensialet for eksponering til både innånding og hud er stort ved manuelt arbeid hvis ikke det benyttes egnede barrierer som vernehansker og åndedrettsvern.

5.3. Råolje og kondensat

Prøvetaking av råolje, kondensat og produsert vann kan gi eksponering for hydrokarboner fra olje og kondensat, som også kan inneholde f.eks. benzen, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og Hg. Det vil være et større potensial for eksponering for kondensat pga. større flyktighet. Eksponering fra aminer kan forekomme fra prosessen med rensing av gass der aminer blir benyttet (f.eks. på Sleipner, Melkøya og Åsgard).

5.4. Biocider

Biocider tilsettes sjøvann i forbindelse med vanninjeksjon for å hindre vekst av mikroorganismer. Typiske biocider kan være glutaraldehyd og kvartære aminer. Det er også rapportert tilfeller med små tilsetninger av biocider i sluker og liknende for å unngå lukt. Det er rapporterte hendelser hvor eksponering for biocider har medført øyeskader og varig sensibilisering etter éngangseksponering.

5.5. Eksponering for biologiske faktorer/agens

Eksponering for biologiske faktorer/agens kan oppstå i kontakt med bakterier og utskilte endotoksiner i forbindelse med håndtering av f.eks. hydraulikkolje eller diesel der bakteriene har hatt gode vekstbetingelser. Dieseldyr er en type mikroorganisme som lever i vann og ernærer seg på hydrokarboner og kan oppstå i diesel og oljer som har vært i kontakt med vann. Biofilmer kan også oppstå i prosessutstyr og gi eksponering ved åpning eller rengjøring av dette.

5.6. Andre eksponeringer

Det finnes fremdeles asbest som termisk og akustisk isolasjon på plattformer som ble bygget før 1980.⁷ Eksponering kan oppstå ved skjæring og kutting i isolasjon og plater som inneholder asbest.

Uhell, uforutsette hendelser og feil kan gi kortvarig høy eksponering, f.eks. fra gasslekkasje, væskelekkasje og kjemiske reaksjoner som følge av søl og kontakt mellom forskjellige kjemikalier. Operatør vil være den første tilstede og vil pga. den uforutsette situasjonen kanskje ikke være godt nok vernet. Det vil da kunne oppstå en kortvarig høy eksponering, evt. med irreversibel effekt, men dette er det ikke tilstrekkelig kunnskap om.

Fysikalsk eksponering kan komme fra røntgen- og gammakilder som ofte blir benyttet i forbindelse med vurdering (*NDT*) av sveisede skjøter. I tillegg kan sedimenter inneholde radioaktive isotoper og kan f.eks. gi eksponering ved inhalasjon av radioaktivt støv (radiumsulfat). Radioaktive sporingsstoffer (eng.: *tracere*) kan tilsettes i et injeksjonspunkt, f.eks. i forbindelse med brønnkartlegging.

Referanser

- 1) L. Haugland, in *Produksjonsteknikk 2*, red. Vett og Viten, Billingstad, **2004**.
- 2) M.K.W. Cottle and T.L. Guidotti. Process chemicals in the oil and gas industry: potential occupational hazards, *Toxicol. Ind. Health*, **1990**, 6 (1), 41-56.
- 3) B. Bakke, K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, and H.L. Daae. *Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved revisjonsstans i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-1, STAMI: Oslo, **2012**.
- 4) K. Steinsvaag, M. Braatveit, and B.E. Moen. Exposure to carcinogens for defined job categories in Norway's offshore petroleum industry, 1970 to 2005, *Occup. Environ. Med.*, **2007**, 64 (4), 250-258.
- 5) M. Bråtveit, B.E. Moen. *Kjemisk eksponering i petroleumsvirksomheten, relatert til produksjonsstrømmer, produsert vann og boreslam*, Rapport nr. 2, Seksjon for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen: Bergen, **2007**.
- 6) M. Braatveit, J. Kirkeleit, B.E. Hollund, and B.E. Moen. Biological monitoring of benzene exposure for process operators during ordinary activity in the upstream petroleum industry, *Ann. Occup. Hyg.*, **2007**, 51 (5), 487-494.
- 7) B. Moen, K. Steinsvåg, and M. Bråtveit. Hva vet vi om kjemisk helsefare offshore?, *Tidsskr. Nor. Lægeforen.*, **2004**, 20(124), 2627-2629.



Statens
arbeidsmiljøinstitutt

ARBEIDSOPERASJONER OG KJEMISK EKSPONERING VED VEDLIKEHOLD OG MODIFIKASJON I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Kasper F. Solbu, Berit Bakke, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 8. september 2009

Sted: OLFs lokaler, Stavanger

Sammendrag:

Dette dokumentet beskriver viktige arbeidsoperasjoner som utføres ved vedlikehold og modifikasjon i olje- og gassindustrien, samt viktige kjemiske stoffer som operatøren kan bli eksponert for.

Flere vedlikeholds- og inspeksjonsoperasjoner må utføres når hele produksjonen stenges ned,¹ men det er også vedlikeholdsjobber som utføres mens produksjonen er i drift. Dette gjelder for eksempel arbeid på elektriske systemer, luft-, hydraulikk-, og målesystemer. Eksposering og kontakt med oljer, fibre, og forbindelser med opphav fra føden eller formasjonene kan dermed forekomme.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, eksposering, vedlikehold og modifikasjon

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, exposure, maintenance and modification

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	III
1. Introduksjon og mål	1
2. Generelt om vedlikehold og modifikasjon	2
3. Arbeidsoperasjoner	3
3.1. Overflatebehandling.....	3
3.1.1. Forbehandling og rengjøring / fjerning av maling.....	3
3.1.2. Maling.....	3
3.1.3. Pålegging av passiv brannbeskyttelse	3
3.2. Instrument og vedlikehold	4
3.3. Montering og demontering av rør og plater	5
3.4. Varmt arbeid.....	5
3.5. Stillarbeid	6
3.6. Teknisk rengjøring	6
4. Revisjonsstans og kampanjevedlikehold	7
5. Eksponeringer.....	8
5.1. Deseleksos	8
5.2. Isolasjonsmaterialer	8
5.3. Overflatebelegg og maling	9
5.4. Oljer	9
5.5. Andre forbindelser	9
Referanser	10

Forkortelser

AES	<i>Alkaline earth silicates</i> (alkali- og jordalkalisilikater)
BTEX	Benzen, toluene, etylbenzen og xylen
HF	Hydrogenfluorid
HFA	Heksafluoroacetone
HVAC	<i>Heating, ventilation and air conditioning</i> (ventilasjonsanlegg)
ICA	<i>Isocyanic acid</i> (isocyansyre)
LSA (LRA)	<i>Low specific activity radioactive scale</i> (lavradioaktiv avleiring)
MMMMF/MMVF	<i>Man-made mineral/vitreous fibres</i> (kunstige mineralfibre)
MS	Metylsiloksan
OLF	Oljeindustriens landsforening
OP	<i>Organophosphate</i> (organofosfat)
PCB	<i>Polychlorinated biphenyl</i> (polyklorert bifenyyl)
PFP	<i>Passive fire protection, PFP</i> (passiv brannbeskyttelse)
PUF	<i>Polyurethane foam</i> (polyuretanskum)
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
VOC	<i>Volatile organic compounds</i> (flyktige organiske forbindelser)

1. Introduksjon og mål

Formålet med dette arbeidsmøtet var å fremskaffe kunnskap om viktige arbeidsoperasjoner og eksponeringer i forbindelse med vedlikehold og modifikasjon.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser. Det deltok representanter fra to operatørselskaper, én leverandør, én bedriftshelsetjeneste, én fagforening, samt deltakere fra OLF, Norsk Industri og STAMI, til sammen 14 personer.

2. Generelt om vedlikehold og modifikasjon

Innen vedlikehold og modifikasjon utføres det arbeid på flere systemer som isolasjon, instrumenter, rør og plate, overflater, stillas, og elektro. I tillegg finnes det andre viktige arbeidsoperasjoner innen varmt arbeid og mekanisk vedlikehold. Ved flere operasjoner er tilkomstteknikk vesentlig del av arbeidet, der det ofte kan være vanskelig å få benyttet personlig verneutstyr pga. ergonomiske utfordringer. Det er f.eks. fagfolk med sertifisering for klatring og som gjør mange av arbeidsoperasjonene som er beskrevet.

3. Arbeidsoperasjoner

3.1. Overflatebehandling

3.1.1. Forbehandling og rengjøring / fjerning av maling

Ved overflatevedlikehold skal det først utføres forbehandling/tilrigging med forskjellige arbeidsoperasjoner som rengjøring, nålebanking (eng.: *picking*), sliping og blåsing. Avbrenning av overflatebelegg er en prosedyre som i dag ikke skal forekomme pga. stor fare for kjemikalieeksponering. Rengjøring omfatter flere arbeidsoperasjoner som kjemisk avfetting, høytrykksspyling, rørspyling, syrevasking, og fysisk og mekanisk vasking som spading og slamsuging. Håndtering av lavradioaktivt avfall (LRA) og kvikksølvforurenset avfall (Hg) er ofte manuelt arbeid. Blåsing kan omfatte vannjetting (ultrahøytrykk, vannblåsing), vann/sand-blåsing (eng.: *slurry blasting*) og sandblåsing.

3.1.2. Maling

Maling utføres med kost og rull, spraybokser eller sprøytemaling. Ved de to sistnevnte påføringsmetodene vil det dannes en aerosol som kan innåndes. Eksponering fra søl på hud og avdamping av løsemiddel kan forekomme.

Ved bruk av kost og rull forberedes det med blanding og evt. tilsetning av tynner. Overflaten kan behandles med tynnerbasert avfettingsmiddel, alkalisk grunning eller syregrunning eller rødsprit. Avslutningsvis må utstyr rengjøres og nedrigges.

Også ved sprøytemaling skal malingen blandes og overflaten avfettes. Det kan i tillegg være en noe større jobb med tilrigging av utstyr ved f.eks. bruk av presenninger (for værbeskyttelse) og habitat (telt der man kan produsere overtrykk). Det avsluttes med rengjøring av utstyr (kjemisk rensing av utstyr og manuell vask ved bruk av fille/klut), samt nedrigging av presenninger og habitat. Det vil pga. aerosoldannelsen fra sprøytemaling være mulighet for eksponering til randsoner.

3.1.3. Pålegging av passiv brannbeskyttelse

Passiv brannbeskyttelse (eng.: *passive fire protection, PFP*) består av passive eller reaktive materialer som *passivt* skal beskytte mot brann, i motsetning til *aktiv* brannbeskyttelse som f.eks. et slukkeanlegg. De reaktive materialene i PFP er sammensatt for å utløse en kjemisk reaksjon ved oppheting slik at deres fysiske form endres og på den måten gir en brannbeskyttelse ved termisk isolerende og kjølede effekter. De passive PFP-materialene forandrer ikke fysisk form ved oppheting, men skal gi beskyttelse mot brann kun i kraft av materialets termiske eller fysiske egenskaper. Dette kan inkludere materialer som inneholder vann, som ved fordampning gir en kjølede effekt.^{2,3}

PFP skal sikre at relevante strukturer, rør, og sekundærkonstruksjoner har tilstrekkelig brannmotstand med hensyn til bærende egenskaper, integritet og isolerende egenskaper under en dimensjonerende brann,^{*} og generelt bidra til å redusere konsekvensene av brannen.⁵ PFP-produktet Chartek 4 er et eksempel på et produkt som benyttes i industrien. Chartek påføres som beskyttende belegg som virker brannhemmende ved at det forkuller ved brann.

Kjemisk eksponering kan forekomme ved påføring av PFP (ofte epoksy-basert). Som ved maling må det utføres et forarbeid med vasking/rengjøring av konstruksjonen. Deretter skytes pinner inn i konstruksjonen ("pinning") ved hjelp av pistol/pinnesveis. Netting legges utenpå konstruksjonen ("netting") og pinnene slås flate for å holde nettingen på plass. Nettingen er forankringen for brannbeskyttelsen som skal legges på. Områder som ikke skal brannisoleres dekkes til (maskering).

For påsetting av PFP kan det benyttes sprøytepistol, stryking (som ved muring, med brett), rulling eller lapping (eng.: *patching*). Brannbeskyttelsen kan enten prefabrikeres eller blandes manuelt med bøtte og visp (ved lapping).

I etterarbeidet skal maskeringen rives, i tillegg til rengjøring og påsetting av ny maskering før behandling av brannbeskyttelsen (som i hovedsak er påføring av maling). Ofte sprøytes maling utenpå brannbeskyttelsen. Omtrent 80% av tiden brukes til pinning og selve påsettingen av brannbeskyttelsen.

3.2. Instrument og vedlikehold

Det er mange typer instrumenter som krever vedlikehold og inspeksjon. Det foregår daglig inspeksjon i tillegg til instrumentell overvåking av systemer. Dette kan inkludere elektriske systemer, luft-, hydraulikk- og målesystemer. Hydraulikksystemet er sentralt for drift av styringssystemer som motorer/aktuatorer fordi det setter kraft bak systemet, og brukes f.eks. til brønnstyring, kjemikaliedosering, og styring av Ramriggssystemer. Eksponering for hydraulikkoljer kan skje ved lekkasjer eller direkte søl når vedlikehold utføres. Innen mekanisk vedlikehold håndteres alt innen olje, og vedlikehold må utføres på stedet der utstyret er. Nærliggende enheter kan også utsette personellet for dieseleksos.

Eksempler på stasjonært utstyr som trenger vedlikehold er varmevekslere, hydrosykloner, og ventilasjonsanlegg (HVAC). I tillegg til rengjøring, skal det f.eks. utføres filterskifte for dieselolje og hydrokarbonførende rør.

Roterende utstyr kan generere oljetåke og eksos, f.eks. fra slampumper, gassturbiner (turbinoljer, organofosfater), kompressorer og verkstedmaskiner. Kjemikalier (som er aggressive væsker) sendes

^{*} Dimensjonerende brann: Brann som i henhold til de definerte akseptkriteriene representerer en uakseptabel risiko, og som derfor legges til grunn for utforming og operasjon av innretninger og gjennomføring av virksomheten forøvrig.⁴

inn på linjene for å dempe skumdannelser ved injeksjonspumper/kjemikaliepumper (lekkasje kan oppstå) for bedre separasjon, hindre avleiringer, og redusere dannelse av hydrogensulfid (H₂S).

I elektrovedlikehold inngår det arbeidsoperasjoner som kabeltrekking, montering av kabelgater (rustfritt og galvanisert) og terminering/kabelkobling. På eldre installasjoner kan det ha blitt benyttet tjæredekket kabel som kan gi eksponering ved kabeltrekking. Ved kabelkobling benyttes det krympeplast eller krympestrømper (med eller uten lim) og varmpistol, samt talkum. Kabler kan også være dekket med Teflon® som kan dekomponere ved høye temperaturer (360-450°C) og danne bl.a. hydrogenfluorid (HF) og heksafluoroacetone (HFA).⁶

3.3. Montering og demontering av rør og plater

Montering kan inkludere rigging (lasting av tunge enheter), maskinering av flenser (med skruer og muttere) og sveisefuger,[†] boring, sveising, varm eller kald sliping (temperatur kan påvirke grad av dannelse av metalleksponering) og montering av rørdeler (eng.: *fittings*). Hydraulisk verktøy brukes f.eks. ved bolttrekking. Ved skrudde systemer som f.eks. flenseforbindelser benyttes pakninger med ulike pakningsstoffer (f.eks. Teflon®) avhengig av trykk på rør. Bolter må også settes inn med smøring. Trykktesting kan utføres med vann. Trykktesting med gass, for eksempel nitrogen med litt helium, brukes på gassførende linjer for å fortrenge oksygen.

Demontering kan f.eks. inkludere rørkutting med bruk av skjærevæske, kaldkutting med sag, eller skjærebrenning.

3.4. Varmt arbeid

"Varmt arbeid" omfatter arbeidsoperasjoner som sveising, lodding, skjærebrenning og sliping av metall og liknende hvor det i tillegg kan utvikles helsefarlig gass.⁷ Arbeidsoperasjonene innebærer at metall (som kan være overflatebehandlet) oppvarmes og/eller smeltes i forbindelse med sammenføyning, sliping eller skjæring i materialet, og kan foregå åpent (ved stansarbeid) eller i habitat.

Av varmt arbeid har det vært rettet spesielt fokus mot sveising. Ulike typer sveising har ulike kjennetegn og frigjør helsefarlige kjemikaler i ulik grad. Ved sveising frigjøres stoffer fra metallet det sveises på, og fra overflatebehandlingen (maling, lakk og passiv brannbeskyttelse) som metallet kan være behandlet med.⁸ Overflatebehandling kan f.eks. være passiv brannbeskyttelse, der eksponering for passiv brannbeskyttelse mer sannsynlig ved platearbeid enn ved rørarbeid. Det er viktig å kjenne til rør/plate-kvalitet for å velge egnet sveiseteknikk.

Et hjelpemiddel ved sveising kan være isolasjonsmatter av keramisk materiale (keramisk sveiseduk) som isolerer varme rør. En del rørkvaliteter krever at røret forvarmes og holdes varmt i løpet av sveisingen. Elektriske, keramiske element legges rundt røret og mattene legges rundt dette igjen for

[†] Store fresemaskiner spennes opp på røret som sliper fugen for å få glatte overflater

å isolere. Ved gjentatte oppvarminger kan isoleringsmaterialet bli sprøtt og avgi støv. "Keramiske fibre" er gjennomgått i et eget arbeidsdokument.⁹

Ved sveiseinspeksjon benyttes det kjemikalier i filmfremkallingsvæsker for røntgenbilder.

3.5. Stillasarbeid

Stillasarbeidere bygger opp og tar ned stillas. Ved nedbygging av stillas håndteres presenninger og annet materiale som kan være tilsølt med kjemikalier. Dette kan innebære hudkontakt med kjemikalier eller innånding av f.eks. støv eller fibre som virvles opp i luften når stillaset demonteres.

3.6. Teknisk rengjøring

Teknisk rengjøring omfatter rengjøring av væskeførende rør eller beholdere som tanker for vann, diesel, skimmer, septik og slurry (med oppmalt borekaks). Ved rengjøring av disse må tankene entres og spyles med ultrahøytrykksvann, evt. med kjemikalier som ved syrevasking.

4. Revisjonsstans og kampanjevedlikehold

Modifikasjoner kan inkludere operasjoner både på land og på installasjoner til havs under normal drift. Når det skal utføres en større endring enn det som gjøres ved vanlig vedlikehold, f.eks. ved komplekse montasjejobber, er det nødvendig å stenge ned produksjonen. En slik nedstengning kan være en planlagt revisjonsstans eller kampanjevedlikehold. Ved nedstengning skal det utføres større jobber enn vanlig og det er derfor også en større arbeidsstyrke som deltar. Typiske operasjoner som gjøres under en stans inkluderer sveising, kutting, inspeksjoner ved entring, enkelte typer overflatebehandlinger, rør-, tank- og platearbeid. Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved revisjonsstans er tidligere beskrevet.¹

5. Eksponeringer

Innen vedlikehold og modifikasjon kan det oppstå kontakt med flere typer produkter og enkelte eksponeringskilder. Tabell 5-1 viser eksempler på agens og eksponeringskilder relatert til arbeidsoperasjoner.

Tabell 5-1: Et utvalg av agens, eksponeringskilder og arbeidsoperasjoner innen vedlikehold og modifikasjon.

Eksponering (agens)	Eksempel på kilder	Arbeidsoperasjon
Dieseleksos ^{10,11}	Generatorer, skip, helikopter, truck	Mottak av helikopter, lastning/lossing fra skip, truck-kjøring
Fibre	PUF skum, mineralull, keramiske fibre, ⁹ AES-fibre	Montering og demontering/riving av isolasjon
Hydraulikkoljer Turbinoljer ¹²	Hydrauliske systemer Turbiner	Inspeksjon, vedlikehold, arbeid i randsone til vent Turbininspeksjon, forebyggende vedlikehold
Skjærevæsker Kvikksølv ¹³	Generert fra sagblad Avleiringer i rørsystemer	Rørkutting Demontering og rengjøring av utstyr, varmt arbeid, inspeksjoner
Sveiserøyk/metaller Isocyanater ¹⁴ , ICA ^{15,16}	Plater/rør Maling, overflatebelegg	Varmt arbeid/sveising Varmt arbeid/sveising
PCB Løsemidler, syrer	Lim og lysarmaturer Overflatebelegg, grunning og maling	Riving av isolerglass og lysarmaturer Maling, rengjøring

5.1. Dieseleksos

Kilder til dieseleksos er i hovedsak generatorer/aggregater, turbiner og helikoptre, enten på installasjonen eller på nærliggende installasjoner. De som jobber i nærheten av eksoskildene er utsatt for eksponering, men eksos kan også medføre eksponering for de som jobber i randsone. For mer informasjon om "dieseleksos" henviser vi til et annet arbeidsmøte som omtalte temaet¹¹. I prosjektet er det også gjennomført en kartlegging av eksponering for dieseleksos offshore.¹⁰

5.2. Isolasjonsmaterialer

Det brukes flere typer isolasjonsmaterialer i næringen, f.eks. skum (eng.: *PUF – polyurethane foam*), mineralull (glassull/steinull), keramiske fibre⁹ (varmebeskyttelse av rør, f.eks. eksosrør), ull/fibre av alkali- og jordalkalisilikater (eng.: *AES - alkaline earth silicates*) og asbest. Montering, tilpasning og riving av isolasjonsmaterialer kan generere aerosoler i arbeidsluften. Asbest kan ligge igjen i eldre bygningsmasser. Det er derfor viktig å vite hva slags isolasjonsmateriale som er benyttet før man river gammel isolasjon, slik at riktige tiltak blir iverksatt for å begrense eksponering.

Metylisocyanat kan frigjøres fra isolasjonsbindemiddelet ved høy oppvarming. Andre stoffer fra isoleringsarbeid er tinn (ved lodding), silikon, limstoff/fugestoff (f.eks. Tech-7), metylsiloksan (MS)-polymer og cyanakrylatlim.

5.3. Overflatebelegg og maling

Termisk nedbrytning av organisk materiale (f.eks. epoksy) som følge av økt temperatur, men ikke nødvendigvis brann eller gløding, vil kunne føre til eksponering for en rekke organiske og uorganiske nedbrytningsprodukter. Hvilke nedbrytningsprodukter som dannes vil være avhengig en rekke faktorer som bl.a. sammensetningen av det organiske materialet, temperatur og lufttilgang. Kartlegging av eksponering for termiske nedbrytningsprodukter er komplisert fordi det kan dannes en rekke organiske forbindelser av ulike typer. En fullstendig karakterisering av alle nedbrytningsprodukter vil kreve et stort utvalg av prøvetakings- og analysemetoder. Det er derfor vanskelig å få en fullstendig oversikt over eksponeringspotensialet ved ulike typer varmt arbeid.

Passiv brannbeskyttelse kan typisk bestå av epoksy. Vanlige malingstyper offshore er vinyl, polyester, epoksy, polyuretan, alkyd, sinkepoxy, sinksilikat, og kombinasjoner av nevnte stoffer. I tillegg kan det brukes tynnere (organiske løsemidler), rødsprit, alkalisk grunning og syregrunning ved malearbeid.

5.4. Oljer

Eksponering for turbin- og hydraulikkoljer kan skje ved vedlikehold og inspeksjoner av utstyr. Eksponering ved vedlikeholdsarbeid på turbiner er beskrevet i en egen rapport (ref OP rapport).¹² Ventilasjonsutslipp (eng.: *vent*) fra turbin- og hydraulikkoljesystemer kan føre til spredning av oljeaerosol i nærliggende områder.

Rørkutting kan medføre eksponering for skjærevæske som benyttes i kuttingen. Denne type arbeid utføres først og fremst under stans fordi røret må være tømt for hydrokarboner. Selv om rørene tømmes for hydrokarboner vil det likevel kunne være rester som kan gi eksponering for oljeaerosol.

5.5. Andre forbindelser

Fordi det ofte kuttes på hydrokarbonførende rør vil det ved åpning kunne medføre eksponering for H₂S, BTEX (benzen, toluen, etylbenzen og xylen) og andre flyktige organiske forbindelser (VOC), kvikksølv (Hg), olje/hydraulikkolje, råolje, og lavradioaktive avleiringer (LRA). Ved mekanisk vasking kan det inngå spading og slamsuging, med mulighet for eksponering for LRA og Hg.

Sveising kan medføre eksponering for metaller, ozon, nitrøse gasser og produkter fra termisk dekomponering av overflatebelegget, som f.eks. isocyanasyre (ICA)^{15,16}.

Polyklorerte bifenyl (PCB) er blitt benyttet i lim på vinduer med isolerglass (fra 70-tallet) og omkringliggende materialer, samt i lysarmaturer før 1980,¹⁷ og kan gi eksponering ved riving av slike materialer.

Referanser

- 1) B. Bakke, K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, and H.L. Daae. *Arbeidsoperasjoner og kjemisk eksponering ved revisjonsstans i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-1, STAMI: Oslo, **2012**.
- 2) Danielsen, Ulf. *Oversikt over ulike typer brannbeskyttelse og deres anvendelsesområder* (foredragslysbilder). SINTEF NBL, **2007**.
([http://www.tekna.no/arkiv/Kursrom/Brann-%20og%20eksp.sikr%20i%20petro%2007/Brann%20og%20eksp.sikr%2007%20arkiv/\(16\)Ulf%20Danielsen.pdf](http://www.tekna.no/arkiv/Kursrom/Brann-%20og%20eksp.sikr%20i%20petro%2007/Brann%20og%20eksp.sikr%2007%20arkiv/(16)Ulf%20Danielsen.pdf))
- 3) *Glossary of terms*. Association for Specialist Fire Protection, ASFP website, **2012**.
(http://www.asfp.org.uk/Technical%20Services/glossary_of_terms.php)
- 4) Norsk Teknologisenter. *Teknisk sikkerhet*. NORSOK STANDARD, S-001N, Oslo, **2000**.
- 5) Standards Norway. *Technical safety*. NORSOK STANDARD, S-001, Oslo, **2008**.
- 6) DuPont. *Teflon amorphous fluoropolymers - Safety in handling and use (technical information)* (plakat). DuPont Fluoroproducts, Wilmington, DE, USA, **2012**.
http://www2.dupont.com/Teflon_Industrial/en_US/tech_info/techlit.html
- 7) Arbeidsdepartementet. *Forskrift om utførelse av arbeid, FOR 2011-12-06 nr 1357*. **2011**.
- 8) Arbeidstilsynet. *Kjemisk helsefare ved sveising, Best.nr. 581*. Trondheim, **2004**.
- 9) K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae, and B. Bakke. *Keramiske fibre i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-9, STAMI: Oslo, **2012**.
- 10) K.F. Solbu, B. Bakke, G. Friisk, N.P. Skaugset. *Dieseleksos i arbeidsatmosfæren i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 4, Årgang 13, STAMI: Oslo, **2012**.
- 11) B. Bakke, K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, and H.L. Daae. *Arbeidsmøte for kartlegging av dieseleksos og eksponeringskilder i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-7, STAMI: Oslo, **2012**.
- 12) K.F. Solbu, S. Thorud, P. Molander. *Organofosfater i arbeidsatmosfæren på norske offshoreinstallasjoner – Dagens eksponeringsbilde*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 8, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 13) Norsk olje og gass. *Anbefalte retningslinjer for håndtering av kvikksølv*. Retningslinjer fra Norsk olje og gass, Nr. 132, Stavanger, **2012**.
- 14) T.B. Aasen. Experiences on isocyanate related airway challenges in Norway with special regard to the offshore industry, *Zentralbl. Arbeitsmed. Arbeitssch. Ergonomie*, **2005**, 55 (1), 15-19.
- 15) D. Karlsson, J. Dahlin, G. Skarping, and M. Dalene. Determination of isocyanates, aminoisocyanates and amines in air formed during the thermal degradation of polyurethane, *J. Environ. Monit.*, **2002**, 4 (2), 216-222.

- 16) *Kartlegging av isocyansyres (ICA) egenskaper som mulig problemkjemikalie (pågående forskningsprosjekt). STAMI, www.stami.no, 2012.*
(<http://www.stami.no/forskning-fra-avdeling-for-kjemisk-og-biologisk-arbeidsmiljo?proid=63758&subavd=0&selected=1>)
- 17) *PCB i bygg. PCB Sanering, www.pcb.no, 2012.*



Statens
arbeidsmiljøinstitutt

ARBEIDSOPERASJONER OG KJEMISK EKSPONERING INNEN FORPLEINING I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Kasper F. Solbu, Berit Bakke, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 30. September 2009

Sted: OLFs lokaler, Stavanger

Sammendrag:

Dette dokumentet beskriver viktige arbeidsoperasjoner som utføres ved arbeid i forpleining og viktige kjemiske stoffer som arbeidstakerne kan bli eksponert for. Arbeidstakere i forpleiningen utfører arbeidsoperasjoner i kjøkken, boligkvarter/hotell, vaskeri og helidekk, i tillegg til beredskapsoppgaver. Mulige eksponeringer som trekkes frem er stekeos, melstøv, rengjøringsmidler og kjemikalierester i tekstiler eller forurensninger fra arbeidstøy. Passiv røyking kan også forekomme ved rengjøring av røykerom.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, eksponering, forpleining.

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, exposure, catering.

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	III
1. Introduksjon og mål	1
2. Generelt om forpleining	2
3. Arbeidsoperasjoner	3
3.1. Kjøkken	3
3.1.1. Tilberedelse av mat	3
3.1.2. Rengjøring	4
3.1.3. Vernetiltak	4
3.2. Boligkvarter/hotell	4
3.3. Vaskeri	5
3.4. Helidekk og beredskap	5
4. Eksponeringer	6
4.1. Stekeos	6
4.2. Melstøv	6
4.3. Rengjøringsmidler	6
4.4. Rester av flammehemmende stoffer i sengetøy og kjeledresser	6
4.5. Forurensninger fra brukt arbeidstøy	6
4.6. Andre eksponeringer	7
5. Verneutstyr	7
6. Forebyggende tiltak	7
7. Kommentarer fra deltakerne	8
Referanser	9
Vedlegg 1: Kjemikalier	10

Forkortelser

AFF	<i>Aqueous fire fighting foam</i>
FDB	Fellesdatabasen
KLIF	Klima- og forurensningsdirektoratet
OLF	Oljeindustrien landsforening
PBT	<i>Persistent, bioaccumulative and toxic</i> (persistente, bioakkumulerende og toksiske)
SIN	<i>Substitute it now</i> (stoffer som bør byttes ut)
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
SVHC	<i>Substances of very high concern</i> (spesielt bekymringsverdige stoffer)

1. Introduksjon og mål

Sentrale aktører fra arbeidstaker- og arbeidsgiversiden har i samarbeid med Oljedirektoratet utarbeidet en rapport "Et løft for forpleining" som beskriver hvordan et godt arbeidsmiljø og god helse hos forpleiningsansatte på norsk sokkel kan ivaretas.¹ Dette prosjektet var forankret i Sikkerhetsforum, og pågikk i næringen i 2001-2003. Som en oppfølging av dette prosjektet førte Ptil og Helsetilsynet i Rogaland i 2007 og 2008 tilsyn med styring av renhold og hygiene samt med styring av arbeidsmiljøforhold for de ansatte i forpleining i petroleumsvirksomheten på norsk sokkel.

I rapporten fra arbeidsgruppen i 2005 ("Kjemisk eksponering på norsk sokkel") ble følgende uttalt: "Forpleining er et hovedområde som ikke blir omtalt her fordi kjemisk risiko er vurdert som lav."² I etterkant av denne rapporten er det fremkommet informasjon som tilsier at arbeid i forpleining også kan medføre eksponering for kjemiske stoffer som gjør det viktig å få kartlagt arbeidets innhold.

Formålet med dette arbeidsmøtet var derfor å fremskaffe kunnskap om viktige arbeidsoperasjoner og eksponeringer i forbindelse med arbeid ved forpleining.

Det deltok representanter fra to operatørselskaper, én fagforening, to forpleiningsselskaper, samt deltakere fra STAMI, til sammen 12 personer.

2. Generelt om forpleining

”Forpleining” omfatter ansatte som utfører matlaging og rengjøring ute på installasjonene og landanleggene. Enkelte operatører og redere har egen forpleining, men de fleste har innleid et forpleiningsselskap som tar hånd om rengjøring og matlaging. I 2008 var det 1937 årsverk innen forpleiningen offshore. 775 av årsverkene var i operatørselskapene, altså oljeselskapene. Resten var i entreprenørselskaper som har spesialisert seg på forpleining.³ I hovedsak er det to selskaper som utfører denne tjenesten: ESS Support Services AS og Universal Sodexo Norway AS. Noen av disse selskapene markedsfører seg nå som selskaper som leverer ”facilities management”-tjenester, dvs. at de vektlegger nå total drift og service av hele anlegg. Grovrengjøring utføres av andre selskaper.

Ansatte i forpleiningen følger samme arbeidssyklus som offshore arbeidere generelt ved å jobbe to uker sammenhengende med 12-timers skift, for så å ha fire uker fri. Det er flere stillingskategorier innen forpleining:

- Forpleinings sjef (service-sjef)
- Forpleiningsassistent (service-assistent) – fast installasjon
- Forpleinings-/rengjøringsoperatør – flytende installasjon
- Kokk
- Renholder
- Servicearbeider

Den største kvinneandelen for arbeidsområder offshore er innen forpleining,^{*} som i 2009 utgjorde 54% av de ansatte. Denne andelen var fire ganger større enn den nest største kategorien. For alle arbeidsområder var 9% av de offshore-ansatte kvinner.⁴

Det kan være store forskjeller mellom eldre og nye innretninger i forhold til hvordan miljøet er tilrettelagt for rengjøring. Mange flyttbare rigger er gamle og kan ha dårligere løsninger med tanke på kjemisk eksponering.

Hanskebruk og hånddesinfeksjonsmiddel benyttes i forbindelse med mange oppgaver, og kan for noen utløse intoleranse eller allergier.

Uforutsette hendelser kan gi kortvarige, men høyere eksponering enn det som ellers er beskrevet i dette dokumentet.

^{*} Flest ansatte i stillingene kokk, renholder og servicearbeider.

3. Arbeidsoperasjoner

De som jobber i forpleiningen har arbeidsoppgaver på forskjellige områder på innretningen: kjøkken, boligkvarter/hotell, vaskeri og helidekk, i tillegg til beredskapsoppgaver.

3.1. Kjøkkenet

På kjøkkenet jobber det flere yrkesgrupper, bl.a. kokk og assistenter. Det er 1-5 personer på jobb avhengig av antall personer som betjenes. Viktige arbeidsoperasjoner på et kjøkken er tilberedelse av mat og inkluderer alt fra bearbeiding av råstoffer til anretning på tallerken. På kjøkkenet tilberedes varme og kalde retter, bakverk og desserter. Medarbeiderne skal også ha kunnskaper om riktig behandling av maskiner og redskaper, vedlikeholde kjøkkenhygiene og holde orden på kjøkkenet.

3.1.1. Tilberedelse av mat

Arbeid med *kald mat* inkluderer kutting og skjæring. Ved tilberedelse av kald mat er det ikke fremkommet informasjon om risikofylte eksponeringssituasjoner.

Ved tilberedelse av *varm mat* vil steketemperatur og steketid være faktorer som påvirker grad av eksponering. Type stekefett som benyttes og hvilken type mat som tilberedes kan også ha betydning.^{5,6}

Steking av matvarer utføres i ovn eller panne der det benyttes ulike typer stekefett:

- Smør (animalsk fett som fremstilles ved kjerning av fløte)
- Vegetabiliske matoljer (f.eks. rapsolje, olivenolje, palmeolje)
- Margarinprodukter (blanding av fettstoffer, hovedsakelig vegetabiliske matoljer og vann, som erstatning for smør)

Stekefettet tilsettes pannen ved å helle flytende stekefett (olje), legge biter av fast stekefett (smør/margarin) eller spraye fra sprayboks. Sistnevnte danner en aerosol av stekefett som gir mulighet for innånding. Etter steking i panne blir stekeplaten rengjort ved å spyle med vann for å koke ut pannen. Det brukes ofte en skrubbebørste for å løse opp fett og matrester. Ved slik rengjøring dannes det en aerosol av vanndamp, stekefett og rester fra matlagingen når pannen er varm.

Fritering (frityrsteking/frityrkoking) inkluderer steking av matvarer i olje (fett) som innebærer temperaturer opp mot ca. 180°C. Det finnes flere teknikker for fritering av matvarer.

Ved **koking** av matvarer er det ikke fremkommet informasjon om risikofylte eksponeringssituasjoner. For tilberedelse av grønnsaker finnes det egne ovnsskap. Ved åpning av disse kan det slippes ut store mengder vanndamp.

Det utføres i varierende grad **baking**. Tidligere var det vanlig at det var ansatt en egen baker, men i dag er det vanlig at bakverk kjøpes slik at en unngår problematikken med melstølv.

3.1.2. Rengjøring

Basert på krav fra næringstilsynet om at alt som er i kontakt med mat skal rengjøres med en gitt frekvens, rengjøres kjøkkenet både daglig og periodisk. Daglig rengjøring inkluderer vask og desinfisering (antibiotikaoppløsninger) av kjøkkenutstyr, ovner (bruk av alkaliske avfettingsmidler), benker og gulv. Periodisk vask omfatter mer gjennomgående vask av ovner, panner og skap, rensing av avløp og sluk, og gulvvask (ca. én gang i uken) med sterkere midler enn ved daglig rengjøring. I tillegg er det nedvask hver 14. dag og hovedrengjøring 1 gang i året.

Vaskemiddel påføres gulv ved å bruke skummeutstyr, eventuelt lavtrykkssprøyte. Dette gjøres daglig. Ved skumlegging skal det kontrolleres at skummet har riktig konsistens. Skummet skal ikke skli av (om det er vegger som skumlegges), og det skal ikke tørke. Skummet skal ligge på i noen minutter før det spyles av.

I oppvaskmaskin benyttes det ofte automatisk dosering av vaskepasta. Ved manuell dosering skiftes det ut en stor beholder (dunk) med vaskemiddel (bruk av verneutstyr) på store maskiner og tabletter på mindre. Granulmaskin benyttes for spesielt skitten oppvask med granuler og kjemikalier som skrubber. Høy temperatur (90 °C) gir mulighet for eksponering for damp. Det virket uklart hvorvidt slike maskiner er satt under avtrekk. For rengjøring av frityrgryter er det mulig å unngå bruk av kjemikalier ved hjelp av tapping og tørking.

3.1.3. Vernetiltak

Standard og type ventilasjonsanlegg har stor betydning for eksponering. Det er avtrekkshette over steke- og kokeområdet på de fleste innretningene og det er på noen innretninger installert utstyr slik at stekepannen kan høydejusteres. Størrelsen på stekepannen kan indirekte ha betydning for eksponering. Liten stekepanne gir lengre eksponeringstid for den som steker, samtidig som en større panne kan medføre større mengder av stekeos, men kortere eksponeringstid. Vernetiltak på kjøkkenet er tidligere også omtalt i arbeidsdokument om stekeos.⁶

3.2. Boligkvarter/hotell

Et boligkvarter kan inneholde ca 30-500 senger avhengig av installasjonens størrelse. Arbeidsoppgavene som utføres i boligkvarteret er daglig vask og støvsuging av lugarer, toaletter, skifterom, dusjer, treningsrom, solarium, badstue, gymsal, hobbyrom, røykerom, kontorer og kantine. Rengjøring av røykerom kan utsette arbeidstakeren for passiv røyking. Renholdet er annonsert slik at det skal gå 2 timer mellom røyking og renhold, men det har vært rapportert at dette ikke fungerer i praksis. På hobbyrommene foregår det loddning, liming og lakking, som også kan gi kjemikalieeksponering. Sengetøy skiftes etter et fastsatt program. I boligkvarteret brukes mikrofiberkluter (for å redusere kjemikaliebruk) og mopper. I skittent område/produksjonsområdet

brukes kjemikalier til rengjøring. Det tilsettes luktestoff i toaletter. "Sprutetut" benyttes for å dempe aerosoler. Eksos som trenger inn via ventilasjon utenfra er også rapportert som en aktuell problemstilling.⁷

Periodisk renhold i boligkvarteret omfatter større rengjøringsjobber:

- Skuring/boning/toppbehandling/overflatebehandling av gulv
- Teppe- og møbelrens (kjemisk rensing)
- Vinduspuss

3.3. Vaskeri

På vaskeriet er det arbeidsoppgaver tilknyttet vaskemaskiner, tørketromler og manuell håndtering. Det blir vasket arbeidsklær, privat tøy, sengetøy og matter. Arbeidstøyet kan være tilgriset av produksjonskjemikalier og vaskes derfor med sterkere type vaskemiddel enn ved annet tøy. Mykgjører tilsettes for å hindre statisk elektrisitet i tillegg til at kjemikalier benyttes for å løse opp kalkbelegg i maskin og rør. Tørketromler kan være tilkoblet på direkte avtrekk, men ved rengjøring av filtre på maskin og avtrekk kan det være eksponering for støv.

Vaskemaskiner og tørketromler er ofte plassert i ett rom og bretteing/tøybehandling er i et annet rom pga. støy fra vaskemaskinene.

3.4. Helidekk og beredskap

På helidekket arbeider det 3-4 personer per skift. Mottaket behandler ankomst av 1-7 helikoptre per dag og håndterer bagasje og evt. spesiell last som i liten grad inkluderer kjemikalier (men er i så fall klarert og meget godt pakket). Fylling av drivstoff er som regel et lukket system, men ved prøvetaking av drivstoffet for å evaluere om det er vann og/eller urenheter vil det kunne oppstå kontakt med jet fuel (Jet A-1). Det tas prøver fra lagertanker og sjekk av filtre hver morgen, samt vannprøve før hver drivstoffpåfylling, og med mulighet for søl på hud.

Helidekket har også funksjonstesting av sikkerhetsinnretninger slik som skummingsanlegg (*AFFF – aqueous fire fighting foam*). Dette brukes i all brannbekjempelse på plattformen, og tilhører beredskapsoppgave for personell på helidekket. Andre beredskapsoppgaver inkluderer førstehjelp og livbåtfører.

Dersom arbeidsoperasjoner utføres i nærområdet eller i tilstøtende randsoner til helidekk, vil eksponering for eksos fra helikopter være aktuelt. Helikoptre vil i seg selv kunne gi eksponering av eksos på de som utfører arbeidsoperasjoner i nærområdet eller i tilstøtende randsoner. Eksos generelt og dieseleksos spesielt er behandlet i et eget arbeidsmøte.⁷

4. Eksponeringer

4.1. Stekeos

Stekeos inneholder en rekke kjemiske forbindelser, blant annet fettaerosoler og aldehyder. Fettaerosoler inneholder mange irriterende og skadelige stoffer,⁵ i tillegg til at stekeos er blitt klassifisert som et karsinogen i gruppe 2A.⁸ "Stekeos" er blitt behandlet i et eget arbeidsmøte.⁶

4.2. Melstøv

Ved baking vil personalet kunne eksponeres for melstøv. Eksponering på offshore installasjoner er redusert ved at bakverk kjøpes ferdig fremfor å ha egen baker om bord.

4.3. Rengjøringsmidler

Leverandører av kjemikalier til forpleining er i stor grad Ecolab og Lilleborg i tillegg til andre mindre leverandører. Ved gjennomgang av Fellesdatabasen (FDB, utdrag 8. mars 2010) ble det funnet 230 produkter med tilhørende 180 stoffer som var registrert med Ecolab eller Lilleborg som leverandør. Av disse produktene er det et lite utvalg som inneholder stoffer registrert på kjemikalielistene SVHC, SIN eller PBT,⁹ og er listet opp i Vedlegg 1 som et eksempel på spesielle kjemikalier. Grupper av aktuelle rengjøringskjemikalier er:[†]

- Alkaliske avfettingsmidler (f.eks. ovnrens)
- Spesielle rengjøringsmidler (f.eks. med nonylfenol, enzymer)
- Antibiotikaoppløsninger (desinfisering)
- Bonevoks/gulvpolish

4.4. Rester av flammehemmende stoffer i sengetøy og kjeledresser

Tekstiler er ofte impregnert med flammehemmere, med noen unntak for sengetøy. Det kan derfor ved bretteing/behandling av slikt tøy forekomme innånding av tekstilstøv som inneholder slike flammehemmere (pyrovatex). Dette kan være spesielt merkbart ved behandling av nye tekstiler. Det har bl.a. vært rapportert om nye tekstiler som har blitt returnert pga. sterk lukt.

4.5. Forurensninger fra brukt arbeidstøy

Arbeidstøy kan ofte være tilsølt av forskjellige kjemikalier slik som maling, boreslam, oljer og andre kjemikalier. Dette kan gi hudeksponering ved direkte kontakt med tøyet. I tillegg vil det være damp fra utløp av maskiner ved vaskeriet, med mulighet for damp fra kjemikalierester fra arbeidsklær.

[†] Se også en generell oversikt over [rengjørings- og avfettingskjemikalier](#) utarbeidet av Folkehelseinstituttet, 2008, 2009

4.6. Andre eksponeringer

Eksponering kan komme fra nærliggende aktiviteter (randsoner) som eksos fra helidekk eller annen eksos som slipper inn i bo-områdene via lufteluker. Eksoskilder kan være jet-fuel (helikoptre) eller diesel (aggregater og generatorer).

Papirstøv kan dannes fra toalett- og tørkepapir.

Rengjøring av røykerom kan medføre eksponering for sigarettøyk (passiv røyking).

5. Verneutstyr

Åndedrettsvern brukes vanligvis ikke ved utførelse av arbeidet. Hansker brukes ved rengjøring.

6. Forebyggende tiltak

”Et løft for forpleining” angir følgende aktuelle tiltak:¹

- Ventilasjon
- Isolering av forurensningskildene
- Lukkede doseringssystemer for vaskemaskiner
- Let etter mindre farlige kjemikalier (substitusjon/eliminering)
- Vurdere behov for flamme hemming av sengetøy
- Arbeidshansker
- Vernebriller
- Åndedrettsvern bør være tilgjengelig

Konkrete tiltak når det gjelder ventilasjon på kjøkkenet er at det monteres avtrekkshetter over stekeovner og komfyrer og utstyr for høydejustering av stekepanne. Nye komfyrer har i dag selvrens-funksjoner som i stor grad medfører at personalet slipper å rengjøre komfyrer med kjemiske produkter.

7. Kommentarer fra deltakerne

- Det ble påpekt at eksponeringssituasjonen kan være annerledes på flyttbare rigger enn på faste installasjoner. Dette kan ha sammenheng med at det ofte er eldre og mindre forhold på de flyttbare innretningene.
- Personalet er mye innendørs når de er på jobb - "24-timers innemenneske".
- På enkelte installasjoner er det rapportert at mange sjeneres av eksos som lekker inn i boligkvarter/hotell.
- Gruppen mente at hovedkilden til kjemisk eksponering i forpleining kommer fra andre yrkesgrupper og at forpleiningen genererer lite selv. Eksempler som ble gitt: flammehemmere i sengetøy/arbeidsklær og helikopterdrivstoff.
- Vannet som produseres på installasjonene inneholder ofte mye kalsium. Dette kan medføre at det avsettes avleiringer av CaCO_3 i vaskemaskiner og oppvaskemaskiner og bruk av kjemikalier for å fjerne avleiringene. I drikkevannsforskriften er det ikke satt krav til innholdet av kalsium i vann som skal drikkes.[‡]
- Dagens gruppe ønsker at det skal komme ut en "beste praksis" med hensyn til ulike tiltak, for eksempel avtrekkshetter (kjøkken og over vaskemaskiner/tørketromler) og selvrensende ovner.
- Det skjer ofte søl, uhell og uforutsette hendelser. Det bør vurderes om noen skal samle inn og analysere rapporter over uønskede hendelser.
- Det er ikke fastsatt en egen administrativ norm for stekeos og det er heller ikke en spesifikk metode for prøvetaking og analyse. Dette bør det jobbes videre med.
- Det bør vurderes om det skal gjøres eksponeringsmålinger i vaskeriene. Der har hovedfokus hittil vært støy.
- Det ble stilt spørsmål til om det er riktig opplæring av utstyr i forbindelse med å redusere eksponering på kjøkken.
- Det ble stilt spørsmål om såkalte selvrensende ovner kunne erstatte noe av ovn-rengjøringen.
- Hvilke kjemiske produkter som brukes i forpleiningen finnes i Fellesdatabasen? (se Vedlegg 1)

[‡] <http://www.lovdatabasen.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20011204-1372.html>

Referanser

- 1) Oljedirektoratet, OLF, med flere. *Et løft for forpleining - Rapport fra arbeidsgruppene*, **2003**.
- 2) H. Sjonfjell, B. Romsboth, H. Erikstein, I.M. Haaland, A. Nistov, J. Nærheim, K. Loen, I.S. Mehlum, J.L. Svensson. *Kjemisk eksponering på norsk sokkel*, **2005**.
- 3) C. Bjørheim, "- Renhold blant de tyngste jobbene til havs", *Aftenbladet*, **13.05.2009**.
- 4) Petroleumstilsynet. *Risikonivå i petroleumsvirksomheten - Hovedrapport, utviklingstrekk 2009, norsk sokkel*. **2009**.
- 5) A.K. Sjaastad, Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational conditions (PhD thesis), *Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Social Sciences and Technology Management, Department of Industrial Economics and Technology Management.*, Trondheim, Norway, **2010**.
- 6) K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae, and B. Bakke. *Arbeidsmøte om stekeos i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri - Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-8, STAMI: Oslo, **2012**.
- 7) B. Bakke, K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, and H.L. Daae. *Arbeidsmøte for kartlegging av dieseleksos og eksponeringskilder i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-7, STAMI: Oslo, **2012**.
- 8) International Agency for Research on Cancer. *Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Household Use of Solid Fuels and High-temperature Frying*. IARC Monographs, Volume 95, **2010**.
- 9) K.F. Solbu, H. Johnsen, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae, B. Bakke. *Innkjøpte kjemikalier - gjennomgang og systematisering av Fellesdatabasen (FDB)*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 6, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.

Vedlegg 1: Kjemikalier

Fellesdatabasen (FDB) har tidlige blitt systematisert og rangert basert på R-setninger til hvert produkt og stoff, og i forhold til treff i andre viktige kjemikalielister.⁹ Ved en enkel gjennomgang av Fellesdatabasen (uttrekk fra 8. mars 2010) ble det funnet 230 produkter med tilhørende 180 stoffer som var registrert med Ecolab eller Lilleborg som leverandør, som i stor grad inkluderer produkter benyttet innen forpleining. Av disse produktene er det f.eks. et lite utvalg som inneholder stoffer registrert på kjemikalielistene SVHC (substances of very high concern), SIN (substitute it now) eller PBT (persistent, bioaccumulative and toxic):

PRODUKTNAVN	Kjemisk navn på aktuelt stoff som produktet inneholder (fra KLIF)	CASNO	Innhold	Lister*
Suma Nordlys Professional Tabletter ^L	PERBORSYRE(HBO(02)), NATRIUMSALT, MONOHYDRAT	10332-33-9	15-30%	SIN, SVHC
Suma Nordlys Tabletter ^L	PERBORSYRE(HBO(02)), NATRIUMSALT, MONOHYDRAT	10332-33-9	5-15%	SIN, SVHC
Neutralle Micro Clean Sense Refill ^L	CYCLOPENTA(G)-2-BENZOPYRAN,1,3,4,6,7,8-HEXAHYDRO-4,6,6,7,8,8-HEXAMETYL-	1222-05-5	<1%	SIN, PBT
Spray Cleaner ^E	BUTAN	106-97-8	<20%	SVHC
Titrersett, Fenolftalein, 1% i etanol ^L	FENOLFTALEIN	77-09-8	1%	SIN, SVHC

* Kjemikalielister der det aktuelle stoffet er registrert

^L Lilleborg / Lilleborg Profesjonell

^E Ecolab



ARBEIDSMØTE OM BENZEN I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Kasper F. Solbu, Berit Bakke, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae
Prosjektleder: Berit Bakke
Dato: 1. september 2011
Sted: OLFs møtelokaler, Stavanger

Sammendrag:

STAMI har sammen med aktører innen olje- og gassindustrien avholdt et arbeidsmøte om benzen. Formålet var å oppsummere dagens status når det gjelder benzeneksponering i olje- og gassindustrien. Det ble presentert kjent kunnskap om helseeffekter, målemetoder og eksponering som bakgrunn til diskusjon.

Det deltok representanter fra seks operatørselskaper, én leverandør, og én fagforening, samt deltakere fra Kreftregisteret, Universitetet i Bergen, OLF og STAMI, til sammen 19 personer.

Innholdet i dette dokumentet er fremkommet fra arbeidsmøtet, med unntak av der det er påført eksterne referanser. Bl.a. er kjent kunnskap om vurdering av eksponering, prøvetaking og biomarkører for benzen blitt omtalt i dokumentet.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, eksponering, benzen

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, exposure, benzene

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	III
Forord	IV
1. Kilder og potensiell eksponering for benzen	1
2. Helseeffekter ved eksponering for benzen	1
3. Vurdering av benzeneksponering	2
4. Prøvetakings- og analysemetoder	2
4.1. Luftprøvetaking	2
4.2. Direktevisende instrumenter	3
4.3. Biomarkører	4
5. Retrospektiv jobb-eksponeringsmatrise i norsk olje- og gassindustri	5
6. Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009	5
7. Kommende studier ved kreftregisteret	6
8. Kommentarer fra deltakerne	7
Referanser	8
Vedlegg 1: Abstract for JEM-studien ved UiB	10

Forkortelser

ALL	<i>Acute lymphocytic leukemia</i>
AML	<i>Acute myeloid leukaemia (acute non-lymphocytic leukaemia)</i>
BEI	<i>Biological exposure indices</i>
BTEX	Benzen, toluen, etylbenzen og xylen
CLL	<i>Chronic lymphocytic leukemia</i>
JEM	Jobb-eksponeringsmatrise
LOD	Deteksjonsgrense (<i>limit of detection</i>)
MDS	<i>Myelodysplastic syndrome</i>
MDS-U	MDS-uklassifisert
MM	<i>Multiple myeloma</i>
MPV	<i>Mean platelet volume</i>
NHL	<i>non-Hodgkin lymphoma</i>
NHLN	<i>non-Hodgkin lymphoid neoplasms</i>
OLF	Oljeindustriens landsforening
SHS	<i>Shanghai health study</i>
S-PMA	S-fenylmerkaptursyre (<i>S-phenylmercapturic acid</i>)
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
TLV-TWA	<i>Threshold limit value - time weighted average</i>
UiB	Universitetet i Bergen

Forord

Dette dokumentet oppsummerer kunnskap som er framkommet i et møte hos OLF 1. september 2011 vedrørende eksponering for benzen i norsk olje- og gassindustri. Møtet var åpent for alle interesserte. Inviterte foredragsholdere holdt innlegg om temaene:

- Eksponering og helse blant arbeidere som har vært eksponert for høye konsentrasjoner av benzen – *The Shanghai Health Study* (Jennifer Galvin, tidligere ConocoPhillips)
- Utvikling av en retrospektiv jobb-eksponeringsmatrise for benzen for den norske olje- og gassindustrien (Magne Bråtveit, Universitetet i Bergen (UiB))
- Dagens eksponeringsbilde for benzen (Berit Bakke, Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI))
- Kreftregisterets epidemiologiske studie av sammenhengen mellom eksponering for benzen og kreftforekomst (Tom K. Grimsrud, Kreftregisteret)
- Biologisk overvåkning av eksponering for benzen (Trond M. Schei, ConocoPhillips)
- Bruk av direktevisende instrumenter for kartlegging av eksponering for benzen i norsk olje- og gassindustri (Ellen K. Jensen, Statoil)

Det ble i tillegg vist deler av innlegget som Hans Kromhout holdt på First Friday i desember 2010.¹ På møtet ble det også diskutert selskapenes praksis for vurdering av benzeneksponering.

Formålet med dette møtet var å oppsummere dagens status når det gjelder benzeneksponering i olje- og gassindustrien.

1. Kilder og potensiell eksponering for benzen

Benzen er en flyktig, fargeløs og lettantennelig væske som er lite/delvis løselig i vann (ca. 1-2 g/L). Benzen finnes naturlig i olje- og gassreservoarer og følger hele produksjonskjeden, og er en av mange komponenter som finnes i råolje, gass og kondensat. Benzen inngår dessuten i enkelte laboratorieprodukter, f.eks. som komponent i løsninger (< 2% benzen) eller ren benzen (>98 %) i forbindelse med bruk av kalibreringsløsninger til analyseinstrumenter.² Men eksponering av benzen fra laboratorieproduktene ansees som minimal hvis normale sikkerhetsrutiner i laboratoriet følges.

Sammensetningen av råolje, gass og kondensat varierer fra felt til felt. De største mengdene av benzen finnes i råolje og kondensat hvor det er påvist opp til 5% benzen. I gass er det påvist opp til 0,5% benzen.² Eksponering for benzen kan derfor forekomme ved alle oppgaver som medfører åpning av hydrokarbonførende systemer. Benzen har også i 2010 blitt registrert i høye nivåer i en prosessstrøm fra glykolregenereringsanlegg (30-60%),² der mulig eksponering kan forekomme ved filterskifte tilknyttet et slikt anlegg.

2. Helseeffekter ved eksponering for benzen (C₆H₆)

Det har lenge vært kjent at benzen skader cellene som produserer blod (*hematopoietic stem cells*) og at eksponering for benzen gir økt risiko for leukemi.³ En norsk studie har vist at offshore-arbeidere på norsk sokkel har en økt risiko for leukemi og beinmargskreft.⁴ Forskning på sammenhengen mellom eksponering for benzen og helseeffekter er i dag rettet mot betydningen av lavgradig eksponering for benzen (dvs. eksponeringsnivå <1 ppm).⁵⁻⁷

Benzens karsinogenitet ble evaluert av IARC i 2009⁸ og er oppsummert med følgende konklusjoner:⁹

- Benzen er kreftfremkallende for mennesker (Gruppe 1 karsinogen)
- Benzen forårsaker akutt *non-lymphocytic leukaemia/myeloid leukaemia* (AML)
- Begrenset bevis for årsakssammenheng mellom benzen og *acute lymphocytic leukemia* (ALL), *chronic lymphocytic leukemia* (CLL), *multiple myeloma* (MM) and *non-Hodgkin lymphoma* (NHL)
- Sterke bevis på at genotoksisitet er hovedmekanismen

Jennifer Galvin refererte fra "The Shanghai Health study – a hospital based case-control study".^{10,11} Denne studien sammenlikner syke pasienter (kasus) med en frisk kontrollgruppe (kontroller). Studien sammenlikner en rekke forhold i de to gruppene og prøver å avgjøre om de to gruppene er forskjellige med hensyn til mulige sykdomsfremkallende faktorer. Dette er altså ikke en studie som retter seg mot oljebransjen og benzeneksponering spesielt. Yrker med potensiell eksponering for benzen inkluderte skomakere, malere, mekanikere/maskinister og trykkeriarbeidere.¹² Rapporterte eksponeringsnivå av benzen var høye (>50 ppm).

3. Vurdering av benzeneksponering

Arbeidstilsynet har fastsatt administrative normer (ADN) for forurensninger i arbeidsluft. Disse er satt ut fra tekniske, medisinske og økonomiske vurderinger. Normene er satt for bruk ved vurdering av luften på arbeidsplasser som er forurenset av kjemiske stoffer. For benzen er ADN fastsatt til 1 ppm (3 mg/m^3) for et 8-timers arbeidsskift. Fordi benzen er kreftfremkallende er ADN merket med "K". I tillegg er normen fått anmerkningen "H" (hudopptak) fordi benzen kan trenge igjennom uskadet hud og tas opp i kroppen. Ved vurdering av eksponering over 12-timers skift har PTIL i veiledningen til "Aktivitetsforskriften §36 - Kjemisk helsefare" følgende tillegg til administrative normer: For å korrigere normen for en arbeidsperiode på 12 timer, bør det brukes en sikkerhetsfaktor på 0,6. Dvs. at 12-timers norm = $0,6 \cdot 8 \text{ timers-norm}$.^{13,14}

Det er ingen ADN for korttidseksponeringer. Arbeidstilsynet anbefaler at man bruker tommelfingerregelen for å vurdere hvor store overskridelser som kan aksepteres i perioder på opptil 15 minutter (under forutsetning at gjennomsnittskonsentrasjonen for 8-timersskiftet overholdes). For benzen innebærer dette at man kan tillate 3 ppm (9 mg/m^3) i en periode på 15 minutter.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) publiserer *Threshold Limit Values (TLVs®) and Biological Exposure Indices (BEIs®)* som brukes for å vurdere eksponeringsforholdene på en arbeidsplass. TLV og BEI er helsebaserte normer. TLV-TWA (*time-weighted average*) for et 8-timers skift er 0,5 ppm. TLV-STEL (*short-term exposure limit*) for 15 minutters eksponering er 2,5 ppm. BEI for benzen er $25 \mu\text{g S-PMA}^*/\text{g kreatinin}$ (for prøver etter skift).¹⁵

Det var samsvarende bruk av normer mellom de selskapene som var til stede. Alle vurderte korttidseksponering mot TLV-STEL på 2,5 ppm. For vurdering av langtidsmålinger var det noen selskaper som benyttet TLV-TWA på 0,5 ppm, mens andre benyttet den norske ADN på 0,6 ppm, justert for 12-timers arbeidsskift. Ett selskap benyttet en selskapsintern norm på 0,3 ppm for vurdering av langtidsmålinger (12-timers skift).

4. Prøvetakings- og analysemetoder

4.1. Luftprøvetaking

For å måle luftkonsentrasjonen av benzen er det i dag flere tilgjengelige metoder, både passive - (dosimetre) og aktive metoder (ATD- eller kullrør). Valg av prøvetakingsmetode kan være kritisk da enkelte passive dosimetre har lav oppsamlingshastighet og deteksjonsgrensen derfor blir høy om prøvetakingstiden er kort. Dette er spesielt viktig ved prøvetaking av benzen hvor ADN er lav. Eksempler på deteksjonsgrenser for benzen for ulike dosimetre, samt aktive metoder er vist i Tabell 1. For ytterligere informasjon vedrørende prøvetakings- og analysemetoder henvises det til Metodeboka.¹³

* S-fenyl-merkaptursyre (S-PMA) er en metabolitt av benzen som kan måles i urin.

Tabell 1: Deteksjonsgrenser for benzen med ulike løsemiddelprøvetakere ved 15 min prøvetakingstid

Prøvetaker	Prøvetakingshastighet for benzen (mL/min)	Desorpsjonsbetingelser/ analysemetode	Deteksjonsgrense (ppm)
Aktive metoder:			
ATD-rør	50	ATD-GC-MS	0,0013
Kullrør	50	1,5 mL [§] , GC-FID m/split	0,27
Passive metoder:			
PE ATD-rør	0,5 [#]	ATD-GC-MS	0,13
Radiello 3310	80	3,0 mL [§] , GC-FID m/split	0,34
3M OVM 3500	35,5	3,0 mL [§] , GC-FID m/split	0,77
SKC OVB 575	16,0	3,0 mL [§] , GC-FID m/split	1,7
Dräger Orsa 5	6,44	3,0 mL [§] , GC-FID m/split	4,2

[§] Desorpsjonsvolum i mL

[#] Oppsamlingshastighet er avhengig av type adsorbent

Tabell 1 indikerer at dersom prøvetakingstiden er vesentlig lavere enn 15 min, vil ATD-rør (aktiv metode) være den eneste metoden som er tilstrekkelig følsom for å kunne måle benzenkonsentrasjoner på 1/10 av norm (ADN = 1 ppm).

STAMIs anbefaling for bestemmelse av løsemidler i arbeidsatmosfære:¹³

8-timers-prøver:

- Enkeltløsemidler: kullrør m/pumpehastighet 50 mL/min eller diffusjonsprøvetaker med kulladsorbent
- Destillasjonsfraksjoner (bensindamp, white spirit etc.): kullrør m/pumpehastighet 50 mL/min

15 min-prøver:

- Enkeltløsemidler: kullrør m/pumpehastighet 50 mL/min
- Destillasjonsfraksjoner: kullrør m/pumpehastighet 50 mL/min
- Stoffe med meget lave normer (f.eks. benzen): ATD-rør m/pumpehastighet 50 mL/min

Arbeidsoperasjoner med varighet under 10 min eller enkeltløsemidler med meget lave normer (f.eks. benzen):

- ATD-rør m/pumpehastighet 50 mL/min

De vanligste prøvetakingsmetodene rapportert blant arbeidsmøtets deltakere var passive prøvetakere ("badges") og ATD-rør. Det ble rapportert om spesielt god erfaring ved bruk av aktiv prøvetaking med ATD-rør for korttidsprøver.

4.2. Direktevisende instrumenter

Direktevisende målinger vil kunne være et verdifullt supplement og i noen tilfeller et alternativ til tradisjonelle personlige prøver for bedre å kunne karakterisere eksponeringen. Ved hjelp av direktevisende instrumenter kan man kartlegge variasjon i eksponeringsgrad over tid og identifisere forurensningskilder og lekkasjer. Slike instrumenter kan også brukes til påvisning av gasser/damper ved entring av tanker. Mange direktevisende instrumenter har varierende spesifisitet og selektivitet,

og kryssfølsomhet/interferens kan ofte være et problem, spesielt dersom arbeidsatmosfæren inneholder flere stoffer. Det vil derfor være vanskelig å gjøre nøyaktige målinger av enkeltkomponenter med slike instrumenter, og det vil i noen tilfeller være viktig/nødvendig å supplere med andre målemetoder som kan karakterisere hvilke forbindelser som er til stede for å vurdere instrumentets anvendbarhet til nøyaktige eksponeringsmålinger. Dersom sammensetningen er omtrent den samme overalt, vil likevel slike instrumenter kunne brukes med godt resultat til å få oversikt over nivået på ulike steder i lokalet.

Ellen K. Jensen redegjorde for et prosjekt som Statoil og ConocoPhillips har gått sammen om for å undersøke om det finnes kommersielle instrumenter som kan måle benzen i varierende klimaforhold som f.eks. i relativ luftfuktighet fra 5 til 80%. De vil i tillegg undersøke om andre stoffer som f.eks. toluen kan påvirke måleresultatene. Instrumenter fra tre leverandører skal bli undersøkt og testingen utføres av Institutet För Kemisk Analys Norden AB (IFKAN). Prosjektet ble startet i uke 36 og rapport er estimert å være ferdig i november 2011. I etterkant av prosjektet vil det bli holdt et seminar om direktevisende instrumenter.

4.3. Biomarkører

Begrepet "biologisk monitorering" har tradisjonelt blitt brukt for å beskrive en eksponering gjennom å måle komponentene en person utsettes for eller metabolitter av disse i biologiske systemer, f.eks. i blod, urin eller hår. For flyktige organiske komponenter/løsemidler har analyse av utåndingsluft også blitt benyttet. I dag brukes også begrepet "biomarkør" for eksponering. Dette innbefatter også reaksjonsprodukter mellom en substans og forskjellige molekyler eller celler i kroppen.

Hudeksponering kan i visse situasjoner bidra signifikant til den totale dosen av benzen. I slike sammenhenger kan luftprøvetaking underestimere opptaket av stoffet. Det er i dag ingen gode kommersielle metoder for å vurdere eksponering via hudopptak. For å vurdere et samlet opptak (inhalasjon og hud) kan biologiske eksponeringsmarkører være nyttig. Biomonitorering ved eksponering for organiske forbindelser har tradisjonelt i liten grad blitt benyttet i Norge, men i forbindelse med eksponering for benzen (benzen i blod, S-PMA i urin, tidligere fenol i urin) har biologisk monitorering i noen grad vært gjennomført.

Trond M. Schei redegjorde for ConocoPhillips' strategi vedrørende biologisk overvåking av personell som utfører vedlikeholds- og modifikasjonsoppgaver under nedstengning av installasjoner, samt resultater fra en slik kartlegging. ConocoPhillips har kartlagt benzeneksponering ved nedstegningsarbeid ved målinger av benzen-metabolitten S-PMA i urin.¹³ Ved bruk av denne metoden tas det alltid en prøve før eksponering har skjedd, samt en prøve rett etter en arbeidsperiode hvor det har vært mulig å bli eksponert. Arbeidsoperasjoner som utføres under en nedstegning klassifiseres i henhold til mulig eksponering: entring av tanker (høy eksponering), splitting av rør/utstyr (moderat eksponering) og lukket system (lite eller ingen eksponering). Alt personell som var involvert i åpning av hydrokarbonførende prosessutstyr avgav en urinprøve før åpning av prosessutstyr for måling av kvikksølv og S-PMA, samt en urinprøve før hjemreise etter fullført offshore-opphold.

Resultatene viste at etter fullført offshore-opphold var gjennomsnitt for ikke-røykere doblet fra 0,5 til 1,02 µg S-PMA/g kreatinin. For røykere sank nivået fra 3,77 til 3,59 µg S-PMA/g kreatinin, trolig pga. mindre røyking (røyking av tobakk er viktigste kilde for benzen). Alle nivåer ligger imidlertid under tilgjengelig BEI for benzen.

5. Retrospektiv jobb-eksponeringsmatrise i norsk olje- og gassindustri

Magne Bråtveit (UiB) informerte om et arbeid som er gjort for å utvikle en retrospektiv jobb-eksponeringsmatrise for benzen for den norske olje- og gassindustrien. I dette arbeidet har de benyttet data fra en tidligere studie,¹⁶ i tillegg til å samle inn nye data fra industrien. Oppgavespesifikke determinanter av eksponering ble brukt til å estimere eksponering i 29 jobbkategorier. Determinantene var ikke framkommet ved statistisk analyse av de innsamlede eksponeringsdataene, men er et resultat av faglig yrkeshygienisk vurdering basert på informasjon som var framkommet i prosjektet. Prosjektet er beskrevet i Vedlegg 1.

6. Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009

Berit Bakke (STAMI) presenterte arbeidet fra prosjektet *Eksponering for kjemikalier i olje- og gassindustrien – Dagens eksponeringsbilde* hvor det er gjort en systematisk gjennomgang av yrkeshygieniske målerapporter fra norsk olje- og gassindustri i perioden 2007-2009. Selskapene ble invitert til å sende inn målerapporter som inneholdt kvantitative eksponeringsmålinger. Alle måledata ble ekstrahert fra rapportene og lagt inn i en database med tilhørende kontekstinformasjon. Totalt var det 70 rapporter som til sammen inneholdt 853 personlige benzenmålinger fra både landanlegg og offshore-installasjoner. Eksponering for benzen er vist ved boring og brønnvedlikehold, vedlikehold og rengjøring, kontakt med petroleumsprodukter (f.eks. ved prøvetaking) og alle oppgaver som innebærer åpning av hydrokarbonførende rør, ventiler, filtre og separasjoner. Prøvetaking har vært utført med kulladsorbenttrør, dosimetre, ATD-rør og UltraRae PID.

Konklusjoner:

- Samlet sett var medianen (min.–maks.) for langtidsmålingene (≥ 15 minutter prøvetakingstid) av personlig eksponering offshore godt under den norske OEL på 0,6 ppm (justert for 12-timersskift); median 0,005 ppm ($< \text{LOD} = 17$ ppm), $N=395$.
- Medianen (min.–maks.) av korttidsmålingene (< 15 minutters prøvetakingstid) var 0,005 ppm ($< \text{LOD} = 8,1$ ppm), $N=213$. Høyeste eksponeringsnivåer ble sett ved tankrengjøring, rengjøring av sikter i siktemaskinrom (eng.: *shaker room*), drenering, og arbeid på ventiler/filter etc.
- Enkelte rapporter inneholdt ikke informasjon om antall målinger, arbeidsoppgaver, eller miljømessige forhold som begrenser tolkningen av datasettet.

Resultatene er publisert i en egen rapport fra 2011.¹⁷

7. Kommende studier ved kreftregisteret

Kreftregisteret har fått prosjektmidler fra Norges forskningsråd til studier av kjemisk eksponering og kreftforekomst blant norske offshorearbeidere. I studiene brukes data samlet inn ved hjelp av spørreskjema i 1998/1999 fra 28 000 offshoreansatte, derav kreftdata fra hoveddatabasen i Kreftregisteret og eksponeringsberegninger foretatt av Arbeidsmedisinsk seksjon, Universitetet i Bergen.

I prosjektet er det planlagt tre studier:

1. Om selvrapportert eksponering (oppgitt på spørreskjemaet);
2. Om graden av komplett av Kreftregisterets oversikt over offshoreansatte, sammen med en mest mulig fullstendig oversikt over kreftisiko blant offshoreansatte fra 1960-tallet til 2000-tallet
3. Om mulig sammenheng mellom benzeneksponering offshore og lymfe- og beinmargkreft i perioden 1999–2009 (herunder akutt myelogen leukemi, AML, og lignende sykdommer). En jobb-eksponeringsmatrise (JEM) til denne studien er utarbeidet av UiB.

Resultater fra undersøkelsen forventes ikke før i løpet av 2013.

8. Kommentarer fra deltakerne

- OLF har utarbeidet en anbefalt retningslinje for benzen som nå er sendt ut på høring hos selskapene. Denne retningslinjen er utviklet i den hensikt å bistå olje- og gassindustrien i Norge med å kontrollere risiko knyttet til benzeneksponering. Erfaringer og behov fra ulike aktører i industrien er samlet inn og diskutert for å sammenstille et enkelt dokument for olje- og gassindustrien (onshore og offshore). Formålet med arbeidet har vært å redusere risikoen for at personell blir eksponert for benzen, ved å gi en veiledning om hvilke tiltak som kreves for sikker håndtering og prosessering av råolje og naturgasskondensat som inneholder benzen.
- Det har vært mye fokus på eksponering for benzen blant prosessoperatørene hos operatørselskapene. Det er viktig at eksponering hos personer som utfører vedlikeholdsoppgaver, samt de som jobber hos kontraktørselskapene også kartlegges mht. eksponering for benzen.
- Kortvarig, høy eksponering (toppeksponering) for benzen bør kartlegges
- Viktig at målerapportene inneholder:
 - Kort sammendrag
 - Bakgrunn og formål med undersøkelsen
 - Metodiske valg som er gjort
 - Resultater av de individuelle yrkeshygieniske målingene
 - Fortolkninger og vurderinger av resultater
 - Konklusjoner og eventuelle risikoreducerende tiltak
 - Prøvetakingsskjema
 - Analyserapport fra laboratorium
 - Plantegninger, bilder
 - Utskrifter eller diagrammer fra direktevisende instrumenter

For mer om innhold i målerapporter henvises det til kapittel 10 i STAMI-rapport nr. 2, årgang 12 (2011).¹³

Referanser

- 1) H. Kromhout, Meta regression for benzene and leukemia: a worked example (Basert på artikkelen: Flexible Meta-Regression to Assess the Shape of the Benzene-Leukemia Exposure-Response Curve, *Environ. Health Perspect.*, **2010**, *118* (4), 526-532).
<http://www.youtube.com/watch?v=N2EBivsYQFQ>
<http://www.youtube.com/watch?v=YnPK2sr-XZk&feature=related>
- 2) *Fellesdatabasen, uttrekk fra 8. mars 2010*. Bureau Veritas, **08.03.2010**.
- 3) K.S. Crump. Risk of benzene-induced leukemia predicted from the Pliofilm cohort, *Environ. Health Perspect.*, **1996**, *104*, 1437-1441.
- 4) J. Kirkeleit, T. Riise, M. Bratveit, and B.E. Moen. Increased risk of acute myelogenous leukemia and multiple myeloma in a historical cohort of upstream petroleum workers exposed to crude oil, *Cancer Causes Control*, **2008**, *19* (1), 13-23.
- 5) Q. Lan, L. Zhang, G. Li, R. Vermeulen, R.S. Weinberg, M. Dosemeci, S.M. Rappaport, M. Shen, B.P. Alter, Y. Wu, W. Kopp, S. Waidyanatha, C. Rabkin, W. Guo, S. Chanock, R.B. Hayes, M. Linet, S. Kim, S. Yin, N. Rothman, and M.T. Smith. Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene, *Science (Washington, DC, U. S.)*, **2004**, *306* (5702), 1774-1776.
- 6) C. Xing, F. Marchetti, G. Li, R.H. Weldon, E. Kurtovich, S. Young, T.E. Schmid, L. Zhang, S. Rappaport, S. Waidyanatha, A.J. Wyrobek, and B. Eskenazi. Benzene exposure near the U.S. permissible limit is associated with sperm aneuploidy, *Environ. Health Perspect.*, **2010**, *118* (6), 833-839.
- 7) M.T. Smith, L. Zhang, C.M. McHale, C.F. Skibola, and S.M. Rappaport. Benzene, the exposome and future investigations of leukemia etiology, *Chem. -Biol. Interact.*, **2011**, *192* (1-2), 155-159.
- 8) R. Baan, Y. Grosse, K. Straif, B. Secretan, G.F. El, V. Bouvard, L. Benbrahim-Tallaa, N. Guha, C. Freeman, L. Galichet, and V. Coglianò. A review of human carcinogens--Part F: chemical agents and related occupations, *Lancet. Oncol.*, **2009**, *10* (12), 1143-1144.
- 9) International Agency for Research on Cancer. *Summary of Evaluations - Benzene*. IARC Monographs, Volume 100F, WHO: Lyon, France, **2009**.
- 10) O. Wong, F. Harris, Y. Wang, and H. Fu. A hospital-based case-control study of non-Hodgkin lymphoid neoplasms in Shanghai: analysis of personal characteristics, lifestyle, and environmental risk factors by subtypes of the WHO classification, *J. Occup. Environ. Med.*, **2010**, *52* (1), 39-53.
- 11) O. Wong, F. Harris, W. Yiyang, and F. Hua. A hospital-based case-control study of acute myeloid leukemia in Shanghai: analysis of personal characteristics, lifestyle and environmental risk factors by subtypes of the WHO classification, *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, **2009**, *55* (3), 340-352.
- 12) O. Wong and H. Fu. Exposure to benzene and non-Hodgkin lymphoma, an epidemiologic overview and an ongoing case-control study in Shanghai, *Chem. -Biol. Interact.*, **2005**, *153-154*, 33-41.
- 13) S. Thorud, B. Bakke, M. Hersson, H.L. Daae, K.F. Solbu, H. Johnsen, N.P. Skaugset, T. Woldbæk, K. Halgard, K.K. Heldal, A. Skogstad, Y. Thomassen, W. Eduard, D. Ellingsen. *Prøvetakings- og analysemetoder - Beste praksis*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 2, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.

- 14) Petroleumstilsynet. *Veiledning til Aktivitetsforskriften §36 - Kjemisk helsefare*. Stavanger, **2011**.
- 15) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *TLVs and BEIs*. ACGIH: Cincinnati, Ohio, **2010**.
- 16) K. Steinsvaag, M. Braatveit, and B.E. Moen. Exposure to carcinogens for defined job categories in Norway's offshore petroleum industry, 1970 to 2005, *Occup. Environ. Med.*, **2007**, 64 (4), 250-258.
- 17) B. Bakke, K.F. Solbu. *Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 9, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.

Vedlegg 1: Abstract for JEM-studien ved UiB

Development of a retrospective JEM for benzene in the Norwegian oil and gas industry

Bråtveit M¹, Kirkeleit J², Hollund BE³, Vågnes KS², Abrahamsen E³

¹Department for Public Health and Primary Health Care, University of Bergen, Bergen, Norway

²Uni Research, Bergen, Norway

³Department of Occupational Medicine, Haukeland University Hospital, Bergen, Norway

Objectives

Objectives

Upstream petroleum workers are exposed to benzene through contact with crude oil and natural gas. By using available monitoring data and information on determinants of benzene exposure we developed a job-exposure matrix for benzene to be used in a study of hematopoietic malignancies among 28 000 offshore workers.

Methods

Monitoring reports on benzene (1981-2007) were gathered from 38 offshore installations. Supplementary information on task-specific determinants of exposure was obtained through company visits. This information was used to estimate benzene exposure for 29 relevant job categories in four time periods by: 1) Use of determinants to rate tasks by exposure intensity 2) Rating of job categories based on intensity, frequency and duration of performed tasks 3) Assignment of exposure estimates to job categories/time periods based on available air measurements and relative exposure rating.

Results and conclusions

Personal measurements indicated relatively high benzene exposure during tasks when flow lines are opened, such as work in the flotation package (arithmetic mean 1.04 ppm;0.09-2.33 ppm), filter maintenance (1.18 ppm;0.01-3.43 ppm), and cleaning operations (3.04 ppm;<LOD-17 ppm). Full shift exposure for various job categories was generally low (0.02-0.8 ppm), but these data did not cover all relevant job categories and time periods.

The available quantitative data and information on exposure determinants was used to rank the 29 job categories relative to each other in respect to full shift exposure for the four time periods. Exposure ranking for the last decade should be validated against recent measurements not included in the present dataset.



ARBEIDSMØTE OM DIESELEKSOS OG DIESELEKSOSKILDER I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Berit Bakke, Kasper F. Solbu, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 3. februar 2011

Sted: OLFs møtelokaler, Stavanger

Sammendrag:

STAMI har sammen med aktører innen olje- og gassindustrien avholdt et arbeidsmøte for å kartlegge viktige eksponeringskilder for dieseleksos i denne industrien og evt. arbeidssituasjoner der eksponering kan forekomme. Det ble påpekt flere typer drivstoff som kan gi opphav til forskjellige typer eksos. Det er også forskjeller mellom typer installasjoner med tanke på hva slags typer motorer og generatorer som er installert. I tillegg vil bruken av de forskjellige motorene også gi utslag på eksosen som genereres, i forhold til f.eks. kaldstart eller motorens belastning. Eksposering for eksos ble på møtet vurdert å være lokalisert til uteområder (rørdekk, boredekk m.m.), i boligområde og i kontorkonteinere/kontrollrom. Uttrekk fra rapporterte hendelser i "Synergi" i etterkant av møtet viste flere kilder til eksos, eksponeringssteder og helseplager.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, offshore, landanlegg, dieseleksos, arbeidsoperasjoner, eksponering

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, offshore, plants, diesel exhaust, work operations, exposure

Innholdsfortegnelse

Sammendrag:	I
Innholdsfortegnelse	II
Forkortelser	III
1. Introduksjon og mål	1
2. Drivstoff	2
2.1. Fossil diesel.....	2
2.2. Biodiesel	3
2.3. Bunkersolje/tungolje	3
2.4. Helikopterdrivstoff, helifuel/jet-fuel	3
3. Helseeffekter	4
3.1. Deseleksos	4
3.2. Andre drivstoff.....	4
4. Kilder til eksos, landanlegg	5
5. Kilder til eksos, offshore	6
5.1. Kraftproduksjonsenheter	6
5.2. Helikopter	7
5.3. Fartøy.....	7
6. Arbeidssituasjoner med mulig eksos eksponering	8
6.1. Boligområde/forpleining	8
6.2. Kontorkonteinere/kontrollrom	8
6.3. Randsoner.....	8
6.4. Hendelser i Synergi	8
7. Pusteluft	9
8. Metode for å kartlegge deseleksos	10
9. Ytterlige kommentarer fra deltakerne	11
Referanser	12

Forkortelser

DP	Dynamisk posisjonering
LNG	<i>Liquefied natural gas</i> (flytende naturgass)
LPG	<i>Liquefied petroleum gas</i> (flytende petroleumsgass)
OLF	Oljeindustriens landsforening
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PM	<i>Particulate matter</i>
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
UFP	Ultrafine partikler

1. Introduksjon og mål

Oljeindustrien driver prosjektet *Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien*, som styres av en partssammensatt styringsgruppe under koordinering av Oljeindustriens landsforening (OLF). Handlingsplanen for dette prosjektet er tilgjengelig på <http://www.olf.no/kjemisk>. Prosjektet Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien skal gi et helhetlig bilde av nåværende og tidligere eksponeringssituasjon, beskrive og tette igjen kunnskapshull og bidra til at næringen blir bedre til å håndtere risikoene rundt kjemikalier i arbeidsmiljøet i olje- og gassektoren. Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) er blitt engasjert av dette prosjektet med tanke på å kartlegge dagens eksponeringsbilde i olje- og gassindustrien.

Prosjektet har systematisert eksponeringsdata som selskapene selv har samlet inn fra perioden 2007-2009. Til tross for tilbakemeldinger fra bransjen om at mange yrkesgrupper eksponeres for dieseleksos eller annen eksos (heretter omtalt samlet som "eksos"), inneholder datamaterialet kun noen få målinger (av nitrogendioksid) hvor eksos er registrert som tema. På denne bakgrunn er det foreslått at eksponering for eksos skal kartlegges i bransjen for å tette kunnskapshull på dette området.

Formålet med dette arbeidsmøtet var derfor å fremskaffe kunnskap om kilder til eksponering for eksos (spesielt dieseleksos) i norsk olje- og gassindustri, samt å beskrive mulige arbeidssituasjoner hvor eksponering kan forekomme.

Det deltok representanter fra fem operatørselskaper, tre leverandører, to bedriftshelsetjenester, én fagforening, samt deltakere fra Arbeidstilsynet, Petroleumstilsynet, OLF og STAMI, til sammen 21 personer.

2. Drivstoff

I utgangspunktet skulle arbeidsmøtet omhandle eksponering for dieseleksos. Det viste seg imidlertid at det i noen sammenhenger ikke bare dreier seg om eksponering for eksos fra forbrenning av diesel, men også andre typer drivstoff (f. eks. bunkersolje, helifuel/jet-fuel og fossil diesel iblandet biodiesel). Nedenfor gis en kort omtale av de mest aktuelle drivstoffene.

2.1. Fossil diesel

Fossil diesel (heretter omtalt som "diesel") er en blanding av komponenter fra ulike produksjonsprosesser på oljeraffineriene. Kokepunktet for diesel er mellom 160 og 360 °C, og produktet inneholder i hovedsak en sammensatt blanding av hydrokarboner med en kjedelengde på mellom 12 og 22 karbonatomer. Raffineriene fjerner svovel, nitrogen og aromater fra gassoljen ved hjelp av hydrogenering og videre rensing.

Dieseleksos er blitt definert som utslipp av gass og partikler etter forbrenning av diesel i en stempelmotor.¹ Dette inkluderer utslipp fra dieselmotor med utstyr for etterbehandling av eksos. Forbrenning i motorer resulterer i en primær eksos som er en komplisert blanding av flere hundre ulike organiske og uorganiske forbindelser av gass og partikler. Sammensetningen og mengden av utslipp fra dieselmotorer er avhengig av drivstoffets sammensetning og tilsetninger, motorens tilstand, driftsbetingelser (fart, belastning, temperatur) og tekniske innretninger for å overvåke og justere blandingen av diesel og luft, samt etterbehandling av eksosen (katalysatorer og partikkelfiltre) på vei gjennom eksosanlegget. Primær dieseleksos endres i kontakt med atmosfæren ved for eksempel fotolyse, nitrering og oksidasjon. Stoffenes reaktivitet og atmosfæriske forhold bestemmer hvor fort endringene skjer. Partikler i dieseleksos, delvis til forskjell fra gassfasen, kan bestå av forholdsvis stabile forbindelser med lang nedbrytningstid.

Partikkelfasen av forbindelsene frigjøres med dieseleksos og skilles generelt ut fra form og størrelse. I henhold til EPA² og annen vitenskapelig dokumentasjon defineres "fine" partikler som partikler med diameter <2.5µm (PM_{2.5}), og "ultrafine" partikler (UFP) som partikler med diameter <0.1µm.

Den partikulære fasen i dieseleksos består av:

- Elementært karbon
- Organiske forbindelser, PAH osv.
- Små mengder av uorganiske sulfater, nitrater, metaller, og andre sporelementer.

Den ikke-partikulære fasen består av:

- Karbondioksid (CO₂)
- Karbonmonoksid (CO)
- Nitrogenforbindelser (f.eks. NO₂)
- Svovelforbindelser (f.eks. SO₂)
- Hydrokarboner/uforbrent drivstoff

2.2. Biodiesel

Biodrivstoff er et samlebegrep for flere forskjellige blandinger av ulike typer kjemiske forbindelser som kan brukes til drivstoff, men som ikke er produsert av mineralolje. Mest fokus har det vært på biodiesel, som blir laget av planteoljer og animalsk fett, og bioetanol, som er basert på sukker- eller stivelsesrike jordbruksvekster. Vanlig råstoff er rapsolje, men også slakte- og fiskeavfall kan foredles til biodiesel. Det er foreløpig ikke mulig å benytte biodiesel i jetmotorer. I dag omsettes diesel som er tilsatt inntil 5 % biodiesel.³ Man antar at skipsmotorer kan benytte en høyere innblanding av biodiesel enn kjøretøyer.⁴

2.3. Bunkersolje/tungolje

Bunkersolje er en betegnelse på en halv-raffinert tungolje som benyttes som drivstoff på skip. Denne oljen hadde tidligere et relativt høyt innhold av svovel, men nyere regler har gitt restriksjoner som f.eks. at svovelinnholdet nå skal være under 1,5 %, mens tidligere regelverk tillot opptil 4-5 %.⁵ Bunkersolje er et billigere alternativ enn diesel og mange skip med store motorer og høyt drivstofforbruk bruker derfor denne oljen.

2.4. Helikopterdrivstoff, helifuel/jet-fuel

Små helikoptre (2-4 seter) har ofte stempelmotor med vanlig forgasser eller innsprøytningsmotor og bruker diesel som drivstoff. Større helikoptre (f. eks. de som benyttes til transport offshore) er turbindrevne og bruker et drivstoff av typen Jet A-1 tilsvarende det som også benyttes i store passasjerfly.

3. Helseeffekter

3.1. Deseleksos

Deseleksospartikler kan forårsake flere helseeffekter som luftveissykdommer, hjerte- karsykdommer og lungekreft. Helserisiko i sammenheng med eksponering for deseleksos anses spesielt å være knyttet til den store andel finpartikler i den partikulære del av deseleksosen som kan påvirke ulike celletyper og organer etter inhalasjon, og til organiske stoffer og metaller bundet til partiklene som kan ha høy biologisk aktivitet (enkelte mutagene og kreftfremkallende egenskaper). Deseleksos og helseeffekter er blitt grundig gjennomgått av Arbeidstilsynet i forbindelse med fastsettelse av administrativ norm for dieselpartikler.¹

3.2. Andre drivstoff

Folkehelseinstituttet og Klima- og forurensningsdirektoratet har vurdert risiko for uønsket helseskade ved bruk av biodrivstoffblandinger versus rent fossilt drivstoff og rent biodrivstoff med følgende konklusjon:⁶

- Kunnskapen om mulige uønskede helseeffekter ved bruk av biodrivstoff er mangelfull.
- Ved en biodieselinnblanding på dagens nivå (opp mot 7 %) vurderer vi at de helsemessige konsekvensene trolig er tilsvarende som for ren fossil diesel.
- Ved en økning av biodieselinnblandingen opp mot 20 % er ytterligere forskning på mulige helseskader påkrevet. Dette gjelder både biodrivstofftype (inkludert andre generasjons biodiesel), forbrenningsforhold/teknologi, hvilke helseeffekter som utløses, og eventuelle samvirkeeffekter på helseskader av biodrivstoff og fossil diesel.

4. Kilder til eksos, landanlegg

Kilder til eksos på landanlegg er i hovedsak dieseldrevne kjøretøy. I noen sammenhenger benyttes "renset" dieseleksos (pumpet gjennom en vannlås) som inert gass på tanker. Ved lasting av produkter fra lagertanker til båt fortrenses eksos fra lagertankene på båten ut til omgivelsene. På noen anlegg er det installert VOC-fangere for å unngå at inert gass som er mettet med kondensat slipper ut til omgivelsene. På landanleggene er det mindre behov for temporær kraftproduksjon (f.eks. dieselgeneratorer) fordi man har tilgang til strøm fra fastnett eller egne kraftanlegg på området (f.eks. fast installerte turbiner). Landanlegg omtales derfor ikke videre i dette dokumentet.

5. Kilder til eksos, offshore

Det er viktig å skille mellom ulike typer offshoreinnretninger. I hovedsak skiller man mellom faste installasjoner og flyttbare innretninger. De faste installasjonene er vanligvis større og er bemannet med flere personer enn de flyttbare. For flyttbare innretninger skiller man mellom 1) flotell (fra eng.: *floating hotell*), 2) ankret innretning, og 3) innretning med dynamisk posisjonering (DP).

Produksjonsskip med dreieskive (eng.: *turret*)ⁱ og DP-innretninger har i større eller mindre grad anledning til å posisjonere seg slik at eksosutslipp driver vekk fra innretningen i stedet for å drive inn over områder der personell jobber.

Bruk av flotell som innkvartering av personell brukes ofte i forbindelse med revisjonsstanser hvor man har behov for ekstra sengekapasitet. Floteller posisjoneres rett ved siden av hovedinnretningen og får sin kraftforsyning fra egne dieselgeneratorer. Eksosen fra flotellet kan derfor drive over til hovedinnretningen. Luft som kommer inn gjennom ventilasjonskanalene på flotellet filtreres før lufta kommer inn i lugarer og lignende.

På alle innretninger skiller man mellom permanent utstyr og utstyr som midlertidig bringes om bord i forbindelse med drift-, vedlikehold-, eller modifikasjonsarbeid. Det siste er ofte mindre enheter og med kortere utslippsrør for eksos. I tillegg kan plasseringen av disse være ugunstige mht. eksosutslipp.

5.1. Kraftproduksjonseenheter

På faste installasjoner benyttes permanente gassturbiner til kraftproduksjon. Ofte er det installert gode tekniske løsninger for å lede bort eksosen, gjerne med høye utslippspiper. Lengden på pipene begrenses imidlertid av at turbineeffekten reduseres med pipens lengde, samt at høye piper kan gi problemer for operasjon av kraner og adkomst for helikoptre. Gassturbinene drives av gass, men typisk benyttes diesel i forbindelse med oppstart av turbinen. Det er egen kraftproduksjon til boremodulen.

I tillegg til gassturbiner vil det være mye flyttbart maskineri på en fast installasjon for å forsyne mindre enheter med strøm. Disse har kortere utslippsrør enn hovedmaskineriet og evt. rør for å lede bort eksosen kan være av mer midlertidig karakter. Eksempler på dette kan være dieselmaskiner som brukes i forbindelse med boring og for ekstra kraftproduksjon til vanninjeksjon.

Hovedmaskiner på flyttbare installasjoner er vanligvis fordelt på to til fire separate maskinrom og med utslippspunkt på hver side akter. Normalt er flere maskiner i kontinuerlig drift i hvert maskinrom, men kan enkeltvis stenges, f.eks. ved planlagt vedlikehold og reparasjonsperioder. På nyere innretninger ivaretas ofte nødgeneratorfunksjon av hovedmaskineri. På eldre innretninger er

ⁱ Produksjonsskip (eng.: *FPSO - floating production, storage and offloading*) regnes som faste installasjoner i følge definisjoner fra Ptil 2010 (<http://www.ptil.no/ord-og-uttrykk/category38.html>). Skipet er da permanent fortdøyd til havbunnen slik at skipet kan rotere om dreieskiven om bord.

nødgenerator som regel satt opp som en separat maskin. En separat nødgenerator blir typisk prøvekjørt én gang i uken og inntil én time om gangen (kaldstart, 30 min drift og nedkjøring). Det vil da kunne spres eksos til randsoner.

Sementenheter for sementering av foringsrør kan ha kraftforsyning fra separate dieselmotorer. Nyere sementenheter har oftest elektrisk kraftforsyning. Også eldre modeller av annet utstyr, f.eks. for kabeloperasjon (eng.: *wireline*), kveilerør (eng.: *coiled tubing*), kakshåndteringsanleggⁱⁱ og brønnstimulering kan ha dieseldrevet kraftforsyning. Boreinnretninger er som regel mer kompakte og med større persontetthet, slik at det er mindre fleksibilitet om bord og muligens et større potensial for eksoseksponering.

Sementenhet er i drift typisk én time per dag for sementering, trykktesting m.m. Ved større sementjobber kan enheten være i drift 2-9 timer i strekk samme dag. Dieselmaskineriet er mindre enn en nødgenerator og har korte eksospiper. Utslippene av eksos kan først og fremst ha lokale effekter og stor påvirkning på f.eks. kontorkonteinere lokalt.

For **kabeloperasjon** og **kakshåndteringsanlegg** er det kun noen få, gamle anlegg som er dieseldrevne. Anlegget for kabeloperasjon er typisk kontinuerlig i drift to døgn i måneden. Maskineriet er lite og kan gi lokale utslipp der de er plassert. Maskineriet til kakshåndteringsanlegget kan være i kontinuerlig drift under boring ved bruk av rør med diameter på 17,5" og mindre, fire dager i uken og totalt i 2/3 av brønnens levetid. Lokalt utslipp på dekk. Brannpumper, steameutstyr og habitat er andre områder der dieseleksos kan genereres. På eldre innretninger kan dekkskraner være drevet av dieselmaskineri, men mange slike gamle kraner blir nå skiftet ut pga. nye forskrifter. Ca. 1/3 av boreriggene har fremdeles hovedkran som er dieseldrevet. Vanligvis er de i drift fra noen få timer og opp til 12 timer per skift.

5.2. Helikopter

Helikoptertrafikk vil kunne generere eksos fra forbrenning av jet-fuel. Personer som oppholder seg rundt helikopterdekket ved landing og avgang vil eksponeres for denne eksosen. Personer i helikoptrene kan også eksponeres dersom eksos kommer inn i kabinen. I helikoptre er det rapportert sot i kabinen som legger seg på overflater (f.eks. vinduer) i forbindelse med transport til og fra land.

5.3. Fartøy

I tilknytning til en offshore-operasjon er det flere typer fartøy som benyttes. I hovedsak skiller man mellom forsyningsbåter (eng.: *supply boat*), standby-båter, løftefartøy, brønnstimulerings- og brønnintervensjonsfartøy. Dagens forsyningsbåter er større fartøyer, og eksosutslipp fra disse kan drive inn over innretningene. Løftefartøy trenger mye kraft pga. tunge løft (mye kraft betyr også økt utslipp av eksos).

ⁱⁱ Separasjon og retur av borekaks: Siktemaskin (eng.: *shale shaker*) og SMACC reinjeksjon

6. Arbeidssituasjoner med mulig eksoeksponering

6.1. Boligområde/forpleining

Eksos fra kilder på installasjonen (kraftproduksjonsenheter, helikoptre, fartøy) kan trekkes inn i boligområdet (lugarer, messerom, kjøkken osv.) dersom ventilasjonsinntaket ligger i nærheten av noen av kildene, eller dersom vindforhold er ugunstige.

6.2. Kontorkonteinere/kontrollrom

I kontorkonteinere/kontrollrom foregår det ofte døgkontinuerlige observasjonsaktiviteter, og de som jobber der har ikke fri anledning til å forlate konteineren. Alle slike konteinere/kontrollrom er lokale enheter med egen ventilasjon. Disse enhetene bygges på land og sendes til installasjonene i ferdig stand. Avhengig av plassering vil eksos kunne trekkes inn gjennom ventilasjonskanaler fra kilder rundt konteineren/kontrollrommet, samt ved trafikk inn og ut av enheten.

6.3. Randsoner

Eksos kan legge seg over hele eller deler av dekksoner, slik at de som jobber i området blir eksponert. Dette skyldes ofte ugunstige værforhold. Eksos kan også trekkes inn i krankabin.

6.4. Hendelser i Synergi

Ved gjennomgang av omtrent 200 hendelser som er rapportert i Synergi (Statoil) var det mange hendelser knyttet til arbeid på boredekk og fra kildene sementenhet, brannpumpe og test av nødaggregat. I tillegg var det bl.a. beskrevet eksponeringskilder som båter/skip, floteller, truck, kakseanlegg og turbiner, og eksponeringsområder som bl.a. boligkvarter, kontorkonteinere/-lokaler/-moduler, lugarer, boredekk/-hytte, kontrollrom, operatørbu, habitat, kjellerdekkåpning (eng.: *moon pool*), værdekk og kranførerhus.

Symptomer som er beskrevet er bl.a.:

- Irritasjon og svie i øyne og nese
- Tretthet
- Hodepine
- Kvalme

7. Pusteluft

Noen av deltakerne stilte spørsmål om eksos kan trekkes inn i friskluftanlegg og forurensede pusteluften som brukes for å beskytte arbeidere ved utførelse av enkelte oppgaver. Luftinntaket skal plasseres med tilstrekkelig tilgang på ren luft fra sikker sone via fleksible slanger. Det stilles strenge krav til kvaliteten på pusteluften som kompressorene leverer. Slange for tilluft skal plasseres i henhold til NORSOKⁱⁱⁱ Z-015.⁷

ⁱⁱⁱ NORSOK-standardene blir utviklet av den norske petroleumsindustrien for å ivareta tilfredsstillende sikkerhet, verdiskapning og kostnadseffektivitet for utbygging og drift i petroleumsindustrien. Videre er det meningen at NORSOK-standardene, så langt som mulig, skal erstatte selskapsspesifikasjoner og tjene som referanser i myndighetenes regelverk.

8. Metode for å kartlegge dieseleksos

Dieseleksos består som tidligere omtalt av en partikulær fase og en gassfase. For å bestemme mengden dieselpartikler er det ansett at bestemmelse av elementært karbon i partikkelfasen er den beste indikatoren. Dette gjøres ved oppsamling med en totalstøvkassetten med kvartfilter, og mengden elementært karbon bestemmes ved en termo-optisk analyse med FID som detektor slik det er beskrevet av NIOSH.⁸ Bestemmelse av NO₂ som en indikator på gassfasen kan utføres i samme prøve ved at totalstøvkassetten pakkes med et kaliumjodid-impregnert filter bak kvartfilteret. Etter ekstraksjon av filteret analyseres ekstraktet med ionekromatografi for bestemmelse av nitritt og nitrat (NO₂⁻/NO₃⁻).

9. Ytterlige kommentarer fra deltakerne

- Det er ønskelig at man tar hensyn til muligheter for problemer med eksosutvikling på innretningene i prosjektutviklingen og designprosessen. Det finnes mye data på modellering av punktutslipp av dieseleksos. Det finnes mye teknologi på pipeutforming som kan anvendes under prosjektering av nye innretninger.
- Kan oljeindustrien lære noe av bilindustrien, hvor man etter hvert har fått mange nye systemer for å rense eksosen før den slippes ut?
- Man mangler en god teknikk for rensing av eksosen, men spraying med vanntåke er én av flere tiltak som er blitt prøvd ut for å dempe partikkelutslippet til arbeidsatmosfæren.
- Er de foreslåtte metodene for prøvetaking og analyse egnede for ulike typer drivstoff?
- Det er de små og lokale kildene på innretningene som oppleves som verst. Det kan også være store variasjoner mellom ulike innretninger.
- Månedlig forbruk av diesel på innretningene rapporteres i miljøregnskapet.
- Blant personell offshore er det flere som har astma; disse vil være mer følsomme for eksoseksponering.
- Det finnes andre alternativer til diesel, for eksempel LNG/LPG (men som i stedet er forbundet med økt eksplosjonsfare).

Referanser

- 1) Arbeidstilsynet. *Grunnlag for fastsettelse av administrativ norm for dieselpartikler (høringsutkast)*. Trondheim, **2009**.
- 2) U.S.Environmental Protection Agency (EPA). *Health Assessment Document For Diesel Engine Exhaust*, **2002**.
- 3) J. Nilsen, "Nei til mer biodiesel", *Teknisk ukeblad*, **01.31.2011**.
- 4) J. Nilsen, "Skipsmotorer tåler biodiesel", *Teknisk ukeblad*, **04.28.2008**.
- 5) International Maritime Organization (IMO). *Sulphur oxides (SOx)*. Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions, Regulation 14, **2012**.
- 6) Folkehelseinstituttet, Klima- og forurensningsdirektoratet. *Biodrivstoff og helse*, (notat), **2011**.
- 7) Standards Norway. *Midlertidig utstyr*. NORSOK, Z-015N, **2004**.
- 8) The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *Diesel particulate matter (as elemental carbon)*. NIOSH Manual of Analytical Methods, 5040, **2003**.



ARBEIDSMØTE OM STEKEOS I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Kasper F. Solbu, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae, Berit Bakke

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 18. desember 2012

Sted: OLFs møtelokaler, Stavanger

Sammendrag:

STAMI har sammen med aktører innen olje- og gassindustrien 15. mars 2011 avholdt et arbeidsmøte om stekeos. Det ble presentert kjent kunnskap om helseeffekter, målemetoder og eksponering. Tiltak for å redusere eksponering for stekeos og faktorer som påvirker dannelsen av stekeos, ble diskutert. Videre ble det diskutert administrative normer for vurdering av eksponering for stekeos, samt mulighet for fastsettelse av en standard målemetode og en tilhørende industristandard for bransjen.

Det deltok representanter fra to operatørselskaper, to leverandører (derav én fra fagforening), én bedriftshelsetjeneste, samt deltakere fra NTNU, OLF og STAMI, til sammen 16 personer.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, eksponering, kjøkken, stekeos, oljeaerosol, målemetoder, administrativ norm, industristandard.

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, exposure, kitchen, cooking fumes, oil aerosol, sampling methods, threshold level, industrial standard.

Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon	3
2. Kunnskap fra litteraturen (faginnlegg)	3
2.1. Sammensetning og stoffer i stekeos	3
2.2. Helseeffekter	3
2.3. Målemetoder og administrative normer	4
2.4. Eksponeringsnivåer (fra litteraturen og innrapporterte til STAMI).....	5
3. Diskusjon.....	6
3.1. Faktorer som påvirker eksponeringsgrad.....	6
3.2. Tiltak for å redusere eksponering	6
3.3. Administrativ norm/industristandard	7
3.4. Målemetoder.....	7
4. Oppsummering og kommentarer	10
Referanser	11

Vedlegg 1: Tabell over innrapporterte måledata fra industrien etter 01.01.2007

1. Introduksjon

Oljeindustrien driver prosjektet *Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien*, som styres av en partssammensatt styringsgruppe under koordinering av Oljeindustriens landsforening (OLF). Handlingsplanen for dette prosjektet er tilgjengelig på <http://www.olf.no/kjemisk>. Prosjektet Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien skal gi et helhetlig bilde av nåværende og tidligere eksponeringssituasjon, beskrive og tette igjen kunnskapshull og bidra til at næringen blir bedre til å håndtere risikoene rundt kjemikalier i arbeidsmiljøet i olje- og gassektoren. Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) er blitt engasjert av dette prosjektet med tanke på å kartlegge dagens eksponeringsbilde i olje- og gassindustrien.

Formålet med dette arbeidsmøtet var å fremskaffe kunnskap om stekeos: aerosolens sammensetning, helsefare, eksponeringsnivå og målemetoder. Kristin Svendsen (NTNU) og Raymond Olsen (STAMI) var invitert til møtet for å holde faginnlegg om henholdsvis helseeffekter av eksponering og målemetoder for stekeos. Foredragslysbildene er inkludert som vedlegg.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser.

2. Kunnskap fra litteraturen (faginnlegg)¹

2.1. Sammensetning og stoffer i stekeos

Stekeos er en kompleks blanding av forbindelser fordelt i et tofasesystem (partikulærfase og dampfase) og består av oljedråper/fettaerosoler (animalsk/vegetabilsk fett), vanddamp og termiske dekomponeringsprodukter fra stekefett (olje, margarin, smør) og mat. Flere organiske forbindelser er påvist i gass- og dampfasen av stekeos: Aldehyder (formaldehyd, acetaldehyd, akrolein og langkjedede alifatiske aldehyder), ketoner, alkaner, alkener, aromater, mettede fettsyrer og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

2.2. Helseeffekter

Et grunnleggende problem ved dokumentasjon av helseeffekter av eksponering for stekeos er at stekeos ikke har noen definert sammensetning og at denne påvirkes av svært mange faktorer knyttet til selve kilden. Fettaerosolene har hovedsakelig en diameter på <100 nm med en hovedandel av partikkelantallet i størrelsesområdet 20-50 nm. Slike ultrafine partikler er vist å ha et potensial for helseskade fordi partiklene kan penetrere dypt ned i luftveier/lunger. For fettaerosoler er det også viktig å skille mellom vegetabilsk fett/olje (med mye umettet fett) og animalsk fett (i stor grad mettet fett) fordi det umettede fett i vegetabilsk olje enklere brytes ned til frie fettsyrer og oksidasjonsprodukter som igjen kan gi kjemisk lungebetennelse. Heterosykliske aminer (f.eks. MeIQ^{II})

¹ Med hovedreferanse til foredrag av Raymond Olsen og Kristin Svendsen (lysbildeutskrift er vedlagt)

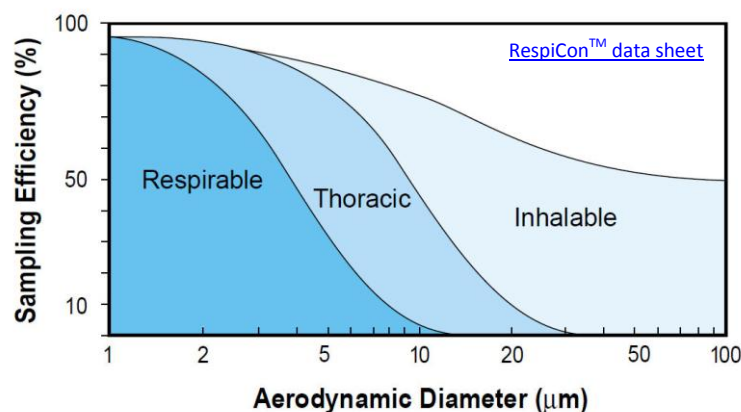
^{II} MeIQ: 2-amino-3,4-dimethylimidazo[4,5-f]quinoline

kan dannes fra proteiner og aminosyrer ved temperaturer over 120 °C og er klassifisert som kreftfremkallende. En rekke aldehyder er påvist i stekeos, bl.a. kortkjedede (lavmolekylære) aldehyder som formaldehyd, acetaldehyd og akrolein, og langkjedede (høymolekylære) mettede og umettede alifatiske aldehyder som 2,4-dekadienal, 2,4-nonadienal og 2-dekenal. De kortkjedede aldehydene kan forårsake irritasjon og kreft og er også påvist i sigaretttrøyk, mens de langkjedede er mutagene og kan forårsake oksidativt stress. PAHer er også påvist i stekeos og kan forårsake kreft.

De mest kjente helsefarene ved eksponering for stekeos er økt risiko for lungekreft og hjerte- og karsykdommer. Det er også vist mutagen aktivitet i urin, økt dannelse av makrofager i lungene og oksidativt stress i lungeceller.

2.3. Målemetoder og administrative normer

Det finnes ingen standard målemetode som brukes for bestemmelse av stekeos i luft. Fra bransjens innrapporterte data er det blitt benyttet samme metode som for bestemmelse av oljetåke (FTIR og GC-FID) og totalstøv (gravimetri). Metodene baserer seg på bruk av standard 25 eller 37 mm totalstøvkasset. Det finnes også prøvetakere som sykkloner og RespiCon™ for oppsamling av andre aerosolfraksjoner, men disse er mer kostbare og krever mer kunnskap hos brukeren. Konvensjonen for inndeling av respirabel, torakal og inhalerbar aerosolfraksjoner er vist i Figur 1. Den inhalerbare fraksjonen omfatter alt som inhaleres gjennom nese og munn, mens torakal fraksjon omfatter bare det som passerer forbi strupehodet ved inhalering. Aerosoler i den respirable fraksjonen kan nå helt ut til alveolene.



Figur 1 - Konvensjonelle kurver for aerosolfraksjoner slik de er fastsatt av ISO, ACGIH og CEN, og innlemmet i [Norsk standard NS-EN 481:1993](#). Fraksjonene kjennetegnes ved at aerodynamisk diameter ved 50% effektivitet for fraksjonene respirabel (PM₄), torakal (PM₁₀) og inhalerbar (PM₁₀₀) er på henholdsvis 4, 10 og 100 µm.

Totalstøv er et begrep som er innarbeidet i sammenheng med arbeidsmiljømålinger, og for mange er det den fraksjonen som måles med en såkalt totalstøvkasset. Flere typer prøvetakere har vært konstruert for å samle opp totalstøv, og noen av dem er fremdeles i utstrakt bruk. Det har i ettertid vist seg at oppsamlingskarakteristikken til de forskjellige prøvetakerne varierer mye, noe som kan føre til ulike resultater av målinger utført i samme atmosfære. Den såkalte "totalstøvkassetten" er tradisjonelt blitt brukt ved de fleste eksponeringsmålinger i Norge, også i oljeindustrien. I dag er fortsatt mange norske administrative normer basert på bruk av "totalstøvkassetten".¹

2.4. Eksponeringsnivåer (fra litteraturen og innrapporterte til STAMI)

Det finnes noen få studier der det er målt på forskjellige stoffer fra stekeos: ^{III}

- 10-700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kortkjedede aldehyder
- 0,5-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ langkjedede aldehyder
- 1-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PAHer målt i stekeos (Finland og Sveits)
- 0,2-0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PAHer målt i stekeos, eksponering kokker (Norge)
- 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ benzo[a]pyren fra soya ved ca. 30 mg/m^3 partikler (Taiwan)
- 0,1-0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ benzo[a]pyren, eksponering kokker, 2-4 timer (Norge)
- 1-3 mg/m^3 totalstøv ved intensivt arbeid, over 4 timer
- 0,04-2 mg/m^3 totalstøv, stort sett lavere enn 0,5 mg/m^3 (Sverige)

Det er utført få målinger av stekeos i olje- og gassindustrien. Av data som er samlet inn fra selskapene var det kun 13 personlige og fire stasjonære målinger utført på fem installasjoner fra to operatørselskaper etter 1. januar 2007. Alle var analysert på STAMI som fettaerosol (oljetåkem metode bestemt med FTIR) i tillegg til parallell måling på totalstøv (bestemt ved gravimetri, data er ikke inkludert i dette dokumentet) for ni av målepunktene. I etterkant av møtet har vi fått tilsendt ytterligere data for 4 personlige og 11 stasjonære prøver analysert på GC-FID (sammendrag i Tabell 1). Imidlertid utgjør de rapporterte målingene (Vedlegg 1) et for lite grunnlag til å kunne si noe mer om sammenhenger mellom type steking og dannelse av aerosoler og stoffer. Det er ikke utført målinger ved bruk av konveksjonsovn.

Tabell 1 - Sammendrag av måleverdier for fettaerosol og prøvetakingstid som er blitt utført på stekeos, basert på innrapporterte data til STAMI fra perioden etter 01.01. 2007 og fordelt etter analysemetode og prøvetype (personlig/stasjonær).

		Median	Min. - Maks.	90. persentil
<i>Personlige FTIR (n=13)</i>				
	Fettaerosol (mg/m^3)	2,2	<0,10 - 8,6	7,2
	Prøvetakingstid (min)	25	10 - 140	109
<i>GC-FID (n=4)</i>				
	Fettaerosol (mg/m^3)	0,35	<0,09 - 5,1	3,7
	Prøvetakingstid (min)	116	96 - 116	116
<i>Stasjonære FTIR (n=4)</i>				
	Fettaerosol (mg/m^3)	0,25	0,10 - 0,53	0,46
	Prøvetakingstid (min)	94	25 - 141	134
<i>GC-FID (n=11)</i>				
	Fettaerosol (mg/m^3)	0,27	<0,09 - 1,2	0,36
	Prøvetakingstid (min)	112	40 - 117	117

^{III} Som vist i faginnlegg (lysbilder vedlagt)

3. Diskusjon

3.1. Faktorer som påvirker eksponeringsgrad

På bakgrunn av bl.a. de måledata som ble presentert ble det diskutert faktorer som påvirker dannelse og sammensetning av stekeos, samt eksponeringsgrad:

- Type stekeolje/stekefett (kvalitet og mengde)
- Alder på stekeolje/stekefett (gamle oljer synes å gi økt dannelse av aldehyder)
- Steketemperatur og hastighet på oppvarming (temperaturgradient)
- Type mat som stekes
- Vanninnhold i maten
- Type steking (panne/ovn) og varmekilde (f.eks. gass eller varmeplate)
- Ventilasjon og avtrekk

3.2. Tiltak for å redusere eksponering

For å redusere eksponering vil det være nødvendig å vurdere utstyret som brukes i kjøkkenet, og arbeidspraksis. Nyere konveksjonsovner/varmluftsovner vil i mange sammenhenger kunne erstatte bruk av stekepanne. Imidlertid brukes det ofte høye temperaturer i ovnene for å oppnå stekeskorpe. Stekeosen som da blir dannet vil derfor kunne spres i rommet når ovnsdøren åpnes. Det finnes egne rister for steking i ovn for å begrense bruk av frityrbakker.

Luftgardin har i praksis vist seg å være et godt og effektivt tiltak som også er relativt billig å installere. Luftgardinen sender en bred luftstråle nedefra (fra stekeplatens front) og skrått oppover mot punktavsugnet over stekeplatene/stekeovnen. Det ble kommentert fra deltakerne at luftgardin i enkelte tilfeller er blitt valgt bort pga. støy eller fordi det er til fysisk hinder for jobben som skal gjøres. Montering bør derfor skje i samråd med kokkene for å sikre at de tekniske løsningene faktisk tas i bruk, samtidig som det blir informert om mulig helserisiko ved eksponering for stekeos. Senking og heving av ovn og stekeplate for å tilpasse til personellets høyde er også et godt tiltak for å hindre at man i arbeidet står bøyd over stekeosen.

Det finnes allerede regelverk i NORSOK-standarder som skal sikre en tilstrekkelig standard på utforming av kjøkkenet, f.eks. at steke- eller frityrutstyr skal ha påmontert luftgardin.² Det ligger imidlertid en usikkerhet i om "frying equipment" på norsk blir oppfattet som utstyr til frityr eller til steking, hvilket er en vesentlig forskjell. En norsk utgave av reglementet kan derfor være oppklarende. NORSOK-standarden for arbeidsmiljø³ er revidert bl.a. for å få forbedret standard for kjøkkenet ved at kontroll av farlige utslipp skal oppnås gjennom tekniske tiltak/barrierer som effektiv innelukking av utslippskildene, effektive avtrekks- eller undertrykks-ventilasjonssystemer for å fjerne forurensningene nær kilden, og generell ventilasjon/fortynning av forurensningen.

3.3. Administrativ norm/industristandard

Det er ikke fastsatt administrative normer for alle stoffer. For stoffer uten administrative normer må man ved en vurdering av tilgjengelig informasjon komme fram til bedriftsinterne kriterier for akseptabel eksponering.⁴ For stoffer hvor man ikke har tilstrekkelig kunnskap om helsefaren, bør det gjennomføres arbeidsmiljøtiltak som reduserer eller utelukker eksponering, jamfør arbeidsmiljøloven §4-4.(1) og §4-5. Arbeidstilsynets liste over administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfæren regulerer allerede en del komponenter som forekommer i stekeos (Tabell 2). Før man kan fastsette en egen administrativ norm for stekeos, vil det være nødvendig å bestemme en egnet markør.

Tabell 2: Aktuelle verdier for TLV-TWA^{IV} eller norske administrative normer⁵ (hvis ikke annet er oppgitt)

Stoffnavn	CAS-nr.	Administrativ norm		Kommentar
		ppm	mg/m ³	
Oljetåke	-	-	1	Mineralolje-partikler
Vegetabilsk oljetåke ^h	-	-	10 (totalstøv) 5 (respirabelt)	
Sjenerende støv	-	-	10 (totalstøv) 5 (respirabelt)	
Organisk støv	-	-	5	Totalstøv
Formaldehyd	50-00-0	0,5 (1T)	0,6 (1,2T)	T: Maksimalt tillatt overskridelsesgrense. Mutagen og kreftfremkallende
Akrolein/akrylaldehyd (propenal)	107-02-8	0,1	0,25	
Acetaldehyd	75-07-0	25	45	Kreftfremkallende
PAH	-	-	0,04	Partikulært – 21 PAH-forbindelser, derav benzo[a]pyren (se normlisten). Kreftfremkallende.
Benzo[a]pyren	50-32-8	-	0,005 (Tyskland) 0,01 (Finland)	

3.4. Målemetoder

Det ble diskutert hvilken partikkelfraksjon som er riktig å måle på i forbindelse med stekeos. Torakal luftprøvetaking er mest relevant å bruke, men er mindre tilgjengelig med tanke på krav om bruk av sykkloner eller andre spesielle prøvetakingskassetter. Totalstøvkassetten som brukes bl.a. ved måling av oljetåke er godt kjent og anvendelig, selv om totalstøv-aerosol ikke er like relevant for helsefaren som den torakale aerosolfraksjonen. Det ble også stilt spørsmål ved om det er en sammenheng mellom oljetåke og partikler, og om aldehydene holder seg i dampfase eller om de kondenseres raskt. Det er altså utfordrende å finne frem til en representativ målemetode for stekeos siden sammensetningen av stekeosen er kompleks. Det ble likevel diskutert alternativer for bestemmelse av forskjellige markører som kan finnes i stekeos:

^{IV} Threshold limit value – time-weighted average (ACGIH, 8 timers arbeidsdag, 40 timers arbeidsuke)

- Oljetåkem metode for bestemmelse av fettaerosoler:
 - **Fordeler:** Velkjent målemetode som for mange er enkel å forholde seg til, spesielt med tanke på at det finnes en administrativ norm for oljetåke (men denne normen gjelder for mineraloljer). Analysen er spesifikk på organiske forbindelser med C-H-bindinger, f.eks. hydrokarboner.
 - **Ulemper:** Sammensetning av fettaerosol i stekeos kan være svært forskjellig fra sammensetning i stekeoljen. Det vil derfor ikke være mulig å oppdrive en oljetype som er representativ for stekeosen ved hver eksponeringssituasjon. Man kan da i stedet velge én fast olje som referanse mot FTIR-analysen for å sikre en standardisering for senere sammenliknbarhet. Trolig vil freon (som benyttes til analysen av oljetåke) i årene fremover vil bli mindre tilgjengelig og mer kostbart, og bruken er i tillegg regulert av KLIF. Kjente erstatninger for freon er forbundet med økt helsefare for de ansatte på laboratoriet og er ikke ønsket i bruk.

- Gravimetrisk metode for bestemmelse av støv/fettaerosol:
 - **Fordeler:** Gravimetrisk bestemmelse av støv er godt kjent og utføres av flere laboratorier, og det finnes også administrative normer for støv. Metoden trenger ingen standard for sammenlikning. Det er også mulig å utføre annen analyse av filteret i etterkant av veiingen.
 - **Ulemper:** Gravimetri er lite spesifikk siden man måler all deponert masse på filteret, både stekeos og annet støv. Noe tidkrevende å gjøre klar kassetter da filtre må kondisjoneres et døgn før og etter prøvetaking for å oppnå samme fuktighet på filteret ved veiing.

- Metode for bestemmelse av hydrokarboner/total karbon:^V
 - **Fordeler:** Trolig en forholdsvis enkel metode som gir mulighet til flere analyser fra samme filter. Metoden bruker ellers metan som instrumentell referanse slik at det ikke er nødvendig med eksterne kalibreringsløsninger slik som for oljetåkemethodemetoden. Analysen er i noen grad spesifikk ved at den gir fordeling av total karbon som organisk karbon (hydrokarboner) og elementært karbon.
 - **Ulemper:** Forholdsvis ny og ukjent metode, og det er usikkert hva man skal relatere måleverdiene til, selv om den i prinsippet måler det samme som oljetåkemethoden. Det er ikke fastsatt en norm for total/organisk karbon, men det foreligger et forslag for norm på elementært karbon som markør for dieseleksospartikler (men usikkert hvor relevant det vil være for stekeos). Kun en utstemplet bit av filteret blir analysert, og metoden avhenger derfor av at oppsamlet stekeos er jevnt fordelt på filteret (avhengig av partikkelstørrelser). Det er ellers få laboratorier som tilbyr analysen.

^V Metoden er blitt benyttet for å karakterisere partikkelsammensetningen i et innendørsmiljø (24 timers gjennomsnitt) i sammenheng med andre partikkelmålinger ved ulike typer matlaging,⁶ og i forbindelse med undersøkelse av PM_{2,5}-forurensning fra bl.a. steking av kjøtt.⁷

- Metode for bestemmelse av aldehyder:
 - **Fordeler:** Aldehydene er mest potente med tanke på helseeffekt, og målinger av disse kan derfor være viktige. For bestemmelse av kortkjedede aldehyder er det etablert veldokumenterte metoder basert på oppsamling på reagensimpregnert adsorbent/filter og påfølgende analyse ved hjelp av væskrokromatografi med UV-, fluorescens- eller massespektrometrisk detektor. De langkjedede aldehydene har blitt bestemt ved oppsamling på adsorbenttrør med Tenax etterfulgt av analyse ved hjelp av automatisk termodesorpsjon og gaskromatografi med massespektrometrisk deteksjon (ATD-GC-MS). Denne Metoden har en fordel ved at den er svært følsom, dvs. har lave deteksjonsgrenser, men metoden er lite validert for denne type langkjedede aldehyder.
 - **Ulemper:** Mengden og typen aldehyd vil variere avhengig av hvilke produkter som brukes og vil således ikke være så godt egnet som en markør på stekeos. Måling av aldehyder kan derfor være bedre egnet som en tilleggsmåling.

Felles for alle metodene, med unntak av aldehyd-bestemmelsen, er at de måler på en sammensatt gruppe av stoffer som sees under ett. Dette er enten spesifikt til organiske forbindelser (f.eks. hydrokarboner) og elementært karbon, eller ikke-spesifikt slik som ved gravimetri som måler all masse deponert på filteret. Alle metoder bør valideres for stekeos før videre utstrakt bruk for denne type aerosol.

4. Oppsummering og kommentarer

Det finnes regelverk som kan anvendes for å vedta tiltak som skal begrense eksponering for stekeos. Likevel er det rom for å utbedre beskrivelsen av kjøkkenets design, f.eks. i NORSOK. Dette vil kunne gi bedre løsninger på nye installasjoner, men det vil fortsatt være eldre installasjoner med gamle løsninger.

Bruk av ovner vil kunne føre til økt ergonomisk belastning pga. større løft og mer oppvask.

Det ble oppfordret til at fremtidige målinger inkluderer arbeid ved konveksjonsovn, siden dette tidligere ikke er blitt rapportert.

Arbeidstilsynets liste over administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfæren regulerer noen komponenter som forekommer i stekeos. Det vil være nødvendig å bestemme en egnet markør for stekeos før en egen administrativ norm kan fastsettes.

I mangel av en administrativ norm bør bransjen selv bestemme en anbefalt industristandard som et sammenlikningsgrunnlag.

Det var ønsket å få fastsatt en standard prøvetakings- og analysemetode for bransjen.

Arbeidsgruppen kom imidlertid ikke frem til en slik anbefaling pga. problemstillingene forbundet med de forskjellige prøvetakings- og analysemetodene i forhold til stekeos. Eksponering for komponenter i et to-fase system, nærmere bestemt en partikulærfase og en dampfase er en problemstilling som STAMI vil følge opp i tiden fremover.

Referanser

- 1) S. Thorud, B. Bakke, M. Hersson, H.L. Daae, K.F. Solbu, H. Johnsen, N.P. Skaugset, T. Woldbæk, K. Halgard, K.K. Heldal, A. Skogstad, Y. Thomassen, W. Eduard, D. Ellingsen. *Prøvetakings- og analysemetoder - Beste praksis*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 2, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 2) Standards Norway. *Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) and sanitary systems*. NORSOK, H-003, **2010**.
- 3) Standards Norway. *Working environment*. NORSOK, S-002, **2004**.
- 4) Arbeidstilsynet. *Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske stoffer og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren*, Best.nr. 450. Trondheim, **2010**.
- 5) Arbeidstilsynet. *Administrativ norm for forurensning i arbeidsatmosfære*, Best.nr. 361. Trondheim, **2008**.
- 6) C.M. Long, H.H. Suh, and P. Koutrakis. Characterization of indoor particle sources using continuous mass and size monitors, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, **2000**, 50 (7), 1236-1250.
- 7) J. McDonald, B. Zielinska, E. Fujita, J. Chow, J. Watson, J. Sagebiel, L. Sheetz, S. Batie, In *Chemical speciation of PM2.5 emissions from residential wood combustion and meat cooking*; 91st Annu.Meet.- Air Waste Manage.Assoc.; Air & Waste Management Association: **1998**; pp. 1-14

Vedlegg 1: Tabell over innrapporterte måledata fra industrien etter 01.01.2007 (kjøkken/forpleining)

Analysemetode	Fettaerosol (mg/m ³)	Prøvetakings- tid (min)	Type innretning	Arbeidsoperasjon
Personlige (n=17)				
FT-IR	< 0,1	62	Produksjonsplattform	Steking
	0,49	33	Produksjonsplattform	Steking
	0,68	25	Produksjonsplattform	Steking
	1,4	25		Steking/Rengjøring
	1,5	25	Produksjonsplattform	Steking
	1,7	79	Produksjonsplattform	Steking
	2,2	18	Produksjonsplattform	Steking
	2,3	11	Produksjonsplattform	Steking
	3,8	116	Boligplattform (flotell)	Steking
	4,6	10		Steking
	6,0	38	Produksjonsplattform	Steking
	7,5	140	Boligplattform (flotell)	Steking/Rengjøring
	8,6	23	Produksjonsplattform	Steking
	GC-FID	< 0,09	116	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)
0,25		96	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Steking
0,45		115	Boligplattform	Steking
5,1		116	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Steking
Stasjonære (n=15)				
FT-IR	0,10	70		Steking
	0,21	25		Steking/Rengjøring
	0,29	141	Boligplattform (flotell)	Steking
	0,53	117	Boligplattform (flotell)	Steking
GC-FID	< 0,09	117	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Frityrsteking
	< 0,09	117	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Frityrsteking
	< 0,11	97	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Steking
	< 0,11	95	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Steking
	0,26	112	Boligplattform	Steking
	0,27	111	Boligplattform	Steking
	0,32	112	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Steking
	0,33	115	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Steking
	0,36	115	Boligplattform (flotell, oppjekkbar)	Steking
	0,36	111	Boligplattform	Steking
	1,2	40	Boligplattform	Steking

Hvordan måle stekeos, utviklingen på området og veien videre?

Raymond Olsen
Forsker, PhD

Stavanger, 15. mars 2011

Hva er stekeos?

- Stekeos er en kompleks blanding av forbindelser fordelt i et tofasesystem (partikulærfase og dampfase)

Hva er stekeos?

- stekeos er en kompleks blanding av forbindelser fordelt i et tofasesystem (partikulærfase og dampfase)

stekeos består av*:

- Oljedråper (mekanisk og termisk genererte)
- Vanndamp
- Termiske dekomponeringsprodukter fra olje/margarin og mat
 - Partikler (< 1 µm)
 - ✓ Elementært karbon (EC)
 - ✓ Semi-flyktige organiske forbindelser
 - ✓ Uorganiske og organiske ioner
 - ✓ Metaller
 - Organiske forbindelser i gass og dampfase

*Schauer et al, Environ. Sci. Technol., 1999, 33, 1566-1577
Schauer et al., Environ. Sci. Technol., 2002, 36,567-575

Hva er stekeos?

- Partikulærfasen i stekeosen består av (angitt i vektprosent)*:

- 40-60% organisk karbon (OC)
- ca. 10% elementært karbon (EC)
- 5-20% uorganiske ioner
- ca. 20% annet

*See et al., Atmospheric Environment, 2008, 42, 8852-8862

Hva er stekeos?

- Organiske forbindelser i gass og dampfase*:
 - Aldehyder (formaldehyd, acetaldehyd, akrolein og langkjedede alifatiske aldehyder)
 - Ketoner
 - Alkaner og alkener
 - Aromater
 - Mettede fettsyrer
 - Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)
- Organiske forbindelser i partikkelfase*:
 - Mette og umettede fettsyrer
 - Alkaner
 - Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

*Schauer et al, Environ. Sci. Technol., 1999, 33, 1566-1577
Schauer et al., Environ. Sci. Technol., 2002, 36,567-575

Hva har blitt målt og hvilke målemetoder har blitt benyttet?

- Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) - partikulær- og dampfase
 - 37 mm filterkassett med både glassfiberfilter og celluloseacetatfilter og koplet i serie med en polymer adsorbent (XAD-2)
 - Analysemetode: GC-FID / GC-MS



- Flyktige organiske forbindelser (VOC)
 - Termodesorpsjonsrør med Tenax som adsorbent
 - Analysemetode: GC-MS



Hva har blitt målt og hvilke målemetoder har blitt benyttet?

- Total partikkelkonsentrasjon (mg/m^3)
 - Prøvetakingsmetode: 37 mm filterkassett med dobbelt glassfiberfilter
 - Analysemetode: Gravimetri



- Totalt karbon (TC) - partikulærfase
 - $\text{TC} = \text{Elementært karbon (EC)} + \text{Organisk karbon (OC)}$
 - Prøvetakingsmetode: 37 mm filterkassett med forglødet kvartsfiler
 - Analysemetode: Termisk-optisk



Vurderingskriterier?

- Det finnes ingen administrativ norm (ADN) for stekeos
- Det finnes ADN for enkeltkomponenter i stekeosen, men publiserte nivåer er lavere enn ADN (aldehyder og PAH)
- Det finnes en ACGIH TLV for "vegetable oil mist":
 - $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Total støv fraksjon)
 - $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Respirabel fraksjon)

Helseeffekter av stekeoseeksponering?

- Irritasjon i nese
- Nedsatt lungefunksjon
- Luftveisproblemer
- Kreft (emisjon fra høytemperatursteking er klassifisert som "probably carcinogenic to humans (Group 2A)"*)
- Hjertesykdom?

Kilder: Sjaastad 2010, Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational condition, ISSN 1503-8181
*IARC 2010, Monograph volume 95

Veien videre?

- Mangler forskning på hvor gode de benyttede målemetodene er til å bestemme umettede langkjedede aldehyder (f.eks. oppsamlingseffektivitet, stabilitet og gjenfinning)
- Hvor god er karakteriseringen av potensielle komponenter i stekeos i forhold til reell eksponering?
- Finne spesifikke markører for eksponering
- Kunnskap om dose respons



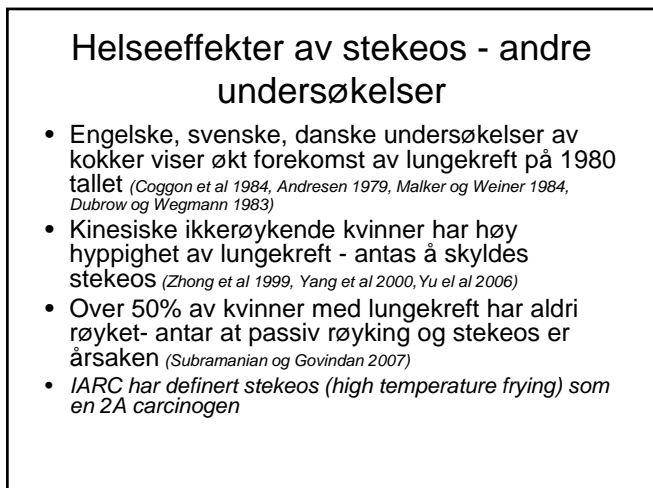
Stekeos og lungehelse

Komponenter, effekter,
målemetoder og akseptkriterier
Kristin Svendsen, IOT-NTNU



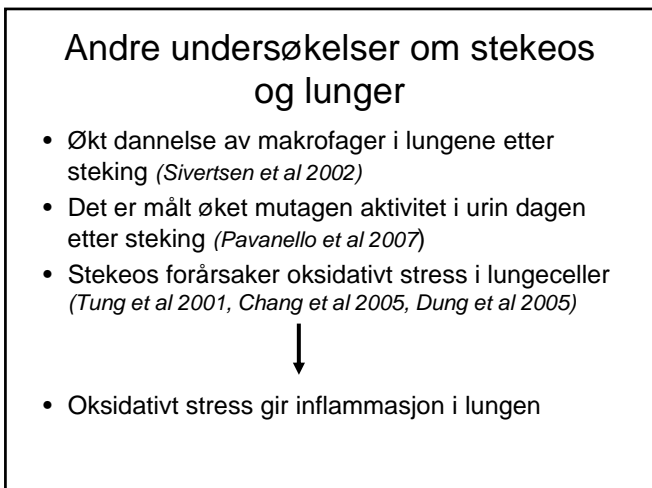
Hva vet vi om stekeos og kokker og helse, norske undersøkelser

- Høyeste dødelighet av sykdommer i luftveiene og høy dødelighet av hjerte-karsykdommer – hotell og rest arbeidere (*statistisk sentralbyrå 1986*)
- Høy forekomst av lungekreft (*Lund, E 1986, statistisk sentralbyrå 1986*)
- Økt forekomst av luftveissymptomer (Svendsen et al 2003)
- Kokker har 3 nest laveste forventete levealder av yrker i Norge (*statistisk sentralbyrå 2004*)



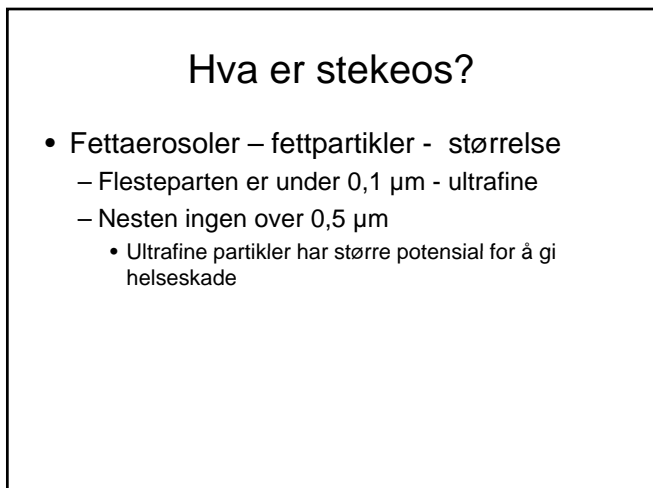
Helseeffekter av stekeos - andre undersøkelser

- Engelske, svenske, danske undersøkelser av kokker viser økt forekomst av lungekreft på 1980 tallet (*Coggon et al 1984, Andresen 1979, Malke og Weiner 1984, Dubrow og Wegmann 1983*)
- Kinesiske ikke-røykende kvinner har høy hyppighet av lungekreft - antas å skyldes stekeos (*Zhong et al 1999, Yang et al 2000, Yu et al 2006*)
- Over 50% av kvinner med lungekreft har aldri røyket- antar at passiv røyking og stekeos er årsaken (*Subramanian og Govindan 2007*)
- IARC har definert stekeos (*high temperature frying*) som en 2A carcinogen



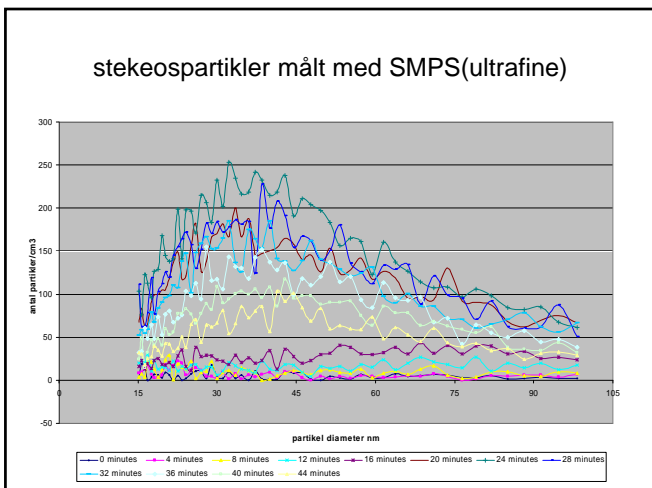
Andre undersøkelser om stekeos og lunger

- Økt dannelse av makrofager i lungene etter steking (*Sivertsen et al 2002*)
 - Det er målt økt mutagen aktivitet i urin dagen etter steking (*Pavanello et al 2007*)
 - Stekeos forårsaker oksidativt stress i lungeceller (*Tung et al 2001, Chang et al 2005, Dung et al 2005*)
- ↓
- Oksidativt stress gir inflammasjon i lungene

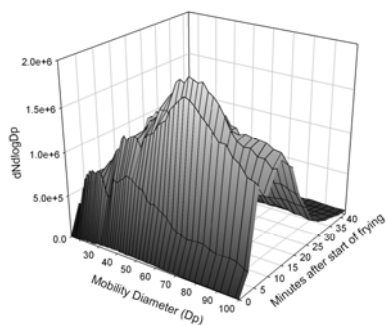


Hva er stekeos?

- Fettaerosoler – fettpartikler - størrelse
 - Flesteparten er under 0,1 μm - ultrafine
 - Nesten ingen over 0,5 μm
 - Ultrafine partikler har større potensial for å gi helseskade



Soyaolje på gass



aerosoler

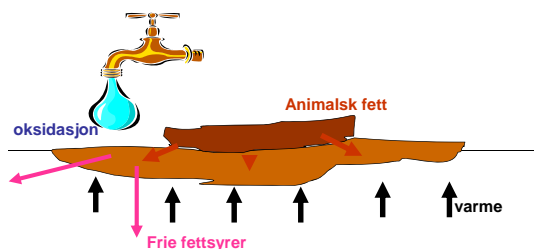
- Normer er satt på bakgrunn av vekt (mg/m³)
 - Norm for oljetåke: 1 mg/m³ (mineralolje)
 - Bakgrunn er inflammasjon og dannelse av fibrose
 - Norm for sjenerende støv: 10 mg/m³ eller 5 mg/m³(resp)
 - Norm for organisk støv: 5mg/m³
- ingen norm for stekeos

Nivå av totalstøv/oljeaerosol

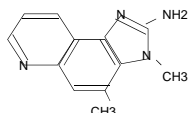
- 3 restauranter 2009-totalstøv
 - 1-3mg/m³ gjennomsnitt over 4 timer intenst arbeid
- 80 restauranter i 2001-oljeaerosol
 - Hotellkjøkken 0,3mg/m³
 - Hamburgerrestauranter 0,1
 - Grillrestauranter 0,6
 - Andre små restauranter 1,9 mg/m³

Svendsen et al 2001

- Vegetabilsk og animalsk fett
 - Animalsk fett inneholder frie fettsyrer
 - Kan gi kjemisk lungebetennelse
 - Vegetabilsk fett kan brytes ned til frie fettsyrer



- Stekemutagener
 - Dannes fra proteiner og aminosyrer
 - Temperaturer over 120 °C



Heterosykliske aminer (MeIQ)

IARC har klassifisert flere varianter av denne typen som kreftfremkallende. Vurderes som et problem i stekt mat og i stekeos. Steking under 200° Minimaliserer dannelsen. Sammensetning av det som stekes har også betydning. Grenseverdier ikke etablert.

Aldehyder

- Lavmolekylære aldehyder
 - Formaldehyd, acetaldehyd, acrolein
 - Disse er funnet i stekeos og forårsaker irritasjon og kreft

Nivåer målt ved vanlig steiking: (mg/m³)

Formaldehyd:	0,01-0,02 (*)	0,05-0,75 (**)	0,6(norm)
Acrolein:	0,01-0,02	0,06-0,6	0,25
Acetaldehyd:	0,02-0,1	0,07-0,2	45

*Svendsen et al 2001

**Vainiotalo and Matveinen 1993

– Høyere aldehyder

• Dienaler

– 2,4-decadienal, 2,4-nonadienal,
decenal et

Disse er isolert fra stekeos og er mutagene og
forårsaker oksidativt stress

Nivåer målt ved vanlig steking (Sjaastad og Svendsen):

t,t-2,4- decadienal 0,5-50 µg/m³ (ingen norm)

t-2-decenal 0,5-25 µg/m³

Mer ved gass enn ved elektrisk steking

PAH

• Polysykliske aromatiske hydrokarboner

– Norm: 40µg/m³

Kan forårsake kreft

– Målte nivåer i stekeos.

Samlet PAH: 1-30µg/m³ (Finland-93)*

1-23µg/m³ (Sveits-96)**

0,2-0,5µg/m³ (Norge eksponering kokker 2009)&

B(a)P fra soya: 20 µg/m³ (ved ca 30 mg/m³ partikler – Taiwan-97)***

eksponering kokker; 0,1- 0,2µg/m³ (Norge 2009)&

(norm B(a)P var 10µg/m³ i Finland, 5µg/m³ Tyskland)

*Vainotalo and Matveinen

**Siegmann and Sattler

*** Tai-an Chian et al

& Sjaastad and Svendsen

Hva kan vi måle ?

• Fettaerosoler-totalstøv

– Norm på 1 mg/m³ kan synes rimelig

• Partiklene er ultrafine

• Inneholder PAH- kanskje rundt 1/100 til 1 x norm ved 1 mg/m³

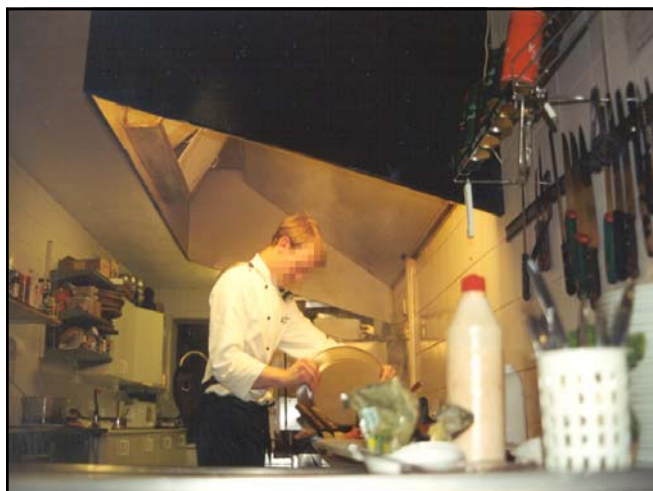
• Inneholder stekemutagener

- ingen akseptkriterier angitt

• Inneholder irriterende og kreftfremkallende aldehyder

- ingen akseptkriterier angitt

• Vi påviser kreftfremkallende aldehyder ved vanlig
stekeprosedyre og eksponeringsnivå av
stekeos/totalstøv over 10 minutter på 1-2 mg/m³





KERAMISKE FIBRE I NORSK OLJE- OG GASSINDUSTRI

*Et arbeidsmøte i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier
i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere: Kasper F. Solbu, Asbjørn Skogstad, Berit Bakke, Vidar Skaug, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 11.11.11

Sted: OLFs lokaler, Stavanger

Sammendrag:

STAMI har sammen med aktører innen olje- og gassindustrien avholdt et arbeidsmøte om ildfaste keramiske fibre. Formålet var å oppsummere dagens status når det gjelder forekomst og eksponering for disse fibrene i olje- og gassindustrien. Det ble presentert kjent kunnskap om helseeffekter, målemetoder og eksponering som bakgrunn til diskusjon. I tillegg ble det gjort en oppsummering av STAMIs arbeid med å samle inn informasjon om bruk av keramiske fibre i olje- og gassindustrien.

Det deltok representanter fra tre operatørselskaper, tre leverandører, én bedriftshelsetjeneste, én fagforening, samt deltakere fra OLF, Norsk Industri og STAMI, til sammen 16 personer.

Innholdet i dette dokumentet er framkommet i et arbeidsmøte hvor aktører i industrien har bidratt med kunnskap, med unntak av der det er påført eksterne referanser.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, kjemisk arbeidsmiljø, eksponering, ildfaste keramiske fibre

Key words: Oil- and gas industry, chemical work environment, exposure, refractory ceramic fibers

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	III
1. Keramiske fibre og produkter.....	1
2. Helseeffekter ved eksponering for keramiske fibre	2
3. Bruk og arbeidsoperasjoner	2
4. Reduksjon av eksponering i arbeidsprosesser	3
5. Merking og forskrifter	4
6. Målinger og tiltak	5
7. Spørreundersøkelse – innsamling av kunnskap om dagens bruk av keramiske fibre.....	6
7.1. Bedrifter og kontakter	6
7.2. Resultater	6
7.3. Konklusjon	7
Referanser	8

Vedlegg 2: Invitasjonsbrev

Forkortelser

AES	<i>Alkaline earth silicates</i> (Alkali- og jordalkalisilikater)
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
Adm.norm.	Administrativ norm for forurensning i arbeidsatmosfære, definert av Atil
Atil	Arbeidstilsynet
BTEX	Benzen, toluen, etylbenzen og xylen
ECHA	<i>European Chemicals Agency</i> (Det Europeiske kjemikaliebyrået)
MMVF/MMMF	<i>Man-made vitreous /mineral fibres</i> (Kunstige mineralfibre)
OLF	Oljeindustriens landsforening
RCF	<i>Refractory ceramic fibres</i> (Ildfaste keramiske fibre / Aluminiumsilikatfibre)
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
SVC	<i>Synthetic vitreous fibers</i> (Syntetiske glassaktige fibre)
SVHC	<i>Substances of Very High Concern</i> (Liste over spesielt bekymringsverdige stoffer)
TLV®	<i>Threshold Limit Value</i> (Øvre tillatte eksponeringsgrense, definert av ACGIH)
TWA	<i>Time-weighted average</i> (Tidsvektet gjennomsnitt)
UiB	Universitetet i Bergen

1. Keramiske fibre og produkter

Ildfaste keramiske fibre (eng.: *refractory ceramic fibres, RCF*) er amorfe (ikke krystalinske) fibre som hører til klassen av uorganiske syntetiske vitrøse (glassaktige) fibre (eng.: *synthetic vitreous fiber – SVC*), også kalt "kunstige mineralfibre" (eng.: *man-made vitreous /mineral fibres, MMVF/MMMF*).^{Skaug, 1996 193 /id;Bernstein, 2007 168 /id;Utell, 2010 162 /id} European Chemicals Agency (ECHA) har definert at RCF er fibre som bl.a. oppfyller følgende kriterier:⁴

- Oksider av aluminium og silisium er hovedkomponentene i fibre.
- Fibrenes lengde-vektet geometriske middeldiameter minus to geometriske standardfeil er lik 6 µm eller mindre.¹
- Massen av alkaliske oksider og jordalkalioksider ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{BaO}$) er mindre enn eller lik 18%.

RCF har i tillegg følgende fysiske kjennetegn/egenskaper:⁵

- Hvit og fluffy av utseende
- Hver fiber har en gjennomsnittlig diameter mellom 1 og 3 µm og en lengde på opp til flere cm. De kan ikke splittes opp i tynnere fibre/tråder (som f.eks. asbest), men kan kuttes på tvers.
- Ikke-fiberholdige partikler (eng.: "*shots*") er uunngåelige i produksjonen og kan representere mellom 40 og 60 % av materialets vekt.
- RCF har fremragende termiske egenskaper, som inkluderer en utmerket beskyttelse mot høye temperaturer (opp til 1450 °C for fibre som inneholder zirkoniumdioksid, ZrO_2), lav varmeledningsevne og lav varmekapasitet, noe som er vesentlig for valget av termiske isolasjonsmaterialer ved høye temperaturer.
- Har god elastisitet, god fleksibilitet, høy kjemisk motstand mot syrer og god å jobbe med.

Produkter med RCF kan f.eks. være registrert å inneholde "refractories, fibers, aluminosilicate" som har CAS nr. 142844-00-6 (se Tabell 1-1).

¹ I følge "European Commission Regulation 1272/2008, Note R, Relating to the identification, classification and labelling of substances", så trenger ikke klassifiseringen som karsinogen å gjelde fibre der denne parameteren er større enn 6 µm.

Tabell 1-1: Eksempler på produkter med keramiske fibre

Produktnavn	Navn på RCF i produktdatablad	Innhold av RCF i produktet (%)	Leverandør
Alsiflex® -1260, -1400, -1430	Aluminiumsilikat, Keramisk fiber	= 100	Statoil, Mongstad
Cerafiber, Cerachrome Fiber, Cerachem Fiber, Kaowool Fibre, Pyrobloc	Ildfast keramisk fiber	= 100	J.H. Bjørklund AS
Fiberfrax Produkter	Keramiske fibre	60 - 100	Bagges AS
Linde Adsorbent LMS 3A-COS-MIN	Aluminiumsilikat, Keramisk fiber	< 2	Linde AG
Molsiv Absorbents HG SIV-3 1/16	Aluminiumsilikat (keramisk) fiber	< 2	UOP LLC
Protecta Mineralfiber STD	Keramiske mineralfibrer	= 100	Protecta AS
Interam™ Endothermic E-54A Mat	Refraktoriske keramiske fibre (RCF)	10 - 15	3M Norge A/S

2. Helseeffekter ved eksponering for keramiske fibre

RCF er klassifisert som irriterende (R38) og karsinogen kategori 2^{II} (R49), som kan innebære irritasjon av luftveiene, endret lungefunksjon og kreft. RCF kan i tillegg ved temperaturer over 1000 °C gi dannelse av kristobalitt. Kristobalitt er en form for krystallinsk silika, som ved innånding er klassifisert som kreftfremkallende kategori 1^{III} (R45).

I den vitenskapelige litteraturen finnes det flere studier som omhandler RCF, eksponering og epidemiologi,^{1-3,6} men så vidt vi vet finnes det ikke i litteraturen liknende studier innen olje- og gassindustrien.

I olje- og gassindustrien er RCF i dag kategorisert i klasse 5 (sort), dvs. at det kreves mye dokumentasjon for bruk. Det må søkes om unntak og det må samtidig dokumenteres at substitusjon ikke er mulig. Til sammenlikning er mineralull og AES-fibre i henholdsvis klasse 1 (grønn) og klasse 3 (gul).

3. Bruk og arbeidsoperasjoner

RCF benyttes først og fremst til isolering der det er for liten plass til isolering med AES, f.eks. ved passiv brannbeskyttelse klasse 5, fordi RCF-isoleringen er både tynnere og fastere enn AES-isoleringen. Isolasjon av RCF tåler dessuten høyere temperaturer enn AES, men trolig er dette mer

^{II} Kategori 2 (EU-klassifiseringssystem av karsinogener): Stoffer skal betraktes som om de er kreftfremkallende for mennesker. Det er tilstrekkelig bevis for å gi en sterk antakelse for at stoffets eksponering for mennesker kan føre til utvikling av kreft, vanligvis på grunnlag av egnede langsiktige dyrestudier og annen relevant informasjon.

^{III} Kategori 1 (EU-klassifiseringssystem av karsinogener): Stoffer er kjent for å være kreftfremkallende for mennesker. Det er tilstrekkelig bevis for å etablere en årsakssammenheng mellom menneskelig eksponering for stoffet og utvikling av kreft.

sjelden et argument som blir benyttet siden AES ofte dekker de temperaturområdene som er aktuelle. RCF benyttes i tillegg ved isolering av systemer med høy temperatur (som ved motor/turbin og eksosrør) og kabelgater. Det er også vanlig med prefabrikkerte enheter/kasser der RCF er benyttet inne i enheten. RCF finnes også i sprøytbare isolasjonsmasser, men det er uklart om dette i dag er benyttet i olje- og gassindustrien. RCS ble tidligere benyttet som lydisolering (fjernet på 60-tallet) og rundt varmtvannsrør på 60- og 70-tallet.

På møtet fremkom det at AES-fibre som er mye brukt, også som substitutter for RCF, er "Firemaster" og "Insulfrax". Produktene "Protecta" og "Interam" ble også fremhevet.

Eksponering for RCF kan oppstå under bruk ved arbeidsoperasjoner der materialer med RCF blir åpnet ved både kutting (av f.eks. kabler) og riving (av f.eks. veggplater med RCF). Riving av stillas kan også medføre eksponering hvis stillaset har vært benyttet i forbindelse med riving av RCF-holdige materialer, slik at støv og fibre som ligger igjen virvles opp i luften og inhaleres. Det vil også ved enkelte inspeksjonsoppgaver være nødvendig med midlertidig fjerning av isolering. Ved slikt arbeid skal det være med en isolatør som hjelper til med korrekt av- og påmontering av isolasjonen, men ved tilfeller der dette ikke følges vil det kunne være en større risiko for eksponering for fibre. Eksponering til randsoner vil kunne forekomme der arbeid med f.eks. kutting og riving medfører at fibre fra materialene spres til områder utenfor arbeidsområdet.

4. Reduksjon av eksponering i arbeidsprosesser

Arbeidsprosesser rundt arbeid med RCF bør utformes for å holde risiko for eksponering så lav som mulig, og det ble i den sammenheng nevnt følgende virkemidler:

- Stoppe prosess hvis ikke alt er i orden
 - o De som utfører arbeidet må vite når de må stoppe
- Sikre kontakt mellom forskjellige fagfolk: Isoleringsfagfolk skal kunne håndtere materialet på en korrekt måte. Men det kan hende andre fagfolk skal komme til og på egen hånd kutter til eller skjærer opp på en måte som frigjør fibre.
 - o Bruke APOS^{IV} aktivt for å sikre gjennomføring av trygge arbeidsprosesser
- Hvis det er tvil om type fibre så skal man anta at det er RCF.
 - o Er det tid til å få til identifisering? – analyse av fibre?
- Kontraktene bør utformes slik at man kan hindre at noen ikke tør ta hensyn til helsefare i frykt for at det vil øke kostnader.

^{IV} APOS: Arbeids Prosess Orientert Styling – en programvare som er et verktøy for å styre arbeidsprosessene.

5. Merking og forskrifter

Flere produkter som inneholder RCF er vurdert ikke merkepliktig av leverandører med begrunnelse at dette er ferdig bearbejdede produkter. Det finnes heller ikke et slikt pålegg for merking fra Arbeidstilsynet. For ferdige moduler som tilvirkes på land kan det ofte være vanskelig å få dokumentasjon på innhold av RCF. Enkelte leverandører har imidlertid i sin instruks at prefabrickerte kasser som inneholder RCF skal merkes med at de inneholder slike fibre. En slik merking vil være viktig når det senere skal utføres demontering eller re-isolering av de prefabrickerte enhetene, slik at de nødvendige tiltak for å redusere eksponering kan utføres. Det bør i så fall bli enighet om en felles merking for alle selskaper. Det vil også være viktig at produkter med RCF blir registrert i kjemikalielister hos selskapene, og ikke bare som "utstyr" (som f.eks. ved prefabrickerte produkter og moduler).

Det finnes minstekrav om isolering av rør og utstyr (NORSOK R-004^V). Denne NORSOK-standarden dekker imidlertid ikke isolering mot høye temperaturer (smelteindustrien) eller isolering av ventilasjonsrelaterte elementer, og gir ingen instruks for håndtering av RCF. Hos minst ett selskap har det derfor blitt utarbeidet en instruks for håndtering av enkelte produkter som inneholder RCF, men det kan være et behov for en felles instruks for bransjen.^{VI} Asbestforskriften, som skal sikre arbeidstakere mot risiko for helseskade som følge av eksponering for asbeststøv, ble derfor foreslått å danne et utgangspunkt for en instruks om håndtering av RCF slik at det sikres en god utforming av instruks for RCF.

For nye installasjoner har importøren et ansvar å vite hva produktet inneholder, og skal kjenne til alt innhold som finnes på ECHAs kandidatliste SVHC og som det må søkes om bruk for. Imidlertid er det ikke alltid at informasjonen fra leverandør er god nok slik at alt innhold er kjent.

Avfall av RCF blir håndtert i lukket emballasje ved lagring og merket med "keramiske fibre". Dette blir dessuten klassifisert som "farlig avfall".

^V Denne NORSOK-standarden dekker minstekravene til termisk isolering, lydisolering og brannbeskyttelse samt personellbeskyttelse og tetting av gjennomføringer for rør, utstyr, tanker, beholdere, ventiler, flenser m.m. for installasjoner offshore og landanlegg. Standarden gjelder ikke for undervannsinstallasjoner.

^{VI} Hver enkelt arbeidsgiver er ansvarlig for å "kartlegge farer og problemer og på denne bakgrunn vurdere risikoforholdene i virksomheten, utarbeide planer og iverksette tiltak for å redusere risikoen" ([Arbeidsmiljøloven §3-1](#)).

6. Målinger og tiltak

En oversikt over innrapporterte data fra olje- og gassindustrien i Norge i perioden 2007-2009 viser ingen eksponeringsmålinger av RCF.⁷ I en tilsvarende oppsummering av historiske eksponeringsdata, for perioden 1966-2007, er det referert til kun 18 målinger for hele perioden (0,03-1,2 fibre/cm³).⁸ Disse er hovedsakelig utført ved isolering av rør og fjerning av isolasjon ($n=14$).⁹ Det er derfor lite tilgjengelig dokumentasjon på slike eksponeringsmålinger, men man kan likevel ikke utelukke at slik eksponering har funnet sted. Internasjonalt er det mye tilgjengelig dokumentasjon på eksponering for RCF, men i andre bransjer enn olje- og gassindustrien.^{3,10-14}

Tiltak som kan settes inn ved håndtering av RCF er å bruke barrierer som maske med partikkelfilter klasse P3, heldekkende maske, eller vifteassistert maske. Type maske må tilpasses de forskjellige forholdene. I stor grad bør det være mulig å unngå RCF i utgangspunktet ved substitusjon slik at AES-fibre (for temperaturer opp til 1000 °C)^{vii} benyttes fremfor RCF der det er mulig.

^{vii} Kristobalitt er påvist å bli dannet også av AES når fibre varmes opp over 1000 grader °C.^{15,16}

7. Spørreundersøkelse – innsamling av kunnskap om dagens bruk av keramiske fibre

STAMI publiserte i 1999 en spørreundersøkelse om bruk av RCF i norsk industri.¹⁷ I den undersøkelsen hadde 175 bedrifter (75%) svart på undersøkelsen. Kun to av disse var innen oljeindustrien, men begge bedriftene hadde oppgitt at de ikke benyttet RCF.

Det har også de siste årene vært mye fokus på bruk av og eksponering for RCF. Et resultat av dette er at RCF er blitt tilegnet et CAS-nr. og inkludert på ECHAs kjemikalieliste SVHC,⁴ som betyr at RCF vurderes på lik linje med andre kjemikalier. Fordi RCF tidligere ikke har vært registrert sammen med kjemikalier har informasjon om mengde og type bruk av RCF vært lite tilgjengelig. STAMI gjennomførte derfor i 2011 en spørreundersøkelse om bruk av RCF innen olje- og gassindustrien. Et invitasjonsbrev ble sendt per e-post til både operatørselskaper og kontraktører via henholdsvis OLF og Norsk Industri. Det ble i utgangspunktet kun stilt spørsmål om bedriften var i befatning med RCF. Slik kunne man i første omgang få en enkel oversikt over antall bedrifter og om bedriftene benyttet RCF, i tillegg til å få samlet inn kontaktinformasjon for alle bedriftene (se Vedlegg 2). Alle svar ble samlet inn ved hjelp av e-post og Access-skjema for datainnsamlings svar med lagring direkte i en Access-database.

7.1. Bedrifter og kontakter

STAMI mottok svar fra 20 kontakter ved 18 bedrifter i etterkant av første henvendelse og to påminnelser i perioden mai til august 2011. Ytterligere 19 kontakter fra 13 bedrifter returnerte ikke svar etter siste påminnelse, men av disse var det tre bedrifter der vi hadde mottatt svar fra en annen kontakt i bedriften. Derfor var det totalt sett 18 (inkludert seks av ni operatørselskaper^{viii}) av 28 bedrifter (64%) som svarte på henvendelsen fra STAMI.

7.2. Resultater

Fire av de 18 bedriftene (22%) svarte at de benytter RCF. Av disse var det kun ett operatørselskap. De andre selskapene leverer tjenester innen isolasjon, vedlikehold og modifikasjon. Alle fire bedriftene fikk tilsendt nye spørsmål om bruk (Tabell 7-1) og om produktene (Tabell 7-2) i tillegg til telefonkontakt både i forkant og etterkant av den nye runden med spørsmål. Imidlertid var det bare én av bedriftene som kunne oppgi konkrete svar på alle spørsmålene. De resterende tre bedriftene var svært usikre på den faktiske bruken av RCF.

^{viii} De ni operatørselskapene er BP, ConocoPhillips, ExxonMobil, Gdf Suez, Marathon, Statoil, Shell, Talisman, og Total.

Tabell 7-1: Spørsmål om bruk

Hvor mange ansatte er det i bedriften?
Hva er antall ansatte som jobber med materialer som inneholder IKF?
Hva slags arbeid utføres, som kan føre til frigjøring av IKF?
Anser dere at de som arbeider med IKF blir utsatt for fiberstøv?
Hvordan håndteres evt. avfall med keramiske fibre?
Er det foretatt fibermålinger under arbeidet/arbeidene?

Tabell 7-2: Spørsmål om produkter (gjentas for hvert produkt)

Hva er produktnavnet?
Hva er navnet på importøren/leverandøren av produktet?
Hva er bruksområder for produktet?
Hva er ca. årlig forbruk (i kg) i løpet av perioden 2007-2010?
I hvilken form er fiberproduktet?
Hvordan kommer dere i befatning med produktet?

7.3. Konklusjon

Kun én bedrift hadde konkrete opplysninger om bruk der de kom i befatning med keramiske fibre (ved kabelkutting), men de antok samtidig at eksponeringen for fibre var svært lav. Enkelte tilbakemeldinger henviste til at det er funnet RCF på lager og at keramiske fibre har vært registrert i bruk tidligere, men at bruken er faset ut og erstattet med AES-fibre. Det var ikke mulig å få samlet inn ytterligere spesifikke opplysninger om produktene siden det var stor usikkerhet om faktisk bruk. Innkomne svar på spørreundersøkelsen danner derfor et for svakt grunnlag for videre behandling.

Generelt sett har det vært liten kontroll med hva som blir brukt, når, hvor og hvordan da dette er produkter som tidligere ikke har blitt søkt inn som kjemikalier. I tillegg er det mangelfull oversikt på hvor RCF allerede er benyttet. Det kan derfor ved rivningsarbeid være utfordrende å finne ut av om materialet som skal rives inneholder RCF. Mangelen på oversikt og informasjon rundt bruken av RCF kan skyldes at RCF ikke har vært registrert i kjemikalielister tidligere og at bruken ikke har blitt registrert på samme måte som kjemikalier generelt. Det er imidlertid flere i bransjen som har gitt tilbakemelding om at det jobbes med å fremskaffe oversikt over bruk av RCF. Dette er et viktig arbeid for å dokumentere hvor RCF finnes og begrense fremtidig eksponering for RCF.

Referanser

- 1) V. Skaug. *The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals 121. Refractory Ceramic Fibres*. Arbete och Hälsa, 1996:30, Arbetslivsinstitutet: Solna, Sverige, **1996**.
- 2) D.M. Bernstein. Synthetic vitreous fibers: A review toxicology, epidemiology and regulations, *Crit. Rev. Toxicol.*, **2007**, 37 (10), 839-886.
- 3) M.J. Utell and L.D. Maxim. Refractory ceramic fiber (RCF) toxicity and epidemiology: A review, *Inhal. Toxicol.*, **2010**, 22 (6), 500-521.
- 4) European Chemicals Agency (ECHA). *Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation*. ECHA: Helsinki, Finland, **2012**.
- 5) Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). *Exposition aux fibres céramiques réfractaires lors de travaux d'entretien et de maintenance*, ED 6084, INRS: Paris, France, **2010**.
- 6) R.W. Mast, L.D. Maxim, M.J. Utell, and A.M. Walker. Refractory ceramic fiber: Toxicology, epidemiology, and risk analyses - A review, *Inhal. Toxicol.*, **2000**, 12 (5), 359-399.
- 7) B. Bakke, K.F. Solbu. *Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 9, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 8) M. Bråtveit, B.E. Hollund, K.S. Vågnes. *Historisk eksponering for kjemikalier i den norske olje- og gassindustrien - Yrkeshygieniske eksponeringsmålinger inntil år 2007*, Rapport nr. 2, Arbeids- og miljømedisin, Universitetet i Bergen og Uni helse: Bergen, **2010**.
- 9) K. Steinsvaag, M. Braatveit, and B.E. Moen. Exposure to carcinogens for defined job categories in Norway's offshore petroleum industry, 1970 to 2005, *Occup. Environ. Med.*, **2007**, 64 (4), 250-258.
- 10) L.D. Maxim, J. Allshouse, R.E. Fairfax, T.J. Lentz, D. Venturin, and T.E. Walters. Workplace monitoring of occupational exposure to refractory ceramic fiber - A 17-year retrospective, *Inhal. Toxicol.*, **2008**, 20 (3), 289-309.
- 11) H. Wozniak and E. Wiecek. Refractory ceramic fibers, kinds, health effects after exposure, TLVs, *Med. Pr.*, **1996**, 47 (4), 393-399.
- 12) L.D. Maxim, J.N. Allshouse, W.P. Kelly, T. Walters, and R. Waugh. A multiyear workplace-monitoring program for refractory ceramic fibers: Findings and conclusions, *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, **1997**, 26 (2), 156-171.
- 13) A. Marconi, F. Cavariani, A. Carai, G. Cacchioli, F. Papandrea, and E. Cacchioli. Assessment of exposure to ceramic fibers during insulation operations in a thermoelectric power plant, *Med. Lav.*, **2001**, 92 (4), 263-271.
- 14) M. Linnainmaa, J. Kangas, M. Makinen, S. Metsarinne, A. Tossavainen, J. Santti, M. Veteli, H. Savolainen, and P. Kalliokoski. Exposure to refractory ceramic fibres in the metal industry, *Ann. Occup. Hyg.*, **2007**, 51 (6), 509-516.

- 15) T. Tonnesen, R. Telle. *Influence of Firing Temperature and Time on the Quantitative Phase Formation and Recrystallization Behaviour of High Temperature Glass Fibres (AES) and Refractory Ceramic Fibres (RCF)*, RWTH Aachen, Institute of Mineral Engineering - Gesteinshüttenkunde: **2003**.
- 16) G. Binde and T. Bolender. Recrystallisation and formation of cristobalite in alkaline earth silicate fibres (AES) under thermic stress, *Gefahrstoffe Reinhalt. Luft*, **2002**, 62 (6), 273-278.
- 17) A. Skogstad, V. Skaug, E. Bye, K. Lenvik. *Bruk av keramiske fibre i norsk industri*, Rapport nr. HD1104/99 FOU, STAMI: Oslo, **1999**.



Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009

Nr. 9, Årgang 12 (2011), STAMI-rapport
ISSN nr. 1502-0932





Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009

En rapport utarbeidet i regi av prosjektet "Eksposering for kjemikalier i olje- og gassindustrien – Dagens eksponeringsbilde"

Forfattere: Berit Bakke og Kasper F. Solbu
Prosjektleder: Berit Bakke
Dato: 7. desember 2011 (2. opptrykk)
Serie: STAMI-rapport nr. 9, Årgang 12 (2011)

Sammendrag:

Denne rapporten beskriver en systematisk gjennomgang av yrkeshygieniske målerapporter fra norsk olje- og gassindustri i perioden 2007-2009. Selskapene ble invitert til å sende inn målerapporter som inneholdt kvantitative eksponeringsmålinger. Alle måledata ble ekstrahert fra rapportene og lagt inn i en database med tilhørende kontekstinformasjon. Biologiske prøver er ikke inkludert i denne oppsummeringen.

Totalt ble det sendt inn 233 rapporter fordelt på 12 selskaper (3335 målinger), hvorav 171 rapporter (2578 målinger) var relevante fra den aktuelle perioden. En stor andel av målingene var basert på kort prøvetakingstid (56% \leq 180 min) og 53% var personlige prøver.

93 kjemiske stoffer er påvist i prøvene. Av disse er det 12 agens som er bestemt i 100 eller flere prøver (toluen ($n=1423$), xylener ($n=1394$), etylbenzen ($n=1316$), benzen ($n=1210$), *n*-heksan ($n=1196$), oljedamp ($n=645$), alifater C4-C8 ($n=627$), oljetåke ($n=614$), alifater C9-C16 ($n=613$), aromater C9-C12 ($n=523$), total-VOC ($n=500$) og totalstøv ($n=103$)). De fleste prøvene var fra arbeid offshore (70 %). Det var totalt beskrevet 299 arbeidsoperasjoner.

En samlet vurdering er at gjennomsnittsnivået for de fleste løsemidlene (BTEX og *n*-heksan) er lave sammenliknet med dagens offshore-normer. Målinger ved utførelse av arbeidsoperasjoner som grovrengjøring/rengjøring og åpning av hydrokarbonførende utstyr viser at eksponeringsnivået for benzen kan overskride offshore-normen. Ved arbeid i siktemaskinrom og slamtankrom var medianen av oljetåke- og oljedampmålingene ca. 1/3 av offshore-normene. Enkeltp prøver viser at eksponeringsnivået for oljetåke- og oljedamp kan bli betydelig høyere og overskride norm. For andre agens er datagrunnlaget for lite til å kunne generalisere tatt i betraktning det store antall arbeidsoperasjoner som er identifisert.

Dataene viser at næringen har relativt god oversikt over eksponering for løsemidler (BTEX og *n*-heksan) og oljetåke/oljedamp i prosess/produksjon og ved boreoperasjoner offshore. Dataene for løsemidler og oljetåke/oljedamp kan brukes for å identifisere og forstå eksponeringssituasjoner slik arbeidet utføres i dag i norsk olje- og gassindustri.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, eksponering, benzen, hydrokarboner.

Key words: Oil- and gas industry, exposure, benzene, hydrocarbons.

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	V
Norske administrative normer (2011)	VI
Forord	VII
1. Bakgrunn og mål.....	1
2. Metode.....	2
2.1. Innsamling av data.....	2
2.2. Måledata	2
2.3. Kvalitetskontroll av innleggingsprosedyren	4
2.4. Dataanalyse	4
3. Resultater	5
3.1. Beskrivelse av databasen.....	5
3.1.1. Arbeidsoperasjoner	9
3.2. Eksponering for aerosoler og damper i olje- og gassindustrien	10
3.2.1. Benzen	11
3.2.2. Oljetåke og oljedamp.....	15
3.2.3. Støvmålinger.....	17
3.2.4. Kjemisk karakterisering av støvprøver – varmt arbeid	19
3.2.5. Kvarts.....	19
3.2.6. Fiber.....	20
3.2.7. Fettaerosol/stekeos.....	20
4. Oppsummering.....	22
5. Konklusjon.....	24
Referanser	25
A. Appendiks - tabeller	26

Forkortelser

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AES	Jordalkalisilikater (eng.: <i>alkali earth silicates</i>)
ATD	Automatisert termisk desorpsjon
BTEX	Benzen, toluen, etylbenzen, xylen
CVAAS	Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry
EXPO	STAMIs database for kjemisk eksponering i arbeidslivet
FTIR	Fourier transform infrared spectrophotometry
GC-MS / -FID	Gasskromatografi–massespektrometri / –flammeionisasjonsdetektor
GSD	Geometrisk standardavvik (eng.: <i>geometric standard deviation</i>)
HC	Hydrokarboner (eng.: <i>hydrocarbons</i>)
HPLC	Væskekromatografi (eng.: <i>high-performance liquid chromatography</i>)
ICP	Induktivt koblet plasma (eng.: <i>inductively coupled plasma</i>)
LOD	Deteksjonsgrense (eng.: <i>limit of detection</i>)
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
SD	Standardavvik (eng.: <i>standard deviation</i>)
SMACC	Statoil method for autogenous crushing and classifying of cuttings
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
TIG	Tungsten inert gas
TLV®	Threshold limit values for chemical substances, ACGIH
UiB	Universitetet i Bergen
VOC / t-VOC	Flyktige organiske forbindelser (eng.: <i>volatile organic compounds</i>) / total-VOC
YH-rapport	Yrkeshygienisk rapport

Norske administrative normer (2011)

Agens	Enhet	Administrativ norm ² (8-timer)	Justert offshore-norm ³ (12 timer)*
Benzen	ppm	1 K	0,6
Toluen	ppm	25 H	15
Etylbenzen	ppm	5 HK	3
Xylen (alle isomere)	ppm	25 H	15
n-Heksan	ppm	20 R	12
Oljedamp	mg/m ³	50	30
Oljetåke	mg/m ³	1	0,6
Sjenerende støv			
-Totalstøv	mg/m ³	10	6
-Respirabelt støv	mg/m ³	5	3
Sveiserøyk (uspesifisert)	mg/m ³	5	3
α-Kvarts			
-Totalstøv	mg/m ³	0,3 K	0,18
-Respirabelt støv	mg/m ³	0,1 K	0,06
AES-ull	fiber/cm ³	0,5	
Asbest, alle former	fiber/cm ³	0,1 K	0,06
Ildfaste keramiske fibre	fiber/cm ³	0,1 K	0,06
Mineralull (glass-, stein- og slaggull)	fiber/cm ³	1	
Aluminium (sveiserøyk)	mg/m ³	5	3
Bly (støv/røyk)	mg/m ³	0,05 R	0,03
Jern(III)oksid (beregnet som Fe)	mg/m ³	3	1,8
Kadmiumoksid (beregnet som Cd)	mg/m ³	0,02 KT	0,012
Krom (Cr ²⁺ /Cr ³⁺)	mg/m ³	0,5	0,3
Sekssverdig krom (kromsyre/kromater)	mg/m ³	0,02 AK	0,012
Mangan			
-Inhalerbar fraksjon	mg/m ³	1	0,6
-Respirabel fraksjon	mg/m ³	0,1	0,06
Nikkel	mg/m ³	0,05 KRA	0,03
Sinkoksid	mg/m ³	5	3

A= allergifremkallende stoffer, K= kreftfremkallende stoffer, R= reproduksjonsskadelige stoffer, H=hudopptak, T= takverdi.

*Adm. norm justert for 12-timers skift: ACGIH har omtalt hvordan man vurderer eksponering når arbeidstiden avviker fra 8-timers skift/40 timers arbeidsuke.¹

Arbeidstilsynet har nedfelt en tommelfingerregel for hvor store overskridelses som kan aksepteres i perioder inntil **15 minutter** med forutsetning at gjennomsnittskonsentrasjonen for 8-timersskiftet holdes under normen:²

Område:	Kan overskrides med:
For normer mindre enn eller lik 1	200% av normen
For normer over 1 til og med 10	100% av normen
For normer over 10 til og med 100	50% av normen
For normer over 100 til og med 1000	25% av normen

Forord

Denne rapporten oppsummerer et delprosjekt som er utført som en del av prosjektet *Eksponering for kjemikalier i olje- og gassindustrien, dagens eksponeringsbilde*. *Dagens eksponeringsbilde* er initiert av bransjeorganisasjonene og styringsgruppen for Kjemikalieprosjektet i dialog med Statens arbeidsmiljøinstitutt, som ledd i en større handlingsplan for å sette fokus på kjemisk arbeidsmiljø i den norske olje- og gassindustrien. Prosjektet avsluttes i 2012 og en rapport som oppsummerer hele prosjektet vil da bli utgitt.

I rapporten har vi valgt å gi en samlet deskriptiv oppsummering av datamaterialet som er innsendt. Videre har vi fokusert på et utvalg av kjemiske stoffer som er viktige sett fra et helseperspektiv, samt at datamengden har vært av et slikt omfang at det er meningsfylt å omtale dataene. Ved omtale av dataene har vi fokusert på arbeidsoppgavene som er utført. Å knytte informasjon om arbeidsoperasjoner og eksponering til jobbtitler er viktig, men ligger utenfor dette prosjektets rammer. I appendiks har vi lagt ved utfyllende tabeller slik at leseren selv kan se på ytterligere detaljer. Ved henvendelse til oss kan selskapene få uttrekk av egne data fra databasen til videre bruk. Der hvor det er relevant har vi gjort søk i Fellesdatabasen for å undersøke om det er kjemiske produkter som inneholder det aktuelle agens, og som kan være en av kildene til eksponering.

Målinger av organofosfater i luft på offshoreinstallasjoner i forbindelse med vedlikeholdsarbeid på turbiner er ikke med i denne rapporten da resultater omtales i en egen rapport.⁴

Takk til Kjemikalieprosjektet for finansiering og for å ha stilt infrastruktur til rådighet for å få gjennomført innsamlingen av målerapporter og møter med fagmiljøet i bransjen. Vi vil også takke alle selskapene som har sendt inn målerapporter til oss. Vi har også hatt gode og nyttige diskusjoner med mange personer tilknyttet det yrkeshygieniske fagmiljøet i bransjen, samt flere HMS fora i bransjen, takk til dere også. Takk til Syvert Thorud og Dag G. Ellingsen som har gitt innspill til rapporten.

Oslo, 07.12.2011

1. Bakgrunn og mål

Med bakgrunn i fokus fra flere aktører innen olje- og gassindustrien om mulige helseskader knyttet til kjemisk eksponering i bransjen har det vært gjennomført en rekke prosjekter de senere år for å skaffe en oversikt over både tidligere og dagens eksponeringssituasjon. Denne satsningen har arbeidstaker- og arbeidsgiverorganisasjonene, samt tilsynsmyndighetene stått sammen om. Statens arbeidsmiljøinstitutt har i denne sammenheng kartlagt dagens eksponeringssituasjon i bransjen.

Norsk olje- og gassindustri inkluderer letevirksomhet og utbygging og drift av felt som allerede er i produksjon. Videre har vi i Norge et mottaksapparat på land for raffinering av råolje og gass. Norge har i dag to oljeraffinerier på land, Mongstad og Slagentangen, samt seks prosess-/gassanlegg (Sture, Nyhamna, Melkøya, Kollsnes, Kårstø og Tjeldbergodden). Det er i dag mange nasjonale og internasjonale oljeselskaper som har aktivitet på den norske kontinentalsokkelen. I tillegg er det mange serviceselskaper som utfører spesialoppgaver innen vedlikehold og modifikasjon på installasjonene offshore og landanleggene.⁵

Det brukes mange forskjellige kjemikalier ved leting og produksjon av olje og gass. Vi har tidligere gitt en oppsummering av Fellesdatabasen hvor det er antatt at de fleste og viktigste kjemikaliene som brukes i bransjen er registrert.⁶ Formålet med dette arbeidet var å identifisere aktuelle kjemikalier som benyttes i olje- og gassindustrien og som kan tenkes å utgjøre en helserisiko for arbeidstakerne. I denne databasen var det registrert 5564 kjemikalier/produkter og 1942 stoffer. Av disse var 4,4% av produktene og 9% av stoffene helsefareklassifisert som giftige eller meget giftige stoffer på bakgrunn av stoffenes iboende egenskaper (laboratoriekjemikalier ikke medregnet).⁶

For å kunne vurdere eksponering på en nøyaktig måte er det viktig å kjenne til hvilke faktorer som påvirker grad av eksponering og hvordan eksponeringen varierer mellom ulike arbeidere og mellom ulike dager. Disse faktorene (determinanter) kan være knyttet til organisering av arbeidet, til fysiske forhold på arbeidsplassen eller til de faktiske oppgavene som utføres. Uten kjennskap til disse faktorene vil det være vanskelig å iverksette de rette tiltakene for å redusere eksponering og estimere eksponering nøyaktig i studier som undersøker sammenhengen mellom eksponering og helseeffekter. Når yrkeshygieniske målinger utføres er det derfor viktig at informasjon om determinanter følger målingene. Denne informasjonen kan samles inn ved at den ansvarlige for målingene følger personen eller ber den som bærer prøvetakingsutstyret om å registrere hva han/hun har gjort i etterkant av prøvetakingen. Denne informasjonen bør så dokumenteres i rapporten som utarbeides i etterkant av en slik kartlegging. Mer informasjon om krav til dokumentasjon av eksponeringsmålinger og -vurderinger er oppsummert i kap. 10 i STAMI-rapport nr. 2.⁷

Målet med dette arbeidet har vært å foreta en systematisk gjennomgang av innsendte yrkeshygieniske målerapporter i perioden 2007-2009 for å kunne skaffe til veie data som kan brukes for å identifisere og forstå eksponeringssituasjoner slik arbeidet utføres i dag i norsk olje- og gassindustri.

2. Metode

2.1. Innsamling av data

Informasjon om prosjektet ble gitt i ulike samarbeidsfora i bransjen og møter med enkeltpersoner fra selskapene. Videre ble det sendt ut et brev til operatører og kontraktører via bransjeorganisasjonene Norsk Industri og Oljeindustriens Landsforening der selskapene ble bedt om å sende inn eksponeringsdata fra perioden 2007-2009 (Vedlegg 1). Selskaper som ikke hadde relevante data ble også bedt om å avgi et svar. Det ble åpnet for at selskapene kunne sende inn eldre data dersom disse ble vurdert som representative for dagens situasjon. I ettertid ble imidlertid prosjektet avgrenset til perioden etter 01.01.2007 fordi Universitetet i Bergen hadde fått i oppdrag å kartlegge historiske eksponering.⁸ Biologiske prøver er ikke inkludert i dette prosjektet.

Etter avtale med selskapene ble det gjort et ekstra arbeid for å identifisere flere måledata, bl.a. ble det søkt etter data i EXPO.^{*} Vi mottok to rapporter i 2010 med målinger i forbindelse med eksponering for stekeos, som også er blitt inkludert i rapporten.

2.2. Måledata

Alle relevante[†] kvantitative måledata som ble identifisert i de innsendte rapportene ble ekstrahert og lagt inn i en database. Databasen inneholder både korttidsmålinger (prøvetakingstid ≤ 15 min, 15-480 min) og langtidsmålinger (prøvetakingstid ≥ 480 min) av personlige og stasjonære prøver. Kun data fra individuelle prøver er registrert. En oppsummering av de variablene som databasen inneholder er gitt i Tabell 2-1. Personidentifikasjon er ikke inkludert da det kun unntaksvis var informasjon om dette i rapportene. I to rapporter var dataene presentert som aritmetisk- eller geometrisk gjennomsnitt (med tilhørende spredningsmål, hhv. SD og GSD), medianer eller minimum og maksimumsverdier. Det ble gjort forsøk på å skaffe til veie de individuelle målingene som lå til grunn. Dette lyktes ikke, og dataene i rapportene er derfor ikke inkludert i databasen.

For å redusere antall agens ble 41 agens oppsummert i sju grupper (måleenhet i parentes): alkaner C₄-C₈ (ppm), alkaner C₉-C₁₆ (ppm), aromater C₉-C₁₂ (ppm), total-VOC (mg/m³), sykloalkaner (ppm), butanoler (ppm) og xylener (ppm). Før sammenslåing ble måleverdier registrert med enhet mg/m³ konvertert til ppm, med unntak av total-VOC, under antagelse av standard romtemperatur og trykk. Arbeidsoperasjoner, analysemetoder og prøvetakingsmetoder ble også gruppert for å redusere antall kategorier.

Ingen målinger av hudeksponering ble identifisert i de innsendte målerapportene.

* EXPO er en database plassert hos STAMI som i dag inneholder måleresultater fra mer enn 120 000 prøver fra ca. 6 000 bedrifter.

[†] Relevante målinger/rapporter ble definert som målinger f.o.m. 01.01.2007 av kjemisk arbeidsmiljø fra landanlegg eller offshore-installasjoner i olje- og gassindustrien.

Tabell 2-1: Liste av variabler som er kodet for å lagre måldata av eksponering for kjemiske stoffer i norsk olje- og gassindustri

Informasjon	Variabler
Selskapsinformasjon	Navn på selskap hvor målinger er utført Navn på innretning Type innretning
Informasjon om undersøkelse	Rapportnummer Mål med undersøkelsen Årsak til undersøkelsen
Informasjon om prøve	Prøvenummer Prøvetakingsdato Type prøve (personlig, stasjonær, direktevisende, mobil, materialprøve, overflateprøve) Prøvetakingssted ved stasjonære målinger Værforhold (vindstyrke, vindretning) Arbeidsoperasjon Type borevæskesystem Type borevæske Antall siktemaskiner (shakere) i bruk Boreslamtemperatur Boreslammets strømhastighet Boreddybde Boreseksjon Sveisemetode
Vernetiltak	Bruk av åndedrettsvern (ja, nei, ukjent)
Prøvetaking og analyse	Prøvetakingsstrategi (representativ, worst-case) Prøvetakingsmetode Analysemetode Navn på analyselaboratorium Prøvetakingstid (minutter) Måleresultat (mg/m ³ , µg/m ³ , ppm) Målt konsentrasjon er lavere enn deteksjonsgrense (ja/nei) Annen tilleggsinformasjon som ikke tidligere er dekket

2.3. Kvalitetskontroll av innleggingsprosedyren

Alle måledata ble lagt inn i databasen av én person for å redusere variasjon i innleggingen som en følge av flere innleggere. Kun informasjon som var nedskrevet i rapportene ble lagt inn i databasen. Først ble den enkelte målerapport lest raskt igjennom for å skaffe en oversikt over hva rapporten inneholdt og om den inneholdt måledata. Dersom rapporten ikke inneholdt måledata ble det kun registrert rapportnummer, selskap og dato, samt en kommentar om hvorfor andre celler var tomme. Deretter ble rapportene som inneholdt måledata lest i detalj og måledataene ble lagt inn sammen med tilgjengelig kontekst-informasjon. Når alle målerapportene var lagt inn, ble hver post sjekket på nytt mot tilhørende målerapport for å kontrollere at data var lagt riktig inn.

2.4. Dataanalyse

Måledata var log-normalfordelt. En betydelig andel av måledataene hadde måleverdier under metodenes deteksjonsgrense. Median, minimums- og maksimumsverdier er derfor benyttet for å beskrive dataene. All statistikk ble utført i SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. Resultater

3.1. Beskrivelse av databasen

233 rapporter ble systematisk lest igjennom. Totalt 3335 yrkeshygieniske målinger ble identifisert i disse rapportene. Etter å ha ekskludert rapporter uten måledata, samt rapporter med data som ikke var relevante for denne undersøkelsen, gjestod 171 rapporter som inneholdt 2578 målinger. Det var 12 selskaper som sendte inn data, hvorav seks var operatører og seks var kontraktører. Seks selskaper svarte at de ikke hadde utført noen yrkeshygieniske målinger i den aktuelle perioden. Det er utført målinger ved 53 offshoreinstallasjoner og sju landanlegg i den aktuelle perioden (Tabell A-1). Tre selskaper leverte størsteparten av alle data (93%, Tabell 3-1). Over halvparten av målingene var personlige prøver (Figur 3-1). 44% av rapportene manglet enten analyserapport fra laboratoriet eller en beskrivende yrkeshygienisk rapport (Figur 3-2). Over halvparten av prøvene hadde prøvetakingstid mellom 15 minutter og 8 timer (Figur 3-3). For prøver med prøvetakingstid ≤ 15 min var medianen 5 min (minimum=0,3 min, maksimum=15 min). 10% av prøvene hadde ikke oppgitt prøvetakingstid. Det var registrert bruk av åndedrettsvern i 11% av målingene.

Databasen inneholder yrkeshygieniske målinger hvor det er bestemt til sammen 93 kjemiske stoffer. Av disse var det 12 kjemiske stoffer med flere enn 100 målinger (Tabell 3-2). En fullstendig liste er vist i appendiks (Tabell A-2). De fleste prøvene var målinger av flyktige organiske forbindelser (BTEX og n-heksan). 66% av de kjemiske stoffene var bestemt i færre enn 10 prøver. Det er flest prøver hvor det er bestemt innholdet av aromatiske hydrokarboner (BTEX) og n-heksan. Selskapene har mest sannsynlig bedt om spesifikk bestemmelse av BTEX og n-heksan i prøvene og analyselaboratoriene har rapportert i henhold til bestilling. Det er sannsynlig at disse eksponeringssituasjonene også fører til eksponering for alifatiske hydrokarboner da det er lite trolig at det bare er aromatiske hydrokarboner og n-heksan tilstede i lufta. Det er viktig å merke seg at dersom det kun bestemmes mengde av aromater og n-heksan i prøvene og ikke alifater, så vil målingene ikke gi et riktig bilde mht. totaleksponering for løsemidler.

Tabell 3-3 gir en oversikt over antall rapporter og antall prøver fordelt på type anlegg og type prøve (personlig og stasjonær). Stoffene er valgt ut basert på et høyt antall målinger (benzen og oljedamp/oljetåke), i tillegg til å representere spesielle områder av interesse slik som bruk av biocid (formaldehyd), kjemisk eksponering innen forpleining (fettaerosol), håndtering av isolasjon (asbest, fiber) og eksponering for støv ved f.eks. miksing av tørrstoff, sliping og sveising.

Tabell 3-4 gir en oversikt over hvor prøvene var analysert.

Tabell 3-1: Oversikt over selskaper (operatører og kontraktører) og antall innsendte målinger

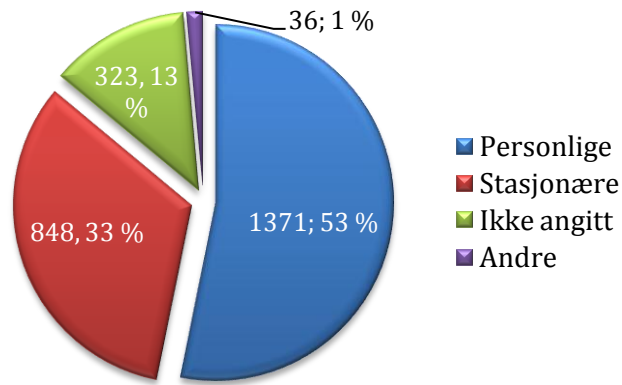
Selskap nr.	Antall målinger	Selskap nr.	Antall målinger
10	1923	4	23
6	254	12*	22
5	214	13*	21
1*	37	2*	18
3*	32	9*	6
11	24	7	4
Totalt (12 selskaper):		2578	

* Kontraktører

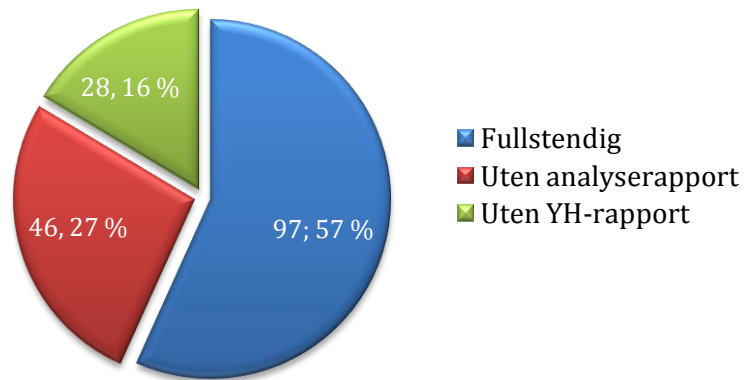
Tabell 3-2: Oversikt over stoffer som er bestemt i 100 prøver eller mer, sortert etter antall prøver.

Navn på gruppe/stoff *	Antall av alle typer prøver	Antall personlige prøver	Andel personlige prøver (%)
Toluen	1423	1014	71
Xylener	1394	987	71
Etylbenzen	1316	939	71
Benzen	1210	853	70
n-Heksan	1196	856	72
Oljedamp	645	130	20
Alifater C4-C8	627	447	71
Oljetåke	614	132	21
Alifater C9-C16	613	392	64
Aromater C9-C12	523	328	63
Total-VOC	500	298	60
Totalstøv	103	53	51

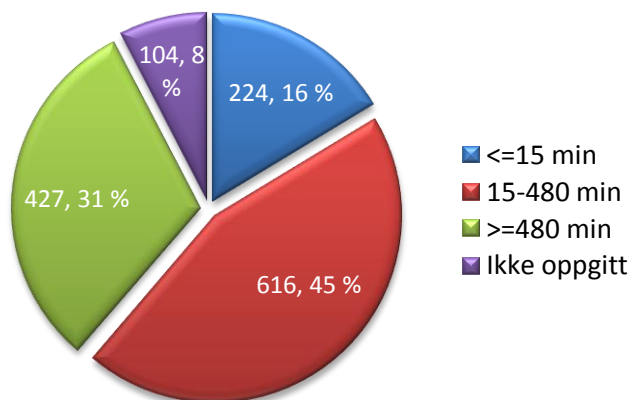
*Fullstendig liste over stoffer er vist i Tabell A-2 i appendiks



Figur 3-1: Fordeling av prøvetyper (alle 2578 målinger inkludert)



Figur 3-2: Fordeling av 171 rapporter med eller uten vesentlige mangler



Figur 3-3: Fordeling av prøvetakingstider for alle 1371 personlige prøver

Tabell 3-3: Antall rapporter, målinger og installasjoner for målinger der navn på installasjon er kjent

	Antall rapporter	Antall målinger (installasjoner)	
		Personlig	Stasjonær
Offshore			
Benzen	59	555 (36)	137 (23)
Oljedamp	37	127 (12)	425 (20)
Oljetåke	33	129 (12)	383 (20)
Fettaerosol	7	17 (6)	15 (4)
Formaldehyd	1	0	5 (1)
Totalstøv	13	37 (11)	18 (4)
Respirabelt støv	5	3 (2)	7 (3)
Fiber	1	8 (2)	0
Asbest	2	0	5 (1)
Landanlegg			
Benzen	11	224 (3)	55 (2)
Oljedamp	3	3 (1)	7 (2)
Oljetåke	2	3 (1)	18 (2)
Fettaerosol	0		
Formaldehyd	0		
Totalstøv	4	14 (3)	15 (2)
Respirabelt støv	0		
Fiber	0		
Asbest	1	0	19 (1)

Tabell 3-4: Oversikt over analyselaboratorier som er benyttet

Analyselaboratorium	Antall prøver	Andel av alle prøver
STAMI	780	30 %
X-Lab	612	24 %
Eurofins	599	23 %
Telemark SS	179	6,9 %
Intertek West Lab	139	5,4 %
J & J analyser ANS, Høvåg/EM-Konsult fiber	20	0,8 %
Molab	2	0,1 %
Eurofins Norge/ALS Global	2	0,1 %
(ikke oppgitt)	245	10 %
Totalt (minst 8 laboratorier):	2578	

3.1.1. Arbeidsoperasjoner

Det ble registrert 299 arbeidsoperasjoner. Disse ble sortert i 39 grupper (Tabell 3-5). Et stort antall målinger hadde ikke oppgitt arbeidsoperasjon (45%). I Tabell A-3 til Tabell A-5 er det vist antall personlige målinger for t-VOC, benzen, n-heksan, formaldehyd, totalstøv, respirabelt støv, fettaerosol, oljetåke og oljedamp fordelt på arbeidsoperasjoner. Dataene viser at t-VOC, benzen og n-heksan er målt i de fleste arbeidsoperasjoner, mens respirabelt støv kun er målt for "miksing", som inkluderer miksing av tørrstoff (sement) og tilsetning av kjemikalier ved miksing. "Prøvetaking" er den arbeidsoperasjonen som er målt flest ganger (191 av totalt 1371 prøver).

Tabell 3-5: Oversikt over grupper av arbeidsoperasjoner og antall målinger totalt for stasjonære og personlige prøver

Grupper av arbeidsoperasjoner	Antall målinger	Grupper av arbeidsoperasjoner	Antall målinger
(arbeidsoperasjon ikke angitt)	1155	Nålebanking	4
Bagasjehåndtering	6	Opp- og nedboksing (koksanlegg)	11
Blinding-operasjoner	23	Pigg-operasjoner	18
Boredekk-operasjoner	69	Produsert vann	2
Demonteringsarbeid	12	Prøvetaking	234
Diverse	28	Påfylling/lasting av olje og andre kjemikalier	6
Diverse anlegg og kontorkonteinere	66	Renseanlegg	19
Entringer	33	Rør- og ventilarbeid	9
Filterbytte og -vedlikehold	31	Sandblåsing	6
Fotokjemikalier	13	Sandfelle - produsert vann	6
Gasstest	16	Slambehandling	28
Hydrosyklon-operasjoner	2	Spyling og rengjøring	107
Isolasjonsarbeid	6	Steking	42
Laboratoriearbeid	112	Stillas	3
Lagring av olje og kjemikalier	2	Sveising, skjærebrenning og sliping	48
Lastearm/lossing	23	Tømming/drenering	82
Malingsoperasjoner	37	Vedlikeholdsarbeid, diverse	101
Miksing av tørrstoff	13	Visuell inspeksjon/sjekkrunder	73
Montering av dyser	10	Åpning av diverse hydrokarbonførende utstyr	34
Ned- og oppkjøring (landanlegg)	88		
Totalt (39 grupper):			2578

* Utvidet oversikt over antall personlige målinger for utvalgte agens er vist i Tabell A-3 til Tabell A-5

3.2. Eksponering for aerosoler og damper i olje- og gassindustrien

Tabellene 3-6 og 3-7 inneholder en samlet resultatoversikt for BTEX, n-heksan, oljetåke, oljedamp, totalstøv, respirabelt støv og fettaerosol for både korttids- og langtidsprøver (≤15 min eller >15 min). Utvalgte agens blir gjennomgått i mer detalj i de underliggende avsnittene. Hele kapittelet omtaler kun personlige prøver.

Tabell 3-6: Personlig eksponering ved arbeid på offshore installasjoner

Agens	Enhet	N ^A	>15 min					≤15 min					Offshore norm ^C
			Antall	%<LOD ^B	Median	Min	Maks	Antall	%<LOD ^B	Median	Min	Maks	
Benzen	ppm	68	395	16	0,005	<LOD	17	145	26	0,020	<LOD	8,1	0,6
Toluen	ppm	69	431	17	0,005	<LOD	25	133	6,0	0,034	<LOD	3,8	15
Etylbenzen	ppm	69	401	27	0,001	<LOD	4	122	27	0,0061	<LOD	3,4	3
Xylener	ppm	69	423	17	0,005	<LOD	23	135	10	0,020	<LOD	9,5	15
n-Heksan	ppm	67	379	38	0,003	<LOD	59	96	43	0,015	<LOD	4,3	12
Oljetåke	mg/m ³	29	100	0	0,19	0,050	55	0					0,6
Oljedamp	mg/m ³	29	98	0	9,2	0,070	240	0					30
Totalstøv ^D	mg/m ³	0	35	0	2,0	0,20	50	4	0	5,0	5,0	5,5	6
Respirabelt støv ^D	mg/m ³	0	3	0	4,1	0,83	4,1	0					3
Fettaerosol	mg/m ³	0	15	0	1,5	0,09	8,6	2	0	3,5	2,3	4,6	-

^A Antall prøver uten registrert prøvetakingstid (ikke inkludert i tabellen)

^B Deteksjonsgrense (eng.: *limit of detection*)

^C Administrativ norm,² justert for arbeid i 12 timer (faktor på 0,6).³

^D Sjenerende støv

Tabell 3-7: Personlig eksponering ved arbeid på landanlegg

Agens ^A	Enhet	>15 min					≤15 min					Adm. norm ^C
		Antall	%<LOD ^B	Median	Min	Maks	Antall	%<LOD ^B	Median	Min	Maks	
Benzen	ppm	213	0,9	0,040	<LOD	4,7	11	18	0,19	<LOD	0,34	1
Toluen	ppm	345	1,7	0,034	<LOD	13	15	0	0,32	0,027	3,2	25
Etylbenzen	ppm	309	4,5	0,0070	<LOD	1,8	17	12	0,06	<LOD	8,3	5
Xylener	ppm	322	1,2	0,028	<LOD	10	17	5,9	0,26	<LOD	22	25
n-Heksan	ppm	285	4,9	0,028	<LOD	7,5	8	25	0,10	<LOD	0,45	20
Oljetåke	mg/m ³	3	0	0,15	0,070	0,30	0					1
Oljedamp	mg/m ³	3	0	21	14	354	0					50
Totalstøv ^D	mg/m ³	8	0	0,84	0,13	149	6	0	6,5	0,06	1900	10

^A Ingen målinger av respirabelt støv og fettaerosol fra landanlegg

^B Deteksjonsgrense (eng.: *limit of detection*)

^C Administrativ norm²

^D Sjenerende støv

3.2.1. Benzen

Benzen er en flyktig, fargeløs og lettantennelig væske som er lite/delvis løselig i vann (ca. 1-2 g/L). Benzen finnes naturlig i olje- og gassreservoarer og følger hele produksjonskjeden. Benzen er en av mange stoffer som finnes i råolje, gass og kondensat. Benzen inngår dessuten i enkelte laboratorieprodukter, f.eks. som komponent i løsninger (< 2% benzen) eller ren benzen (>98 %) i forbindelse med bruk av kalibreringsløsninger til analyseinstrumenter.⁹ Eksponering for benzen fra laboratorieproduktene ansees som minimal hvis normale sikkerhetsrutiner i laboratoriet følges. Sammensetningen av råolje, gass og kondensat varierer fra felt til felt. De største mengdene av benzen finnes i råolje og kondensat hvor det er påvist opp til 5% benzen. I gass er det påvist opp til 0,5% benzen.⁹ Eksponering for benzen kan derfor forekomme ved alle oppgaver som medfører åpning av hydrokarbonførende systemer.

Det høye antallet av målinger av benzen (i tillegg til de andre BTEX-stoffene og n-heksan) viser at målinger av benzen i arbeidsluft har vært prioritert innen olje- og gassindustrien (se Tabell A-2). Det er tre av selskapene som har stått for 98% av målingene (Tabell 3-8).

Tabell 3-8: Personlige benzenmålinger fordelt på selskap

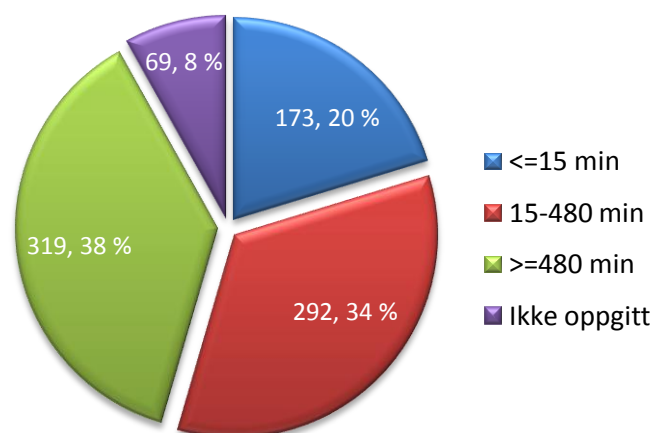
Selskap	Antall målinger	Andel av totalt
10	670	78,5 %
6	87	10,2 %
5	83	9,7 %
3*	6	0,7 %
1*	4	0,5 %
7	3	0,4 %
Totalt:	853	

* Kontraktører

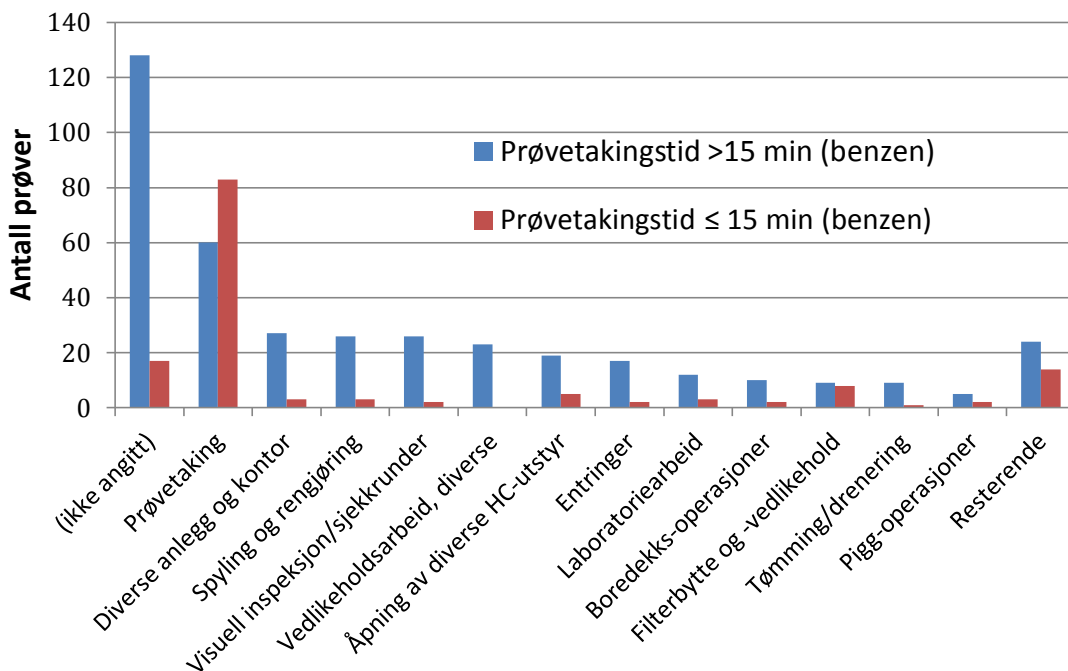
Fire prøvetakingsmetoder har vært benyttet: dosimeter (56%), kullrør (25%) og ATD-rør (19%). Én prøve hadde ikke oppgitt prøvetakingsmetode. Alle prøvene var bestemt med GC-MS eller GC-FID i tillegg til at det for 260 prøver ikke var angitt analysemetode.

Prøvetakingstid varierte fra 0,5 til 3120 min (median=302), der 72% av prøvene hadde prøvetakingstid lengre enn 15 min (Figur 3-4). Korttidsprøvene (prøvetakingstid ≤ 15 min) er i stor grad tatt ved "laboratoriearbeid" og "prøvetaking". Figur 3-5 og Figur 3-6 gir en oversikt over antall personlige prøver offshore for benzen fordelt på prøvetakingstid og arbeidsoperasjon. Sammendrag av måleverdier (antall, median, minimum og maksimum) for disse arbeidsoperasjonene er vist i Tabell A-6 og A-8 i appendiks. De fleste personlige målingene av benzen offshore er utført ved "prøvetaking" (24%). Alle andre registrerte arbeidsoperasjoner utgjør hver for seg 6% eller mindre av det totale antall personlige prøver offshore ($n=608$). Arbeidsoperasjon var ikke oppgitt for 31% av prøvene.

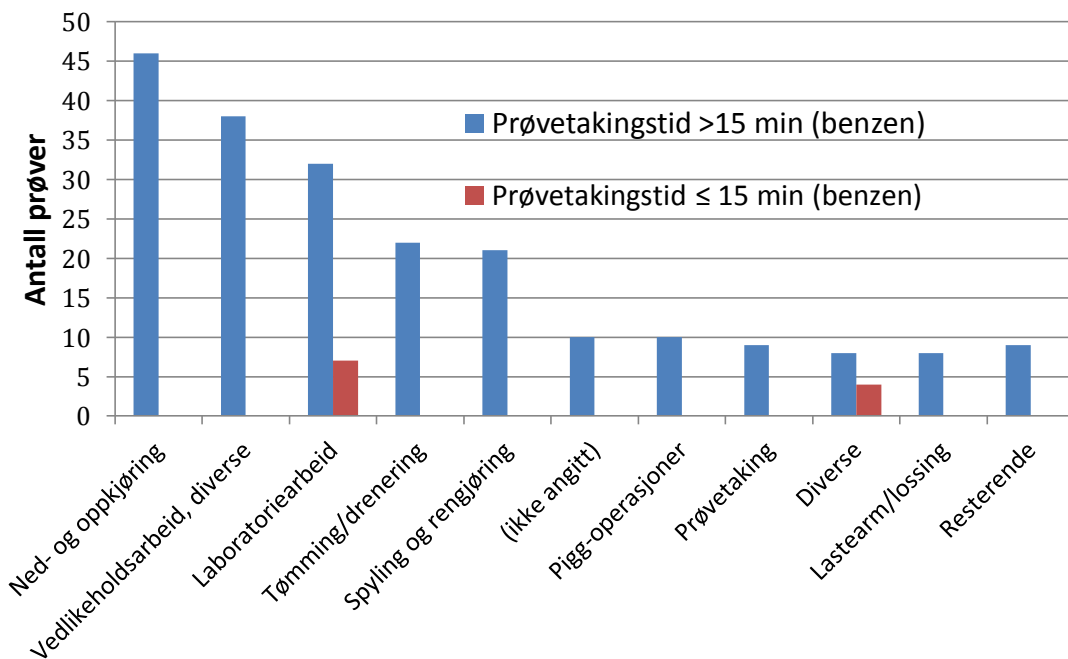
Det er enkelte arbeidsoperasjoner som er kartlagt offshore men som ikke er relevante for landanlegg. Disse operasjonene utgjør hovedsakelig "boredekkoperasjoner" og "åpninger av diverse HC-utstyr" som bl.a. inkluderer måling under åpning av pigg-sluse, diverse ventiler, tankceller, hydroykloner, flowline, hub, testseparator, fakkeldunk og brille. Ellers er "ned- og oppkjøring av raffineri", "vedlikeholdsarbeid" og "laboratoriearbeid" de arbeidsoperasjonene på landanlegg hvor det er blitt utført flest målinger av benzen. Enkeltmåleverdier for benzen ved ulike typer prøvetakinger og ved forskjellige arbeidsoppgaver er vist i Figur 3-7 til Figur 3-9. Målinger ved utførelse av arbeidsoperasjoner som grovrengjøring/rengjøring og åpning av hydrokarbonførende utstyr viser at eksponeringsnivået for benzen kan overskride offshore-normen.



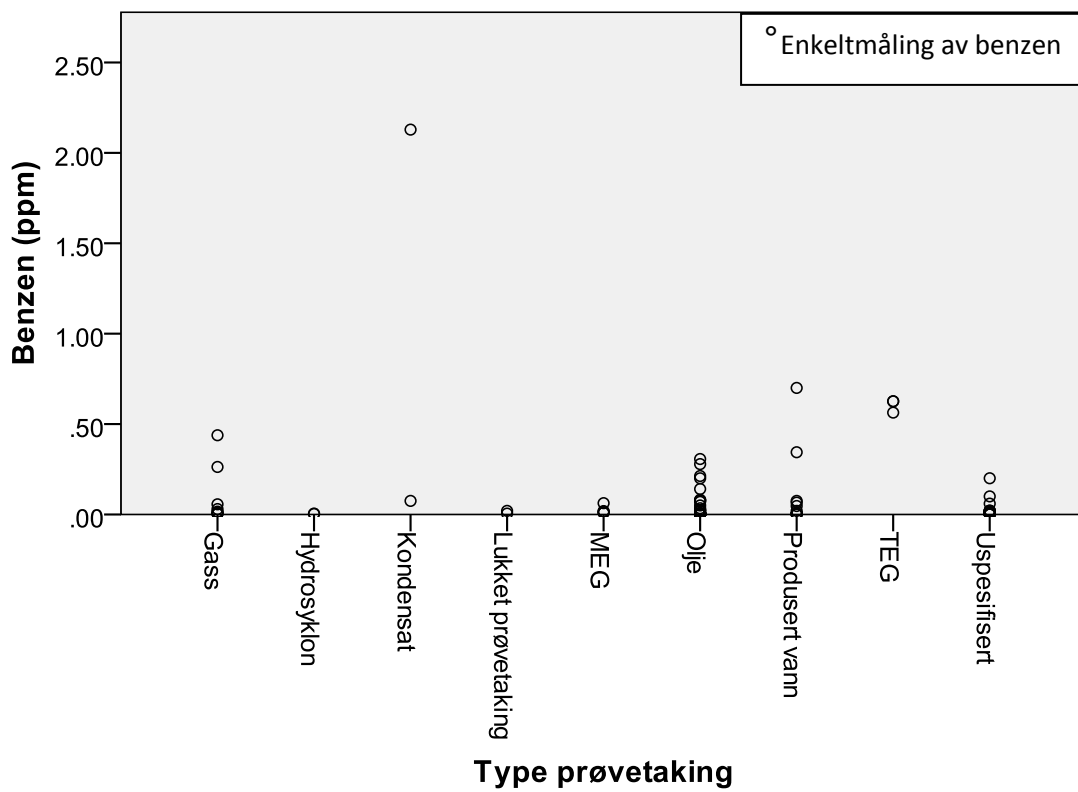
Figur 3-4: Personlige prøvetakingstider for benzen ($n=853$)



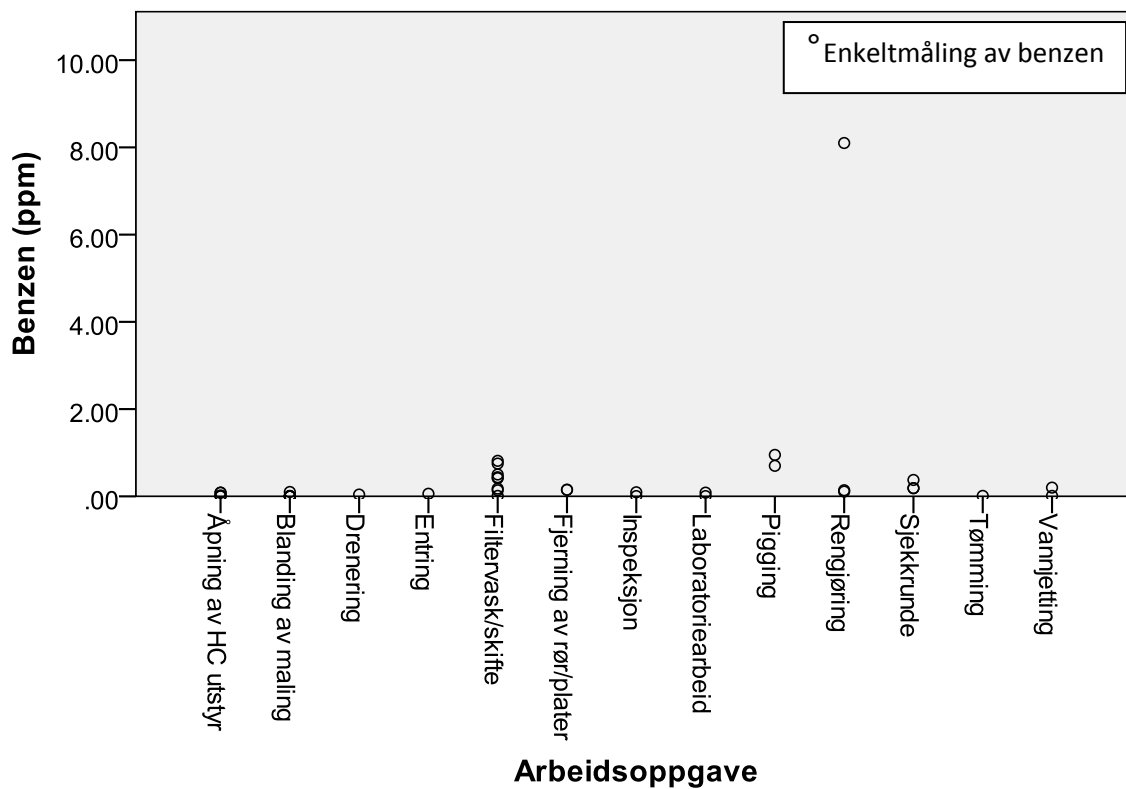
Figur 3-5: Offshore - Antall personlige prøver for benzen fordelt på prøvetakingstid og arbeidsoperasjon. Det var i tillegg 68 prøver uten angitt prøvetakingstid og som derfor ikke er med i figuren.



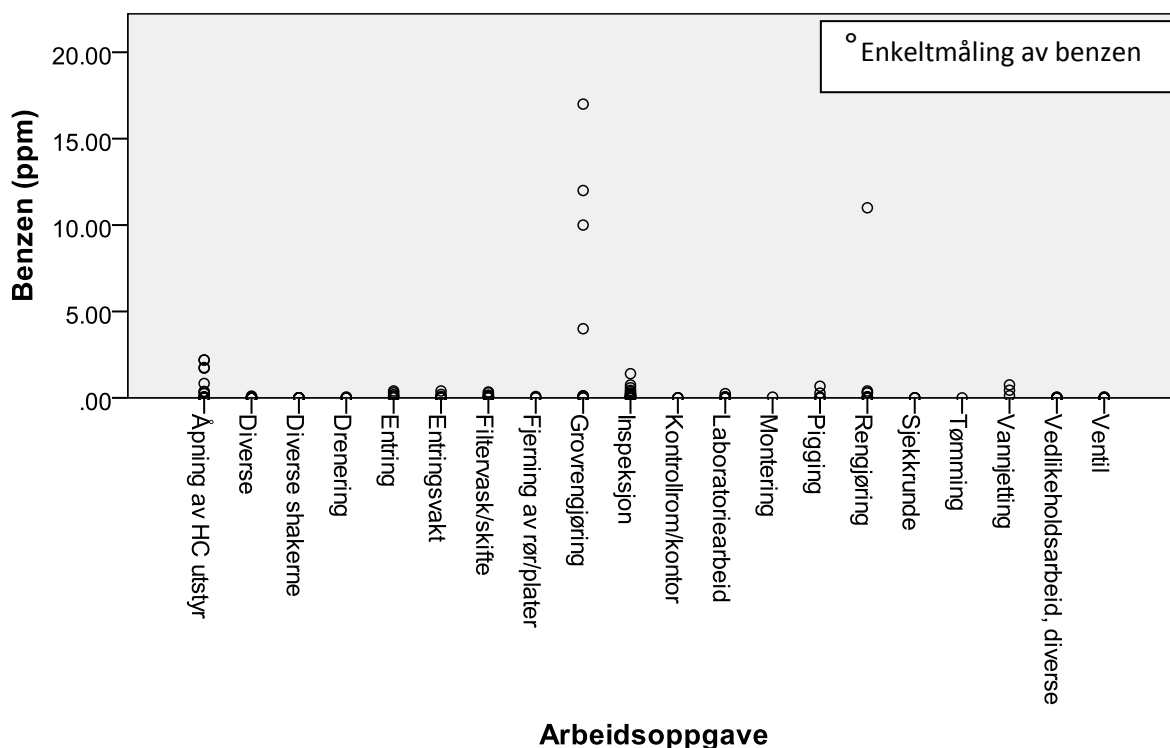
Figur 3-6: Landanlegg – Antall personlige prøver for benzen fordelt på prøvetakingstid og arbeidsoperasjon



Figur 3-7: Offshore, prøvetakingstid ≤15 min – Eksponering for benzen ved ulike typer prøvetakinger.



Figur 3-8: Offshore, prøvetakingstid ≤15 min – Eksponering for benzen ved ulike typer arbeidsoppgaver.



Figur 3-9: Offshore, prøvetakingstid >15 min – Eksponering for benzen ved ulike typer arbeidsoppgaver.

3.2.2. Oljetåke og oljedamp

I rapportene var det registrert 4 baseoljesystemer (Tabell 3-9). En høy andel av de personlige målingene hadde tilhørende kontekstinformasjon (Tabell 3-10) som er tidligere vist å ha betydning for eksponeringsnivå.¹⁰

Tabell 3-9: Oversikt over baseoljesystemer som var oppgitt i rapportene

Produkt	Type	Viskositet, 40°C (cSt ^A)
ECD 95/11	Petroleumsdestillat	3,5
Sipdrill 2.0	N- alkaner C9-C14	2,0
EDC 99-DW	Petroleumsdestillat	2,3
XP-07	N- alkaner	1,7 (ved 20°C)

^A centistokes

Tabell 3-10: Andel av personlige målinger med kontekstinformasjon sammenliknet med historiske målinger fra UiB.

	% av målinger med informasjon	UiB data 1998-2006 ^A
Baseolje	89	84
Boreslam-flow	88	83
Seksjon	80	94
Borelengde	79	
Vindstyrke	61	57
Antall siktemaskiner i drift	60	53
Slamtemperatur	24	99

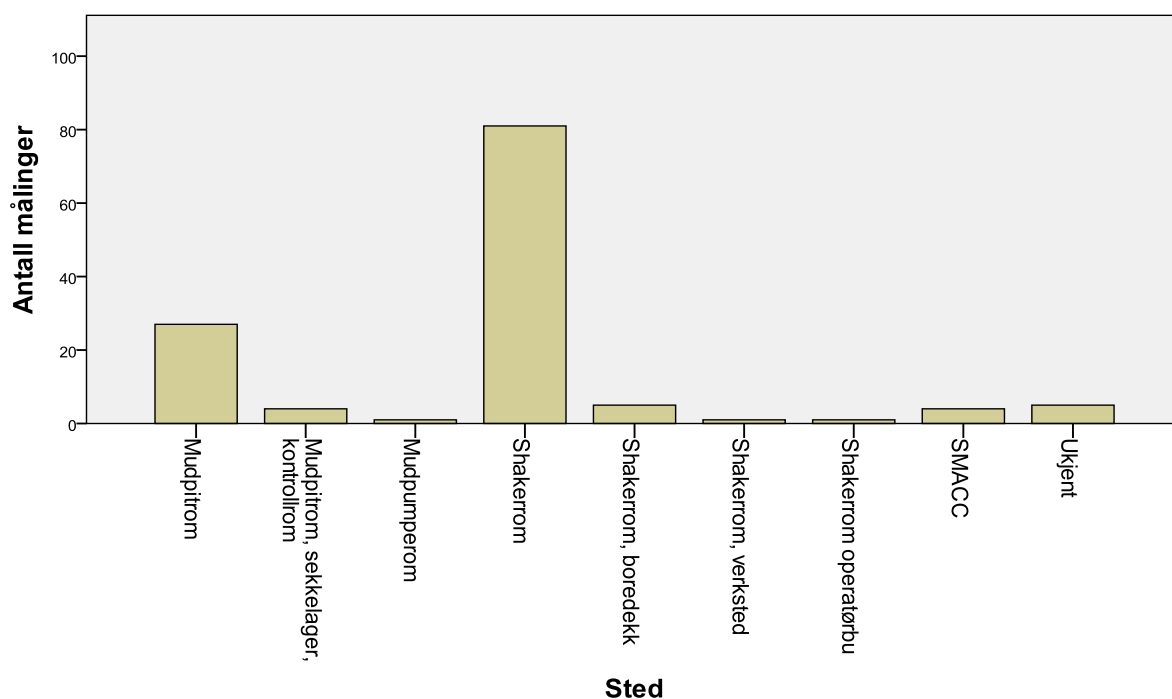
^A Fra rapport: Historisk eksponering for kjemikalier i den norske olje- og gassindustri, Tabell 6.2.⁸

Prøvetakingstid for personlige prøver var relativt kort (median=120 min, min.=27, maks.=380). Dette skyldes sannsynligvis begrensninger ved prøvetakingsmetoden. Det har vært benyttet standard prøvetakingsmetode for oljetåke og oljedamp med filterkassett koblet sammen med kullrør (oljetåke $n=126$, oljedamp $n=121$), med unntak av seks prøver der det kun er benyttet filterkassett. For oljedamp er det i tillegg blitt benyttet ATD-rør ($n=3$). Analysemetoder for oljetåke har vært både FTIR og GC-FID, mens oljedamp har vært analysert på GC-FID. Analysemetode var ikke oppgitt for åtte av prøvene.

Totalt var det i 21 rapporter registrert 132 og 130 personlige målinger for henholdsvis oljetåke (median=0,17 mg/m³, min.=0,02, maks.=55, 10% av prøvene <LOD) og oljedamp (median=10 mg/m³, min.=0,07, maks.=240, 1% av prøvene <LOD) (se Tabell 3-6 og 3-7). Prøvene var samlet inn av tre operatørselskaper, der ett av selskapene kun hadde tatt tre oljetåkemålinger. De fleste prøvene fra offshore var tatt i rom for slamtank (eng.: *mud pit room*) eller rom for siktemaskin (eng.: *shaker room*) og ved arbeidsoperasjoner som "boredeks-operasjoner" og "prøvetaking". Figur 3-10 gir en oversikt over fordeling av oljetåke- og oljedampmålinger på arbeidssted offshore. De fleste målingene er utført i siktemaskinrom og slamtankrom. Tabell 3-11 gir en oversikt over eksponeringsnivå i disse rommene.

Ved arbeid i siktemaskin- og slamtankrom var medianen av oljetåke- og oljedampmålingene ca. 1/3 av offshore-normen. Det er enkeltprøver som viser at eksponeringsnivået ved disse arbeidsstedene kan bli betydelig høyere og overskride norm.

På landanlegg var det to rapporter med tre oljetåkeprøver ved "topplasting av olje" og tre oljetåkeprøver ved "scanning av tankgulv" og "høytrykksspyling av tank" (se Tabell 3-7).



Figur 3-10: Fordeling av oljetåke- og oljedampmålinger på arbeidssted offshore

Tabell 3-11: Eksponering for oljetåke og oljedamp ved arbeid i rom for siktemaskin og slamtank.

Komponent	Sted	Enhet	Antall prøver	%<LOD*	Median	Min	Maks	Offshore norm
Oljetåke	Rom for siktemaskin	mg/m ³	81	5	0,17	<LOD	55	0,6
Oljedamp	Rom for siktemaskin	mg/m ³	81	1	13	<LOD	240	30
Oljetåke	Rom for slamtank	mg/m ³	27	0	0,22	<LOD	0,61	0,6
Oljedamp	Rom for slamtank	mg/m ³	30	0	7,5	0,1	34	30

* Deteksjonsgrense (eng.: *limit of detection*)

3.2.3. Støvmålinger

Det var 15 rapporter fra fem selskaper som inneholdt totalt 53 personlige målinger av totalstøv og tre målinger av respirabelt støv. Eksponering for støv er målt i forbindelse med arbeid i sekkelager/mikserom og ved ulike vedlikeholdsoppgaver. Oversikt over antall prøver og arbeidsoperasjoner er vist i Tabell 3-12 til 3-14.

Tabell 3-12: Totalstøv – Oversikt over antall prøver som selskapene har samlet inn (operatører og kontraktører)

Selskap	Antall personlige prøver av totalstøv	Antall personlige prøver av respirabelt støv
10	23	2
1*	15	0
3*	9	0
12*	4	0
9*	2	0
5	0	1
Totalt:	53	3

* Kontraktør

Tabell 3-13: Offshore – Personlig eksponering for totalstøv ved utførelse av ulike arbeidsoppgaver

Arbeidsoppgave	Prøvetakingstid (min)			Totalstøv (mg/m ³)		
	Median	Antall prøver	Antall <LOD ^A	Median	Min	Maks
Miksing tørrstoff	339	7	0	0,05	0,22	31
Rensing filter	258	2	0	4,8	4,8	4,8
Sveising	206	20	3 ^B	1,8	<LOD	50
Vannjetting	10	5	4 ^C	<LOD	<LOD	5,5
Sliping	136	2	0	1	0,9	1,1
Meisling	127	1	0	3,3		
Nålebanking	57	1	0	30		
Sprøytemaling	28	1	0	2,9		

^A Deteksjonsgrense (eng.: *limit of detection*)

^B Deteksjonsgrensen varierte mellom 0,3 mg/m³ og 0,5 mg/m³

^C Deteksjonsgrensen varierte mellom 2,3 mg/m³ og 5,0 mg/m³ pga. kort prøvetakingstid.

Tabell 3-14: Landanlegg – Personlig eksponering for totalstøv ved utførelse av ulike arbeidsoppgaver

Arbeidsoppgave	Prøvetakingstid (min)		Totalstøv (mg/m ³)		
	Median	Antall prøver	Median	Min	Maks
Nedboksing*	28	6	0,63	0,06	0,96
Rengjøring før oppboksing*	30	1	2,9		
Oppboksing*	29	2	0,92	0,33	1,5
Sliping	23	2	89	30	149
Nålebanking	10	1	5,4		
Sandblåsing	10	1	1900		
Sprøytemaling	10	1	7,5		

*Koksanlegg

3.2.4. Kjemisk karakterisering av støvprøver – varmt arbeid

Kjemisk eksponering ved varmt arbeid er kartlagt i forbindelse med reparasjons- og vedlikeholdsarbeider der det har vært utført sveising og sliping. Ved sveising genereres ultrafine partikler og gasser sammensatt av et komplekst spekter av metaller, metalloksider og andre kjemiske forbindelser som fordampes fra enten grunnmaterialet, sveiseelektroden eller flussmiddelet. Hva man eksponeres for og i hvilke konsentrasjoner vil i stor grad avhenge av hvilken sveisemetode som benyttes.

Tabell 3-15 gir en oversikt over personlig eksponering ved sveising. Det er benyttet tre sveisemetoder: pannesveis på rustfritt stål, TIG (eng.: *tungsten inert gas*) og rørtrådsveising på svartstål.

Tabell 3-15: Offshore – Oversikt over personlige sveiserøyprøver

Grunnstoff	Antall prøver	Antall prøver <LOD ^A	Median (mg/m ³)	Min (mg/m ³)	Maks (mg/m ³)	Offshore-norm (mg/m ³)
Aluminium	8	0	0,06	0,004	0,14	3
Mangan	6	2	0,04	0,002	0,5	0,06 ^B
Bly	6	4	<0,003			0,03
Kadmium	6	5	<0,004			0,012
Krom	6	0	0,006	0,0005	0,1	0,3
Nikkel	6	1	0,005	<0,0006	0,07	0,03
Sink	6	2	0,011	<0,0004	9,5	3
Jern	6	0	0,49	0,03	3,6	1,8
Sekstverdig krom	1	0	0,33			0,012

^A Deteksjonsgrense (eng.: *limit of detection*)

^B Respirabel fraksjon

Sliping benyttes for å bearbeide overflaten på et materiale eller fjerne overflatebelegg. Til sliping benyttes en slipeskive, som oftest er aluminiumoksid eller silisiumkarbid. Bindemidler kan være keramikk eller bakelitt, et kunststoff fremstilt av fenol og formaldehyd. Slipeprosessen medfører støvutvikling og det kan også dannes gasser og aerosoler fra overflatebelegg dersom dette ikke er fjernet før slipeprosessen startes.

Det ble kun registrert én prøve fra personlig måling ved arbeidsoperasjonen "sliping" hvor grunnstoffer var bestemt i støvet. Konsentrasjonsnivåene var 0,042 (Al), 0,01 (Mn), 0,016 (Ni) og 0,68 (Fe) mg/m³, og under deteksjonsgrensen for Pb (<0,004 mg/m³), Cd, Cr og Zn (<0,0005 mg/m³).

3.2.5. Kvarts

Eksponering for kvarts kan skje ved miksing/tilsetning av tørrstoff som inneholder kvarts. Det var kun registrert én personlig prøve hvor det var bestemt α -kvarts i totalstøv (0,13 mg/m³), der tørrstoffet "Duratone E" ble tilsatt ved manuell miksing av kjemikalier i sekkelager/mikserom. I to personlige prøver var det bestemt α -kvarts i respirabelt støv (<0,03 og 0,03 mg/m³) ved miksing/tilsetning av sement eller tørrstoff i henholdsvis sementrom og sekkelager.

3.2.6. Fiber

Eksponering for fiber kan typisk skje ved legging av ny isolasjon og ved rivning av gammelt isolasjonsmateriale. Det var én rapport fra ett selskap som inneholdt åtte fibermålinger på isolasjon- og rivingsarbeid offshore utført av isolatører. Målingene er utført mens isolatørene jobbet inne i moduler, i boligkvarter og i korte perioder ute. Det var hovedsakelig arbeid med FOAMGLAS® (glassisolasjon som ikke er fibermateriale) og mineralull, i tillegg til rivning av gammel isolasjon der type og opprinnelse er ukjent.

Tabell 3-16: Oversikt over personlige fibermålinger offshore. Gjennomsnittlig prøvetakingstid var 482 min.

Arbeidsoppgave	Analysemetode	Antall	Median (fiber/cm ³)	Min (fiber/cm ³)	Maks (fiber/cm ³)	Adm. norm (fiber/cm ³)
Isolasjon- og rivingsarbeid	Fibertelling lysmikroskopi	8	0,01	0,001	0,03	*

* Adm. normer er 0,1 fiber/cm³ (asbest og ildfaste keramiske fibre), 0,5 fiber/cm³ (AES-ull), og 1 fiber/cm³ (mineralull).

3.2.7. Fettaerosol/stekeos

De som arbeider i forpleiningen lager mat og står for renhold på offshore-installasjonene og landanleggene. Enkelte operatører og redere har egen forpleining, men de fleste har innleid et forpleiningsselskap som tar hånd om matlaging og rengjøring. På kjøkkenet jobber det flere yrkesgrupper, blant annet kokk og assistenter. De som har arbeidsoppgaver på kjøkkenet og spesielt ved tilberedelse av varm mat, kan potensielt bli eksponert for stekeos.

Stekeos er en kompleks blanding av forbindelser fordelt i et tofasesystem (partikulær- og dampfase) og består av oljedråper/fettaerosoler (animalsk/vegetabilsk fett), vanndamp og termiske dekomponeringsprodukter fra stekefett (olje, margarin, smør) og mat. Flere organiske forbindelser er påvist i gass- og dampfasen av stekeos: aldehyder (formaldehyd, acetaldehyd, akrolein og langkjedede alifatiske aldehyder), ketoner, alkaner, alkenar, aromater, mettede fettsyrer og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).¹¹

Ved tilberedelse av varm mat vil steketemperatur og steketid være faktorer som påvirker grad av eksponering. Type stekefett som benyttes og hvilken type mat som tilberedes kan også ha betydning.¹²

Det finnes ingen standard målemetode som brukes for bestemmelse av stekeos i luft. Fra de innrapporterte data er det blitt benyttet samme metode som for bestemmelse av oljetåke (FTIR og GC-FID) og gravimetrisk bestemmelse av masse på filter. Metodene baserer seg på bruk av standard 25 eller 37 mm totalstøvkasset. En mer detaljert beskrivelse av helseeffekter, målemetoder og eksponering for stekeos er gitt i oppsummeringen av arbeidsmøtet som ble holdt 23.05.2011 vedrørende eksponering for stekeos i olje- og gassindustrien.¹¹

Det er utført få målinger av stekeos i olje- og gassindustrien. Av data som er samlet inn fra selskapene var det kun 13 personlige og fire stasjonære målinger utført på fem installasjoner fra to operatørselskaper fra perioden 2007-2009. Alle var analysert ved STAMI som fettaerosol

(oljetåkem metode bestemt med FTIR) i tillegg til parallell måling på totalstøv (bestemt ved gravimetri, data er ikke inkludert i dette dokumentet) for ni av målepunktene. STAMI har i 2010 fått tilsendt ytterligere data for fire personlige og 11 stasjonære prøver analysert på GC-FID (sammendrag i Tabell 3-18). Imidlertid utgjør de rapporterte målingene et for lite grunnlag til å kunne si noe mer om sammenhenger mellom type steking og dannelse av aerosoler og stoffer. Det er ikke utført målinger ved bruk av konveksjonsovn.

Tabell 3-17: Sammendrag av måleverdier for fettaerosol og prøvetakingstid som er blitt utført på stekeos, basert på innrapporterte data til STAMI fra perioden etter 01.01.2007 og fordelt etter analysemetode og prøvetype (personlig/stasjonær).^A

		Median	Min	Maks
<i>Personlige</i>	<i>FTIR (n=13)</i>			
	Fettaerosol (mg/m ³)	2,2	<0,10	8,6
	Prøvetakingstid (min)	25	10	140
	<i>GC-FID (n=4)</i>			
	Fettaerosol (mg/m ³)	0,35	<0,09	5,1
	Prøvetakingstid (min)	116	96	116
<i>Stasjonære</i>	<i>FTIR (n=4)</i>			
	Fettaerosol (mg/m ³)	0,25	0,10	0,53
	Prøvetakingstid (min)	94	25	141
	<i>GC-FID (n=11)</i>			
	Fettaerosol (mg/m ³)	0,27	<0,09	1,2
	Prøvetakingstid (min)	112	40	117

^A Prøvetakingstid var 10-141 min for alle prøvene (median 97 min)

4. Oppsummering

Det utføres et økende antall yrkeshygiene målinger i norsk olje- og gassindustri i dag sammenliknet med data fra tidligere prosjekter.^{8,13} Disse inkluderer gjennomsnittsmålinger fra personlige prøver eller stasjonære prøver fra spesifikke områder der arbeiderne oppholder seg, samt direktevisende målinger av flyktige organiske forbindelser og uorganiske gasser. De fleste prøvene i databasen er målinger av løsemidler (benzen, toluen, etylbenzen, xylen og n-heksan) og oljetåke/oljedamp. Sammenliknet med dataene fra tidligere prosjekter ser vi en svak økning i andelen av personlige målinger.¹³ Den største andelen av målinger er utført av operatørselskapene, der kun tre selskaper har stått for 93% av målingene som er innsendt. Underleverandørene er lite representert, og kun et fåtall har gjort målinger ute på installasjonene. Noen underleverandører har sendt inn målerapporter fra operatør og bruker disse i sine risikovurderinger. I de fleste tilfellene vurderer selskapene måleresultatene mot de norske administrative normer/offshore-normer eller andre lands normer (f.eks. TLV-verdier utgitt av ACGIH¹).

En samlet vurdering er at gjennomsnittsnivået for de fleste løsemidlene (BTEX og n-heksan) er lave sammenliknet med dagens offshore-normer. Målinger ved utførelse av arbeidsoperasjoner som grovrengjøring/rengjøring og åpning av hydrokarbonførende utstyr viser at eksponeringsnivået for benzen kan overskride offshore-normen. Ved arbeid i siktemaskinrom og slamtankrom var medianen av oljetåke- og oljedampmålingene ca. 1/3 av offshore-normene. Enkeltprøver viser at eksponeringsnivået for oljetåke- og oljedamp kan bli betydelig høyere og overskride norm. For andre agens er datagrunnlaget for lite til å kunne generalisere tatt i betraktning det store antall arbeidsoperasjoner som er identifisert.

Måledata fra arbeid i boring offshore var godt beskrevet mht. determinanter av eksponering. Måledata fra de fleste andre områder var lite dokumentert mht. faktorer som kan tenkes å påvirke grad av eksponering. Fordi kontekstinformasjon var lite beskrevet, samt at det for de fleste agens var få data, er det ikke gjort forsøk på å modellere eksponering for å identifisere determinanter.

Fordi det kun unntaksvis har vært mulig å skille mellom personer, har det ikke vært mulig å studere variasjon i eksponering fra dag til dag og mellom ulike personer. Slik informasjon er viktig for å kunne identifisere tiltakspunkter.

De fleste selskapene hadde ikke registrert måledataene elektronisk med tilhørende informasjon om determinanter av eksponering (databaser/regneark etc.). Dette vil være et viktig forbedringspunkt i bransjen, da dataene kan deles og brukes mer effektivt i selskapene til: 1) å overvåke eksponeringsforholdene på arbeidsplassen og 2) prioritere forbedringstiltak. Elektronisk lagring av dataene vil også medføre at dataene kan deles med forskningsmiljøene for å studere sammenhengen mellom eksponering og mulige helseeffekter, samt tilsynsmyndighetene til å utvikle retningslinjer og lovverk. En annen fordel er at aggregerte data vil gi økt sensitivitet i analysene i å observere tidstrender. Individuelle eksponeringsmålinger har begrenset verdi på grunn av en vanligvis stor

variasjon i grad av eksponering mellom personer og fra dag til dag, selv innenfor en såkalt homogen gruppe.¹⁴

En viktig begrensning ved dette arbeidet er at datasettet kun inneholder data fra rapporter som selskapene selv har sendt inn og at det totalt sett er få selskaper som har sendt inn data. Det kan være viktige kartlegginger som inneholder måledata som selskapene har utført, men som ikke er sendt inn. Det ble gjort et ekstra arbeid for å identifisere flere måledata, bl.a. ble det søkt etter data i EXPO. Få relevante målinger ble identifisert. En annen begrensning er at vi vet lite om hvor representative de innsendte dataene er. Målestrategi var sjelden oppgitt i rapportene.

5. Konklusjon

- Det er utført et større antall målinger av løsemidler (BTEX og n-heksan) og oljetåke/oljedamp i perioden 2007-2009 i norsk olje- og gassindustri. For andre agens er det utført få målinger sett i forhold til det store antall arbeidsoperasjoner som er identifisert ved arbeid på offshore-installasjoner og landanlegg.
- Dataene viser at næringen har relativt god oversikt over eksponering for løsemidler (BTEX og n-heksan) og oljetåke/oljedamp i prosess/produksjon og ved boreoperasjoner offshore. Dataene for løsemidler og oljetåke/oljedamp kan brukes for å identifisere og forstå eksponeringssituasjoner slik arbeidet utføres i dag i norsk olje- og gassindustri.
- Det er behov for flere kvantitative målinger for å kunne dokumentere eksponeringsnivå for de fleste agens ved arbeid på innretninger offshore og landanlegg. Dette inkluderer også arbeid utført av underleverandører. Det er f.eks. ikke registrert luftmålinger av dieselpartikler/eksos, samt ingen målinger av hudeksponering.
- Et viktig forbedringspunkt for bransjen er å standardisere krav til innhold i rapportene som skrives for å dokumentere eksponeringskartlegginger i bransjen, samt elektronisk lagring av alle måledata.

Referanser

- 1) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *TLVs and BEIs*. ACGIH: Cincinnati, Ohio, **2010**.
- 2) Arbeidstilsynet. *Administrativ norm for forurensning i arbeidsatmosfære*, Trondheim, **2010**.
- 3) Petroleumstilsynet. *Veiledning til Aktivitetsforskriften §36 - Kjemisk helsefare*, Stavanger, **2011**.
- 4) K.F. Solbu, S. Thorud, P. Molander. *Organofosfater i arbeidsatmosfæren på norske offshoreinstallasjoner – Dagens eksponeringsbilde*, Rapport Nr. 8, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 5) *Fakta - Norsk petroleumsvirksomhet 2010*, Olje- og energidepartementet / Oljedirektoratet: Oslo / Stavanger, **2010**.
- 6) K.F. Solbu, H. Johnsen, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae, B. Bakke. *Innkjøpte kjemikalier - gjennomgang og systematisering av Fellesdatabasen (FDB)*, Rapport Nr. 6, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 7) S. Thorud, B. Bakke, M. Hersson, H.L. Daae, K.F. Solbu, H. Johnsen, N.P. Skaugset, T. Woldbæk, K. Halgard, K.K. Heldal, A. Skogstad, Y. Thomassen, W. Eduard, D. Ellingsen. *Prøvetakings- og analysemetoder - Beste praksis*, Rapport Nr. 2, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 8) M. Bråtveit, B.E. Hollund, K.S. Vågnes. *Historisk eksponering for kjemikalier i den norske olje- og gassindustrien - Yrkeshygieniske eksponeringsmålinger inntil år 2007*, Rapport nr. 2, Arbeids- og miljømedisin, Universitetet i Bergen og Uni helse: Bergen, **2010**.
- 9) Fellesdatabasen, uttrekk fra 8. mars **2010**. Kilde: Bureau Veritas.
- 10) K. Steinsvaag, M. Braatveit, and B.E. Moen. Exposure to oil mist and oil vapor during offshore drilling in Norway, 1979-2004, *Ann. Occup. Hyg.*, **2006**, 50 (2), 109-122.
- 11) K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, H.L. Daae, B. Bakke. *Dokument basert på arbeidsmøte om stekeos i norsk olje- og gassindustri*, STAMI: Oslo, **2011**.
- 12) A.K. Sjaastad, Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational conditions, *Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Social Sciences and Technology Management, Department of Industrial Economics and Technology Management.*, Trondheim, Norway, **2010**.
- 13) J. Lea, S. Zachariassen, J.A. Ask, H. Nilsen, B. Bakke. *Kjemisk arbeidsmiljø offshore*, Petroleumstilsynet: **2007**.
- 14) S.M. Rappaport, H. Kromhout, and E. Symanski. Variation of Exposure Between Workers in Homogeneous Exposure Groups, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **1993**, 54 (11), 654-662.

A. Appendiks – Tabeller

Tabell A-1: Antall målinger per installasjon

Nr.	Antall målinger	Nr.	Antall målinger
<i>Type område ikke registrert</i>			
1	113		
<i>Offshore</i>		<i>Offshore</i>	
Installasjoner ikke kjent	92		
1	194	33	11
2	118	34	10
3	109	35	9
4	102	36	9
5	97	37	8
6	92	38	8
7	88	39	8
8	85	40	7
9	78	41	7
10	71	42	6
11	67	43	5
12	48	44	5
13	47	45	4
14	47	46	4
15	32	47	3
16	30	48	2
17	28	49	2
18	27	50	2
19	24	51	2
20	23	52	1
21	22	53	1
22	22		
23	20	<i>Landanlegg</i>	
24	20	1	332
25	18	2	221
26	16	3	34
27	16	4	22
28	15	5	20
29	15	6	17
30	15	7	2
31	13	<i>Totalt</i>	
32	12	60	2578

Tabell A-2: Antall målinger for hvert agens for alle typer prøver og personlige prøver, 2007-2010

Navn på gruppe/stoff	Alle typer prøver	Personlige prøver	Navn på gruppe/stoff	Alle typer prøver	Personlige prøver
Toluen	1423	1014	Diklormetan	6	1
Xylener	1394	987	Hydrogensulfid	6	1
Etylbenzen	1316	939	Etylacetat	5	5
Benzen	1210	853	Formaldehyd	5	0
n-Heksan	1196	856	α-kvarts respirabel	5	2
Oljedamp	645	130	Eddiksyre	4	0
Alifater C4-C8	627	447	Kvikksølv damp (maks.)	4	0
Oljetåke	614	132	Monoetylglykol damp	4	0
Alifater C9-C16	613	392	Monoetylglykol partikler	4	0
Aromater C9-C12	523	328	Svoveldioksid	4	0
Total-VOC	500	298	Bifenyl	3	3
Totalstøv	103	53	Kvikksølv damp	3	3
Sykloalkaner	50	33	Kvikksølv (Pd filter)-damp	3	3
Aceton	41	13	2-Butoksyetylacetat	3	1
Fettaerosol	32	17	Metylisobutylketon	3	1
Butylacetat	27	11	n-Propanol	3	1
Asbest-fiber	27	0	Kvikksølv (gjennomsnitt)	3	0
Butanoler	19	5	Etanol	2	2
Aluminium	18	9	Limonen	2	1
Jern	14	7	1,3-butadien	2	0
Mangan	14	7	Nitrogendioksid (gjennomsnitt)	2	0
Nikkel	14	7	Trifenyfosfat	2	0
Bly	14	7	α-kvarts totalstøv	1	1
Sink	14	7	Butanon	1	1
Metanol	12	10	Sekssverdig krom	1	1
Tetrakloretylen	12	8	Ammoniakk	1	1
2-propanol	11	9	Monoetylglykol totalt	1	0
Respirabelt støv	10	3	Ozon (Dräger)	1	0
1-metylnaftalen	9	9			
2-metylnaftalen	9	9			
Andre PAH	9	9			
Naftalen	9	9			
Fiber	8	8			
Hydrokinon	8	2			
Kadmium	7	7			
Krom	7	7			
PAH partikulært	7	7			
1-metoksy-2-Propanol	7	2			
Sølv	7	0			
Arsen	7	0			
Bor	7	0			
Barium	7	0			
Kvikksølv	7	0			
Kalium	7	0			
Lantan	7	0			
Litium	7	0			
Magnesium	7	0			
Molybden	7	0			
Natrium	7	0			
Nitrogendioksid maks.	7	0			
Antimon	7	0			
Selen	7	0			
Silisium	7	0			
Tinn	7	0			
Strontium	7	0			
Tantal	7	0			
Titan	7	0			
Vanadium	7	0			
Wolfram	7	0			
Yttrium	7	0			
Zirkonium	7	0			
			Totalt (93 agens):	10 818	6 679

Tabell A-3: Offshore – Antall personlige målinger av enkelte agens, sortert etter arbeidsoperasjoner

Arbeidsoperasjon - gruppe	Alle agens	total-VOC	Benzen	n-heksan	Formaldehyd	Totalstøv	Respirabelt støv	Fett-aerosol	Oljetåke	Oljedamp
(arbeidsoperasjon ikke angitt)	264	67	191	185					57	57
Bagasjehåndtering	5	5								
Blinding-operasjoner	1		1							
Boredekk-operasjoner	69		12	2					56	56
Demonteringsarbeid	6	2	4	6						
Diverse	3	2	3	3						
Diverse anlegg og kontor	45	17	37	36						
Entringer	25	7	19	16						
Filterbytte og -vedlikehold	21	2	19	11		2				
Fotokjemikalier	2									
Gasstest	3		2	2						
Hydrosyklon-operasjoner	2		2	2						
Isolasjonsarbeid	3					1				
Laboratoriearbeid	29	10	15	22						
Malingoperasjoner	21	5	8	1		1				
Miksing av tørrstoff	9					7	2			
Montering av dyser	7	6	7	6						
Nålebanking	1					1				
Pigg-operasjoner	7	2	7	4						
Prøvetaking	160	67	147	102					12	12
Påfylling/lastning av olje og andre kjemikalier	2	1	1	1						
Renseanlegg	3									
Rør- og ventilarbeid	6		2	4						
Sandblåsing	2	2	2	2						
Sandfelle - produsert vann	4		4	4						
Spyling og rengjøring	38	6	29	26		5			2	2
Steking	27							17		
Sveising, skjærebrenning og sliping	23		1	1		22				
Tømming/drenering	16	7	12	14					2	
Vedlikeholdsarbeid, diverse	38	17	26	33						
Visuell inspeksjon/sjekkrunder	41	7	29	32						
Åpning av diverse	30	16	28	27						
Totalt (32 grupper):	913	248	608	542		39	2	17	129	127

Tabell A-4: Landanlegg – Antall personlige målinger av enkelte agens, sortert etter arbeidsoperasjoner

Arbeidsoperasjon - gruppe	Alle agens	total-VOC	Benzen	n-heksan	Formaldehyd	Totalstøv	Respirabelt støv	Fett-aerosol	Oljetåke	Oljedamp
(arbeidsoperasjon ikke angitt)	5		2	3						
Blinding-operasjoner	21		8	17						
Demonteringsarbeid	4									
Diverse	16	3	12	5						2
Diverse anlegg og kontor	16		2	8						
Entringer	2		2	2						
Filterbytte og -vedlikehold	1									
Gasstest	3			2						
Isolasjonsarbeid	2					1				
Laboratoriearbeid	56	19	39	48						
Lastearm/lossing	10		8							
Malingoperasjoner	4					1				
Ned- og oppkjøring	88	3	46	77						
Nålebanking	1					1				
Opp- og nedboksing	8					8				
Pigg-operasjoner	10		10	2						
Prøvetaking	10		9							
Påfylling/lasting av olje og andre kjemikalier	4	3							3	
Sandblåsing	1					1				
Slambehandling	4		2	4						
Spyling og rengjøring	41	1	21	36		1				1
Sveising, skjærebrenning og sliping	1					1				
Tømming/drenering	44	1	22	33						
Vedlikeholdsarbeid, diverse	46		38	45						
Visuell inspeksjon/sjekkrunder	23		3	11						
Totalt (25 grupper):	421	30	224	293		14			3	3

Tabell A-5: Uten angivelse av "offshore"/"landanlegg" – Antall personlige målinger av enkelte agens, sortert etter arbeidsoperasjoner

Arbeidsoperasjon - gruppe	Alle agens	total-VOC	Benzen	n-heksan	Formaldehyd	Totalstøv	Respirabelt støv	Fett-aerosol	Oljetåke	Oljedamp
(arbeidsoperasjon ikke angitt)	1									
Diverse anlegg og kontor	3	3	3	3						
Entringer	1	1	1	1						
Laboratoriearbeid	3	2	2	2						
Produsert vann	1	1	1	1						
Prøvetaking	21	8	8	8						
Renseanlegg	5	4	4	4						
Sandfelle - produsert vann	1	1	1	1						
Vedlikeholdsarbeid, diverse	1		1	1						
Totalt (9 grupper):	37	20	21	21						

Tabell A-6: Offshore – Personlige prøver av benzen med prøvetakingstid >15 min.

Benzen	Total n*	% <LOD	Median (ppm)	Min (ppm)	Maks (ppm)
(arbeidsoperasjon ikke angitt)	128	38	0,003	<LOD	7,800
Prøvetaking	60	12	0,019	<LOD	0,500
Diverse anlegg og kontorkonteinere	27		0,001	0,0004	0,034
Spyling og rengjøring	26	4	0,104	<LOD	17,000
Visuell inspeksjon/sjekkrunder	26	4	0,069	<LOD	1,400
Vedlikeholdsarbeid, diverse	23		0,0009	0,0003	0,056
Åpning av diverse hydrokarbonførende utstyr	23	4	0,020	<LOD	2,191
Entringer	17	12	0,028	<LOD	0,400
Laboratoriearbeid	12		0,003	0,0005	0,244
Boredekk-operasjoner	10		0,005	0,001	0,008
Filterbytte og -vedlikehold	9	11	0,120	<LOD	0,341
Tømming/drenering	9	11	0,0008	<LOD	0,006
Montering av dyser	7		0,0006	0,0002	0,044
Pigg-operasjoner	5		0,040	0,001	0,672
Demonteringsarbeid	4		0,096	0,002	2,000
Diverse	2		0,0014	0,0007	0,002
Hydrosyklon-operasjoner	2		0,035	0,020	0,050
Rør- og ventilarbeid	2	50	0,128	<LOD	0,255
Sandblåsing	2		0,0010	0,0003	0,002
Blinding-operasjoner	1		0,103	0,103	0,103
Påfylling/lasting av olje og andre kjemikalier	1		0,0006	0,0006	0,0006
Sveising, skjærebrenning og sliping	1		0,080	0,080	0,080
Totalt (22 grupper):	395	16	0,005	<LOD	17

* Det var 68 prøver uten registrert prøvetakingstid som ikke er med i denne oppsummeringen.

Tabell A-7: Offshore – Personlige prøver med prøvetakingstid ≤15 min.

Benzen	Total n*	% <LOD	Median (ppm)	Min (ppm)	Maks (ppm)
Prøvetaking	83	33	0,016	<LOD	2,129
(arbeidsoperasjon ikke angitt)	17	12	0,041	<LOD	4,300
Filterbytte og -vedlikehold	8		0,427	0,010	0,814
Malingsoperasjoner	8	75	<LOD	<LOD	0,002
Åpning av diverse HC-utstyr	7	14	0,085	<LOD	0,15
Sandfelle - produsert vann	4		0,188	0,010	0,376
Diverse anlegg og kontorkonteinere	3		1,800	0,025	2,000
Laboratoriearbeid	3	33	0,0009	<LOD	0,085
Spyling og rengjøring	3		0,110	0,010	0,200
Boredekk-operasjoner	2		4,120	0,140	8,100
Entringer	2		0,059	0,059	0,059
Pigg-operasjoner	2		0,825	0,700	0,950
Visuell inspeksjon/sjekkrunder	2	50	0,047	<LOD	0,093
Tømming/drenering	1		0,041	0,041	0,041
Totalt (14 grupper):	145	26	0,020	<LOD	8,1

* Det var 68 prøver uten registrert prøvetakingstid som ikke er med i denne oppsummeringen.

Tabell A-8: Landanlegg – Personlige prøver av benzen, delt opp for prøvetakingstid >15 min og ≤15 min.

Arbeidsoperasjon	Benzen				
	Total <i>n</i>	% <LOD	Prøvetakingstid >15 min		
			Median (ppm)	Min (ppm)	Maks (ppm)
Ned- og oppkjøring av raffineri	46		0,027	0,004	0,449
Vedlikeholdsarbeid, diverse	38		0,101	0,021	4,725
Laboratoriearbeid	32	6	0,015	<LOD	0,372
Tømming/drenering	22		0,018	0,006	1,757
Spyling og rengjøring	21		0,031	0,005	2,777
Pigg-operasjoner	10		0,187	0,002	0,393
Prøvetaking	9		0,027	0,002	0,087
Blinding-operasjoner	8		0,044	0,035	0,321
Diverse	8		0,058	0,016	0,388
Lastearm/lossing	8		0,026	0,014	0,271
Visuell inspeksjon/sjekkrunder	3		0,094	0,062	0,248
(arbeidsoperasjon ikke angitt)	2		0,062	0,050	0,074
Diverse anlegg og kontorkonteiner	2		0,009	0,007	0,011
Entringer	2		0,100	0,039	0,161
Slambehandling	2		0,069	0,037	0,100
Totalt (15 grupper):	213	1	0,040	<LOD	4,725

Arbeidsoperasjon	Benzen				
	Total <i>n</i>	% <LOD	Prøvetakingstid ≤15 min		
			Median (ppm)	Min (ppm)	Maks (ppm)
Laboratoriearbeid	7	29	0,083	<LOD	0,244
Diverse	4		0,307	0,187	0,337
Totalt (2 grupper):	11	18	0,187	<LOD	0,337



Statens
arbeidsmiljøinstitutt

U.off §13/fvl. §13

Til aktører i Olje- og gassindustrien i Norge

Deres/Your ref.

Vår/Our ref.

Dato/Date

Y200900390-1/312.1

12.05.2009

Vår saksbehandler/Executive officer: Berit Bakke, tel. 23 19 53 55, bba@stami.no

VEDRØRENDE DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKT "EKSPONERING FOR KJEMIKALIER I OLJE- OG GASSINDUSTRIEN- DAGENS EKSPONERINGSBILDE" – INNSENDELSE AV EKSPONERINGSDATA

Oljeindustrien driver prosjektet *Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien*, som styres av en partssammensatt styringsgruppe under koordinering av Oljeindustriens landsforening (OLF). Handlingsplanen for dette prosjektet finnes her: <http://www.olf.no/kjemisk/>. Prosjektet Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien skal gi et helhetlig bilde av den nåværende og tidligere eksponeringssituasjon, beskrive og tette igjen kunnskapshull og bidra til at næringen blir bedre til å håndtere risikoene rundt kjemikalier i arbeidsmiljøet i olje- og gassektoren.

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) er blitt engasjert av dette prosjektet med tanke på å kartlegge dagens eksponeringsbilde i olje- og gassindustrien. Målet med dette delprosjektet er å karakterisere arbeidsrelatert eksponering for aerosoler og gasser i norsk olje- og gassindustri, samt å utvikle modeller for determinanter av eksponering i relevante jobbgrupper. Denne informasjonen kan legges til grunn for helsevurderinger, helseundersøkelser og forebyggende arbeid i selskapene, og kan brukes ved evt. senere epidemiologiske undersøkelser.

For å nå dette målet skal vi:

- 1) Gjennomgå og systematisere foreliggende dokumentasjon av innkjøpte kjemikalier
- 2) Gjennomgå og kvalitetsvurdere utførte eksponeringsmålinger og prøvetakings- og analysemetoder i industrien, samt etablere beste praksis mht metoder
- 3) Skaffe kunnskap om kjemiske forbindelser i produksjonsstrømmer
- 4) Skaffe kunnskap om kjemiske forbindelser som dannes som en del av arbeidsprosesser
- 5) Utføre eksponeringsmålinger i utvalgte arbeidsoperasjoner offshore og i landbasert industri

Styringsgruppen for prosjektet har vedtatt at informasjon av stor viktighet for prosjektet skal oversendes STAMI for å utgjøre en viktig del av dagens kunnskapsstatusbilde. Dette vil være en viktig suksessfaktor for prosjektet.

Postadresse:
Postal address:
Pb 8149 Dep.
NO-0033 Oslo, Norway

Besøksadresse:
Visiting address:
Gydass vei 8
Majorstuen

Telephone: +47 23 19 51 00
Telefax: +47 23 19 52 00
Org. nr. 874 761 222

E-mail:
www.stami.no

Informasjon som skal oversendes STAMI:

- Alle yrkeshygieniske eksponeringsmålinger som er utført etter 01.01.2007
- Eldre yrkeshygieniske eksponeringsmålinger knyttet til arbeidsoperasjoner som selskapene selv mener fortsatt er relevante for prosjektet, men som ikke er blitt oppdatert med eksponeringsmålinger etter 01.01.2007
- I tilknytning til eksponeringsmålingene skal målerapporter og dokumentasjon av prøvetakings- og analysemetoder fremlegges, samt en beskrivelse av arbeidsoperasjoner det er blitt målt på hvis tilgjengelig

STAMI håper at alle selskaper som har utført målinger i den aktuelle perioden vil sende inn data og målerapporter. Denne informasjonen vil sammen med annen informasjon som samles inn i prosjektet danne grunnlag for utarbeidelse av prøvetakingsstrategi ifm eksponeringskartlegging av utvalgte arbeidsoperasjoner (se pkt 5 ovenfor).

Datamaterialet og analyseresultatene i rapportene som er overlevert STAMI vil bli behandlet konfidensielt og kun benyttet i arbeidet med prosjektet "Eksponering for kjemikalier i olje- og gassindustrien".

Når prosjektet avsluttes vil datamaterialet og analyseresultatene makuleres eller returneres til det enkelte selskap, med mindre noe annet er skriftlig avklart mellom STAMI og selskapene.

Eventuelle spørsmål kan rettes til prosjektleder.

STAMI ser fram til videre samarbeid med næringen i dette prosjektet.

Frist for levering av eksponeringsdata: 15.08.2009

Med vennlig hilsen
Statens arbeidsmiljøinstitutt



Pål Molander
Forskningsdirektør



Berit Bakke
Prosjektleder



Organofosfater i arbeidsatmosfæren på norske offshoreinstallasjoner – Dagens eksponeringsbilde

Nr. 8, Årgang 12 (2011), STAMI-rapport
ISSN nr. 1502-0932





Organofosfater i arbeidsatmosfæren på norske offshore-installasjoner – Dagens eksponeringsbilde

Forfattere: Kasper F. Solbu, Syvert Thorud, Pål Molander

Prosjektleder: Pål Molander

Dato: 7. desember 2011

Serie: STAMI-rapport nr. 8, Årgang 12 (2011)

Sammendrag:

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra en kartlegging av luftkonsentrasjoner av organofosfater med opphav fra turbinoljer i norsk olje- og gassindustri i perioden 2009-2010. Det er totalt samlet inn 120 organofosfatprøver fra fire kategorier av arbeidsoperasjoner og fra turbinrom ("hood") og turbinhall. Alle målinger er utført ved vedlikeholdsarbeider i turbinrom og turbinhall etter at turbinene var nedkjølt. Resultatene viser at konsentrasjonen av organofosfater i luft ved arbeid på kalde turbiner er lave (sub- $\mu\text{g}/\text{m}^3$) der organofosfater (TPP og IPPP) ble påvist i kun 4 av 120 luftprøver. Passive langtidsprøver ble installert i perioder på 1-3 mnd inne i turbinrommet som en tilnærming til å undersøke om organofosfater frigjøres til luften i turbinrom når turbinen er i gang. Det ble funnet organofosfater på 21 av de 24 langtidsprøvene, som viste et potensial for deponering av organofosfater på veggene i turbinrom. STAMI har ikke fått rapporter om uventede og plutselige kjemiske forurensninger i arbeidsluften i forbindelse med arbeid tilknyttet turbinene på de aktuelle installasjonene i løpet av prøvetakingsperioden.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, eksponering, turbinolje, organofosfater

Key words: Oil- and gas industry, exposure, turbine oils, organophosphates

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	V
Forord	VI
1. Introduksjon	1
2. Metode	2
2.1. Prøvetakingsstrategi	2
2.2. Prøvetakings- og analysemetoder	3
3. Resultater	4
3.1. Oversikt over innsamlede prøver og arbeidsoperasjoner	4
3.2. Oversikt over luftkonsentrasjoner av organofosfater	5
4. Oppsummering	7
Referanser	9
Vedlegg	12
Vedlegg 1: Invitasjonsbrev	
Vedlegg 2: Protokoll for deltakelse i forskningsprosjektet "Kartlegging av eksponering for organofosfater i hydraulikkoljer i norsk arbeidsliv"	

Forkortelser

ACC	Tekstil av aktivert kull (eng.: <i>activated charcoal cloth</i>)
ATD	Automatisert termisk desorpsjon (eng.: <i>automated thermal desorption</i>)
IPPP	Isopropylert fenylfosfat, isomerblanding (eng.: <i>isopropylated phenyl phosphate, mixture of isomers</i>)
GC-MS	Gasskromatografi–massespektrometri (eng.: <i>gas chromatography–mass spectrometry</i>)
LOQ	Kvantifiseringsgrense (eng.: <i>limit of quantification</i>)
OP / OPer	Organofosfat / organofosfater (eng.: <i>organophosphate, OP / organophosphates, OPs</i>)
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
TCP	Trikresylfosfat, isomerblanding (eng.: <i>tricresyl phosphate, mixture of isomers</i>)
TmCP	Tri- <i>m</i> -kresylfosfat (<i>m</i> -TCP)
TMPE	Trimetylolpropanester (eng.: <i>trimethylolpropane ester</i>)
TMPP	Trimetylolpropanfosfat (eng.: <i>trimethylolpropane phosphate</i>)
TnBP	Tri- <i>n</i> -butylfosfat (eng.: <i>tri-n-butyl phosphate</i>)
ToCP	Tri- <i>o</i> -kresylfosfat (<i>o</i> -TCP)
TpCP	Tri- <i>p</i> -kresylfosfat (<i>p</i> -TCP)
TPP	Trifenylfosfat (eng.: <i>triphenyl phosphate</i>)
VOC / tVOC	Flyktige organiske forbindelser (eng.: <i>volatile organic compounds</i>) / total-VOC

Forord

Prosjektet "Organofosfater i arbeidsatmosfæren på norske offshore-installasjoner – Dagens eksponeringsbilde" ("organofosfatprosjektet") er gjennomført som et tilstøtende prosjekt til STAMIs hovedprosjekt "Eksponering for kjemikalier i olje- og gassindustrien – Dagens eksponeringsbilde". Sistnevnte prosjekt er initiert av bransjeorganisasjonene og styringsgruppen for næringens "Kjemikalieprosjekt" i dialog med Statens arbeidsmiljøinstitutt, som ledd i en større handlingsplan for å sette fokus på kjemisk arbeidsmiljø i den norske olje- og gassindustrien.

Prøvetakingsstrategien for organofosfatprosjektet ble utformet i tett dialog med fagpersoner i bransjen. Det ble innledningsvis foretatt en gjennomgang av organofosfatholdige oljer på de aktuelle installasjonene. Gjennomgangen viste at organofosfater hovedsakelig var til stede i turbinoljer, og det ble derfor fokusert på å følge arbeidsoperasjoner i forbindelse med vedlikehold og inspeksjon av turbiner i det videre arbeidet. Dagens praksis er at alt vedlikeholdsarbeid på turbinene skjer etter at turbinene er nedkjølt. Våre målinger er derfor kun utført under denne betingelsen.

Målemetodene og målingene fra luftfartsindustrien er tidligere publisert,¹⁻⁵ mens dette dokumentet rapporterer tilsvarende målinger av organofosfater som er blitt samlet inn fra olje- og gassindustrien i forbindelse med vedlikehold av turbiner på offshore-installasjoner. Det ble tatt i bruk samme metodikk som har blitt benyttet for tilsvarende målinger innen luftfartsindustrien. I tillegg har et godt samarbeid med bransjen vært helt avgjørende for gjennomføringen.

Dette arbeidet er utført av Kasper F. Solbu, Syvert Thorud og Pål Molander. Merete Hersson og Berit Bakke har gitt innspill til rapporten. Takk til Arbeidsdepartementet for finansiering av studien. Aktørene i olje- og gassindustrien takkes for deres interesse og for et godt samarbeid.

Oslo, 07.12.2011

1. Introduksjon

Mineralske/syntetiske hydraulikkoljer og smøreoljer (f.eks. turbinoljer) er samlende betegnelser på oljer benyttet som medier til trykk- og varmeoverføring, og som smørende kjemikalier som også motvirker slitasje og korrosjon. De fleste av disse oljene inneholder tilsetningsstoffer, som f.eks. organofosfater (OP), for å forbedre oljenes egenskaper.^{6,7} Mange oljer inneholder organofosfat-isomerene trikresylfosfat (TCP), samt andre triaryl- eller trialkylfosfater, vanligvis med innhold under 1%.⁸ Smøreoljer for jet-turbiner kan imidlertid inneholde høyere andel av organofosfater på typisk 1-5% TCP.^{8,9} Syntetiske hydraulikkoljer kan inneholde en stor andel av organofosfater (20-90%), f.eks. butylfosfater,⁴ på grunn av organofosfatenes brannhemmende egenskaper.¹⁰

Yrkesmessig eksponering for syntetiske og mineralske baseoljer kan i seg selv utgjøre en helserisiko ved å påvirke hud (ved direkte kontakt) og luftveier (ved innånding av aerosoler), som bl.a. kan resultere i sykdommer som dermatitt, bronkitt og astma.¹¹⁻¹³ I tillegg kan enkelte tilsetningsstoffer i oljene, slik som visse organofosfater, også gi toksikologiske effekter. F.eks. kan eksponering for enkelte organofosfatforbindelser forårsake akutte, eller forsinkede og kroniske neurologiske og psykiatriske syndromer.¹⁴⁻¹⁷ Det er også rapportert nevrotoksiske effekter av langvarig eksponering for lave konsentrasjoner av organofosfater.¹⁸ Organofosfater utgjør en stor gruppe med komponenter og grad av toksisitet kan variere i stor grad mellom forskjellige forbindelser. F.eks. er de forsinkede nevrotoksiske effektene til *orto*-isomerer av TCP (som isomeren tri-*o*-kresylfosfat, ToCP) godt dokumentert.^{9,13,19-24} Eksponering for trifenylfosfat (TPP) er forbundet med dermatitt og hemolytiske effekter,²⁵⁻³⁰ mens det for tri-*n*-butylfosfat (TnBP) er rapportert vekttap og dannelse av urinblæresvulst i forsøksdyr.³⁰⁻³³ Helsefare i forhold til mulige dannelser av ukjente termiske nedbrytningsprodukter fra organofosfater ved oljelekkasjer og med avsetning på varme overflater slik som turbiner, er også blitt påpekt i den vitenskapelige litteraturen.³⁴⁻³⁸ Én slik forbindelse, trimetylolpropanfosfat (TMPP), er i laboratorieforsøk godt dokumentert å dannes ved reaksjon mellom baseoljen trimetylolpropanester (TMPE) og tilsetningsstoffet TCP ved forhøyede temperaturer.³⁹⁻⁴⁴ Dannelse av andre liknende dekomponeringsprodukter kan derfor ikke utelukkes. TMPP er nevrotoksisk og kan fremkalle kraftige epilepsilignende anfall med mulig dødelig utfall.^{40,45,46}

I olje- og gassindustrien er organofosfater (isopropylert fenylfosfat (IPPP), TPP og TCP) først og fremst benyttet i smøreoljer til turbiner. Organofosfater er mindre vanlig i de hydraulikkoljene som typisk er i bruk på offshore-installasjonene. Eventuell eksponering for organofosfater vil derfor hovedsakelig kunne oppstå ved arbeidsoperasjoner tilknyttet tilsyn og vedlikehold av turbinene. Pga. turbinenes høye temperatur når de er i drift, er det også et potensial for dannelse av damp og evt. nedbrytningsprodukter ved lekkasje av turbinolje til turbinens varme overflate, med påfølgende eksponering hvis personell oppholder seg ved turbiner under slike forhold.

Det er ikke funnet dokumentasjon om eksponering for organofosfater i olje- og gassindustrien fra hydraulikk- og turbinoljer i den vitenskapelige litteraturen. Målet med dette arbeidet har derfor vært å gjennomføre en kartlegging av organofosfater i arbeidsluft på norske offshore-installasjoner.

2. Metode

2.1. Prøvetakingsstrategi

Et invitasjonsbrev (Vedlegg 1) ble sendt ut 18.12.2006 der alle norske operatørselskaper innen olje- og gassindustrien ble invitert til å delta i studien ($n=6$). To selskaper avsto invitasjonen fordi de ikke benyttet organofosfatholdige oljer. STAMI utarbeidet et utkast til prøvetakingsstrategi som ble sendt til høring 23.08.2008 til selskapene og arbeidstakerorganisasjoner. Disse deltok med innspill og videre diskusjon på et møte 30.01.2009. Valg av hvilke installasjoner som skulle inngå i studien ble basert på innspill fra yrkeshygienikere og arbeidstakerorganisasjoner om mulige eksponeringssituasjoner, samt innsamlet informasjon fra operatørselskapene om turbinoljer og organofosfatinhold ved aktuelle installasjoner (Tabell 2-1). Oversikten omfattet også turbin typer, leverandører og installasjonsår (Tabell 2-2), type arbeid, og hvor ofte arbeidet ble utført ved turbinene hos deltakerselskapene. En detaljert beskrivelse av prøvetakingsstrategien er vist i protokollen (Vedlegg 2). Den endelige versjonen av protokollen (fra 03.06.2009) inneholdt informasjon om type og antall prøver, fordelt i personlig prøvetaking ved spesielle arbeidsoperasjoner og stasjonær prøvetaking i turbinrom og turbinhall.

Ved alle personlige og stasjonære prøver ble det utført parallell prøvetaking av oljetåke, VOC og organofosfater med bruk av aktiv prøvetaking, dvs. tre typer prøvetakere for hvert målepunkt. Organofosfater og oljetåke ble målt parallelt for å kunne beregne forhold mellom oljetåke og organofosfater. ATD-prøvetakeren ville i tillegg kunne gi ytterligere informasjon om nivåer av total-VOC (tVOC) med mulighet for å identifisere enkeltkomponenter av VOC. I denne rapporten omtales kun resultatene fra organofosfatmålingene.

Deltakerselskapene var selv ansvarlige for gjennomføringen av prøvetakingen og for å melde inn til STAMI aktuelle situasjoner som kunne inngå i måleserien. STAMI bistod med prøvetakingsutstyr, analyser og én person som var innom alle installasjonene for å sikre likhet mellom de stasjonære heldagsprøver i turbinhall og turbinrom.

Tabell 2-1: Oversikt over installasjoner, oljetyper og organofosfater.

Installasjon nr.	Turbinolje	OP-tilsetning (additiv)*	Innhold OP-additiv (fra datablad)
1, 2, 3, og 4	A	TPP/IPPP	0-5%
5	B, C	TCP	1-5%
6	D	TCP	1-5%
7	B, E	TCP	1-5%

* TPP - trifenyfosfat (*triphenyl phosphate*), IPPP - isopropylert fenylfosfat (*isopropylated phenyl phosphate*), TCP - trikresylfosfat (*tricresyl phosphate*). IPPP og TCP er isomerblandinger.

Tabell 2-2: Oversikt over turbintyper og antall, installert på de aktuelle installasjonene

Turbintype	Leverandør	Antall	Installasjonsår
LM-2500	General Electric	15	1976, 1992, 1996, 1998, 2005
LM-2500 DLE	General Electric	6	1998
Allison	Allison	1	-
Solar Centaur	Solar	1	-
Avon	Rolls Royce	1	-
RR RB211 24G	Cooper Rolls	4	1995

En "insidentprøvetaker"³ er beskrevet i protokollen som en del av prøvetakingsstrategien (Vedlegg 2). Denne prøvetakeren ble ikke benyttet fordi den ikke tilfredstilte kravene for eksplosjonssikkerhet offshore.

2.2. Prøvetakings- og analysemetoder

En prøvetakingsmetode for å måle organofosfater i luft med opphav fra turbin- og hydraulikkoljer er blitt utviklet på STAMI og vitenskapelig publisert.² Metoden baserer seg på oppsamling av organofosfater ved hjelp av 37 mm totalstøvkassetten med glassfiberfilter og et Chromosorb 106 adsorbenttrør i serie bak totalstøvkassetten. Anbefalt pumpehastighet er 1,5 L/min. Filter og adsorbent fra prøvetakingen desorberes/ekstraheres med diklormetan og ekstraktene analyseres ved hjelp av GC-MS i "selected ion monitoring mode" (SIM-mode).^{2,47}

De aktive organofosfatprøvetakerne ble benyttet for kartlegging av arbeidsoperasjoner eller for stasjonære målinger i turbinhall og turbinrom, med prøvetakingstid på opptil flere timer. Det ble i tillegg satt opp to typer passive langtidsprøvetakere: et tekstil (1 dm²) av aktivert kull ("activated charcoal cloth", ACC) og en aluminiumsflate (3-6 dm²). Begge metodene er basert på mulig deponering av organofosfater fra luften til overflaten og at dette gjenfinnes ved hjelp av henholdsvis avtørk ("wipe") av aluminiumsoverflaten med en kompress fuktet i løsemiddel og ekstraksjon av hele ACC-tekstilet.^{1,5} De passive langtidsprøvetakerne ble montert på veggen i turbinrom i forbindelse med vedlikeholdsstans, og ble demontert igjen ved neste stans. Dette gav en prøvetakingstid/eksponeringstid på 1-3 måneder.

3. Resultater

3.1. Oversikt over innsamlede prøver og arbeidsoperasjoner

Det ble samlet inn totalt 120 organofosfatprøver fra sju installasjoner i tillegg til passive langtidsmålinger i turbinhall med ACC- og wipe-prøvetaking.

Aktuelle arbeidsoperasjoner var beskrevet i protokollen, men i løpet av prøvetakingen ble dette endret noe på for å tilpasses det som faktisk var de mest vanlige arbeidsoperasjonene (Tabell 3-1). Målinger i turbinrom omfatter også enkelte målinger som er tatt rett etter at turbinrommet er gjort klar for åpning. Det er vanlig at det kan ta 10-20 minutter fra turbinen er kjørt ned til entring av turbinrommet tillates (da er turbinen tilstrekkelig avkjølt og turbinrommet godt ventilert).

ACC- og wipe-prøver ble montert parallelt både i turbinhall og turbinrom:

- Turbinhall: 7 stk. ACC og 7 stk. wipe på 6 installasjoner
- Turbinrom: 5 stk. ACC og 5 stk. wipe på 5 installasjoner, i tillegg til ett sett ACC/wipe som gikk tapt (prøvene ble demontert av annet personell da det ble antatt at den blanke aluminiumsoverflaten utløste branddetektor). I tillegg ble det tatt én wipe-prøve direkte fra vegg i ett turbinrom på to forskjellige installasjoner (eksponeringstid ble da ansett som ukjent) som en sammenlikning med de ordinære wipe-prøvene.

Tabell 3-1: Oversikt over antall organofosfatprøver for hver kategori av arbeidsoperasjon

Arbeidskategori	Arbeidsoppgaver	Antall prøver
Direkte håndtering av olje	Prøvetaking av olje, og kontakt med olje ved skifte av filter og screen	13
Turbininspeksjon	Innvendig inspeksjon (boroskopi), utvendig inspeksjon, og kontroll av turbin etter turbinbytte	23
Forebyggende vedlikehold	Kontroll/skifte av instrumenter tilknyttet turbin, vedlikehold/skifte av nagler i eksoskanal, klargjøring/vask av turbin	30
Annet vedlikehold	Arbeidsoperasjoner i forbindelse med bytte av turbin	8
Stasjonær - turbinhall	I hodehøyde	23
Stasjonær - turbinrom	I hodehøyde (også ved knestående arbeidsoperasjoner)	17
Stikkprøver	Prøver ved kranplatå og fra vent	5
(ikke angitt)		1
Sum		120

3.2. Oversikt over luftkonsentrasjoner av organofosfater

De aktive luftmålingene fra arbeidsoperasjoner tilknyttet turbiner med organofosfatholdige turbinoljer viste konsentrasjoner av organofosfater over deteksjonsgrensen kun i noen få tilfeller, og da i svært lave nivåer (maksimalt $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, TPP+IPPP):

Aktive målinger innenfor én dag (personlige prøver av arbeidsoperasjoner og stasjonære prøver):

- Tre personlige (av 63) målinger der organofosfater er funnet i forbindelse med turbininspeksjon og forebyggende vedlikehold (konsentrasjoner av TPP/IPPP på 0,05/0,03, 0,08/0,05 og 0,57/0,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Én stasjonær måling (av 57) der organofosfater er funnet i turbinhall, plassert på trapp i hodehøyde mellom to turbinrom (konsentrasjoner av TPP/IPPP på 0,07/0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Det ble samlet inn to stasjonære prøver i turbinrom i drift. Slange fra filterkassett til pumpe var trukket ned gjennom en rist på gulvet i turbinrommet. Pumpene var plassert under turbinrommet mens filterkassetten stod opp ca. 20 cm fra gulvet vendt mot turbinen. Disse prøvene gav ingen funn av organofosfater, hvilket kan forklares med kraftig ventilasjon gjennom turbinrommet (bl.a. var det merkbare trekk fra pumpenes plassering til turbinrommet gjennom risten).

Passive målinger, 1-3 måneders eksponeringstid:

- De 24 ACC/wipe-prøvene hadde en eksponeringstid på 42-126 dager, der eksponeringstiden var avhengig av tilgang for entring av turbinrommet i forbindelse med stans og vedlikehold av turbin.
- TCP-holdig og TPP/IPPP-holdig turbinolje ble hver for seg benyttet på tre installasjoner. Resultatene fra wipe/ACC-prøvetakingen er vist i Tabell 3-2.
- Stikkprøven med avtørk/wipe direkte fra vegg i turbinrom viste nivåer på henholdsvis 2-4 mg/dm^2 (TPP/IPPP, $n=1$) og 640 mg/dm^2 (TCP, $n=1$), men med ukjent eksponeringstid mot vegg. Til sammenlikning blir tilsvarende ordinære wipe-målinger (med kjent eksponeringstid) fra samme installasjon omregnet til 0,03-0,13 mg/dm^2 (TPP/IPPP) og 0,13 mg/dm^2 (TCP).

Tabell 3-2: Organofosfatnivåer målt med ACC/wipe-prøvetaking*

Organofosfat		Turbinrom (ng/dm ² /dag)	Turbinhall (ng/dm ² /dag)
TCP #	Median	270	11
	Minimum	47	<LOQ §
	Maksimum	1020	120
TPP / IPPP	Median	1,7 / 2,2	2,0 / 1,0
	Minimum	1,3 / 0,7	<LOQ §
	Maksimum	44 / 48	12 / 13

* $n=6$ for alle målinger, unntatt TCP i turbinrom ($n=4$)

De mest toksiske TCP-isomerene (*orto*-isomerer) ble ikke påvist. Bestemmelsen av TCP inkluderer derfor kun meta- og para-isomerer.

§ <LOQ – mindre enn kvantifiseringsgrense (*limit of quantification*). LOQ vil variere med areal av wipe/ACC-området og eksponeringstiden.

4. Oppsummering

Vi har i dette prosjektet kartlagt luftkonsentrasjoner av organofosfater (TPP, IPPP og TCP) på 7 norske offshore-installasjoner. Resultatene viser at konsentrasjonen av organofosfater i luft ved arbeid på kalde turbiner er lave (sub- $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Organofosfater (TPP og IPPP) ble påvist i kun 4 av 120 luftprøver. Langtidsprøver ble installert i perioder på 1-3 mnd inne i turbinrommet for å undersøke om organofosfater frigjøres til luften i turbinrom når turbinen er i gang. Det ble funnet organofosfater (TCP og TPP/IPPP) på 21 av de 24 langtidsprøvene som viser at deponering av turbinolje fra turbin til veggene i turbinrommet kan forekomme under normal drift og ventilasjon. Målingene viser høyere nivåer av TCP enn tilsvarende målinger i cockpit som er utført i luftfartsindustrien (maks. 8,2 $\text{ng}/\text{dm}^2/\text{dag}$, TCP funnet i ca. 20% av prøvene).⁵ Det ble ikke påvist *orto*-isomerer av TCP.

Det har tidligere vært rapportert om personell som har blitt eksponert for turbinoljer i forbindelse med arbeidsoperasjoner som er blitt utført i turbinrom mens turbinen har vært i drift. I gjennomgangen av turbiner og arbeidsoperasjoner sammen med selskapene og arbeidstakerorganisasjoner kom det frem at ingen av installasjonene tillot slikt arbeid i dag, og at alt arbeid i turbinrom ble utført etter at turbinen var nedstengt og avkjølt (bl.a. ved hjelp av kraftig ventilasjon). Dette ble også bekreftet av personell på de aktuelle installasjonene i løpet av prøvetakingsperioden. Disse forholdene bidrar sterkt til å redusere potensialet for eksponering ved arbeidsoperasjoner tilknyttet turbinene, sammenlignet med forhold der personell kan oppholde seg i turbinrommet mens turbinen er i drift.

Eksponeringsnivåene for organofosfater fra turbinoljer i Nordsjøen i dag vurderes ikke som vesentlige på bakgrunn av målingene som er blitt utført og de forholdene som er blitt observert når gjeldende instruksjer og rutiner følges. Eksponeringsnivået fra tidligere tider har man ingen dokumentasjon på, og det kan ikke utelukkes at det tidligere var høyere eksponeringsnivåer og større bruk av oljer med innhold av mer potente organofosfater.

Våre resultater gir en oversikt over gjennomsnittseksponering ved utførelse av enkelte arbeidsoperasjoner. Disse metodene vil ikke kunne dokumentere kortvarige høye eksponeringssituasjoner. Fordi prosjektet kun skulle omfatte *dagens eksponeringsbilde* ble det i protokollen ikke lagt opp til at det også skulle utføres eksponeringsmålinger ved simulering av oljelekkasje med turbin i drift (varm turbin). Slik simulering ville dessuten bryte med gjeldende prosedyrer for opphold i turbinrommet, samt at måleutstyr ikke kunne etterlates i turbinrommet med turbinen i drift pga. den sterke varmeutviklingen fra turbinen. STAMI har ikke fått rapporter om uventede og plutselige kjemiske forurensninger i arbeidsluften i forbindelse med arbeid tilknyttet turbinene på de aktuelle installasjonene i løpet av prøvetakingsperioden. Informasjon om slike hendelser er av STAMI ikke samlet inn på en systematisk måte.

Dette er etter vår kjennskap den første studien i verden hvor det er blitt gjennomført målinger av organofosfater i luft på offshore-installasjoner. Dette har vært mulig fordi det er blitt utviklet metodikk som er spesialtilpasset til problemstillingen, samt at STAMI har fått god erfaring med

metoden i bruk ved tilsvarende prøvetaking i luftfartsindustrien.^{2,5} Vi er gjort kjent med at disse prøvetakings- og analysemetodene nå benyttes i studier i andre land. Disse etterfølgende studiene vil kunne gi viktig informasjon om skadepotensialet knyttet til organofosfateksponering fra hydraulikk- og smøreoljer.

Referanser

- 1) K.F. Solbu, Airborne organophosphates in the aviation industry - Sampling development and occupational exposure measurements (Ph.D. Thesis), *Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo*, Oslo, **2011**.
- 2) K. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, S. Ovrebo, D.G. Ellingsen, E. Lundanes, and P. Molander. Determination of airborne trialkyl and triaryl organophosphates originating from hydraulic fluids by gas chromatography-mass spectrometry, *J. Chromatogr. , A*, **2007**, *1161(1-2)*, 275-283.
- 3) K. Solbu, M. Hersson, S. Thorud, E. Lundanes, T. Nilsen, O. Synnes, D. Ellingsen, and P. Molander. Compact semi-automatic incident sampler for personal monitoring of volatile organic compounds in occupational air, *J. Environ. Monit.*, **2010**, *12*, 1195-1202.
- 4) K. Solbu, H.L. Daae, S. Thorud, D. Ellingsen, E. Lundanes, and P. Molander. Exposure to airborne organophosphates originating from hydraulic and turbine oils among aviation technicians and loaders, *J. Environ. Monit.*, **2010**, *12*, 2259-2268.
- 5) K. Solbu, H.L. Daae, R. Olsen, S. Thorud, D.G. Ellingsen, T. Lindgren, B. Bakke, E. Lundanes, and P. Molander. Organophosphates in aircraft cabin and cockpit air-method development and measurements of contaminants, *J. Environ. Monit.*, **2011**, *13* (5), 1393-1403.
- 6) U. J. Möller, Hydraulic fluids, in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, ed. Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 6th edn., **2003**, pp. 683-695.
- 7) J. Wills, Hydraulic fluids, in *Kirk-Othmer's Encyclopedia of chemical technology*, ed. John Wiley & Sons, New York, 3rd edn., **1980**, pp. 712-733.
- 8) The Norwegian Petroleum Industry Association (NP). *Resultat av oljeselskapenes kartlegging av organofosfater i smøreljer*, Acv/325.0, Oslo, Norway, **2004**.
- 9) C.R. Mackerer, M.L. Barth, A.J. Krueger, B. Chawla, and T.A. Roy. Comparison of neurotoxic effects and potential risks from oral administration or ingestion of tricresyl phosphate and jet engine oil containing tricresyl phosphate, *J. Toxicol. Environ. Health. A*, **1999**, *57(5)*, 293-328.
- 10) T. C. Wolfe, US patent 2006278846; High-performance hydraulic fluids for jet aircraft containing tributyl phosphate triisobutyl phosphate and triaryl phosphates. **2006**, pp.1-4.
- 11) A.T. Simpson, M. Stear, J.A. Groves, M. Piney, S.D. Bradley, S. Stagg, and B. Crook. Occupational exposure to metalworking fluid mist and sump fluid contaminants, *Ann. Occup. Hyg.*, **2003**, *47(1)*, 17-30.
- 12) W.E. Dalbey and R.W. Biles. Respiratory Toxicology of Mineral Oils in Laboratory Animals, *Appl. Occ. Environ. Hyg.*, **2003**, *18(11)*, 921-929.
- 13) G.C. Hard. Short-term adverse effects in humans of ingested mineral oils, their additives and possible contaminants - a review, *Hum. & Exp. Toxicol.*, **2000**, *19(3)*, 158-172.
- 14) T.C. Marrs. Organophosphate poisoning, *Pharmacol. Ther.*, **1993**, *58* (1), 51-66.
- 15) G.A. Jamal. Neurological syndromes of organophosphorus compounds, *Adverse Drug React. Toxicol. Rev.*, **1997**, *16(3)*, 133-170.
- 16) P. Glynn. Neuropathy target esterase, *Biochem. J.*, **1999**, *344(3)*, 625-631.
- 17) M. Lotti and A. Moretto. Organophosphate-induced delayed polyneuropathy, *Toxicol. Rev.*, **2005**, *24(1)*, 37-49.

- 18) G.A. Jamal, S. Hansen, and P.O.O. Julu. Low level exposures to organophosphorus esters may cause neurotoxicity, *Toxicol.*, **2002**, 181-182, 23-33.
- 19) P.H. Craig and M.L. Barth. Evaluation of the hazards of industrial exposure to tricresyl phosphate: a review and interpretation of the literature, *J. Toxicol. Environ. Health. B. Crit. Rev.*, **1999**, 2(4), 281-300.
- 20) P. Glees and W.G. White. The absorption of tri-ortho-cresyl phosphate through the skin of hens and its neurotoxic effects, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, **1964**, 24, 271-274.
- 21) R.I. Freudenthal, L. Rausch, J.M. Gerhart, M.L. Barth, C.R. Mackerer, and E.C. Bisinger. Subchronic neurotoxicity of oil formulations containing either tricresyl phosphate or tri-orthocresyl phosphate, *J. Am. Coll. Toxicol.*, **1993**, 12(4), 409-416.
- 22) J.M. Krebs, R.M. Park, and W.L. Boal. A neurological disease cluster at a manufacturing plant, *Arch. Environ. Health*, **1995**, 50(3), 190-195.
- 23) M.K. Johnson and P. Glynn. Neuropathy target esterase (NTE) and organophosphorus-induced delayed polyneuropathy (OPIDP): recent advances, *Toxicol. Lett.*, **1995**, 82/83(1-6), 459-463.
- 24) M.B. Abou-Donia and D.M. Lapadula. Mechanisms of organophosphorus ester-induced delayed neurotoxicity: type I and type II, *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, **1990**, 30, 405-440.
- 25) J.S. Pegum. Contact dermatitis from plastics containing triaryl phosphates, *Br. J. Dermatol.*, **1966**, 78(12), 626-631.
- 26) T. Sato, K. Watanabe, H. Nagase, H. Kito, M. Niikawa, and Y. Yoshioka. Investigation of the hemolytic effects of various organophosphoric acid triesters (OPEs) and their structure-activity relationship, *Toxicol. Environ. Chem.*, **1997**, 59(1-4), 305-313.
- 27) Anon. Triphenyl phosphate, *Dangerous Prop. Ind. Mater. Rep.*, **1986**, 6(4), 91-100.
- 28) A.M. Saboori, D.M. Lang, and D.S. Newcombe. Structural requirements for the inhibition of human monocyte carboxylesterase by organophosphorus compounds, *Chem. -Biol. Interact.*, **1991**, 80(3), 327-338.
- 29) J.G. Camarasa and E. Serra-Baldrich. Allergic contact dermatitis from triphenyl phosphate, *Contact dermatitis*, **1992**, 26(4), 264-265.
- 30) K. Lin. Joint acute toxicity of tributyl phosphate and triphenyl phosphate to *Daphnia magna*, *Environ. Chem. Lett.*, **2009**, 7(4), 309-312.
- 31) L.L. Arnold, W.R. Christenson, M. Cano, M.K. St John, B.S. Wahle, and S.M. Cohen. Tributyl phosphate effects on urine and bladder epithelium in male Sprague-Dawley rats, *Fund. Appl. Toxicol: Off. J. Soc. Toxicol.*, **1997**, 40(2), 247-255.
- 32) C.S. Auletta, M.L. Weiner, and W.R. Richter. A dietary toxicity/oncogenicity study of tributyl phosphate in the rat, *Toxicol.*, **1998**, 128(2), 125-134.
- 33) C.S. Auletta, L.A. Kotkoskie, T. Saulog, and W.R. Richter. A dietary oncogenicity study of tributyl phosphate in the CD-1 mouse, *Toxicol.*, **1998**, 128(2), 135-141.
- 34) C. van Netten and V. Leung. Comparison of the constituents of two jet engine lubricating oils and their volatile pyrolytic degradation products, *Appl. Occ. Environ. Hyg.*, **2000**, 15(3), 277-283.
- 35) C. van Netten and V. Leung. Hydraulic fluids and jet engine oil: pyrolysis and aircraft air quality, *Arch. Environ. Health*, **2001**, 56(2), 181-186.

- 36) K.J. Paciorek, R.H. Kratzer, J. Kaufman, J.H. Nakahara, T. Christos, and A.M. Hartstein. Thermal oxidative degradation studies of phosphate esters, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **1978**, 39(8), 633-639.
- 37) D.A. Kalman, K.J. Voorhees, D. Osborne, and I.N. Einhorn. Production of a bicyclopophosphate neurotoxic agent during pyrolysis of synthetic lubricant oil, *J. Fire. Sci.*, **1985**, 3(5), 322-329.
- 38) M. Porvaznik, J.F. Wyman, P. Serve, and D.E. Uddin. Evaluation of the acute dermal toxicity of a thermally decomposed military specification L-23699 synthetic aircraft lubricant, *J. Toxicol. , Cutan. Ocul. Toxicol.*, **1987**, 6(4), 299-308.
- 39) J.F. Wyman, M. Porvaznik, P. Serve, D. Hobson, and D.E. Uddin. High temperature decomposition of military specification L-23699 synthetic aircraft lubricants, *J. Fire. Sci.*, **1987**, 5 (3), 162-177.
- 40) J. Wyman, E. Pitzer, F. Williams, J. Rivera, A. Durkin, J. Gehringer, P. Serve, D. von Minden, and D. Macys. Evaluation of shipboard formation of a neurotoxicant (trimethylolpropane phosphate) from thermal decomposition of synthetic aircraft engine lubricant, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **1993**, 54 (10), 584-592.
- 41) A.B. Callahan, D.V. Tappan, L.W. Mooney, E. Heyder. *Analysis of hydraulic fluids and lubricating oils for the formation of trimethylolpropane phosphate (TMP-P)*, Special Report SP89-5, Nav. Submar. Med. Res. Lab.: Connecticut, USA, **1989**.
- 42) P.W. Centers. Potential neurotoxin formation in thermally degraded synthetic ester turbine lubricants, *Arch. Toxicol.*, **1992**, 66(9), 679-680.
- 43) R.L. Wright, Jr. Formation of the neurotoxin TMPP from TMPE-phosphate formulations, *Tribol. Trans.*, **1996**, 39(4), 827-834.
- 44) W.A. Rubey, R.C. Striebich, J. Bush, P.W. Centers, and R.L. Wright. Neurotoxin formation from pilot-scale incineration of synthetic ester turbine lubricants with a triaryl phosphate additive, *Arch. Toxicol.*, **1996**, 70(8), 508-509.
- 45) J. Lin, G.D. Ritchie, D.A. Stenger, A.F. Nordholm, J.J. Pancrazio, and J. Rossi, III. Trimethylolpropane Phosphate Induces Epileptiform Discharges in the CA1 Region of the Rat Hippocampus, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **2001**, 171 (2), 126-134.
- 46) E.W. Keefer, A. Gramowski, D.A. Stenger, J.J. Pancrazio, and G.W. Gross. Characterization of acute neurotoxic effects of trimethylolpropane phosphate via neuronal network biosensors, *Biosens. Bioelectron.*, **2001**, 16 (7-8), 513-525.
- 47) S. Thorud, B. Bakke, M. Hersson, H.L. Daae, K.F. Solbu, H. Johnsen, N.P. Skaugset, T. Woldbæk, K. Halgard, K.K. Heldal, A. Skogstad, Y. Thomassen, W. Eduard, D. Ellingsen. *Prøvetakings- og analysemetoder - Beste praksis*, Rapport Nr. 2, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.

Vedlegg

Vedlegg 1: Invitasjonsbrev

Vedlegg 2: Protokoll for deltakelse i forskningsprosjektet "Kartlegging av eksponering for organofosfater i hydraulikkoljer i norsk arbeidsliv"



Likelydende brev er sendt til:

Statoil ASA
Norsk Hydro ASA
Norske ShellA/S
ExxonMobil
Conoco Phillips Norge
BP Norge AS
Total E&P Norge AS

Kopi:
Arbeids- og inkluderingsdepartementet
Petroleumstilsynet
Oljeindustriens landsforening

Deres ref.

Vår ref.: 200601073-1- 342.3/PMO Dato: 18.12.2006

Våre saksbehandler: Pål Molander, tlf. 23 19 53 33, pal.molander@stami.no

Invitasjon til å delta i forskningsprosjektet ”Kartlegging av yrkeseksponering for organofosfater i hydraulikkoljer i norsk arbeidsliv”

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) fikk i 2004 i oppdrag av Arbeids- og administrasjonsdepartementet (nå Arbeids- og inkluderingsdepartementet) om å igangsette et forskningsprosjekt vedrørende kartlegging av yrkeseksponering for organofosfater fra hydraulikkoljer. Prosjektet er et dr.gradsprosjekt, og skal sluttrapporteres i 2008. Innledningsvis i prosjektet er det utviklet og validert analytisk metodikk som muliggjør eksponeringsmålinger av organofosfater fra hydraulikkoljer. Vi er nå i gang med å kartlegge eksponeringsforhold i relevante bransjer.

I den anledning ba vi om et møte med Oljeindustriens landsforening (OLF) for å kunne orientere om vårt oppdrag og prosjekt, og for å komme med en invitasjon til samarbeid vedrørende eksponeringskartlegging offshore, hvor spesielt mulig eksponering knyttet til arbeid med turbiner ønskes kartlagt. Møtet ble avholdt i OLFs lokaler 11.12.2006, og flere av selskapene var representert. En elektronisk kopi av lysarkene som ble presentert på møtet kan fåes ved henvendelse til pal.molander@stami.no eller til leder av OLFs yrkeshygiene nettverk Vegard Peikli, Statoil (vepei@statoil.com). På bakgrunn av dette møtet ble det besluttet at vi skulle ta direkte kontakt pr. brev med hver enkelt selskap for å komme med en offisiell henvendelse om deltagelse i prosjektet, hvilket vi med dette gjør.

Vi ser allikevel det som en stor fordel å forholde oss til offshore-sektoren som en samlet bransje, og ser gjerne OLF som en samlende instans i det evt. videre arbeidet. Dette vil også forenkle evt. senere rapportering hvor eksponeringsdata vil bli presentert fordelt på arbeidsoperasjon snarere enn selskap e.l. Spesifikke eksponeringsdata til hvert enkelt selskap til internt bruk vil selvfølgelig være tilgjengelig etter forespørsel.

Av praktiske hensyn ønsker vi at selskapenes HMS-personale selv skal stå for den praktiske utførelsen prøvetakingen. STAMI dekker alle andre utgifter knyttet til prøvetakere og analyse av disse. Grunnet den stor ytre interessen for dette prosjektet ser vi det som en stor fordel at man i fellesskap og i samråd med selskapenes fagpersonell, HMS-/BHT-personale, og arbeidstakerorganisasjoner kommer frem til lokaliteter og arbeidsoperasjoner som er relevante i forhold til eksponeringskartlegging, basert på hvilke typer oljer og teknologi som benyttes. Dette er en fremgangsmåte vi har god erfaring med fra andre prosjekter. Hvis vi får oppslutning om dette tar vi sikte på å gjennomføre eksponeringskartleggingen i.l.a. 2007, fortrinnsvis i første halvår hvis det er praktisk mulig, i nær dialog med selskapene.

Som Dere kanskje er kjent med er prosjektet igangsatt som en følge av en reportasjeserie i Dagbladet våren 2003. Denne saken er igjen nylig blitt omtalt på Dagbladet nett, som en del av en reportasjeserie om HMS-forhold i oljebransjen generelt. Denne ytre medieinteressen er noe vi erkjenner virker forstyrrende for gjennomføringen av prosjektet, og er en utfordring vi som forskningsinstitusjon gjerne skulle unnvært. Men vi arbeider grundig for å kunne håndtere disse utfordringene og har en bevisst kommunikasjonsstrategi vi følger. Det er også viktig for oss å presisere at vi forholder oss til vitenskapelig etiske normer som tilsier at vi ikke uttaler oss om forskningsresultater fra prosjekter før disse er rapportert/publisert. Følgelig uttaler vi oss kun til media om hva vi til enhver tid på et overordnet nivå gjør i prosjektet, noe vi er pålagt å gjøre som en offentlig etat. Dette er en strategi vi føler vi har lykkes godt med så langt i prosjektet og i andre aktiviteter for øvrig. Som det nasjonale forskningsinstituttet for arbeidsmiljø og –helse er det svært viktig for oss å fremstå som en ryddig, redelig og partsnøytral forskningsinstitusjon med faglig integritet.

Vi ønsker i første omgang en tilbakemelding på om dere er positive til å delta i prosjektet. Vi minner i den anledning om at prosjektet er initiert på initiativ fra arbeidsmiljømyndighetene over ekstraordinære midler. Vi står gjerne til disposisjon hvis dere skulle trenge ytterligere informasjon i saken, og håper på en tilbakemelding fra Dere innen utgangen av fredag 12. januar 2007.

Med vennlig hilsen
Statens arbeidsmiljøinstitutt

Pål Molander
Forskningsdirektør

Syvert Thorud
senioringeniør

Kopi:
Arbeids- og inkluderingsdepartementet
Petroleumstilsynet
Oljeindustriens landsforening

Adresseliste:

Statoil ASA
Forusbeen 50
4035 Stavanger
Attn: HMS-avdelingen

ExxonMobil
Postboks 60
4064 Stavanger
Attn: HMS-avdelingen

Conoco Phillips Norge
Postboks 220
4098 Tananger
Attn: HMS-avdelingen

BP Norge AS
Postboks 197 Forus
4065 Stavanger
Attn: HMS-avdelingen

Norske Shell A/S
Postboks 40
4098 Tananger
Attn: HMS-avdelingen

Norsk Hydro ASA
Sandslivn. 90
5254 Sandsli
Attn: HMS-avdelingen

Total E&P Norge AS
Postboks 168
4001 Stavanger
Attn: HMS-avdelingen

Arbeids- og inkluderingsdepartementet
Arbeidsmiljø- og sikkerhetsavdelingen
Postboks 8119 Dep
0033 Oslo

Petroleumstilsynet
Postboks 599
4003 Stavanger

Oljeindustriens landsforening
Postboks 8065
4068 Stavanger



Til de deltagende selskapene

PROTOKOLL FOR DELTAGELSE I FORSKNINGSPROSJEKTET "KARTLEGGING AV EKSPONERING FOR ORGANOFOSFATER FRA HYDRAULIKKOLJER I NORSK ARBEIDSLIV"

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) gjennomfører en eksponeringskartlegging for organofosfater som har opphav fra hydraulikk- og smøreoljer. Prosjektet er direkte finansiert fra Arbeids- og inkluderingsdepartementet (AID) som et doktorgradsprosjekt. Innledningsvis i prosjektet er det utviklet og validert analytisk metodikk (publisert i 2007) som muliggjør eksponeringsmålinger av organofosfater fra hydraulikkoljer fra luft (publikasjonen er tilgjengelig på <http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2007.05.087>).

Vi har nylig avsluttet den delen av prosjektet som har rettet seg mot luftfartsindustrien, hvor det er blitt gjennomført opp mot 900 eksponeringsmålinger knyttet til mulige eksponeringssituasjoner hos flymekanikere, stuere og flygende personell. Vår erfaring er at den utviklede metodikken er velfungerende til formålet, og at gjennomføringen av eksponeringskartleggingen har gått som forventet i godt samarbeid med bransjen. Vi er i ferd med å skrive sammen og sende inn ytterligere tre vitenskapelige artikler på bakgrunn av arbeidet så langt i prosjektet. Vi har håp om at eksponeringskartleggingen i offshoresektoren også skal resultere i én vitenskapelig publikasjon.

STAMI har på bakgrunn av det første protokollutkastet og de etterfølgende møter og kommunikasjon med alle involverte parter utarbeidet et nytt utkast for en felles prøvetakingsprotokoll. **Hvert selskap stiller med eget HMS-personale (som er kjent på installasjonen) for utførelsen av den praktiske prøvetakingen. For å sikre en harmonisering av alle målingene som skal gjøres i bransjen stiller STAMI med én person på den første dagen, eller utvalgte dager, for prøvetaking på hver installasjon så langt det er praktisk mulig, særlig i forbindelse med å identifisere stasjonære målepunkter.** STAMI dekker alle utgifter knyttet til prøvetakere og analyse av disse.

Følgende felt/installasjoner er inkludert:

1. Installasjon 1
2. Installasjon 2
3. Installasjon 3
4. Installasjon 4
5. Installasjon 5
6. Installasjon 6
7. Installasjon 7

STAMI foreslår at de samme typer målemetoder som er blitt gjennomført i luftfartsbransjen gjennomføres offshore. Følgende metoder ønskes benyttet (A - parallelle aktive luftmålinger, B - parallelle passive luftmålinger, C - insidentmålinger):

- A-1. Pumpet prøvetaking av organofosfater (OP) i luft
- A-2. Pumpet prøvetaking av oljetåke/damp (OTD) (parallelt med OP-målingene)
- A-3. Pumpet prøvetaking av flyktige organiske forbindelser (VOC) (parallelt med OP-målingene)

- B-1. Passiv wipe-prøvetaking (stasjonært): Deponering/adsorpsjon fra omgivelsene på 400 cm² ren overflate (tapet felt) i 1-2 måneder (vaskes av med kompress vætet med løsemiddel før ekstraksjon av kompress i løsemiddel)
- B-2. Passiv prøvetaking (stasjonært): Deponering/adsorpsjon fra omgivelsene på 100 cm² ren overflate (aktivert kull i form av stoffstykk) i 1-2 måneder (desorberes i løsemiddel). Plasseres nær wipe-prøvetaker.

- C-1. Utplassering av insident-prøvetakere i 6 måneder (1 sampler pr. installasjon) til bruk i turbinhall ved lekkasje eller andre insidenter. Sampleren kan enkelt aktiveres for prøvetaking i 30 minutter. Etter evt. aktivering sendes prøvetakerne til STAMI for analyse, og ny utsendelse innenfor tidsrammen på 6 måneder.

I enighet med aktørene er det blitt bestemt at det først og fremst skal måles på arbeidsoperasjoner fremfor stillingstitler/yrkeskategorier. På bakgrunn av de videre tilbakemeldingene er det satt opp generelle arbeidsoperasjoner som kan tenkes å inkludere i størst mulig grad de faktiske og aktuelle arbeidsoperasjonene på de forskjellige installasjonene. Det skal først og fremst gjøres personlig prøvetaking, med unntak av stasjonær prøvetaking i turbinhall og -hood (punkt B-1 og B-2, det presiseres at de stasjonære målingene ikke vil representere reelle personlige eksponeringsnivåer og vil fungere kun som en indikator for eventuelle punktutslipp). Det må ved hver operasjon noteres den nøyaktige arbeidsoperasjonen, samt noteres om arbeidet utføres ved varm eller kald turbin.

Det må utføres minst tre selvstendige målinger (på forskjellige personer eller på forskjellige tidspunkter) for hver arbeidsoperasjon og hvert målepunkt som det måles på.

Det er ellers viktig at én brukt og én ny oljeprøve sendes inn fra hver installasjon som referanse.

Postadresse:
Postal address:
Pb 8149 Dep.
NO-0033 Oslo, Norway

Besøksadresse:
Visiting address:
Gydas vei 8
Majorstuen

Telephone: +47 23 19 51 00
Telefax: +47 23 19 52 00
Org. nr. 874 761 222

E-mail: stami@stami.no
www.stami.no

Aktiv prøvetaking (med metoder A1-A3):

- P-1. **Tilstandskontroll av turbin.** Spesifikk arbeidsoperasjon som ser ut til å utføres på alle installasjoner, og inkluderer prøvetaking av turbinoljen.
- P-2. **Turbininspeksjon.** Spesifikk arbeidsoperasjon som ser ut til å utføres på alle installasjoner (men noe variasjon av frekvens).
- P-3. **Lekkasjesøk.** Spesifikk arbeidsoperasjon som ser ut til å utføres på alle installasjoner (men noe variasjon av frekvens).
- P-4. **Direkte håndtering av turbinolje.** En generell arbeidsoperasjon. Dette kan inkludere fylling av olje, skift av olje og rengjøring av olje.
- P-5. **Annen vedlikehold på turbin.** Spesifiseres for hver installasjon i samråd med STAMI.
- P-6. **Annen inspeksjon/vedlikehold.** Dette gjelder på annet utstyr i turbinhall mens turbiner er i drift, f.eks. arbeid som skifte av belysning i turbinhood utført av elektrikere. Spesifiseres i samråd med STAMI for hver installasjon.

Passiv prøvetaking (med metoder A1-A3 og B1-B2):

- P-7. **Stasjonære prøvetakinger i turbinhall.** Prøvetaking i 4-8 timer.
- P-8. **Stasjonære prøvetakinger i turbinhood.** Prøvetaking i 4-8 timer.

Aktiv prøvetaking (med metoder A1-A3):

- P-i. **Stikkprøver ved behov.** Det legges opp til mulighet for stikkprøver ved behov i samråd med STAMI, f.eks. for operasjoner som utføres sjelden men som skal utføres i prosjektperioden, eller der det er mulighet for å gjøre "worst case" målinger (for eksempel turbinbytte, filterskifte og "worst case" ved avluftningsventil på turbin).

Omfang av prøvetakingen

Det legges opp til at det gjennomføres 3 målinger av hver type knyttet til de personlige prøvetakingene samt 3 målinger av de stasjonære målingene. **Samlet vil disse 18 personlige, 6 stasjonære og 2 passive eksponeringsmålingene gi maksimalt 76 prøver pr. installasjon:**

- P-1 til P-6. 3 parallelle personlige målinger av OP, OTD og VOC knyttet til hver av de seks arbeidsoperasjonene (totalt 54 prøver).
- P-7. 3 parallelle stasjonære målinger av OP, OTD og VOC (totalt 9 prøver) i *turbinhall*.
- P-8. 3 parallelle stasjonære målinger av OP, OTD og VOC (totalt 9 prøver) i *turbinhood*.

- P-7, P-8. 1 wipe-prøvetaking for hvert stasjonært punkt (totalt 2 prøver)
- P-7, P-8. 1 karbonduk-prøvetaking for hvert stasjonært punkt (totalt 2 prøver)

Med tanke på disponering av utstyr er det en fordel om hovedandelen av disse eksponeringsmålingene gjennomføres i løpet av en ganske intensiv periode, eksempelvis i løpet av 1 uke pr. installasjon, men at hver installasjon som utgangspunkt beholder utstyr i en måned hver.

Vedlegg 1-9: Beskrivelse av prøvetakingen og utstyret.

Med vennlig hilsen
Statens arbeidsmiljøinstitutt

Kasper Solbu
Stipendiat

Syvert Thorud
Senioringeniør

Vedlegg 1: Prøvetaking

- **Oljetåkekassetten** og **organofosfatkassetten** (Vedlegg 2) henges i pustesonen på hver side av skulderen (Figur 1), oljetåke og ATD-rør på høyre side og organofosfat på venstre side. ATD-røret (Vedlegg 3) skal ha luftinntak i samme retning som oljetåkefilterkassetten (kan festes sammen med strips eller teip, Figur 1).



Figur 1: Venstre: Plassering av personlige prøvetakere. Høyre: Plassering av ATD-rør ved siden av oljetåkeprøvetakeren (her er det vist ved en stasjonær montering).

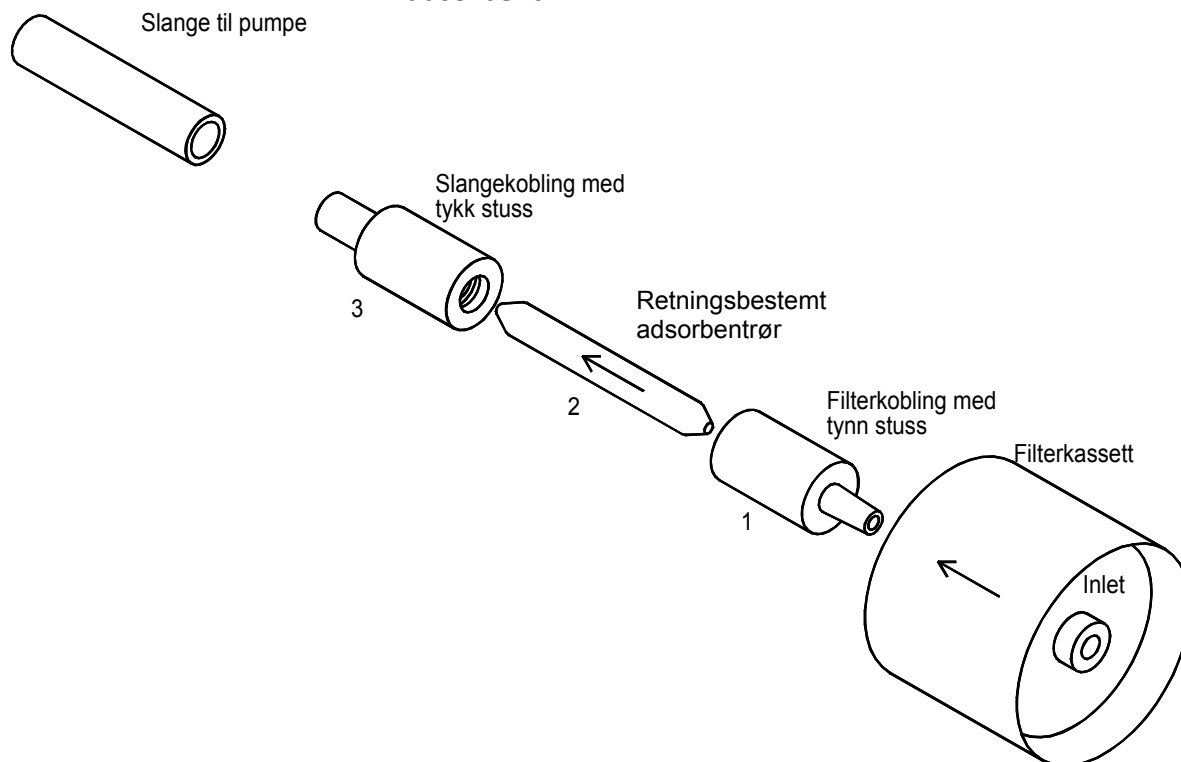
- ATD-rørene (Vedlegg 3): Skruen skrues opp (45-90 grader) og trekkes av røret (ikke demonter fullstendig slik som vist i vedlegg 3). Rillene på røret viser den siden som er luftinntak. Kobles til Pocket Pump (Vedlegg 5). Ikke skru igjen for hardt etterpå!
- STAMIs prøvetakingsskjema for organiske forbindelser skal benyttes (Vedlegg 6-7). Alle pumpenumre og kassett/adsorbentnumre må noteres i prøvetakingsskjema, for ATD-rør noteres nummeret som er gravert inn i metallet. Filterkassetten har ferdig påklistret nummer, merkelapper følger med til adsorbenttrørene. Flow på støvpumper (Vedlegg 4) må måles med rotameter før og etter arbeidsoperasjonen. La pumpen gå 1 minutt i forkant av flowmåling før prøvetakingen (OBS: viktig at dette skjer på et sted som ikke kan kontaminere prøven). Fyll ut øvrige data så fullstendig som mulig.
- Prøvetakingen ønskes å vare så lenge som mulig, men skal ikke vare lenger enn selve arbeidsoperasjonen det måles på (unngå fortykning av prøven). Konferer med STAMI om det dreier seg om mer enn 4 timer.
- For svært korte arbeidsoperasjoner (under 15 minutter) bør det undersøkes om det gjøres flere liknende operasjoner serielt som dermed kan ansees som én operasjon, slik at man får utvidet arbeidsoperasjonenes varighet.

Lagring av prøver: Alle prøver, unntatt ATD-rør, lagres så kjølig som mulig (kjøleskap/fryser) selv om prøvene i prinsippet skal tåle noen dager med lagring i romtemperatur. ATD-rør skal lagres kjølig (romtemperatur er OK) uten at det er fuktig (dvs. ikke i kjøleskap).

Lading av pumper: Etter en dags bruk må alle pumpene lades opp. Ladetiden for de fleste løsemiddel- og støvpumper som STAMI sender ut er 14 - 16 timer.

Vedlegg 2: Montering av utstyr for organofosfat- og oljetåkemålinger

Montering av prøvetakingsutstyr, filter og adsorbent



Utstyret består av filterkassett, adsorbentør (oljetåke: kullør Anasorb CSC, organofosfater: gulaktig Chromosorb 106), 2 hvite plastkoblinger, slange og pumpe. Kassett og adsorbentør skal ha samme nummer. Rekkefølgen på nummereringen bør følge rekkefølgen på målingene.

Ta av proppene på filterkassetten (organofosfatkassetter har rød kork, oljetåkekassetter har blå kork) og åpne kulløret i begge ender med glassfilen. Adsorbentøret kobles til filterkassett og pumpe slange ved bruk av plastkoblingene som vist på tegningen. Husk å sette adsorbentøret slik at pilen på røret går i luftretningen, dvs. **mot** pumpen.

Når utstyret er satt sammen, måles flow ved å koble flowmeteret i **inlet** på filterkassetten. Hold utstyret slik at kassetten og flowmeteret henger **ned**. Pumpen (Vedlegg 4) må være satt på og ha gått i ca. 1 min før avlesning av flowverdien som vises **midt på kulen** på flowmeteret. Noter flowverdien før start av prøvetakingen og ved prøvetakingens slutt. Noter også klokkeslett ved start og stopp av prøvetakingen.

Pumpen festes i beltet eller puttes i en lomme, og filterkassetten med adsorbentør festes i skjortekragen pekende **ned** så nær pustesonen som mulig. Ved frittstående plassering er det ønskelig at utstyret plasseres i en tilsvarende høyde.

Etter prøvetakingen tas delene fra hverandre igjen, proppene settes på kassetten, og de røde korkene settes på adsorbentøret (det holder at halve korklengden dekker røret).

Vedlegg 3: Automatisk termisk desorpsjon (ATD) - ATD-rør for måling av VOC

På en person må utstyret festes som vist i vedlegg om prøvetaking. Pumpen (SKC pocket pump) er på forhånd stilt inn på 50 mL/min og nøyaktig flow har blitt målt hos STAMI. Ved forsendelse til og fra må rørene være lukket med Swagelock mutter-system som vist under.



Figur 2: Rekkefølge på delene til høyre. Merk at ferrulen (det hvite midtstykke) skal ha koningen ut fra røret. Det er til vanlig IKKE nødvendig å demontere fullstendig slik som vist her.

NB! Endestykkene må presses godt på ved tilbakesendelsen, men skru **ikke for** hardt til.

NB! Ikke skriv eller bruk tape direkte på ATD-røret! Nummeret på røret må i stedet noteres ned.

NB! De to rillene i røret er på den siden som er inlet (dvs. at røret tres inn på slangen i andre enden).

Vedlegg 4: Eksplosjonssikre støvpumper - SKC standard (Teknolab)

Bruk av pumpen:

- Plastslange kobles til pumpen over et utvendig filter på høyre side
- Sett på adsorbenttrør og filterkassett i den andre enden av plastslangen. Adsorbenttrøret skal være nærmest pumpen.
- La pumpen gå ca. 1 min og mål flow med det medsendte flowmeteret. Adsorbenttrør og filterkassett må henge fritt og med luftinntaket vendt rett ned. Flowmeteret kobles til inlet på kassetten.
- Det innvendige flowmeteret i pumpen er ikke kalibrert og er bare som en indikator. Ved en reell flow på ca. 1.5 L/min viser det ca 2.
- Foran på pumpen er det en skrue merket flow. Her justeres flowverdien (den er justert på STAMI til riktig flow). Foran på pumpen er det også av/på-knapp (settes i en øvre eller nedre posisjon) i tillegg til en "hold"-knapp som kan trykkes inn uten at displayet slukkes. Displayet viser pumpetid i minutter (men viktig å notere start- og stopp-klokkeslett likevel, man kan være uheldig ved at pumpen slås av – da mister man pumpens egen tidtaking!).
- Skru på beskyttelsesdekelet for å beskytte display, av-knapp og hold-knapp mens pumpene benyttes under personlig prøvetaking.

Lading av pumpen:

- Laderen kobles til nede, bak på pumpen.
- Pumpen bør lades etter 6 timers bruk. OBS! 14-16 timers ladetid!
- Laderen plugges inn og står på til lysdioden blinker. Pumpen er da klar til bruk igjen.

Vedlegg 5: SKC pocket pump:

- Pumpen kan befinne seg i én av tre tilstander: SLEEP, HOLD eller RUN.
- **SLEEP:** Pumpen er slått helt av og displayet er mørkt
- Ved dra skyvedekselet under displayet ned, avdekker man tre taster (▲ * ▼)
- Fra **SLEEP** til **HOLD:** Trykk på hvilken som helst tast ("hold" blinker i displayet)
- Stjernetast * brukes for å bla i displayet og se på parametrene
- Fra **HOLD** til **RUN:** Trykk på begge piltastene samtidig (▲ ▼) - pumpen starter og telleverket for tid (minutter) og volum (liter) går
- Fra **RUN** til **HOLD:** Trykk på begge piltastene samtidig (▲ ▼) - pumpen stopper og "hold" blinker i displayet

Slangen kobles til det høyre tilkoblingsrøret/luftinntaket der det er to slike rør. Det venstre er luftutgangen. Pumpen på bildet har bare ett rør ("eksosen" slippes rett ut i pumpen).



Prøvetakingsskjema

Side 1

Innsendt fra:

Bedriftsnavn: _____

Referanse person: _____

Postadresse _____

Tlf: _____ Faks: _____ E-mail: _____

Bedriften hvor prøvene er tatt:

Foretaksnr: _____ Antall ansatte (ca.): _____

Bedriftsnavn: _____

Avdeling/sted: _____

Postadresse: _____

Tlf: _____ Faks: _____ E-mail: _____

Bransjebeskrivelse: _____

Analysesvar sendes : _____

Faktura sendes: _____

Prøvetaking:

Metode: _____ (kullrør, filtertype etc.)

Begrunnelse: _____
bedriftsønske, inspeksjon eller pålegg, prosjekt, rutinekontroll,
før forbedringer, etter forbedringer, annet

Ansvarlig person: _____
Navn, bedrift, tlf. og e-mail

Opplysninger til laboratoriet :

Hvilke analyser ønskes: _____

Merknader til undersøkelsen: _____

Send stoffopplysninger og datablad.

Send oljeprøve til oljetåkebestemmelser

Prøvetakings skjema for organiske forbindelser

Side 2

Prøve nr.	Dato	Personopplysninger			Åndedrettsvern ja/nei/ periodevis	Ventilasjonsingen/generell/ lokal/ lukket prosess	Personlig/ Stasjonær	Arbeidsforhold bedre/ vanlig/ verre	Arbeidsoperasjon f.eks. maling, , tapping, avfetting, etc.	Arbeidsoperasjonens varighet i timer per uke, f.eks. 37,5
		Navn	Fødselsdato	Kjønn K/M						

Flowmeter nr.:

Dos type	ID nr	Temp °C	Start kl.	Stopp kl.	Prøvetakings tid (min)	Telleverk start	Telleverk stopp	Ant. dosveksler av	Flow start	Flow stopp	Merknader	Arbeidssted f.eks. produksjonshall, lakkeringsrom, klasserom, lager etc.
Pumpe nr	Prøve nr							Luft volum				

Analyseresultater fra alle yrkeshygieniske målinger som utføres ved Statens arbeidsmiljøinstitutt lagres sammen med opplysningene oppgitt i tilhørende prøvetakings skjemaer i vårt eksponeringsregister EXPO. Derfor må prøvetakings skjemaet fylles ut fullstendig. Personopplysninger lagres anonymisert. I henhold til Lov om behandling av personopplysninger må det foreligge samtykke fra de registrerte personene på prøvetakings skjemaene. Vi ber om at de involverte blir informert ved at de får utlevert medfølgende informasjonsskriv og muntlig samtykke fra dem blir innhentet. Ta gjerne kontakt om noe er uklart, tlf 23195100/faks 23195206. På forhånd takk! ☺

Muntlig samtykke er innhentet:

 Signatur (ansvarlig for informasjon til de registrerte personene)



Prøvetakings skjema for organiske forbindelser

Side 2-7

Prøve nr.	Dato	Personopplysninger			Åndedretts vern ja/nei/ periodevis	Ventilasjons ingen/generell/ lokal/ lukket prosess	Personlig/ Stasjonær	Arbeids- forhold bedre/ vanlig/ verre	Arbeidsoperasjon f.eks. maling, , tapping, avfetting, etc.	Arbeids- operasjonens varighet i timer per uke, f.eks. 37,5
		Navn	Fødsels- dato	Kjønn K/M						
	2009	Navn og fødselsdato ved personlige prøver								
SL 07	27/5			M	nei	generell	P	vanlig	Boroskopiering ved FV (forebyggende vedlikehold)	

Flowmeter nr.: R2-507

Dos type	ID nr	Temp °C	Start kl.	Stopp kl.	Prøve takings tid (min)	Telle- verk start	Telle- verk stopp	Ant. dos- veksler av	Flow start	Flow stopp	Merknader evt. merknader	Arbeidssted f.eks. produksjonshall, lakeringsrom, klasserom, lager etc.
Pumpe nr	Prøve nr							Luft volum				
OP	132		1252	1507	134	0	134		41,5	38		M23, mellommezzanindekk,
oil	135		"	"	134	0	134		38	34		turbinhall, maskin 27 B
VOC	105		"	"	130	152	282					

Analyseresultater fra alle yrkeshygieneiske målinger som utføres ved Statens arbeidsmiljøinstitutt lagres sammen med opplysningene oppgitt i tilhørende prøvetakings skjemaer i vårt eksponeringsregister EXPO. Derfor må prøvetakings skjemaet fylles ut fullstendig. Personopplysninger lagres anonymisert. I henhold til Lov om behandling av personopplysninger må det foreligge samtykke fra de registrerte personene på prøvetakings skjemaene. Vi ber om at de involverte blir informert ved at de får utlevert medfølgende informasjonsskriv og muntlig samtykke fra dem blir innhentet. Ta gjerne kontakt om noe er uklart, tlf 23195100/faks 23195206. På forhånd takk! ☺

Muntlig samtykke er innhentet:

Signatur (ansvarlig for informasjon til de registrerte personene)

← Husk signatur!

Noter prøve type her!
 ↓ OP, oil og VOC



Til personer som bærer prøvetakingsutstyr, direktevisende måleutstyr eller avleverer biologiske prøver som skal analyseres ved Statens arbeidsmiljøinstitutt:

INFORMASJON OM ELEKTRONISK LAGRING AV YRKESHYGIENISKE MÅLEDATA VED STATENS ARBEIDSMILJØINSTITUTT

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) lagrer permanent opplysninger som står på prøvetakingskjemaene sammen med relevante analyseresultater i databasen EXPO.

Personopplysninger som blir oppgitt på prøvetakingsskjemaene (navn og fødselsdato) legges ikke inn i EXPO, men lagres i en persontabell. Persontabellen er av sikkerhetsgrunner lokalisert på en separat PC, som ikke er i nettverk. I persontabellen blir hver enkelt person tildelt et unikt nummer som blir lagt inn i EXPO og knyttet til de øvrige prøveopplysningene. Dette sikrer sporbarhet av de anonymiserte dataene. Persontabellen inneholder pr. 2003 ca. 20.000 navn.

Formålet med registreringen er å skaffe en historisk oversikt over eksponering for forurensninger i arbeidsatmosfæren hos norske arbeidstakere i ulike bransjer, til beste for myndigheter og partene i arbeidslivet.

Alle som har sine navn lagret i persontabellen, kan ved skriftlig henvendelse til STAMI få utlevert eksponeringsdata fra EXPO knyttet til sitt unike nummer i persontabellen. Enkelte har ønsket dette i forbindelse med blant annet trygderettssaker. Dersom personopplysningene ikke skulle være korrekte, kan personen kreve å få dem rettet eller slettet. Data fra EXPO knyttet til personopplysninger i persontabellen utleveres kun etter skriftlig samtykke fra den personen dataene kan knyttes til.

Anonymiserte oversikter fra EXPO, uten bedrifts- og personopplysninger, brukes i flere sammenhenger, blant annet av yrkesmedisinske klinikker som faglig grunnlag ved pasientutredninger. Slike anonymiserte oversikter etterspørres også av bedriftshelsetjenester og Arbeidstilsynet forbindelse med utarbeidelse eller etterprøving av risikovurderinger. Anonymiserte data fra EXPO kan også bli brukt i forskningssammenheng.

Det er Statens arbeidsmiljøinstitutt ved Yrkeshygienisk seksjon som har ansvaret for drift og registrering av data i basen. Det er kun én saksbehandler som kan ta data ut av basen for videre distribuerings.

Databasen har konsesjon fra Datatilsynet.



Dieseleksos i arbeidsatmosfæren i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde

Nr. 4, Årgang 13 (2012), STAMI-rapport
ISSN nr. 1502-0932





Dieseleksos i arbeidsatmosfæren i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde

Forfattere: Kasper F. Solbu, Berit Bakke, Grete Friisk og Nils Petter Skaugset

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 12. desember 2012

Serie: STAMI-rapport nr. 4, Årgang 13 (2012)

Sammendrag:

Vi har i løpet av 2011-2012 gjennomført en kartlegging av luftkonsentrasjoner av elementært karbon (EC) og nitrogendioksid (NO₂) som markører for dieseleksos på seks offshore-installasjoner, ett forsyningskip og ett landanlegg. Prøvetakingen ble gjennomført med en standard 25 mm aerosolkassett med et forglødet kvartfilter og et cellulosefilter impregnerert med natriumjodid (NaI) og etylenglykol for bestemmelse av henholdsvis EC og NO₂. I denne første studien med målinger av dieseleksos innen olje- og gassindustrien, ble det totalt samlet inn 16 personlige og 91 stasjonære dieseleksosprøver fra seks selskaper. Personlige målinger ($n=16$) viste en EC-median på 9,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min-maks <LOD-74) og NO₂-median på <LOD (min-maks <LOD-160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stasjonære målinger ($n=91$) viste en EC-median på 4,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min-maks <LOD-130) og NO₂-median på 8,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min-maks <LOD-320). Disse resultatene indikerer lave eksponeringsnivåer sammenliknet med gruve- og tunnelarbeidere.¹⁻³ Forskjell i EC-luftkonsentrasjon mellom arbeidssteder indikerer en høyere eksponering ved arbeid på helidekk og på forsyningskip enn ved de andre arbeidsstedene det ble målt ved, og bør prioriteres ved fremtidige målinger.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, eksponering, dieseleksos, elementært karbon, nitrogendioksid

Key words: Oil- and gas industry, exposure, diesel exhaust, elemental carbon, nitrogen dioxide

Innholdsfortegnelse

Forkortelser	V
Forord	VI
1. Introduksjon	1
1.1. Deseleksos	1
2. Materiale og metoder	3
2.1. Kartlegging av kilder til deseleksos.....	3
2.2. Deltakende selskaper	3
2.3. Prøvetakingsstrategi.....	3
2.4. Prøvetakings- og analysemetoder.....	4
2.4.1. Prøvetaking.....	4
2.4.2. Bestemmelse av EC.....	5
2.4.3. Bestemmelse av NO ₂	5
2.5. Dataanalyse	5
3. Resultater og diskusjon	6
3.1. Oversikt over luftkonsentrasjoner av elementært karbon og nitrogendioksid	7
3.1.1. Personlige prøver	7
3.1.2. Stasjonære målinger relatert til eksoskilder	8
3.1.3. Stasjonære målinger relatert til arbeidssted.....	10
4. Oppsummering.....	13
Referanser	14
Vedlegg.....	16
Vedlegg 1: Invitasjonsbrev	
Vedlegg 2: Protokoll for kartlegging av deseleksos-eksponering	

Forkortelser

EC	<i>Elemental carbon</i> (elementært karbon)
LOD	<i>Limit of detection</i> (deteksjonsgrense)
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
UFP	Ultrafine partikler
WHO	<i>World Health Organization</i> (Verdens Helseorganisasjon)

Førord

Denne rapporten oppsummerer resultater fra en kartlegging av dieseleksos-eksponering blant arbeidere i norsk olje- og gassindustri. Kartleggingen av eksponering for dieseleksos er gjennomført som en del av prosjektet "Eksponering for kjemikalier i olje- og gassindustrien – Dagens eksponeringsbilde". Dette prosjektet er initiert av bransjeorganisasjonene og styringsgruppen for næringens "Kjemikalieprosjekt" i dialog med Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI), som ledd i en større handlingsplan for å sette fokus på kjemisk arbeidsmiljø i den norske olje- og gassindustrien.

Takk til Syvert Thorud og Hanne Line Daae som har gitt innspill til rapporten. Deltakende selskaper og yrkeshygienikere takkes for deres interesse og for et godt samarbeid.

Oslo, 07.12.2012

1. Introduksjon

Diselelektos har lenge vært vurdert som sannsynlig kreftfremkallende for mennesker, og i juni 2012 fastslo eksperter i Verdens helseorganisasjon (WHO) at eksos fra dieseldrevne motorer er kreftfremkallende, basert på nyere forskningsdata.^{4,5} Det er funnet sammenhenger mellom eksponering for diselelektos og forekomst av lungekreft.⁶ Diselelektos bidrar også til andre helseeffekter som luftveis- og hjerte/kar-lidelser.⁷

Prosjektet "Dagens eksponeringsbilde" har tidligere systematisert eksponeringsdata som selskapene selv har samlet inn fra perioden 2007-2009.⁸ Dette datamaterialet inneholdt kun et par målinger av NO₂ hvor diselelektos var registrert som tema. Hovedmålet med denne undersøkelsen var derfor å kartlegge arbeidstakernes lufteksponering for diselelektospartikler i relevante arbeidsoperasjoner ved bruk av elementært karbon (EC) som markør for diselelektospartikler. Disse resultatene kan senere inngå som en del av et kunnskapsgrunnlag for fastsettelse av en eventuell administrativ norm for diselelektospartikler. Undersøkelsen kan også gi viktig informasjon til deltakende selskaper for vurdering av eksponering og eventuelle tiltak.

Prosjektet kan oppsummeres i følgende delmål:

- 1) Å kartlegge arbeidstakernes lufteksponering for diselelektospartikler i relevante arbeidsoperasjoner ved bruk av EC som markør for dieselpartikler
- 2) Å kartlegge nitrogendioksid (NO₂) som mulig markør for gassfasen av diselelektos
- 3) Å studere samvariasjon mellom EC og NO₂

1.1. Diselelektos⁹

Fossil diesel (heretter omtalt som "diesel") er en blanding av komponenter fra ulike produksjonsprosesser på oljeraffineriene. Kokepunktet for diesel er mellom 160 og 360 °C, og produktet inneholder i hovedsak en sammensatt blanding av hydrokarboner med en kjedelengde på mellom 12 og 22 karbonatomer. Raffineriene fjerner svovel, nitrogen og aromater fra gassoljen ved hjelp av hydrogenering og videre rensing.

Diselelektos er blitt definert som utslipp av gass og partikler etter forbrenning av diesel i en stempelmotor.¹⁰ Dette inkluderer utslipp fra dieselmotor med utstyr for etterbehandling av eksos. Forbrenning i motorer resulterer i en primær eksos som er en komplisert blanding av flere hundre ulike organiske og uorganiske forbindelser av gass og partikler.

Sammensetningen og mengden av utslipp fra dieselmotorer er avhengig av drivstoffets sammensetning og tilsetninger, motorens tilstand, driftsbetingelser (fart, belastning, temperatur) og tekniske innretninger for å overvåke og justere blandingen av diesel og luft, samt etterbehandling av eksosen (katalysatorer og partikkelfiltre) på vei gjennom eksosanlegget. Primær diselelektos endres i kontakt med atmosfæren ved for eksempel fotolyse, nitrering og oksidasjon. Stoffenes reaktivitet og

atmosfæriske forhold bestemmer hvor fort endringene skjer. Partikler i dieseleksos, delvis til forskjell fra gassfasen, kan bestå av forholdsvis stabile forbindelser med lang nedbrytningstid.

Partikkelfasen av forbindelsene frigjøres med dieseleksos og skilles generelt ut fra form og størrelse. I henhold til EPA¹¹ og annen vitenskapelig dokumentasjon defineres "fine" partikler som partikler med diameter <2.5µm (dvs. innenfor PM_{2.5}), og "ultrafine" partikler (UFP) som partikler med diameter <0.1µm.

Ved yrkesmessig eksponering for dieseleksos må det ved vurdering av risiko tas hensyn til både eksponering for gasser og partikler som finnes i eksosen. Dieseleksosens partikulære fase består av:¹⁰

- EC
- Organiske forbindelser, PAH osv.
- Små mengder av uorganiske sulfater, nitrater, metaller, og andre sporelementer.

Den ikke-partikulære fasen består av:¹⁰

- Karbondioksid (CO₂)
- Karbonmonoksid (CO)
- Nitrogenforbindelser (f.eks. NO₂)
- Svovelforbindelser (f.eks. SO₂)
- Hydrokarboner/uforbrent drivstoff

Arbeidstilsynets liste for administrative normer over forurensning i arbeidsatmosfæren¹² regulerer en del komponenter som forekommer i dieseleksos (Tabell 1).¹⁰

Tabell 1-1: Administrativ norm for komponenter i dieseleksos

CAS nummer	Stoffnavn	ppm	mg/m ³
124-38-9	Karbondioksid	5000	9000
630-08-0	Karbonmonoksid	25	29
10102-44-0	Nitrogendioksid	0,6	1,1
10102-43-9	Nitrogenoksid	25	30
	PAH	-	0,04
7446-09-5	Svoveldioksid	0,8	2

Det er vist at EC er en god markør for partikkelfasen av dieseleksos.¹³ EC er alltid til stede i dieseleksos og analysen er spesifikk for forbrenningsprodukter. I tillegg er bestemmelse av EC mer følsom enn f.eks. gravimetrisk metode. EC i arbeidsatmosfæren kan være fra andre kilder enn dieseleksos, men dette er ikke sannsynlig i olje- og gassindustrien. Det er ingen egen administrativ norm for elementært karbon i luft.

2. Materiale og metoder

2.1. Kartlegging av kilder til dieseleksos⁹

Informasjon om mulige eksoskilder og områder der personell oppholder seg hvor eksponering for eksos forekommer ble fremskaffet gjennom et arbeidsmøte hvor kompetansepersoner fra både operatørselskapene og kontraktørene deltok. Invitasjon til dette arbeidsmøtet ble sendt ut via kontaktnettet til OLF og Norsk Industri. I tillegg ble det gjennomgått dokumentasjon fra ett selskap fra 200 rapporterte hendelser hvor eksos var registrert som tema. Følgende kilder og områder ble identifisert fra denne dokumentasjonen:

- Eksoskilder: Sementenhet, brannpumpe, nød-aggregat, båter/skip, dieselaggregat fra floteller, truck, kakseanlegg og turbiner.
- Områder: Boligkvarter, kontorkonteinere/-lokaler/-moduler, lugarer, boredekk/-hytte, kontrollrom, operatørbu, habitat, kjellerdekkåpning (eng.: *moon pool*), værdekk og kranførerhus.

2.2. Deltakende selskaper

Alle selskaper som deltok på arbeidsmøtet om arbeidsoperasjoner og kilder til eksponering for dieseleksos fikk invitasjon til å delta i denne undersøkelsen.

I tillegg var det åpent for andre interesserte selskaper å melde seg på i løpet av prosjektperioden. Sju operatørselskaper, ett entreprenørselskap og ett shippingselskap takket ja til å delta i undersøkelsen. To operatørselskaper fikk imidlertid ikke gjennomført prøvetakingen på grunn av endrede planer på aktuelle installasjoner.

2.3. Prøvetakingsstrategi

Med bakgrunn i arbeidsmøtet og gjennomgang av rapporterte hendelser utarbeidet STAMI et utkast til prøvetakingsstrategi som ble sendt til høring i selskapene 30.03.2011. En endelig protokoll ble ferdigstilt 10.05.2011 og sendt ut til deltakende selskaper (Vedlegg 2). Som en del av protokollen ble det utviklet et avkrysnings skjema som skulle fylles ut etter endt prøvetaking for å samle inn informasjon om mulige faktorer som kunne tenkes å ha betydning for eksponeringsgrad. Protokollen beskrev at det skulle gjennomføres personlige målinger knyttet til arbeidsoperasjoner, men også at stasjonære målinger kunne gjennomføres i arbeidsområdet for eksponert personell eller som områdemålinger. For personlige prøver ble prøvetakeren festet på brystet i innåndingssonen, og utenfor evt. åndedrettsvern. Det var ønskelig å samle inn så mange prøver som mulig og minst tre selvstendige målinger for hver arbeidsoperasjon og for hvert område som kartlegges.

Selskapene var selv ansvarlige for gjennomføringen av prøvetakingen. STAMI bistod med prøvetakingsutstyr og analyser.

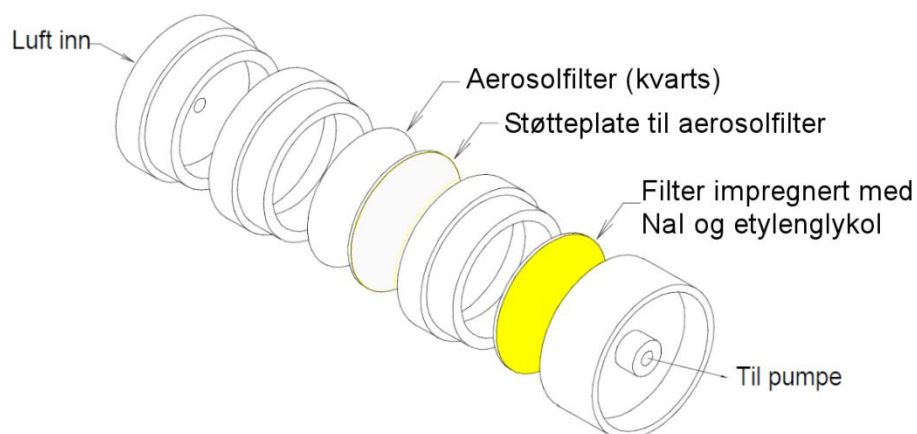
2.4. Prøvetakings- og analysemetoder

2.4.1. Prøvetaking

Den anvendte prøvetakingsmetoden baserer seg på bruk av en standard 25 mm aerosolkassett (Millipore, MA, USA) med to filtre i serie (Figur 2-1). Det første filteret består av et forglødet kvartsfiler (Pallflex Tissuequartz 2500QAT-UP, Pall Corporation, NY, USA) for oppsamling av EC,¹⁴ med et cellulosefilter som støtteplate. Det andre filteret er et cellulosefilter (Millipore) impregnert med en løsning av natriumjodid og etylenglykol.¹⁵

Det ble benyttet ATEX-sikre pumper av typen TUFF4-Pro (Casella Measurement, Bedford, UK) med en konstant lufthastighet gjennom filtrene på 2 L/min. Pumpenes lufthastighet ble på laboratoriet kontrollert opp mot et primærflowmeter av typen Defender 510 (Bios International Corp., Prairieville, LA, USA) før utsendelse av pumpene. Et kalibrert rotameter fra STAMI ble i felten benyttet for å måle lufthastigheten gjennom filtrene før og etter hver prøvetaking.

For 1 times prøvetaking ved 2 L/min og ved bruk av 25 mm filter og utstans av en filterporsjon på 1,5 cm² var deteksjonsgrensen (eng.: *limit of detection, LOD*) for EC og NO₂ på henholdsvis 4,3 µg/m³ og 19 µg/m³.



Figur 2-1: Millipore prøvetakingskassett med aerosolfilter (kvarts), støtteplate (cellulose) og impregnert filter (cellulose).

2.4.2. Bestemmelse av EC

En porsjon på 1,5 cm² av kvartfilteret ble stanset ut på et underlag av en 1×1 dm² forglødet fett- og oljefri aluminiumsfolie (Korff, Oberbipp, Sveits). Filterporsjonen ble overført til prøveholderen til den termisk-optiske analysatoren (Sunset Laboratories, Tigard, OR, USA), for påfølgende analyse som tidligere er beskrevet.^{13,16}

Som en kvalitetskontroll av responsen til analyseinstrumentet ble det benyttet ren (>99,5% GC) sukrose (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) løst i LC-MS Ultra Chromasolv[®] vann (Sigma-Aldrich). Ved hver daglig oppstart ble 10 µL av en løsning på ca. 4 mg/mL sukrose påsatt en ren, forglødet filterporsjon til analyse. Responsen til instrumentet ble kontrollert mot faktisk påsatt mengde (40 µg total karbon).

2.4.3. Bestemmelse av NO₂

De impregnerte filtrene ble overført til polypropylenrør (Prod. no. 62.554.001, Sarstedt AG & Co, Germany) og ekstrahert med 7 mL deionisert vann med bromid som internstandard.¹⁵

Konsentrasjoner av nitritt (NO₂⁻) og nitrat (NO₃⁻) i ekstraksjonsløsningen ble bestemt ved hjelp av et ICS-2100 RFIC ionekromatografisystem (Dionex, Sunnyvale, CA, USA) utstyrt med en integrert eluentgenerator (AGC-III KOH; 30 mM KOH; 1,0 mL/min), oppvarmet (35 °C) konduktivitetsscelle-detektor (DS6), 10 µL injektor og en 144-posisjons autosampler (AS-AP). Den oppvarmede (30 °C) analytiske kolonnen bestod av en IonPac AS18 (250×2 mm) og en IonPac AG18 forkolonne (50×2 mm) etterfulgt av en selvgenererende autosuppressor (ASRS 300, 2 mm). Fortynnede matrikstilpassede sertifiserte standarder fra Spectrascan[®] (Teknolab AS, Kolbotn, Norge) ble brukt som kalibreringsløsninger. Instrumentkontroll, datainnsamling og integrasjon ble utført ved hjelp av programvaren Chromeleon™ (versjon 7.1, Dionex).

2.5. Dataanalyse

Data er presentert ved sentralmål (median) og spredning (minimum (min) og maksimum (maks)). Der minimumsverdien eller medianen for EC eller NO₂ er mindre enn LOD, er dette i tabellene av praktiske årsaker blitt vist som "<LOD" siden LOD varierer avhengig av prøvetakingstid.

Boksplott (grafisk metode) er benyttet for å sammenlikne grupper (f.eks. Figur 3-3). Boksen i sentrum inneholder de 50% midterste observasjonene (nedre grense er 25%-persentil og øvre grense er 75% persentil). Streken på tvers i boksen er medianen. Utstikkere oppover og nedover angir minimums- og maksimumsverdier i datamaterialet. For å studere samvariasjon mellom luftkonsentrasjoner av EC og NO₂ ble Pearson's regresjonskoeffisient beregnet.

SPSS versjon 20.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) ble benyttet for alle statistiske analyser.

3. Resultater og diskusjon

Tabell 3-1 gir en oversikt over antall og type prøver som ble samlet inn. Det ble samlet inn totalt 107 prøver fra seks installasjoner offshore, ett forsyningsskip og ett landanlegg. Kun 15% av prøvene var personlige fordi det viste seg at eksponering i de fleste sammenhenger forbindes med arbeid i spesifikke områder, og ikke er knyttet til en gitt arbeidsoperasjon. De fleste målingene ble utført utendørs (76%).

I Tabell 3-2 er antall prøver relatert til arbeidssted. Flest prøver ble tatt på skipsdekk i sammenheng med lastning og lossing av forsyninger til installasjoner offshore. Flere prøver ble forsøkt samlet inn i forbindelse med arbeid på helidekk, men alle prøvene unntatt én gikk tapt fordi prøvetakingspumpene stoppet i løpet av prøvetakingen, trolig på grunn av de spesielle trykkforholdene som helikoptrene skaper på helidekket.

Tabell 3-1: Antall prøver fordelt på installasjoner og type prøve (personlig (P) eller stasjonær (S), og inne eller ute).

Installasjon	Type	P		S	
		inne	ute	inne	ute
A	Fast	-	-	2	21
B	Fast	2	5	0	9
C	Fast	-	-	0	8
D	Fast	-	-	4	0
E	Ankret	3	0	15	0
F	Ankret	-	-	0	11
G	Skip	0	4	0	21
H	Anlegg	0	2	-	-
Alle		5	11	21	70
Totalt				107	

Tabell 3-2: Antall personlige (P) og stasjonære (S) prøver fordelt på arbeidssted

Arbeidssted	Antall prøver		
	P	S	Totalt
Boligkvarter	-	4	4
Gangvei	-	8	8
Generatorrom	3	9	12
Helidekk	1	-	1
Krankabin	2	5	7
Laboratorium	-	6	6
Landanlegg	2	-	2
Plattformdekk	-	16	16
Rørdekk/lastedekk	2	18	20
Skipsdekk	4	21	25
Værdekk	2	4	6
Totalt	16	91	107

3.1. Oversikt over luftkonsentrasjoner av elementært karbon og nitrogendioksid

3.1.1. Personlige prøver

På grunn av få personlige prøver er alle disse prøvene angitt enkeltvis, sortert etter synkende EC-verdi og arbeidsoperasjon (Tabell 3-3).

Høyeste EC-konsentrasjoner ble målt ved mottak av helikopter ($n=1$, $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og ved lasting/lossing ($n=4$, median $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, min-maks 27-42). Alle målinger av NO_2 var lave sammenliknet med administrativ norm ($1100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Det er utført få målinger for hver arbeidsoperasjon, men forskjell i konsentrasjonsnivåer mellom arbeidsoperasjonene indikerer likevel en mulig høyere eksponering ved mottak av helikopter og lasting/lossing, og bør prioriteres ved fremtidige målinger for å fremskaffe et bedre datagrunnlag.

Prøvetakingstiden varierte mellom 9 og 185 minutter (median = 55,5).

Tabell 3-3: Oversikt over personlige prøver, sortert etter EC-konsentrasjon.

Arbeidsoperasjon	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_2 # ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tid (min)	Eksoskilde	Drivstoff
Mottak av helikopter	74	67	9	Helikopter	Jet-fuel
Matros (lasting/lossing)	42	33	185	Båt/skip	Marine gas oil
	36	54	163		
	34	29	185		
	27	44	178		
Inspeksjon i generatorrom	30	-*	22	Hovedkraft- generator	Fossil diesel
	.*	-	21		
	-	-	21		
Laste håndtering ved truckkjøring	20	160	36	Truck	Fossil diesel
	10	-	90		
	8,3	-	84		
	-	-	26		
Kjører dieseldreven N_2 -pumpe (anlegg)	3,7	-	185	Dieselaggregat	Fossil diesel
	-	-	70		
Kranføring	-	-	41	Gassturbin	Brenngass
	-	-	35		

Administrativ norm for NO_2 er $1,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ (se også Tabell 1-1)

* Mindre enn deteksjonsgrense (<LOD) er angitt med "-". LOD for EC og NO_2 var henholdsvis $4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 1 times prøvetaking ved 2 L/min.

3.1.2. Stasjonære målinger relatert til eksoskilder

Dannelse av EC kan være avhengig av type motor som genererer eksosen.¹¹ Tabell 3-4 viser en oversikt over luftkonsentrasjoner av EC og NO₂ presentert etter type eksoskilde. Prøvetakingstiden varierte mellom 17 og 444 minutter (median = 92).

De høyeste luftkonsentrasjonene av EC ble målt på skip ($n=22$, median 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, min-maks <LOD-130). Dette inkluderer de to høyeste målte EC verdiene på 130 og 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Av 91 EC-målinger var 80 lavere enn 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

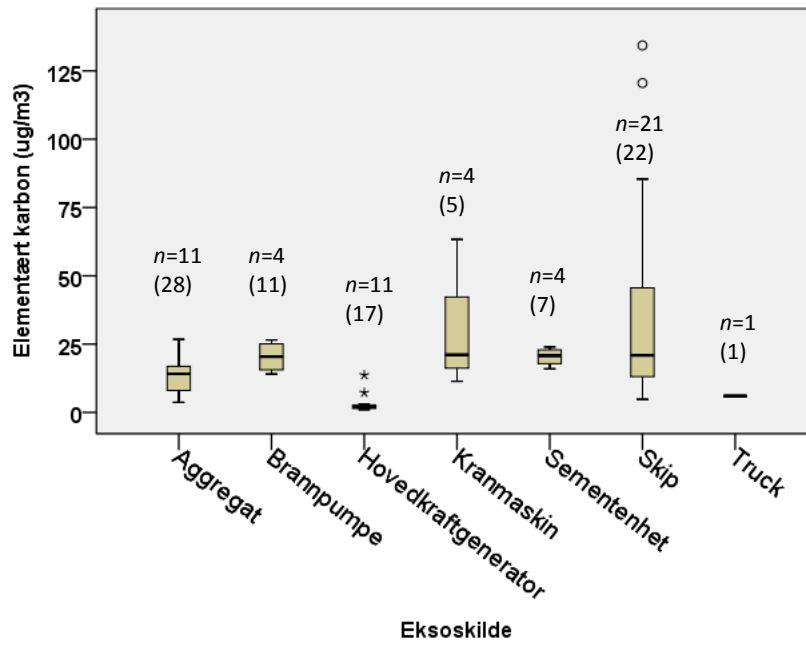
Tabell 3-4: Oversikt over stasjonære prøver relatert til eksoskilde.

Arbeidssted	EC		NO ₂		Prøvetakings- tid (min)	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Antall prøver (n)	$n >$ LOD*	$\% >$ LOD	$n >$ LOD				$\% >$ LOD
Aggregat	28	11	39	4	14	57 (17-199)	<LOD (<LOD-27)	<LOD (<LOD-320)
Brannpumpe	11	4	36	4	36	30 (20-35)	<LOD (<LOD-26)	<LOD (<LOD-43)
Hovedkraft- generator	17	11	65	13	77	270 (22-440)	1,1 (<LOD-14)	25 (<LOD-120)
Kranmaskin	5	4	80	2	40	28 (19-41)	21 (<LOD-63)	<LOD (<LOD-47)
Sement- enhet	7	4	57	4	57	27 (23-69)	16 (<LOD-24)	53 (<LOD-290)
Skip	22	21	96	21	96	179 (27-243)	20 (<LOD-130)	33 (<LOD-54)
Truck	1	1	100	0	0	92	6	<LOD
Totalt	91	56	62	48	53	92 (17-440)	4,6 (<LOD-130)	8,4 (<LOD-320)

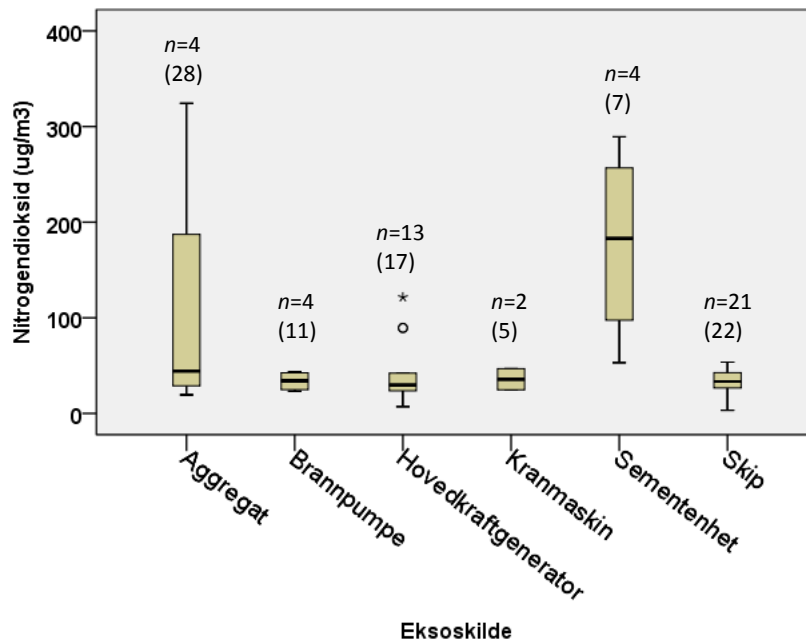
* Antall prøver større enn deteksjonsgrense (>LOD)

For NO₂ ble de høyeste luftkonsentrasjonene relatert til eksoskildene "aggregat", "sementenhet" og "hovedkraftgenerator". På grunn av få målinger per eksoskilde vil det være nødvendig med flere målinger for å gi et bedre grunnlag for sammenlikning mellom gruppene.

Figur 3-1 og 3-2 viser boksplokk over alle målinger av henholdsvis EC og NO₂ for individuelle målinger over deteksjonsgrensen.



Figur 3-1: Boksplott av konsentrasjonsnivåer for elementært karbon relatert til type eksoskilde (for 56 av 91 stasjonære målinger der EC-konsentrasjon >LOD, totalt antall prøver er angitt i parentes)



Figur 3-2: Boksplott av konsentrasjonsnivåer for NO₂ relatert til type eksoskilde (for 48 av 91 stasjonære målinger der NO₂-konstrentasjon >LOD, totalt antall prøver er angitt i parentes)

3.1.3. Stasjonære målinger relatert til arbeidssted

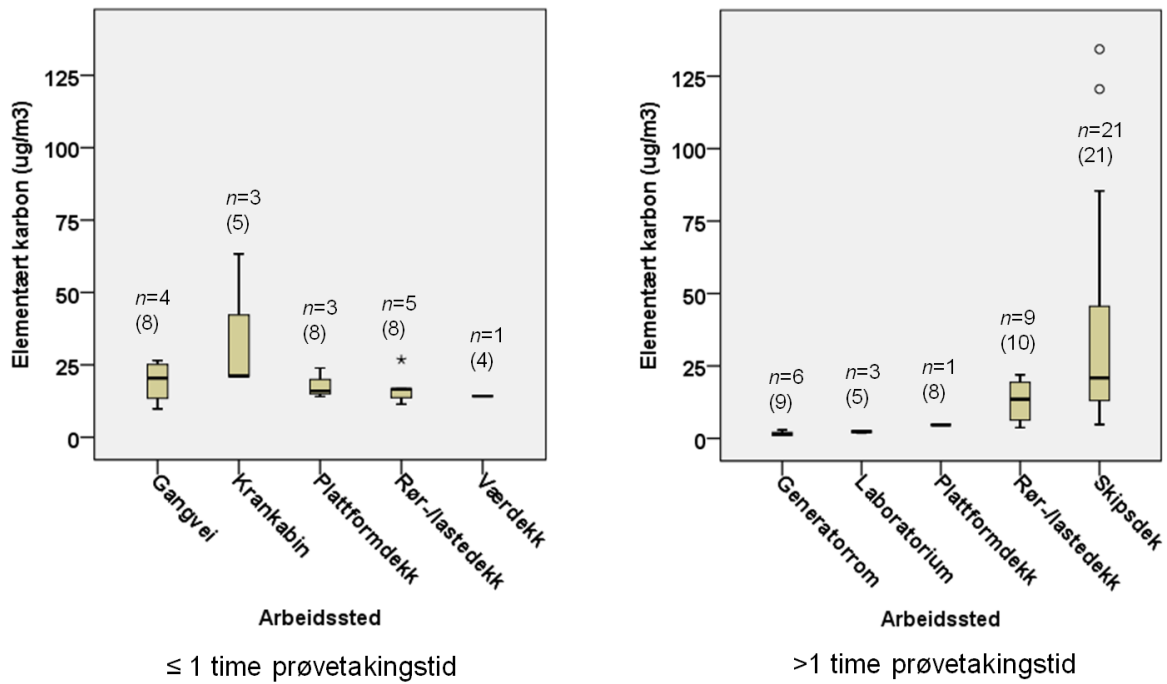
Stasjonære målinger utført på et arbeidssted vil gi kunnskap om luftkonsentrasjoner der arbeidstakere arbeider. Dersom man vet hvor lenge man oppholder seg på arbeidsstedet vil man kunne ta dette med i beregningen av eksponering gjennom et arbeidsskift (Tabell 3-4).

Tabell 3-5: Oversikt over stasjonære prøver relatert til arbeidssted.

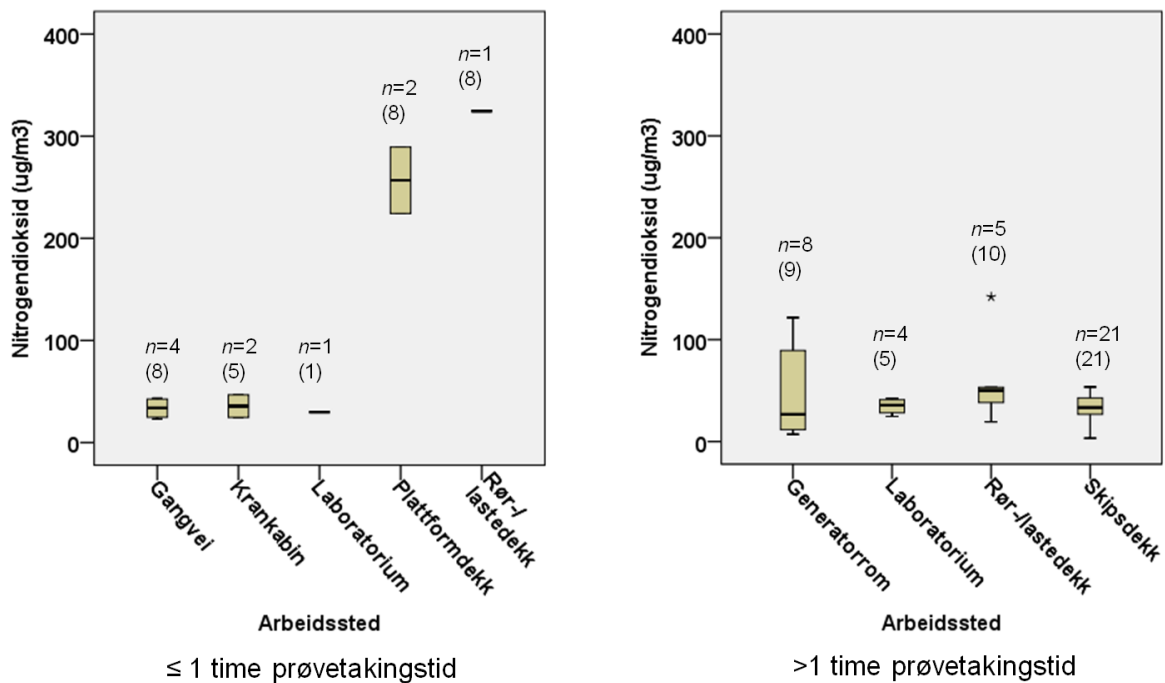
Arbeidssted	Antall prøver (n)	EC		NO ₂		Prøvetakings-tid (min) median (min-maks)	EC (µg/m ³) median (min-maks)	NO ₂ (µg/m ³) median (min-maks)
		n > LOD*	% > LOD	n > LOD	% > LOD			
Boligkvarter	4	0	0	0	0	20,5 (20-59)	<LOD	<LOD
Gangvei	8	4	50	4	50	30 (30-35)	4,9 (<LOD-26)	12 (<LOD-43)
Generatorrom	9	6	67	8	89	270 (181-440)	1,1 (<LOD-2,9)	24 (<LOD-120)
Krankabin	5	3	60	2	40	27 (19-33)	21 (<LOD-63)	<LOD (<LOD-47)
Laboratorium	6	3	50	5	83	251 (22-341)	0,90 (<LOD-2,5)	31 (<LOD-42)
Plattformdekk	16	4	25	2	13	69,5 (23-139)	<LOD (<LOD-24)	<LOD (<LOD-290)
Rør-/lastedekk	18	14	78	6	33	64 (17-199)	12 (<LOD-27)	<LOD (<LOD-320)
Skipsdekk	21	21	100	21	100	179 (126-243)	21 (4,8-130)	33 (3,3-54)
Værdekk	4	1	25	0	0	40	<LOD (<LOD-14)	<LOD
Totalt	91	56	64	48	55	92 (17-440)	4,6 (<LOD-130)	8,4 (<LOD-320)

*Antall prøver der målte konsentrasjoner for EC og NO₂ er større enn deteksjonsgrense (LOD).

Figur 3-3 og 3-4 viser bokplott av alle stasjonære målinger over deteksjonsgrensen (>LOD) relatert til arbeidssted for henholdsvis EC og NO₂. De to høyeste EC-verdiene i Figur 3-3 er målt ved skipsdekk (130 og 120 µg/m³), vist som separate punkter. Ellers er det én måling for "krankabin" (63 µg/m³) som skiller seg ut i sin gruppe. De høyeste målingene for NO₂ er målt ved rør-/lastedekk (320 µg/m³) og plattformdekk (290 µg/m³). Eksoskilden har da vært henholdsvis diesellaggregat/nød-aggregat og sementenhet.

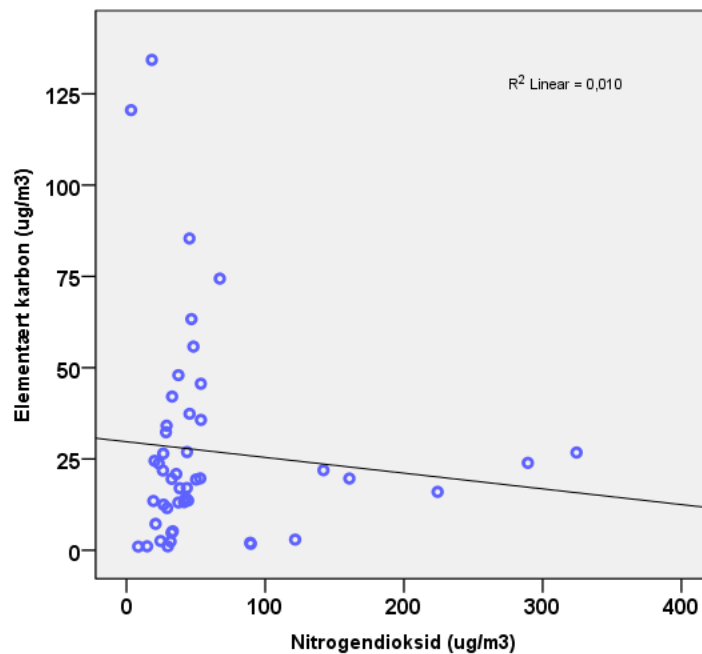


Figur 3-3: Boksplott av konsentrasjonsnivåer for EC relatert til type arbeidssted (for 56 av 91 stasjonære målinger der EC-konsentrasjon >LOD, totalt antall prøver er angitt i parentes)



Figur 3-4: Boksplott av konsentrasjonsnivåer for NO₂ relatert til type arbeidssted (for 48 av 91 stasjonære målinger der NO₂-konstrentrasjon >LOD, totalt antall prøver er angitt i parentes)

Et av målene i undersøkelsen var å studere samvariasjon mellom konsentrasjonsnivåene av EC og NO_2 . Figur 3-5 viser konsentrasjonsnivåer av EC som funksjon av NO_2 . Pearson's korrelasjon mellom målte verdier av EC og NO_2 (for de tilfeller der begge verdier var >LOD) var lav ($R=0,01$). Ut fra figuren ser det ut som det er mulig å ane to fordelinger av målingene, men vi har ikke funnet faktorer som gjør at disse to fordelingene skiller seg fra hverandre. Dataene indikerer at det er nødvendig med bruk av én markør for partikkelfasen (EC) og én markør for gassfasen (NO_2) og at det ikke er mulig å beregne den ene markøren på bakgrunn av den andre.



Figur 3-5: Konsentrasjonsnivå av elementært karbon som funksjon av konsentrasjonsnivå av NO_2 ($R=0,1$).

4. Oppsummering

Vi har i dette prosjektet kartlagt luftkonsentrasjoner av EC og NO₂ på norske offshore-installasjoner, forsyningskip og landanlegg. Personlige målinger ($n=16$) viste en EC-median på 9,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min-maks <LOD-74) og NO₂-median på <LOD (min-maks <LOD-160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stasjonære målinger ($n=91$) viste en EC-median på 4,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min-maks <LOD-130) og NO₂-median på 8,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (min-maks <LOD-320). Disse resultatene indikerer lave eksponeringsnivåer sammenliknet med gruve- og tunnelarbeidere.¹⁻³ De målte verdiene for EC der truck er oppgitt som eksoskilde ($n=4$, median 9,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ligger på nivå med eksponeringen målt hos truck-kjørere målt ved landbasert industri.³

Forskjell i EC-konsentrasjonsnivåer mellom arbeidssteder indikerer en høyere eksponering ved arbeid på helidekk og på forsyningskip enn ved de andre arbeidsstedene det ble målt ved. For NO₂-målingene var det arbeidsstedene "plattformdekk" og "rør-/lastedekk" som skilte seg ut med de høyeste konsentrasjonene. Målinger ved disse arbeidsstedene bør derfor prioriteres ved fremtidige målinger.

Referanser

- 1) J.B. Coble, P.A. Stewart, R. Vermeulen, D. Yereb, R. Stanevich, A. Blair, D.T. Silverman, and M. Attfield. The diesel exhaust in miners study: II. Exposure monitoring surveys and development of exposure groups, *Ann. Occup. Hyg.*, **2010**, 54 (7), 747-761.
- 2) B. Bakke, P. Stewart, B. Ulvestad, and W. Eduard. Dust and gas exposure in tunnel construction work, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **2001**, 62(4), 457-465.
- 3) A. Pronk, J. Coble, and P.A. Stewart. Occupational exposure to diesel engine exhaust: A literature review, *J. Expos. Sci. Environ. Epidemiol.*, **2009**, 19 (5), 443-457.
- 4) International Agency for Research on Cancer. Carcinogenicity of diesel-engine and gasoline-engine exhausts and some nitroarenes, *Lancet. Oncol.*, **2012**, 13(7), 663-664.
- 5) *Diesel Engine Exhaust Carcinogenic. (Press Release No. 213)*. International Agency for Research on Cancer, IARC web, **12.06.2012**. (http://press.iarc.fr/pr213_E.pdf)
- 6) D.T. Silverman, C.M. Samanic, J.H. Lubin, A.E. Blair, P.A. Stewart, R. Vermeulen, J.B. Coble, N. Rothman, P.L. Schleiff, W.D. Travis, R.G. Ziegler, S. Wacholder, and M.D. Attfield. The diesel exhaust in miners study: A nested case-control study of lung cancer and diesel exhaust, *J. Natl. Cancer Inst.*, **2012**, 104 (11), 855-868.
- 7) B. Brunekreef and S.T. Holgate. Air pollution and health, *Lancet*, **2002**, 360 (9341), 1233-1242.
- 8) B. Bakke, K.F. Solbu. *Systematisering av yrkeshygieniske måledata fra olje- og gassindustrien, 2007-2009*, STAMI-rapport, Rapport Nr. 9, Årgang 12, STAMI: Oslo, **2011**.
- 9) B. Bakke, K.F. Solbu, S. Thorud, M. Hersson, and H.L. Daae. *Arbeidsmøte for kartlegging av dieseleksos og eksponeringskilder i norsk olje- og gassindustri*. Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri – Dagens eksponeringsbilde, Vedlegg 1-7, STAMI: Oslo, **2012**.
- 10) Arbeidstilsynet. *Grunnlag for fastsettelse av administrativ norm for dieselpartikler (høringsutkast)*. Trondheim, **2009**.
- 11) U.S.Environmental Protection Agency (EPA). *Health Assessment Document For Diesel Engine Exhaust*, **2002**.
- 12) Arbeidstilsynet. *Administrativ norm for forurensning i arbeidsatmosfære, Best.nr. 361*. Trondheim, **2010**.
- 13) M.E. Birch and R.A. Cary. Elemental carbon-based method for occupational monitoring of particulate diesel exhaust: Methodology and exposure issues, *Analyst*, **1996**, 121 (9), 1183-1190.
- 14) M.E. Birch. Analytical instrument performance criteria: Occupational monitoring of particulate diesel exhaust by NIOSH method 5040, *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, **2002**, 17 (6), 400-405.
- 15) K.H. Hovland, Y. Thomassen, N.P. Skaugset, K. Skyberg, M. Skogstad, and B. Bakke. Characterisation of occupational exposure to air contaminants in a nitrate fertiliser production plant, *J. Environ. Monit.*, **2012**, 14 (8), 2092-2099.

- 16) NIOSH. *Diesel particulate matter (as elemental carbon)*. *Manual of Analytical Methods no. 5040*. NIOSH Manual of Analytical Methods **2003**.

Vedlegg

Vedlegg 1: Invitasjonsbrev

Vedlegg 2: Protokoll for kartlegging av dieseleksos-eksponering

Til aktører i olje- og gassindustrien

Deres/Your ref.

Vår/Our ref.

Dato/Date
10.02.2011

Vår saksbehandler/Executive officer: Berit Bakke, tel. 23 19 53 55, bba@stami.no

VEDRØRENDE DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKT "EKSPONERING FOR KJEMIKALIER I OLJE- OG GASSINDUSTRIEN- DAGENS EKSPONERINGSBILDE" – KARTLEGGING AV EKSPONERING FOR DIESELEKSOS

Oljeindustrien driver prosjektet *Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien*, som styres av en partssammensatt styringsgruppe under koordinering av Oljeindustriens landsforening (OLF). Handlingsplanen for dette prosjektet finnes her: <http://www.olf.no/kjemisk/>. Prosjektet Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien skal gi et helhetlig bilde av den nåværende og tidligere eksponeringssituasjon, beskrive og tette igjen kunnskapshull og bidra til at næringen blir bedre til å håndtere risikoene rundt kjemikalier i arbeidsmiljøet i olje- og gassektoren. Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) er blitt engasjert av dette prosjektet med tanke på å kartlegge dagens eksponeringsbilde i olje- og gassindustrien.

Prosjektet har systematisert eksponeringsdata som selskapene selv har samlet inn fra perioden 2007-2009. Til tross for tilbakemeldinger fra bransjen om at mange yrkesgrupper eksponeres for dieseleksos, inneholder datamaterialet kun et par målinger hvor dieseleksos er registrert som tema. På denne bakgrunn er det foreslått at eksponering for dieseleksos skal kartlegges i bransjen for å tette kunnskapshull på dette området.

Prosjektet hadde et arbeidsmøte med fagpersoner i bransjen 3. februar, samt et møte med yrkeshygienikernettverket 4. februar, hvor vi identifiserte kilder til dieseleksos og eksponeringssituasjoner. På bakgrunn av disse møtene ble det besluttet at vi skulle ta direkte kontakt pr. brev med hvert enkelt selskap for å komme med en offisiell henvendelse om deltagelse i kartleggingen, hvilket vi med dette gjør. Et sammendrag av arbeidsmøtet vil bli sendt ut i nær framtid og vil danne grunnlag for utarbeidelse av prøvetakingsstrategi.

Av praktiske hensyn ønsker vi at selskapenes HMS-personale/yrkeshygienikere selv skal stå for den praktiske utførelsen av prøvetakingen. STAMI dekker alle andre utgifter knyttet til prøvetakere og analyse av disse.

Vi ønsker å forholde oss til olje- og gassindustrien som en samlet bransje. Dette vil forenkle senere rapportering hvor eksponeringsdata vil bli presentert fordelt på arbeidsoperasjon snarere enn selskap e.l. Spesifikke eksponeringsdata til hvert enkelt selskap til internt bruk vil bli rapportert direkte til det enkelte selskap.

Det er viktig for oss å presisere at vi forholder oss til vitenskapelig etiske normer som tilsier at vi ikke uttaler oss om forskningsresultater fra prosjekter før disse er rapportert/publisert, og da på bedriftsanonymisert form og fortrinnsvis på bransjenivå. Følgelig er vi også tilbakeholdne med uttalelser i media underveis i prosjekter, og da evt. kun med kommentarer på overordnet nivå om hva vi til enhver tid undersøker i prosjektet, noe vi som en offentlig etat er pålagt å gjøre iht. offentlighetsloven. Som det nasjonale forskningsinstituttet for arbeidsmiljø og –helse er det svært viktig for oss å fremstå som en ryddig, redelig og partsnøytral forskningsinstitusjon.

Eventuelle spørsmål kan rettes til prosjektleder.

STAMI ser fram til videre samarbeid med næringen i dette prosjektet.

Frist for tilbakemelding om deltakelse: 1. mars 2011

Med vennlig hilsen
Statens arbeidsmiljøinstitutt

Berit Bakke
Prosjektleder

(Til deltakere)

Deres ref.

Vår ref.

Dato
2011-05-10

Vår saksbehandler: Kasper F. Solbu, 23 19 53 64, kasper.solbu@stami.no

PROTOKOLL FOR KARTLEGGING AV DIESELEKSOS-EKSPONERING, I REGI AV FORSKNINGSPROSJEKTET "EKSPONERING FOR KJEMIKALIER I OLJE- OG GASSINDUSTRIEN – DAGENS EKSPONERINGSBILDE"

Oljeindustrien driver prosjektet *Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien*, som styres av en partssammensatt styringsgruppe under koordinering av Oljeindustriens landsforening (OLF). Handlingsplanen for dette prosjektet er tilgjengelig på <http://www.olf.no/kjemisk>. Prosjektet Kjemisk arbeidsmiljø i olje- og gassindustrien skal gi et helhetlig bilde av den nåværende og tidligere eksponeringssituasjon, beskrive og tette igjen kunnskapshull og bidra til at næringen blir bedre til å håndtere risikoene rundt kjemikalier i arbeidsmiljøet i olje- og gassektoren. Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) er blitt engasjert av dette prosjektet med tanke på å kartlegge dagens eksponeringsbilde i olje- og gassindustrien.

Delprosjektet "Eksponering for kjemikalier i olje- og gassindustrien - Dagens eksponeringsbilde" har systematisert eksponeringsdata som selskapene selv har samlet inn fra perioden 2007-2009. Til tross for tilbakemeldinger fra bransjen om at mange yrkesgrupper eksponeres for dieseleksos eller annen eksos (heretter omtalt samlet som "eksos"), inneholder datamaterialet kun noen få målinger av nitrogendioksid hvor eksos er registrert som tema. På denne bakgrunn er det foreslått at eksponering for eksos skal kartlegges i bransjen for å tette kunnskapshull på dette området.

Delprosjektet hadde et arbeidsmøte med fagpersoner i bransjen 3. februar (et sammendrag er blitt sendt til deltakerne 25. mars), samt et møte med yrkeshygienikernettverket 4. februar, hvor vi identifiserte kilder til dieseleksos og eksponeringssituasjoner. På bakgrunn av disse møtene sendte STAMI ut et brev med invitasjon til deltakelse i kartleggingen (datert 09.02.2011) til alle aktuelle selskaper. Denne protokollen sendes ut til selskapene som er registrert påmeldt til eksponeringskartleggingen.

Postadresse:
Postal address:
Pb 8149 Dep.
NO-0033 Oslo, Norway

Besøksadresse:
Visiting address:
Gydas vei 8
Majorstuen

Telephone: +47 23 19 51 00
Telefax: +47 23 19 52 00
Org. nr. 874 761 222

E-mail: stami@stami.no
www.stami.no

Følgende selskaper og felt/installasjoner er inkludert (med forbehold om endringer):

1. Selskap 1
2. Selskap 2
3. Selskap 3
4. Selskap 4
5. Selskap 5
6. Selskap 6
7. Selskap 7

Generelle retningslinjer for prøvetakingen:

På bakgrunn av arbeidsmøtet om (diesel)eksos kom det frem at typen og mengde eksos avhenger av flere parametre. Det er derfor nødvendig å registrere meteorologiske data, typer av innretning og område, type drivstoff og enhet som er opphav til eksosen. For denne registreringen er det utarbeidet et **"avkrysnings skjema for prøveserie"** (Vedlegg 6) som skal fylles ut i tillegg til de vanlige prøvetakingsskjemaene (Vedlegg 4 og 5), slik at STAMI har mulighet til å vurdere de bransjespesifikke parametrene opp mot prøvetakingsresultatene. Det fylles da ut ett slikt skjema for hvert sett med målinger (dvs. målinger som er forbundet med de samme prøvetakingsforholdene, f.eks. målinger som er samlet inn ved samme sted og tidsrom).

Det skal måles på **arbeidsoperasjoner**. Det bør først og fremst utføres **personlige** målinger der personen oppholder seg i eksponeringsområdet i store deler av måletiden. Hvis personellet kun er sporadisk i eksponeringsområdet kan det i stedet henges opp stasjonære prøvetakere som plasseres i arbeidsområdet for eksponert personell (dvs. at prøvetakeren ikke skal plasseres rett inn mot eksosrør osv.). Slike stasjonære prøvetakere ønskes også plassert parallelt med evt. personlige prøvetakere for å gi informasjon om eksosnivå i det angitte området. Plasseringen (høyde og avstand til eksoskilden) må da være mest mulig relevant for personlig eksponering.

- **Pumpens luftstrøm settes til 2,0 L/min**
- **Prøvetakingstid bør generelt være minimum 15 min.¹ Ved situasjoner med mye eksos kan likevel 5 min være tilstrekkelig, men man må da ha kontroll på at f.eks. vindforholdene ikke fortynner luften akkurat ved prøvetakingen.**

¹ Foreslått administrativ norm for dieselpartikler er 0,5 mg/m³. Bruk av 25 mm filter og en luftstrøm på 2 L/min krever 13 min prøvetakingstid ved en luftkonsentrasjon av elementært karbon på 10% av normen for å kunne detekteres med analysemetoden.

Aktuelle målinger tilknyttet eksponeringskilder og -områder basert på hendelser rapportert i Synergi

Gjennomgangen av hendelser rapportert i Synergi viste at det er registrert flere eksoskilder og eksponerte områder. Det kan derfor være nyttig å se om disse funnene er aktuelle for den installasjonen det skal måles på.

- Eksoskilder rapportert i Synergi: Sementenhet, brannpumpe, nøddaggregat, båter/skip, dieselaggregat fra floteller, truck, kakseanlegg og turbiner.
- Områder der eksponering forekommer, rapportert i Synergi: Boligkvarter, kontorkonteinere/-lokaler/-moduler, lugarer, boredekk/-hytte, kontrollrom, operatørbu, habitat, kjellerdeksåpning (eng.: *moon pool*), værdekk og kranførerhus.

Omfang av prøvetakingen

STAMI ønsker å samle inn så mange prøver som mulig, men det er viktig at disse er relevante for personlig eksponering. Det bør etterstrebtes å oppnå minst tre selvstendige målinger for hver arbeidsoperasjon (personlig måling – målt på forskjellige personer eller på forskjellige tidspunkter) og for hvert område (stasjonær måling – f.eks. i samme avstand og tidspunkt, men i forskjellige retninger fra kilden) som det måles på. Ta gjerne kontakt med Kasper F. Solbu om dere ønsker å diskutere valg av område eller oppsett.

STAMI dekker alle utgifter knyttet til prøvetakere og analyse av disse.

Vedlegg 1-6: Beskrivelse av prøvetakingen, utstyr fra STAMI og prøvetakingskjema.

Med vennlig hilsen
Statens arbeidsmiljøinstitutt

Kasper F. Solbu
Prosjektmedarbeider

tlf. 23 19 53 64 / 482 30 736
kasper.solbu@stami.no

Berit Bakke
Prosjektleder

tlf. 23 19 53 35
berit.bakke@stami.no

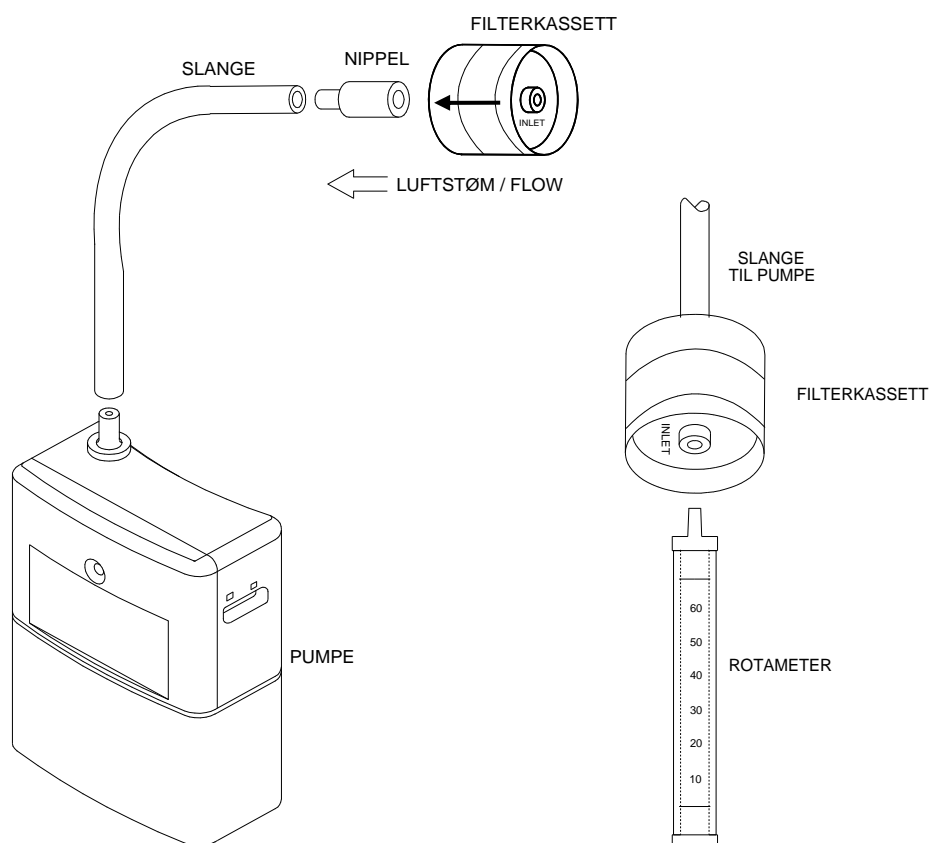
Postadresse:
Postal address:
Pb 8149 Dep.
NO-0033 Oslo, Norway

Besøksadresse:
Visiting address:
Gydas vei 8
Majorstuen

Telephone: +47 23 19 51 00
Telefax: +47 23 19 52 00
Org. nr. 874 761 222

E-mail: stami@stami.no
www.stami.no

Vedlegg 1: Montering av dieleleksomålinger og måling av pumpeluftstrøm med rotameter



Utstyret består av pumpe, slange, filterkassett og én hvit plastkobling/nippel for overgang mellom slange og filterkassett. Rekkefølgen på nummereringen bør følge rekkefølgen på målingene. Filterkassetten kobles til pumpe-slange ved bruk av nippelen som vist på tegningen. Husk å sette kassetten slik at pilen på røret går i luftretningen, dvs. **mot** pumpen.

Når utstyret er satt sammen, måles luftstrøm ved å koble rotameteret i åpningen/inlet på filterkassetten. Hold utstyret slik at kassetten og rotameteret henger **ned**. Pumpen (Vedlegg 3) må være satt på og ha gått i ca. 1 min før avlesning av rotameterverdien som vises **midt på kulen** på rotameteret. Noter rotameterverdien før start av prøvetakingen og ved prøvetakingens slutt. Noter også klokkeslett ved start og stopp av prøvetakingen. Bruk vedlagte prøvetakingsskjema og fyll også ut andre nødvendige data.

Pumpen festes i beltet, og filterkassetten festes i skjortekragen pekende **ned** så nær pustesonen som mulig. Ved frittstående plassering er det ønskelig at utstyret plasseres i en tilsvarende høyde. Hvis mulig, kontroller at luftgjennomstrømningen gjennom kassetten er konstant under prøvetakingen

Etter prøvetakingen tas delene fra hverandre igjen, proppene settes på kassetten. Eksponert kassett oppbevares i fryser (eller kjøleskap) til den returneres til STAMI.

Vedlegg 2: Prøvetaking

Filterkassetten (Vedlegg 1) henges i pustesonen på den ene siden av skulderen (Figur 1).



Figur 1: Plassering av personlige prøvetakere (vist med en annen filterkassettkobling).

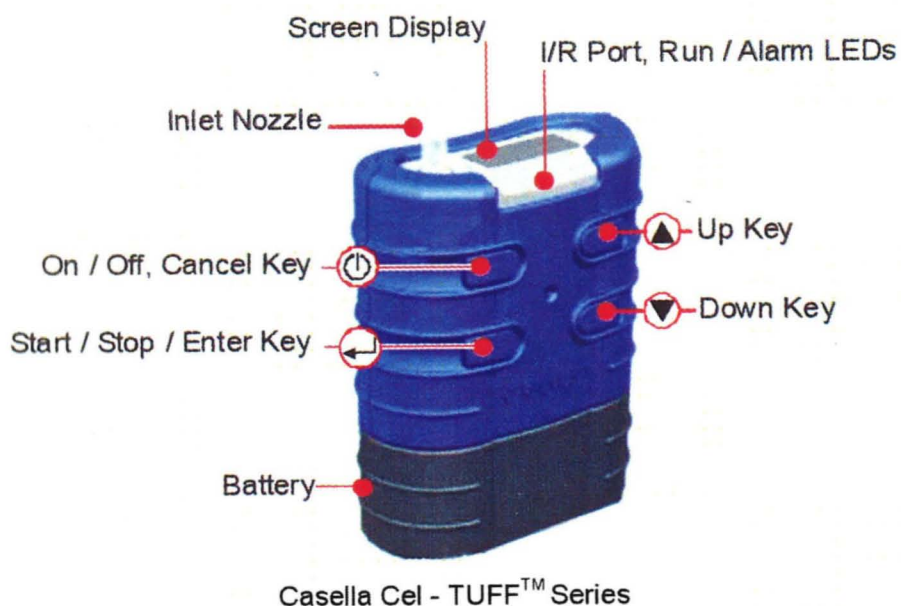
- STAMIs prøvetakingsskjema for aerosoler² og forside³ skal benyttes (**Vedlegg 4-5**). Alle pumpenumre og kassettnumre må noteres i prøvetakingsskjemaet. I avkrysnings-skjemaet (**Vedlegg 6**) noteres de tilhørende kassettnumre i feltet "Prøvenumre". Fyll ut øvrige data så fullstendig som mulig.
- Prøvetakingen ønskes å vare så lenge som mulig for å kunne oppnå lavest mulig deteksjonsgrense, men skal ikke vare lenger enn selve arbeidsoperasjonen det måles på (unngå fortykning av prøven).
- For svært korte arbeidsoperasjoner (under 15 minutter) bør det undersøkes om det gjøres flere liknende operasjoner serielt som dermed kan ansees som én operasjon, slik at man får utvidet arbeidsoperasjonenes varighet.

Lagring av filterkassetter: Alle filterkassetter lagres så kjølig som mulig (helst i fryser) både før og etter prøvetaking. I prinsippet skal prøvene tåle noen dager med lagring i romtemperatur, f.eks. ved postgang.

² <http://www.stami.no/proevetakingsskjema-for-aerosoler-del-2?iid=77113&pid=STAMI-Mote-Filer.Native-InnerFile-File>

³ <http://www.stami.no/proevetakingsskjema-del-1?iid=77103&pid=STAMI-Mote-Filer.Native-InnerFile-File>

Vedlegg 3: Lading og betjening av TUFF™ ATEX-pumper



CHARGING THE TUFF / BATTERIES



Batteri og lader skal være satt sammen slik som vist på bildet (1-3) og settes i laderen (4-5). Koble laderen deretter til strømnettet (6) slik at rød lysdiode på pumpen blinker. Ved full oppladning vil den blå lysdioden lyse og ikon for fullstendig oppladning vises i pumpens display (7). Pumpen kan bli stående i laderen for vedlikeholdsladning eller tas ut av laderen (8), for deretter å koble laderen fra strømnettet (9).

POWERING OFF

Press and hold the On / Off Key. A "countdown" will be displayed and the pump will switch off.



MAIN MENU / STARTING A RUN

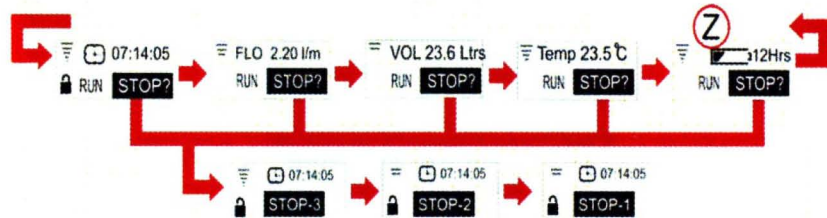
When on the Tuff pump will scroll through the Main Menu Options. The information displayed on the screens will be the saved data from the last time the pump was used. Press the ENTER key on any screen to start the pump. (Volume and Flow not displayed on Standard Model.)



RUN MODE MAIN MENU

When the pump is running it will scroll through the Run Mode Menu options and the blue led will be flashing. Current run data will be displayed. To stop the pump, press and hold the ENTER key until the countdown is complete.

Note: PRO Model, (Screen Z) is the remaining run time available based on the current flow and pressure loading. The 'Plus' model displays the % of remaining battery capacity only. Standard model only displays battery status bar and elapsed run time only. No flow rate or sampled volume are displayed.



KEY LOCKED MODES

The keys can be set in a Partial Lock Mode or a fully Locked Mode.



PARTIAL LOCK MODE

This can be activated in Stop Mode and Run Mode. Press the On/Off key three times within 3 seconds to enter Partial Lock Mode. In this mode the pump can only be started and stopped.



LOCKED MODE

This can only be activated in Run Mode. Press the On/Off key three times within 3 seconds to enter Locked Mode. In this mode all keys are disabled.

BATTERY GAUGE

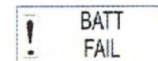


Standard models – Battery gauge shows approximate estimate of available battery capacity.

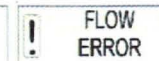
TUFF Plus Model- Here the battery status bar indicates approximate % remaining.

PRO only - This screen shows the estimated life remaining based on the current battery loading.

ERROR MESSAGES

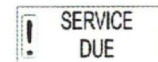


BATT FAIL



FLOW ERROR

The pump stops and an error condition is indicated by a flashing '!' and red LED. Low Battery and Flow Blockage are shown here. After 1 minute stoppage the pump will try to restart. All error messages are displayed for 4 hours before the pump turns off.



SERVICE DUE

This symbol is displayed if the Run Time exceeds 2500hrs or number of battery charge cycles exceeds 600.

STOP / RUN SYMBOLS

The symbol in the top left hand corner of the screen displays the pump mode.



Stop Symbol

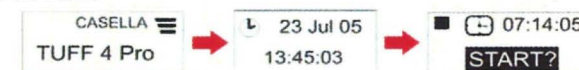


Run Symbol

POWER ON

Note: To Set Language go to Configuration.

If language is set, press the On/Off Key. The Firmware will run through the initialisation screens.



INNSENDT FRA:

Bedriftsnavn: _____

Referanse person: _____

Postadresse: _____

Tlf: _____ E-post: _____

BEDRIFTEN HVOR PRØVENE ER TATT:

Foretaksnr: _____ Næringskode: _____

Antall ansatte (kryss av): 1-4 20-49 250 og over
5-9 50-99
10-19 100-249

Bedriftsnavn: _____

Avdeling/sted: _____

Postadresse: _____

Tlf: _____ E-post: _____

ANALYSESVAR SENDES: _____

FAKTURA SENDES: _____

PRØVETAKING:

Formål (kryss av): Rutinemessig overvåking I forbindelse med tiltak
Pålegg fra Arbeidstilsynet Initial risikovurdering/stikkprøver
Forskningsprosjekt Annet

Metode: _____ (kullrør, filtertype etc.)

Ansvarlig person: _____

Navn, bedrift, tlf. og e-mail

Skal verneombud eller annen ansattrepresentant informeres om resultatene av
prøvetakingen?: Ja Nei

OPPLYSNINGER TIL LABORATORIET:

Hvilke analyser ønskes: _____

Send oljeprøve og datablad til oljetåkebestemmelser

Merknader til undersøkelsen: _____

Prøvetakingskjema for aerosoler

Ta kopi til eget bruk.

Prøve nr.	Dato	Prøve-type	Personnavn	Fødselsår	Kjønn	Nasjonalitet	Yrkestittel	Måling innenfor eller utenfor åndedrettsvern	Normal eksponeringshyppighet	Antall øvrige ansatte i bedriften med forventet tilsvarende eksponering
		Person-båret Stasjonær	(Lagres ikke elektronisk og rapporteres ikke)		M/K	1 Norsk 2 EU/EØS, Nord-Amerika og Oseania 3 Nye EU-land i Øst-Europa 4 Øst-Europa ellers 5 Asia, Afrika, Latinamerika		1 Innenfor 2 Utenfor 3 Ikke benyttet	1 Kontinuerlig 2 Mer enn halve arbeidstiden daglig 3 Mindre enn halve arbeidstiden daglig 4 Noen timer i uka 5 Noen timer i måneden 6 Sjeldnere enn noen timer i måneden	1 Ingen 2 1-4 3 5-9 4 10-19 5 20-49 6 50-99 7 Over 100

Flowmeter nr.:

Prøve nr.	Pumpe nr.	Start kl.	Stopp kl.	Prøvetakingstid min	Flow start	Flow stopp	Luftvolum	Arbeidsplass	Arbeidssted	Arbeidsoperasjon	Forhold under prøvetakingen	Merknader
					Avlest på rotameter	Avlest på rotameter	(trenger ikke oppgis - utregning gjøres hos STAMI)	Fast Ambulerende/ mobil	Innendørs Utendørs Begge deler	f.eks. TIG sveising, tapping, dreining, saging etc.	1 Mye bedre 2 Bedre 3 Normale 4 Verre 5 Mye verre	

Analyseresultater fra alle yrkeshygieniske målinger som utføres ved Statens arbeidsmiljøinstitutt lagres sammen med opplysninger oppgitt i tilhørende prøvetakingskjemaer i vår eksponeringsdatabase EXPO. Derfor må prøvetakingskjemaet fylles ut fullstendig. Personnavn lagres ikke. Ta kontakt om noe er uklart, tlf. 23195100

Prøvetaking - Avkrysnings skjema for prøveserie

Prøvenumre	<input type="text"/>	Navn på innretning	<input type="text"/>
Dato	<input type="text"/>	Intern kode/navn for dekk eller modul	<input type="text"/>
På sokkel eller land?	<input type="checkbox"/> Sokkel <input type="checkbox"/> Land	Temperatur (°C) <input type="text"/> Vindstyrke (m/s) <input type="text"/>	Dominerende vindretning (grader) <input type="text"/>

Type område <input type="checkbox"/> Boligkvarter <input type="checkbox"/> Helidekk <input type="checkbox"/> Habitat <input type="checkbox"/> Boredekk <input type="checkbox"/> Krankabin <input type="checkbox"/> Rørdekk/lastedekk <input type="checkbox"/> Arbeidskonteiner (spesifiser): <input type="checkbox"/> Annet (spesifiser):	Enhet(er) som er kilde til eksosen <input type="checkbox"/> Hovedkraftgenerator <input type="checkbox"/> Nøddaggregat <input type="checkbox"/> Dieselaggregat <input type="checkbox"/> Brannpumper <input type="checkbox"/> Steameutstyr <input type="checkbox"/> Sementenhet <input type="checkbox"/> Wireline/kabeloperasjon <input type="checkbox"/> Coil tubing/kveilerør <input type="checkbox"/> Kakshåndteringsanlegg <input type="checkbox"/> Båter <input type="checkbox"/> Helikopter <input type="checkbox"/> Kjøretøy (på land) <input type="checkbox"/> Annet (spesifiser):
Type innretning <input type="checkbox"/> Fast (inkl. jack-up) <input type="checkbox"/> Skip <input type="checkbox"/> DP (Dynamisk posisjonering) <input type="checkbox"/> Ankret <input type="checkbox"/> Turret <input type="checkbox"/> Annet (spesifiser):	Type drivstoff som er opphav til eksosen <input type="checkbox"/> Fossil diesel <input type="checkbox"/> Biodiesel <input type="checkbox"/> Fossil-/biodiesel <input type="checkbox"/> Jet-fuel <input type="checkbox"/> Bunkersolje/tungolje <input type="checkbox"/> LNG/LPG <input type="checkbox"/> Annet (spesifiser):
Innretningens funksjon <input type="checkbox"/> Produksjon <input type="checkbox"/> Boring/brønnintervensjon <input type="checkbox"/> Flotell <input type="checkbox"/> Annet (spesifiser):	

Beskrivelse og skisse av prøvetakingssted for prøvetakingsserien (bruk evt. baksiden av arket), send gjerne bilder på e-post (kasper.solbu@stami.no). Markér retning for nord.



Innkjøpte kjemikalier - gjennomgang og systematisering av Fellesdatabasen (FDB)

Nr. 6, Årgang 12 (2011), STAMI-rapport

ISSN nr. 1502-0932



INNKJØPTE KJEMIKALIER – GJENNOMGANG OG SYSTEMATISERING AV FELLESDATABASEN (FDB)

*Et dokument utarbeidet i regi av prosjektet "Eksponering for
kjemikalier i olje- og gassindustrien – Dagens eksponeringsbilde"*

Forfattere	Kasper F. Solbu, Helge Johnsen, Syvert Thorud, Merete Hersson, Hanne Line Daae, Berit Bakke
Prosjektleder	Berit Bakke
Dato	13. april 2011
Serie	STAMI-rapport nr. 6, Årgang 12 (2011)

Sammendrag:

Fellesdatabasen (FDB) er systematisert og gruppert i en Access-database (ADB) ut fra stoffenes iboende egenskaper basert på R-setninger for stoffer og produkter, etter en spesifisert spørring om uttrekk fra Oracle-databasen som er driftet av Bureau Veritas. Et skåringssystem er opprettet med utgangspunkt fra et annet system kalt "European Union Risk Ranking Method" (EURAM), som blant annet er benyttet av European Trade Union Confederation (ETUC). Skåringssystemet gir poeng basert på ulike typer helsefare der kreftfremkallende, mutagene og reproduksjonsskadelige effekter får høyest poeng, og rangerer henholdsvis stoffer og produkter etter iboende egenskaper for helsefare. I tillegg er det for den rangerte listen over stoffer også merket av for evt. treff i andre kjemikalielister som andre organisasjoner står bak, og som har vurdert stoffer utover bare de iboende egenskapene ved f.eks. å inkludere produksjonsvolum eller skadevirkning til det ytre miljø. Fordi informasjon om bruksvolumer og bruksområder ikke er tilgjengelig i FDB er det i den resulterende databasetabellen opprettet felter (kolonner) med plass til å registrere slike opplysninger. Dermed kan hver enkelt bedrift ved å fylle inn slik informasjon få et svært godt verktøy for å peke ut produkter og arbeidsoppgaver som er mest aktuelle for videre risikovurdering. Dette er basert på å identifisere de stoffene og produktene som skårer høyest (og dermed identifisert med høyest helsefare) og som også er i utbredt bruk. Imidlertid er det oppdaget enkelte feil og mangler med FDB i løpet av systemiseringsarbeidet som også er blitt beskrevet i denne rapporten. Vesentlige mangler ved de registrerte R-setningene kan derfor vise seg å gjøre FDB mindre verdifullt til bruk av det utviklede rangeringsverktøyet.

Stikkord: Olje- og gassindustrien, produkter, stoffer, kjemikalier, risikosetninger, kjemikalierangering, substitusjon

Key words: Oil- and gas industry, products, substances, chemicals, hazard phrases, ranking of chemicals, substitution

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	III
Forkortelser	V
1. Introduksjon og mål	1
2. Fellesdatabasen (FDB)	2
2.1. Eksisterende kjemikalielister	2
2.2. Innledende databaseutforming.....	3
3. Metoder og resultater	5
3.1. Kategorisering av stoffer og produkter: Klassifisering etter Klass.Merk./CLP forskriftene.....	5
3.2. Systematisering og rangering av stoffer og produkter.....	5
4. Momenter som kan føre til feil i systematiseringen av ADB-uttrekket	7
4.1. Forskjellige stoffnavn	7
4.2. Feil med CAS-numre	7
4.3. Feil med produktnavn	7
4.4. Forskjellige helseklassifiseringer	7
4.5. Feil med registrering av R-setninger	7
5. Konklusjon	9
6. Figurer og tabeller	10
Figur 1 - Klassifisering og merking av stoffer og stoffblandinger	10
Figur 2 - Fordeling av unike produkter i ADB-uttrekket (uten laboratoriekjemikalier).....	11
Figur 3 - Fordeling av unike stoffer i ADB-uttrekket (uten laboratoriekjemikalier)	11
Tabell 1 - Gruppering og fordeling av stoffer og produkter, klassifisering og skåring	12
Tabell 2 - Stoffer (CAS-numre) rangert etter totalskår basert på R-setninger	13
Tabell 3 - Produkter rangert etter totalskår basert på R-setninger	16
Tabell 4 - Oversikt over stoffene på REACH' kandidatliste som også finnes i FDB	19
Tabell 5 - Stoffer med mer enn én gruppe av R-setninger (uttrekk fra februar 2011)	20
Tabell 6 – Totalskår for stoffer og forskjell mellom uttrekkene fra 2011 og 2010	21
Tabell 7 – Totalskår for produkter og forskjell mellom uttrekkene fra 2011 og 2010.....	22

Forkortelser

ADB	Accessdatabase
BV	Bureau Veritas
ChemSec	Chemical Secretariat
CLP	Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures
ECB	European Chemicals Bureau
ECHA	European Chemicals Agency
EHSs	Extremely Hazardous Substances
ETUC	European Trade Union Confederation
EURAM	European Union Risk Ranking Method
FDB	Fellesdatabasen
HVPC	High Production Volume Chemicals
PBT	Persistent, Bioaccumulative and Toxic
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical Substances
SIN	Substitute It Now
SVHC	Substances with Very High Concern
TC NES	Technical Committee of New and Existing Chemicals
USEPA	United States Environmental Protection Agency
vBvP	very Bioaccumulative, very Persistent

1. Introduksjon og mål

Formålet med arbeidet bak denne rapporten er å identifisere aktuelle kjemikalier benyttet i olje- og gassindustrien som kan tenkes å utgjøre en helserisiko for arbeidstakerne. Dette vil kunne brukes av virksomhetene til å risikovurdere de identifiserte helse- og miljøfarlige stoffene for mulig substitusjon eller reduksjon, i henhold til substitusjonsplikten. Informasjon om kjøpte kjemikalier som er registrert i Fellesdatabasen (FDB) per 08.03.2010 er derfor blitt gjennomgått og systematisert. Flere produserte kjemikalier (råolje, kondensat og gass) er dessuten registrert i FDB og er også behandlet sammen med de kjøpte kjemikaliene. FDB eies av Statoil, ConocoPhillips, Exxon Mobil, Transocean, Aker Solutions og Teekay, og ansees derfor å være representativ som dokumentasjon på slike kjemikalier for hele olje- og gassindustrien i Norge.

2. Fellesdatabasen (FDB)

FDB er bygget opp ved at de ulike aktørene og eierne av databasen legger inn informasjon om sine respektive innkjøpte kjemikalier. Hver aktør har kun tilgang til sine egne registreringer. Type informasjon som legges inn er i henhold til sikkerhetsdatablad for kjemikalier. Blant informasjonen registreres også faremerking og risikosestimeringer knyttet til de aktuelle stoffene. Informasjon om type bruk og bruksvolum har ikke vært tilgjengelig og det har derfor ikke vært mulig å legge inn estimater for eksponeringer basert på volum og bruk i dette systematiseringsarbeidet. Følgelig har kun den registrerte informasjonen om helsefare og risiko (stoffets iboende egenskaper) dannet grunnlaget for systematiseringen.

2.1. Eksisterende kjemikalielister

Flere lister over risikable og helseskadelige kjemikalier har blitt utviklet med forskjellige formål, men alle inneholder substanser som vurderes på grunn av deres negative virkninger på menneskelig helse og/eller ytre miljø. Disse listene har som hensikt å danne grunnlaget for prioritering av stoffene det er uttrykt mest bekymring for ("verstingene") med tanke på tiltak rettet mot sikkerhet for helse og miljø:

- *SVHC* (Substances with Very High Concern)-liste fra ECHA
- *PBT* (Persistent, Bioaccumulative and Toxic)- og *vBvP* (very Bioaccumulative, very Persistent)-lister fra EU
- *Trade Union priority list for REACH authorisation* fra ETUC
- *EHSs* (Extremely Hazardous Substances)-liste fra USEPA
- *SIN* (Substitute It Now)-liste fra ChemSec

Både statlige myndigheter, arbeidstakerorganisasjoner samt industrien selv står bak disse viktige listene. European Chemicals Agency (ECHA), med hovedsete i Helsinki, er kjemikaliebyrået til Den Europeiske Union (EU) og er satt til å etablere og administrere kjemikaliesystemet **Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances (REACH)**. Godkjenningsordningen i EU, ved REACH, skal sørge for at risikoen knyttet til svært helse- og miljøskadelige kjemiske stoffer er under tilstrekkelig kontroll. Ordningen vil bidra til at slike stoffer etter hvert blir erstattet av mindre skadelige stoffer eller alternative teknologier når det økonomisk og teknisk er mulig. ECHA har derfor satt sammen en omfattende liste over substanser som alle tilfredsstiller kravene EU har satt for å inkluderes i lister over kjemikalier som krever autorisasjon og eventuelt restriksjoner for bruk. SVHC er denne første sorteringslisten og inneholder 478 stoffer.

PBT-listen inneholder stoffer som er persistente (langsomt nedbrytbare), bioakkumulerende (lagres i levende vev) og toksiske (giftige). Disse stoffene utgjør en særlig utfordring når det gjelder å etablere såkalte "sikre" nivåer av disse i miljøet. PBT-stoffene ble tidligere identifisert av Technical Committee of New and Existing Chemicals (TC NES) i EUs kjemikaliebyrå (ECB), mens innenfor nåværende REACH system identifiseres de på bakgrunn av de detaljerte kriteriene i REACH-forordningens vedlegg XIII. I tillegg til PBT inkluderes gjerne en gruppe stoffer som identifiseres som vPvB (very Persistent and very Bioaccumulative). Listen som er brukt i denne sammenheng inkluderer ikke vPvB-stoffene.

European Trade Union Confederation (ETUC) er en stor fellesorganisering av 82 arbeidstaker-organisasjoner i 36 ulike europeiske land. De har som mål å arbeide for best mulig sikkerhet på arbeidsplassene, inkludert kjemikaliesikkerhet. ETUC har laget en alternativ liste over risikable og helsefarlige kjemikalier, i den hensikt å kunne bistå ulike myndigheters samt ECHAs prioritering av "versting"-stoffene. ETUCs liste inneholder 305 stoffer som de betrakter som farlige stoffer.

I USA har deres nasjonale Environmental Protection Agency (USEPA) også utviklet en liste over farlige kjemikalier (EHSs).

SIN er en liste som inneholder 365 kjemikalier utviklet av organisasjonen International Chemical Secretariat (ChemSec). Denne organisasjonen er en ikke-kommersiell organisasjon som har som viktigste formål å sette søkelys på farlige kjemikalier og å øve innflytelse og press på myndigheters prosesser som omhandler sikker kjemikaliehåndtering. De har spesielt fokus på å erstatte farlige kjemikalier med ufarlige eller mindre farlige kjemikalier. ChemSec er en interesseorganisasjon med sammenslutning av mange ulike industrier samt ulike ikke-statlige organisasjoner.

Listene fra ECHA og ETUC er begge ment som en prioritert og rangert førstegangssortert liste som kan benyttes til å plukke kandidater til REACH' regulering ved autorisasjon eller begrensninger av bruk. Egenskaper som vektlegges ved rangering er stoffenes:

- Iboende helseskadelige egenskaper
- Volum på produksjon/omsetning av stoffet
- Eksponering for stoffet i arbeidsmiljø
- Eksponering av forbrukere
- Eksponering til det ytre miljø
- Hvorvidt stoffet brukes i utstrakt grad

2.2. Innledende databaseutforming

I arbeidet med gjennomgangen av innkjøpte kjemikalier fikk STAMI innledningsvis direkte tilgang til FDB via en IP-adresse med tildelt brukernavn og passord. Imidlertid måtte informasjonen om produkter og stoffer leses på databladene i pdf-format, og videre systematiseringsarbeid basert på nettilgangen virket derfor ikke hensiktsmessig. Bureau Veritas (BV), som drifter FDB som en del av en stor Oracle database, ble i stedet involvert for å hente ut spørringer fra BV-databasen spesifisert av STAMI. I prosessen med å behandle utfallet av spørringene ble STAMI bedre kjent med muligheter og begrensninger med databasen, og nye spørringer måtte sendes BV for å få tilpasset uttrekket til nye måter å behandle opplysningene på. Totalt fire forskjellige spørringer ble sendt til BV, og det siste uttrekket ble levert 8. mars 2010 til STAMI som tabellformat i en Access-database. Resultatene presentert i denne rapporten er således basert på innholdet i FDB denne datoen. Rapporten skiller ellers mellom omtale av den opprinnelige Fellesdatabasen (FDB) og behandlingen av Accessdatabase (ADB)-uttrekket som ble levert til STAMI.

ADB-uttrekket hadde følgende opplysninger:

- Stoffnavn og tilhørende CAS-nr.
- Øvre og nedre grense (innhold i %)
- Produktnavn
- Leverandørnavn
- Helsemerking (iboende egenskaper)
- R-setninger for stoffer og produkter (iboende egenskaper)

Det siste ADB-uttrekket inneholdt 17.770 linjer/poster, der hvert produkt er oppført én gang for hvert stoff som er registrert i databladet for det produktet. Det var i tillegg vedtatt i styringsgruppen for prosjektet at laboratoriekjemikalier skulle elimineres fra ADB-uttrekket fordi eksponering for disse kjemikaliene er betydelig begrenset på grunn av lave volumer i tillegg til at bruksområdet primært er i avtrekkskap. Laboratoriekjemikalier ble identifisert basert på en liste oversendt fra Statoils kjemikaliesenter over produsenter som ble ansett som leverandører utelukkende av laboratoriekjemikalier:

- Chiron AS
- VWR
- Sigma-Aldrich
- Merck KGaA
- HACH Lange
- Institutt for energiteknikk (IFE)

Tabellen over stoffer og produkter (uten laboratoriekjemikalier) i ADB-uttrekket inneholdt da 15.322 linjer/poster, derav inkludert 5.564 unike produktnavn og 1.942 unike CAS-nr. (tilsvarende unike stoffer).

3. Metoder og resultater

Det er viktig å være klar over at denne systematiseringen av ADB-uttrekket er gjort kun basert på de opplysningene som er tilgjengeliggjort for dette arbeidet, dvs. stoffenes iboende egenskaper ved helsefaremerking og R-setninger. Viktige opplysninger som mengde, bruksmåter, bruksområder og omfang er vesentlige for å kunne utføre en fullstendig risikovurdering.

3.1. Kategorisering av stoffer og produkter: Klassifisering etter Klass.Merk./CLP¹ forskriftene (Figur 1-3):

Flere av produktene og stoffene har mer enn én helsefaremerking slik at det totale antallet med helsefareklassifiseringer er høyere enn antall stoffer/produkter. For å oppnå at hvert stoff eller produkt registreres kun én gang (unik plassering), er det derfor gjort en sortering basert på høyeste faregrad slik det er vist i Figur 1. Den resulterende inndelingen av unike oppføringer av helsefareklassifisering er vist i Figur 2 (produkter) og Figur 3 (stoffer).

3.2. Systematisering og rangering av stoffer og produkter: Klassifisering av helseskadelige egenskaper etter risikosestninger (R-setninger)

Stoffene og produktene er blitt systematisert og rangert etter deres helseskadelige egenskaper beskrevet ved de respektive angitte risikosestninger (R-setninger). R-setningene gir da anledning til å gruppere stoffene og produktene med vekt på de ulike effektene et stoff eller produkt (basert på stoffene i produktet) har. For å kunne vektlegge og rangere, samt prioritere stoffer og produkter det kan være nødvendig å sette inn tiltak for, er det laget et skåringssystem som rangerer stoffene etter deres iboende helseskadelige egenskaper beskrevet med R-setninger. Dette er gjort for å kunne prioritere stoffene med tanke på tiltak som kan redusere bruk og omsetning av de mest helseskadelige stoffene. De ulike effektgruppene (grupper av R-setninger) gis en skår etter alvorligheten av den aktuelle effekt. Skårene for alle effektene summeres, og stoffer med flere effekter skårer derfor høyere. Skalaen som brukes strekker seg fra 1 som laveste skår til 10 som den høyeste.

Tabell 1 viser grupperingen av de forskjellige R-setningene med et gruppenummer og gruppenavn. Det er videre angitt hvilke R-setninger som tilhører hver gruppe, antall stoffer og produkter som er registrert med R-setning tilhørende gruppen og tilhørende skår. Skåringssystemet som er benyttet i dette arbeidet, er basert på "European Union Risk Ranking Method" (EURAM),² som opprinnelig ble etablert for rangering av høyvolum-produserte kjemikalier (HPVC). ETUC-listen baserer seg også på samme EURAM, men ETUC inkluderer i tillegg PBT (Persistent, Bioaccumulation, Toxic) og endokrin-aktive stoffer, og gir disse relativt høy skår fordi disse stoffgruppene er høyt prioritert i REACH som SVHC. I denne sammenstillingen av FDB er det imidlertid ikke gitt skår for PBT eller endokrin-aktive stoffer. For informasjon og hjelp til å identifisere stoffer som har høy prioritet i andre sammenhenger (lister), så inkluderer denne sammenstillingen eventuell forekomst av stoffet i PBT-listen slik den forekommer i ECBs database, i REACH' første sorteringsliste for SVHC, samt i SIN-listen. ETUC listen

¹ Klass.merk./CLP: Klassifisering og merking (Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures)

² Bjørn G. Hansen et al., Priority setting for existing chemicals: European Union risk ranking method, *Environ. toxicol. chem.*, **1999**, 18(4), 772-779.

er ikke inkludert, delvis på grunn av databasetekniske årsaker, men også fordi de fleste stoffene i ETUC listen også er inkludert i REACH' omfattende SVHC første sorteringsliste.

Tabell 2 og Tabell 3 viser henholdsvis de 100 første stoffene (CAS-nr.) og de 100 første produktene, sortert etter høyest skår. For stoffene er det også angitt treff i SIN-, PBT- og SVHC-listene. Tabell 3 har dessuten tre åpne felter som forslag på hvordan det enkelte selskap har anledning til eventuell utfylling av bruksmengde (volum eller masse), bruksmåte (arbeidsoperasjon) og bruksfrekvens (antall dager) for videre bruk i en risikovurdering.

Godkjenningsordningen i EU, ved REACH, som skal sørge for at risikoen knyttet til svært helse- og miljøskadelige kjemiske stoffer er under tilstrekkelig kontroll, har til nå (13. april 2011, utskrift fra 15. desember 2010) valgt ut til sammen 46 stoffer til godkjenningsordningen (Annex IV). Denne listen blir gjerne kalt "Kandidatlisten", og disse stoffene har blitt ilagt spesiell oppmerksomhet i REACH. Tabell 4 viser en oversikt over de stoffene på REACH' kandidatliste (med begrunnelse for inkludering på listen) som også finnes i FDB. Antall produkter i FDB som inneholder disse stoffene er også vist i tabellen.

4. Momenter som kan føre til feil i systematiseringen av ADB-uttrekket

Det er viktig å være oppmerksom på at enkelte feil i oppføringene har ført til flere unike oppføringer av CAS-nummer og produktnavn enn det som er reelt. Det er imidlertid ikke STAMIs oppgave å utføre vedlikehold og kvalitetssikring av FDB. STAMI har derfor i utgangspunktet kun forholdt seg til dataoppføringene slik de er utlevert, og det er ikke gjort en videre kontroll for å finne flere slike feil basert på ADB-uttrekket. Likevel, erfaringer fra STAMIs arbeid med ADB-uttrekket som har avdekket feil og mangler vil her bli beskrevet, spesielt med tanke på de registrerte R-setningene. Disse erfaringene kan være nyttige for de som evt. skal utføre videre kvalitetssikring og opprydning i FDB.

4.1. Forskjellige stoffnavn

Fordi oppføringen av flere stoffnavn i ADB-uttrekket ikke er unike, f.eks. på grunn av engelske og norske navn i tillegg til handelsnavn og kjemiske navn, var det nødvendig å utarbeide en egen liste over CAS-nr. og tilhørende navn. STAMI sendte derfor en liste over alle CAS-nr. i ADB-uttrekket til KLIF som koblet til alle tilgjengelige navn. Imidlertid var 363 av stoffene ikke oppført med navn i listen til KLIF, og disse ble hentet ut fra ADB-uttrekket igjen og dobbeltoppføringer ble manuelt luket ut. Denne nye og kombinerte listen ble benyttet til å koble alle CAS-nr. til kjemiske navn og sikret unike stoffnavn for spørringsutføringene i ADB-uttrekket.

4.2. Feil med CAS-numre

Det ble oppdaget minst ett CAS-nr. som var feil og som i stedet var oppført med EC-nr (aceton med CAS-nr. 67-64-1 hadde én oppføring med CAS-nr. 200-662-2). For et annet CAS-nr. ble det oppdaget et mellomrom i forkant av CAS-nr. Begge disse feilene oppfattes i Access-databasen som unike CAS-nr. I tillegg var det 48 oppføringer med én eller flere nuller i forkant av CAS-nr. hvilket også gir feil i oversikt over unike CAS-nr., men dette ble imidlertid rettet opp i manuelt i ADB-uttrekket.

4.3. Feil med produktnavn

To konkrete eksempler på feil var " KARBONDIOKSID BULK" som stod oppført med mellomrom først (og listes dermed feil), samt produktnavnet "***AIC SILICONE 500CS" som er oppført med to stjernetegn først i navnet. Flere feil med produktnavn kan derfor ikke utelukkes.

4.4. Forskjellige helseklassifiseringer

Flere stoffer (CAS-nr.) og produkter i postene i ADB-uttrekket er blitt merket med forskjellige helseklassifiseringer slik at ett stoff/produkt kan ha mer enn én oppføring på helsefareklassifisering. Dette resulterer i at disse stoffene/produktene blir talt mer enn én gang. F.eks. er det registrert 1.942 unike CAS-nr., men antall unike poster for CAS-nr. øker til 2 361 når helsefareklassifiseringen inkluderes i databasespørringen. Tilsvarende er det registrert 5 565 unike produktnavn, men antall unike poster i ADB-uttrekket er 5 573 når helsefareklassifisering inkluderes i databasespørringen.

4.5. Feil med registrering av R-setninger

Feltet for R-setninger i ADB-uttrekket fra 8. mars 2010 er en sammenslåing av alle multiple oppføringer som finnes i FDB for hvert enkelt CAS-nr. Fordi hvert CAS-nr. er blitt registrert flere ganger når det er ingrediens i flere produkter, vil dermed feil registrering av R-setning påvirke

sluttresultatet for skåringssystemet basert på ADB-uttrekket slik at flere stoffer (CAS-nr.) vil få en kunstig forhøyet skår. Dette er f.eks. spesielt tydelig for stoffet "vann" som har oppnådd en høy skår men som ikke skal være tilknyttet noen R-setninger (dvs. totalskår=0), bl.a. fordi stoffet "kaliumhydroksifluorborat" feilaktig var registrert med CAS-nr. til vann. I tillegg var det i ADB-uttrekket inkludert oppføringer fra flere stoffer i FDB som ikke lenger var i bruk, og som dermed har bidratt til den totale sammensetning av R-setninger for hvert stoff (CAS-nr.). STAMI fikk derfor et nytt uttrekk fra FDB datert 9. februar 2011 der R-setninger var holdt isolert til hver enkelt oppføring av CAS-nr. Dette viste at 482 CAS-nr. hadde 2-21 forskjellige registreringer av R-setninger (Tabell 5 viser utdrag av de CAS-nr. med 7-21 forskjellige oppføringer av R-setninger), mens 2222 oppføringer hadde kun én eller ingen registrering av R-setninger. Hvert CAS-nr. skal i prinsippet bare stå oppført med én kombinasjon av R-setninger, men står likevel med mer enn én oppføring for nesten 20% av stoffene, trolig enten pga. feil i selve produktdatabladene eller feil i forbindelse med registrering av data i FDB. Det er derfor tydelig behov for en opprydning og kvalitetssikring av de grupper av R-setninger for stoffer til de registrerte produktene, evt. justering av produktdatabladene.

Uttrekket fra 2011 inneholdt færre registrerte grupper av R-setninger enn uttrekket fra 2010 fordi R-setninger fra CAS-nr. registrert fra produkter som ikke lenger er i bruk i 2011 er blitt holdt utenfor. Man skulle da kunne anta at totalskår for stoffene/produktene fra 2011-uttrekket ville være lavere enn for 2010-uttrekket. Ved en sammenlikning av totalskår mellom uttrekkene fra 2010 og 2011 er det likevel *ikke* slik at 2011-uttrekket gjennomgående viser lavere totalskår for de registrerte stoffene (Tabell 6). Tilsvarende er registrert også for produktnavn, men av mindre omfang fordi hvert CAS-nr. registreres langt flere ganger enn produktnavn, og med færre variasjoner på produktnavn som resultat. F.eks. er det i uttrekket fra mars 2010 treff på 57 produktnavn med tilhørende R-setninger fordelt på 25 unike produkter. Dette tilsvarer 5 596 treff på produktnavn som egentlig tilsvarer 5 564 unike produkter når R-setninger ikke betraktes.

Basert på de forholdene som gjelder for FDB og registrerte R-setninger for CAS-nr. kan det være vanskelig å anse et av uttrekkene som mest pålitelig. STAMI har derfor forholdt seg til uttrekket fra 2010 med tanke på systemiseringsarbeidet som er blitt gjort der. Skåringslistene for 2010-uttrekket er likevel vist i Tabell 2 og 3 for å vise hvordan verktøyet for systemisering og skåring kan være nyttig så lenge registreringen av R-setninger er pålitelig. Likevel, feilene i R-setninger er problematisk for skåringssystemet, slik at enkelte stoffer rangeres høyere enn det som egentlig skulle ha vært tilfelle. I listen som presenteres må det derfor tas forbehold om slike feil. Det er imidlertid ikke innenfor STAMIs oppgave å gjennomføre vedlikehold av oppføringer i databasen, men arbeidet beskrevet i denne rapporten viser et tydelig behov for opprydning i FDB med tanke på registrerte R-setninger.

5. Konklusjon

Fellesdatabasen er systematisert ved hjelp av tabeller og spørringer i en Access-database. I rapporten er det lagt ved begrensede utskrifter fra databasen, men i selve databasefilen som ettersendes er listene fullstendige og med tilhørende databasefunksjoner og -koblinger. Denne resulterende databasen lister alle unike stoffer og produkter i hver sin tabell og inkluderer en skår basert på et europeisk system (EURAM) der R-setningene utgjør beregningsgrunnlaget for skåren. R-setningene er også sortert i grupper basert på Klass.Merk.-forskriftene og hver post i databasetabellen er blitt gitt én skår (0-10) for hver gruppe. Den oppsummerte skåren for alle gruppene gir en totalskår som kan brukes til å sortere stoffene/produktene i en prioritert rekkefølge. I tillegg er det for stoffene lagt til felter som angir hvorvidt stoffet for hver post også finnes i SIN/SVHC/PBT-listene. Det vil dermed være mulig å kunne gjøre ytterligere prioriteringer basert på andre hensyn enn bare stoffenes iboende egenskaper. For eksempel vil et treff i SIN-listen bety at stoffet er blitt oppfordret til substitusjon av ChemSec, mens treff i PBT-listen betyr at stoffet er spesielt betydningsfullt i forbindelse med forurensning til det ytre miljø.

Koblingene som er oppført mellom tabellene utarbeidet i access-databasen gir en ytterligere oversikt i forhold til tabellene i denne rapporten. For stoffene er det ved hver post mulig å utvide listen for å vise alle sammenfallende treff av ikke-unike CAS-nr. og tilhørende felter fra den opprinnelige ADB-tabellen (uten laboratoriekjemikalier). Tilsvarende for produkter er det ved hver post mulig å utvide listen for å vise tilhørende CAS-nr. (stoffer) og tilhørende felter som er registrert for hvert produkt i den opprinnelige ADB-tabellen. Man har dermed alltid mulighet til enkelt å se gjennom poster og felter slik de stod i den opprinnelige tabellen (ADB uten laboratoriekjemikalier).

Det er opp til hvert enkelt selskap å registrere kunnskap om bruksvolum og bruksområder i de åpne tilhørende feltene i tabellen for produkter. Da er det i så fall mulig å knytte bruksvolum og bruksområder til produkter og stoffer i FDB. Dette gir igjen mulighet til å vurdere de iboende stoffenes egenskaper opp mot faktisk bruk og peke ut produkter for en videre risikovurdering. Tabell 3 inneholder derfor tre åpne eksempelfelter som kan fylles ut for en slik utvidet bruk av databasen.

Det må imidlertid understrekes at pga. betydelige feil med de registrerte R-setninger i FDB, så vil det utviklede skåringssystemet være mindre verdifullt til å benyttes på FDB inntil det er ryddet opp i og kvalitetssikret de registrerte R-setninger. Likevel, systematiseringen og rangeringen som er blitt beskrevet i denne rapporten har vist seg å være nyttig nettopp i å oppdage disse problemene med FDB og kan være et utgangspunkt for en evt. videre utbedring/opprydning av dataene i FDB.

6. Figurer og tabeller

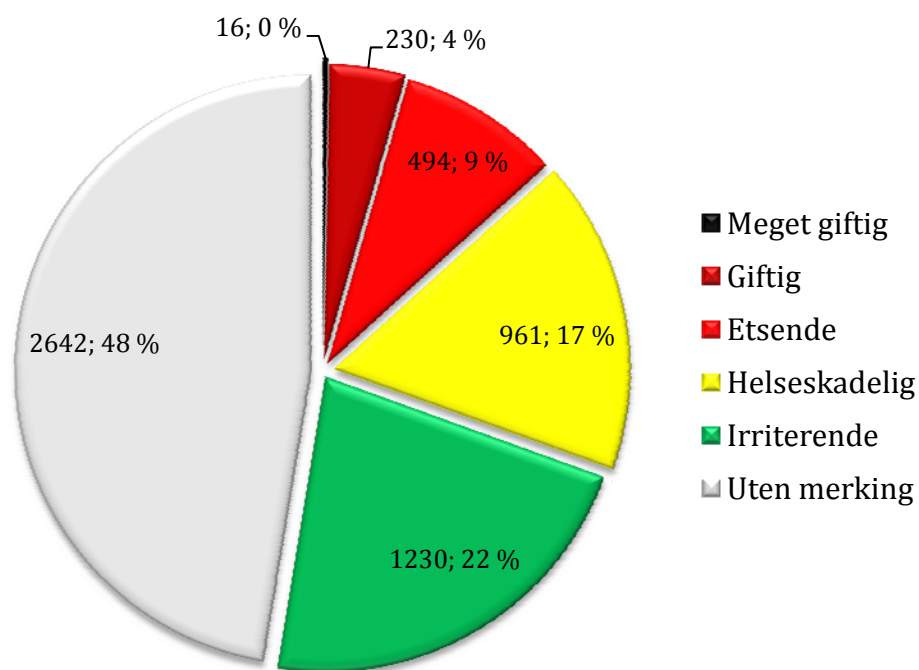
Dagens symboler



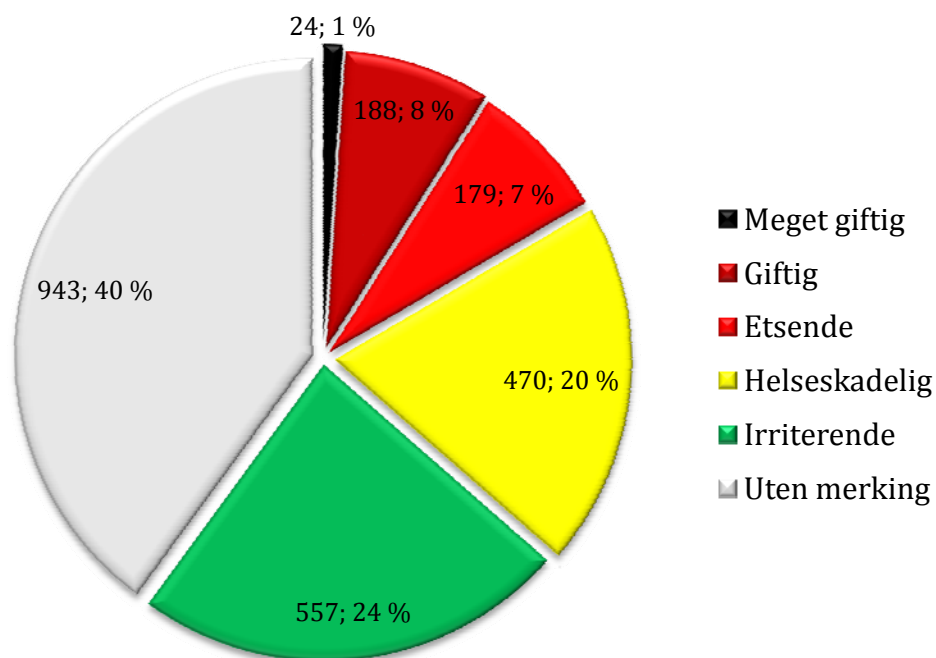
Nye CLP piktogrammer



Figur 1 - Klassifisering og merking av stoffer og stoffblandinger (rangert etter økende fare fra høyre mot venstre)



Figur 2 - Fordeling av unike produkter i ADB-uttrekket (uten laboratoriekjemikalier) etter rangert helseklassifisering (totalt 5 573 produktposter)



Figur 3 - Fordeling av unike stoffer i ADB-uttrekket (uten laboratoriekjemikalier) etter rangert helseklassifisering (totalt 2 361 stoff (CAS-nr.)-poster)

Tabell 1 - Gruppering og fordeling av stoffer og produkter, samt tilhørende klassifisering og skåring basert på bruk av EURAM

Gruppe	Nr.	Forskrift om klass. merk.	Stoffer	Produkter	Skår
Akutt giftighet					
Akutt meget giftig	1a	· Meget giftig (R26,R27, R28)	32	18	3
Akutt giftig	1b	· Giftig (R23, R24, R25)	126	86	2
Akutt helseskadelig	1c	· Helseskadelig (R20, R21, R22)	541	990	1
Varig skadevirkning etter en enkel/kortvarig påvirkning					
Subkronisk meget giftig eller giftig	2ab	· Meget giftig (R39) og Giftig (R39)	5	14	9
Subkronisk helseskadelig	2c	· Helseskadelig (R68)	31	43	7
Varig skadevirkning ved gjentatt/langvarig påvirkning					
Kronisk giftig eller helseskadelig	2de	· Giftig (R48) og Helseskadelig (R48)	61	123	7
Etsende og irriterende egenskaper					
Etsende	3a	· Etsende (R34, R35)	231	547	6
Irriterende	3b	· Irriterende (R36, R37, R38, R41)	846	1 873	5
Andre helsefarlige egenskaper					
Andre helseskadelige	4	· (R29, R31, R32, R33, R64, R66, R67)	158	687	5
Allergifremkallende egenskaper					
Allergi ved innånding	5a	· Allergi ved innånding (R42)	66	125	7
Allergi ved hudkontakt	5b	· Allergi ved hudkontakt (R43)	300	774	6
Kreftfremkallende egenskaper (CMR)					
Kreft 1 & 2	6a	· Kreft1 og Kreft2 (R45, R49)	99	117	10
Kreft 3	6b	· Kreft3 (R40)	44	89	9
Arvestoffskadelige egenskaper (CMR)					
Mutasjon 1 & 2	6c	· Mut1 og Mut2 (R46)	15	43	10
Mutasjon 3	6d	· Mut3 (R68)	31	43	9
Reproduksjonsskadelige egenskaper (CMR)					
Reproduksjon 1 & 2	6e	· Rep1 og Rep2 (R60, R61)	30	92	10
Reproduksjon 3	6f	· Rep3 (R62, R63)	43	67	9
Vannmiljø og øvrig miljø					
Vannmiljø	7a	· Vannmiljø (R50, R51, R52, R53)	644	1 356	3
Øvrig ikke, vannmiljø	7b	· Øvrig miljø, ikke vandig miljø (R54, R55, R56, R57, R58, R59)	3	15	3

Tabell 2 - Stoffer (CAS-numre) rangert etter totalskår basert på R-setninger (stoffenes iboende egenskaper).[‡]

Nr.	CAS.NO.	Kjemisk navn (KLIF og FDB)	Total skår	Antall produkter	Treff i kjemikalleister			Akutt giftighet			Varig skadevirkning			Etsende og irriterende		Andre helsefarlige	Allergi-fremkallende		Kreft-fremkallende		Arvestoff-skadelige		Reproduksjons-skadelige		Vannmiljø og øvrig miljø	
					SIN	SVHC	PBT	1a	1b	1c	2ab	2c	2d	3a	3b		4	5a	5b	6a	6b	6c	6d	6e	6f	7a
1	7778-50-9	KALIUMDIKROMAT	70	3	SIN	SVHC		3	2	1		7	6	5		7	6	10		10		10		3		
2	14808-60-7	SILISUMDIOKSID (KVARTS)	58	165					2	1		7	7	5	5			10	9		9			3		
3	101-77-9	DIAMINDIFENYLMETAN, 4,4'-	54	2	SIN				2	1	9	7	7				6	10		9				3		
4	64742-49-0	PETROLEUMDESTILLAT, HYDROGENERT. C4-C11, K.P.-20 TIL 190 GR.C.	53	70							1	7		5	5	7	6	10					9	3		
5	1306-19-0	KADMIUMOKSID	51	1	SIN	SVHC		3	2	1		7	7					10		9		9	3			
6	7440-43-9	KADMIUM	50	2	SIN	SVHC		3	2			7	7					10		9		9	3			
7	79-06-1	PROPENAMID, 2-	50	4	SIN	SVHC			2	1		7	5			6	10		10			9				
8	62-53-3	ANILIN	48	1	SIN				2			7	7	5		6		9		9			3			
9	110-54-3	HEKSAN, n-	46	86	SIN						1	7	5	5		6					10	9	3			
10	1067-33-0	DIBUTYLINNDIACETAT	45	2					2	1		7	7	6						9	10		3			
11	106-97-8	BUTAN	44	269		SVHC					1		5	5	7	6	10		10							
12	64742-82-1	PETROLEUMSDESTILLAT K.P.90-230 GR.C.C7-C12. AVSVOVLET.	44	123							1		7	5	5	7	6	10						3		
13	65996-93-2	STEINKULLTJÆREBEK	44	2		SVHC	PBT						5			6	10		10		10		3			
14	77-58-7	DIBUTYLINNDILAURAT	44	8	SIN				2	1		7	7	5						9	10		3			
15	7789-00-6	KALIUMKROMAT	44	6	SIN	SVHC					1			5		6	10		10			9	3			
16	90640-86-1	STEINKULLTJÆREDESTILLATER, TUNGE OLJER	44	1		SVHC	PBT						5			6	10		10		10		3			
17	1314-62-1	VANADIUMPENTOKSID	43	3					2	1		7	7	5						9		9	3			
18	71-43-2	BENZEN	43	55	SIN	SVHC			2			7	6	5				10		10			3			
19	301-04-2	BLYACETAT	42	1	SIN	SVHC					1	7			5			10			10	9				
20	86290-81-5	BENSIN (MOTORBENSIN)	42	12									5	5				10		10		9	3			
21	107-21-1	ETANDIOL, 1,2-	41	235					2	1		7	5		7	6					10		3			
22	122-60-1	EPOKSY-3-FENOKSYPROPAN, 1,2-	41	1	SIN	SVHC					1	7		5		6	10		9				3			
23	77-92-9	SITRONSYRE	41	62					2	1		7	5		7	6	10						3			
24	123-31-9	HYDROKINON	40	9							1	7		5		6		9		9			3			
25	2426-08-6	BUTYL(2,3-EPOKSYPROPYL)ETER	40	2							1	7		5		6		9		9			3			
26	50-32-8	BENZO(a)PYREN	39	2	SIN	SVHC										6	10		10		10		3			
27	1310-73-2	NATRIUMHYDROKSID	38	180				3	2	1		7	6	5	5	6							3			
28	597-82-0	PHOSPHOROTHIOIC ACID, O,O,O-TRIPHENYLESTER	38	8					2			7	6	5		6				9			3			
29	67-63-0	PROPANOL, 2-	38	262				3	2	1		7	6	5	5	6							3			

[‡] Rangeringen basert på totalskår kan være noe feilaktig pga. flere feil i registrerte R-setninger for CAS-nr. i FDB

30	64742-48-9	WHITE SPIRIT LAVAROMAT, C6-C13, KPT:65-230 GC, NAPHTHA.	37	172			1		5	5	7	6	10			3			
31	64742-52-5	DESTILLATES(PETROLEUM),HYDROTREATE DHEAVY NAPHTENIC, PREDOMINANTLY C20-50	37	77			1	7	7				10	9		3			
32	68476-34-6	DIESELOLJE NR 2	37	2			2		5	5	7	6	9			3			
33	7732-18-5	VANN	37	342			1		5	5	7	6	10			3			
34	55566-30-8	FOSFONIUM, TETRAKIS(HYDROKSYMETYL)-, SULFAT (2:1) (SALT)	36	1			2	1	5			6			10	9	3		
35	92045-53-9	NAFTA, HYDROGENAVSVOVLET LETT, DEAROMATISERT	36	34					5	5	7	6	10			3			
36	111-76-2	BUTOKSYETANOL, 2-	35	102			2	1		7	6	5	5	6		3			
37	136-52-7	KOBOLTOKTOAT	35	16			1		7		5		7	6		9			
38	14464-46-1	KRISTOBALITT	35	7			2	1	7	7			9	9					
39	68411-46-1	BENZENEAMINE, N-PHENYL-, REACTION PRODUCT WITH 2,4,4-TRIMETHYLPENTENE	35	49					7		5	5		6		9	3		
40	2451-62-9	TRIGLYCIDYLISOCYANURAT	34	1	SIN	SVHC	2	1		7			5		6	10	3		
41	7647-14-5	NATRIUMKLORID	34	49			2			6	5	5	7	6			3		
42	26471-62-5	TOLUENDIISOCYANAT (TDI)	33	3			3			5		7	6	9			3		
43	584-84-9	TOLUEN-2,4-DIISOCYANAT	33	1			3			5		7	6	9			3		
44	7440-41-7	BERYLLIUM	33	1	SIN	SVHC	3	2		7			5		6	10			
45	96-29-7	BUTANONOKSIM, 2-	33	48			2	1		7		5		6		9	3		
46	100-97-2	Fenol	32	1			2	1		7	7	6				9			
47	108-95-2	FENOL	32	11			2	1		7	7	6				9			
48	64742-54-7	PETROLEUMSDESTILLATER, HYDROTREATED HEAVY PARAFFINIC	31	32						5		7	6	10			3		
49	2210-79-9	OXIRAN, ((2-METYLFENOKSY)METYL)-	30	1						7			5		6		9	3	
50	26447-14-3	KRESOLGLYCIDYLETER	30	1						7			5		6		9	3	
51	78-00-2	TETRAETYLBLEI	30	1	SIN	PBT	3					5				10	9	3	
52	112-34-5	BUTOKSYETOKSY)ETANOL, 2-(2-	29	134			2			6	5		7	6			3		
53	5470-11-1	HYDROKSYLAMIN, HYDROKLORID	29	2			2	1		7		5	5	6			3		
54	68855-54-9	DIATOMEJORD, FLUX-KALSINERT	29	8				1		7	7		5			9			
55	7681-11-0	KALIUMJODID	29	6				1					5		7	6	10		
56	103-71-9	BENZEN, ISOCYANATO-	28	1			3	1		6	5		7	6					
57	12141-20-7	BLYOKSIDFOSFONAT (PB3O0(HPO3))	28	2				1					5				10	9	3
58	13424-46-9	BLYAZID	28	1	SIN	SVHC		1					5				10	9	3
59	15245-44-0	Blystyfmat	28	1	SIN	SVHC		1					5				10	9	3
60	203-474-9	-glyoksal	28	1				1		7			5		6		9		
61	68439-46-3	ETOKSYLERTE ALKOHOLER, C9-C11	28	47				1		9			5		7	6			
62	7439-92-1	BLY	28	8				1					5				10	9	3
63	108-88-3	TOLUEN	27	59				1		7			5	5				9	
64	1344-28-1	ALUMINIUMOKSID	27	102				1		7			5	5			9		
65	64741-88-4	PETROLEUMSDESTILLAT, SOLVENT-REFINED TUNG PARAFINSK, HOVEDSAKELIG METTEDE HCMED C20-50.	27	46									5		10	9			3
66	7646-79-9	KOBOLT(II)KLORID	27	1	SIN			1						7	6	10			3

67	7778-80-5	KALIUMSULFAT	27	3			2	1			5			6	10				3
68	7789-38-0	NATRIUMBROMAT	27	1			2	1			6	5		7	6				
69	78036-57-8	hydrasin-hydrat	27	2					2		6			6	10				3
70	124-38-9	KARBONDIOKSID	26	165							5	5		7	6				3
71	1303-96-4	BORAKS	26	16	SIN	SVHC	2	1			6	5						9	3
72	1330-43-4	NATRIUMTETRABORAT	26	1	SIN	SVHC		1		7				6				9	3
73	142-82-5	HEPTAN	26	41							5	5		7	6				3
74	64742-47-8	WHITE SPIRIT LAVAROMAT TYNGRE, C9-16, KP 150-290 GC	26	150							5	5		7	6				3
75	7647-01-0	HYDROGENKLORID	26	30			3	2	1		6	5			6				3
76	7786-81-4	NIKKELSULFAT	26	2	SIN	SVHC			1					7	6		9		3
77	12202-17-4	BLYOKSIDSULFAT (PB4O3(SO4))	25	1					1				5					10	9
78	1313-27-5	MOLYBDENTRIOKSID	25	28					1		7	5					9		3
79	1336-21-6	AMMONIUMHYDROKSID	25	27					1			6	5			10			3
80	2530-83-8	SILANE, TRIMETHOXY 3-(OXIRANYL-METHOXY) PROPYL	25	5					1		7	5					9		3
81	68955-53-3	AMINER, C12-C14-TERT-ALKYL	25	1					2	1		7	6			6			3
82	10222-01-2	ACETAMID, 2,2-DIBROM-2-CYANO-	24	3					2	1			5		7	6			3
83	106-89-8	EPIKLORHYDRIN	24	1	SIN	SVHC			2			6			6	10			
84	111-30-8	GLUTARALDEHYD	24	12					2			6			7	6			3
85	144-55-8	KARBONSyre MONONATRIUM SALT	24	13					2	1			5		7	6			3
86	203-856-5	-glutaraldehyd	24	1					2			6			7	6			3
87	64742-89-8	PETROLEUM NAPHTHA, LIGHT ALIPHATIC	24	6					1			5	5			10			3
88	64742-95-6	SOLVENT NAPHTHA (PETROLEUM), LIGHT AROMATIC. A COMPLEX COMBINATION OF HC OBTAINED FROM DESTIL. OF AROMATIC STREAMSIT CONSISTS PREDOMINATLY OF AROMATIC HC HAVING C8-10. BOILINGRANGE 135-210GC	24	121					1			5	5			10			3
89	694-83-7	SYKLOHEXANDIAMIN, 1,2-	24	6								6	5		7	6			
90	7440-02-0	NIKKEL	24	7					2			7			6		9		
91	7664-38-2	FOSFORSYRE	24	52					1			6	5					9	3
92	106-99-0	BUTADIEN, 1,3-	23	5	SIN	SVHC									10		10		3
93	112-40-3	DODEKAN, N-	23	3								5			6		9		3
94	114-83-0	ACETYLFENYLHYDRAZIN	23	3					1		7				6			9	
95	114-83-0-a	2'-fenylacetohydrazid	23	1					1		7				6			9	
96	141-78-6	ETYLACETAT	23	83					1			5	5			9			3
97	22984-54-9	BUTANON,2-, O,O',O''-(METYLSILYLIDYN)TRIOKSIM	23	6					1			6	5	5		6			
98	2682-20-4	METYL-4-ISOTIAZOLIN-3-ON, 2-	23	14					2	1		6	5		6				3
99	30499-70-8	PROPANDIOL, 2-ETYL-2-(HYDROKSIMETYL)-1,3-, POLYMER MED (KLORMETYL)OXIRAN	23	2								5			6		9		3
100	4098-71-9	ISOFORONDIISOCYANAT	23	7					2			5			7	6			3

Tabell 3 - Produkter rangert etter totalskår basert på R-setninger (stoffenes iboende egenskaper).[§]

Nr.	PRODUKTNAMN	Total skår	Årlig forbruk (kg)	Arbeidsoperasjon	Bruksfrekvens (dager i året)	Akutt giftighet			Varig skadevirkning			Etsende og irriterende		Andre helsefarlige	Allergi-fremkallende		Kreft-fremkallende		Arvestoff-skadelige		Reproduksjons-skadelige		Vannmiljø og øvrig miljø	
						1a	1b	1c	2ab	2c	2d	3a	3b		4	5a	5b	6a	6b	6c	6d	6e	6f	7a
1	Paste B	73					2	1	9	7	7				6	10		9	10	9		3		
2	LCK014 KOF 1000-10000 mg, Analysekyvette;	59					2					6	5	7	6	10	10		10			3		
3	LCK514 KOF 100-2000 mg/l, Analysekyvette;	59					2					6	5	7	6	10	10		10			3		
4	PIONA refomulyser	55						1			7					10	10		10	9		3		
5	Reformat	55						1			7					10	10		10	9		3		
6	BIOTREAT 4587	52					2	1			7				7	6		9						
7	CHLORIDE TEST TABLETS	52						1							7	6				10		3		
8	Bensin/medium nafta	51						1			7		5	5		10	10		10			3		
9	Blyfri bensin	51							1		7		5	5		10	10		10			3		
10	Cadmium, Cd/Group IIB	50					3	2			7	7				10		9		9		3		
11	Solvent fra glykolregenereringsanlegg	48							2			7		5	5		10	10			9			
12	Kondensat (ustabilt) fra Troll, Sleipner og Kvitebjørn (Engelsk datablad vedlagt)	46									1		7		5		10	10		10		3		
13	Kondensat fra Melkøya	46									1		7		5		10	10		10		3		
14	Kondensat fra Troll og Sleipner	46									1		7		5		10	10		10		3		
15	Kraker nafta	46									1		7		5		10	10		10		3		
16	Lettnafta	46									1		7				10	10		10		3		
17	Light Destillate Feedstock (LDF)	46									1		7		5		10	10		10		3		
18	LPG/Nafta	46									1		7			5	10	10		10		3		
19	Nafta	46									1		7			5	10	10		10		3		
20	Nafta naturbensin,gasoline	46									1		7			5	10	10		10		3		
21	Jotaguard 85 - Comp. A	45									1				5		6	10	10		10	3		
22	divanadiumpentoksid	43							2	1			7	7		5			9		9	3		
23	Kloroprengummi-73165, 73185, 73780og 73785(uvulket)	43													5	6	10			10	9	3		
24	Blyfri bensin 95	42											5	5		10	10			9		3		
25	Blyfri Bensin 98	42											5	5		10	10			9		3		
26	Mac-Seal 001 Herder	42										1		7	7				9	10		3		
27	Brukt lut	41							2	1			7	7		6			9		9			

[§] Rangeringen basert på totalskår kan være noe feilaktig pga. flere feil i registrerte R-setninger for produktene i FDB

28	Kondensat ustabilisert fra Troll og Sleipner	41					1	7				10	10	10	3		
29	Kondensat, naturbensin, gasoline	41					1	7				10	10	10	3		
30	M-BOND AE RESIN	40					2	7	6		6	10	9				
31	Buehler EpoxiCure Resin	39						7	5		6	9	9		3		
32	CR-778, komponent A	39						7	5		6	9	9		3		
33	STYCAST 2651 MM	39						7	5		6	9	9		3		
34	CR-778, komponent B	38					2	1	9	7	6	10			3		
35	Råolje (Njord B)	38									5	10	10	10	3		
36	STANDARD THINNERS	38					1	7	7	5			9	9			
37	DOW CORNING(R) 1 CATALYST (CATALYST information is below)	37					1	7	7				9	10	3		
38	NATURGASSBLANDING 8; N-HEKSAN og BENZEN	37					2		7		5	10		10	3		
39	G128	36						7	5		6	9	9				
40	G135, DEL A	36						7	5		6	9	9				
41	NATURGASSBLANDING 10: N-HEKSAN ≥2.5 VOL% / BENZEN 0.1-0.5 VOL	36					1		7		5	10		10	3		
42	NATURGASSBLANDING 7: N-HEKSAN ≥0.2 VOL% / BENZEN 0.5-5 VOL%	36					1		7		5	10		10	3		
43	Crude Oil, hydrocarbons (Fullstendig engelsk datablad vedlagt)	35					3	2	1	7	5	5			9	3	
44	INCIDUR	35					1		7		5	7	6	9			
45	Kondensat fra Åsgard, Kvitebjørn og Kristin	34					1					10	10	10	3		
46	73049	33					1		7	5	5	6			9		
47	CARBOGLAS 1590, PART B	33						7	6	5		6		9			
48	MB-5041	33					2		6		7	6	9			3	
49	MOLYKOTE(R) 3402 C. Spray.	33					1			5	5		9		10	3	
50	MOLYKOTE(R) 3402C ANTI-FRICTION COATING	33					1			5	5		9		10	3	
51	Råolje (diverse oljefelter)	33										10	10	10	3		
52	Råolje (Jotun og Ringhorne)	33										10	10	10	3		
53	Råolje (Aasgard)	33										10	10	10	3		
54	Råolje fra Oseberg/Oseberg Blend	33										10	10	10	3		
55	Råolje fra Volve	33										10	10	10	3		
56	Væskeblanding, Isobutan 91,29%	33										10	10	10	3		
57	CRITERION DC-2118 CATALYST	32					1		7	5		6	10		3		
58	Exhausted NiMo catalyst	32					1		7	5		6	10		3		
59	FLORIDA TPH MIX	32					2		7	5			9		9		
60	SCOTCHGRIP BRAND 1300L GUMMILIM	32								5	5				10	9	3
61	VpCI-369	32					1		7	7	5			9		3	
62	VpCI-369 Aerosol	32					1		7	7	5			9		3	
63	Alkan standard løsning C8-C20 oppløst i heksan	31					1		7	5	5				10	3	
64	Aloxide	31					1			5		7	6	9		3	
65	BELZONA® 5811 (IMMERSION GRADE) BASE	31					1		7	5		6			9	3	

66	Calibration Sample High temp SIMDIS(light)-25950.120	31				1	7	5	5				10	3
67	Esso Kondensat	31				1	7				10		10	3
68	G128 (BRUKSFERDIG / 1+4)	31					7			6	9	9		
69	G135 (BRUKSFERDIG)	31					7			6	9	9		
70	HR-2500	31				1	7	5		6		9		3
71	POLYKEN 44 TOP GUN ADHESIVE	31				1	7	5	5				10	3
72	TECTYL 190 Sprutvern (Aerosol)	31				1	7	5	5				10	3
73	Væskeblanding, n-Heksan 96,2%	31				1	7	5	5				10	3
74	Væskeblanding, n-Oktan 38.88%	31				1	7	5	5				10	3
75	ARALDITE GY 257	30					7	5		6		9		3
76	BELZONA® 1391 (CERAMIC HT) HERDER	30				1		6	5	6			9	3
77	Bostik 555 Kontaklim (35 og 100 ml)	30				1	7	5	5				9	3
78	FSC-12F, FSC-12M & FSC-12S, PART A	30									10	10	10	
79	KF-840 - UTGÅTT	30				1	7	6		6	10			
80	Loctite 350	30					7	5		6		9		3
81	Marathon IQ GF - Comp. A	30					7	5		6		9		3
82	SCOTCHKOTE BRAND ELECTRICAL COATING	30				1	7	5	5				9	3
83	Stadis 450 (utgått)	30				1	7	5	5				9	3
84	Væskeblanding, Isobutan 30% (50-AT- 011)	30									10	10	10	
85	CRITERION 424 CATALYST	29				1	7	5		6	10			
86	CRITERION N-30 CATALYST	29				1	7	5		7	6			3
87	KALIUMKROMATLØSNING 5%	29								6	10	10		3
88	Kaliumkromatløsning 5%- Potassiumchromate solution 5%	29								6	10	10		3
89	KF-852 - UTGÅTT	29				1	7	5		6	10			
90	KF-859	29				1	7	5		6	10			
91	Marathon IQ / IQ GF - Comp. B	29				1	7	6		6		9		
92	MBC1 Potassium Chromate Indicator	29								6	10	10		3
93	POTASSIUM CHROMATE Reagent (DM)	29								6	10	10		3
94	TK-559 BRIM TM	29				1	7	5		6	10			
95	TK-573.	29				1	7	5		6	10			
96	Bestolife API-Modified	28				1			5				10	9 3
97	Isomerat	28				1	7				10	10		
98	JET-LUBE API MODIFIED	28				1			5				10	9 3
99	Lead acetate impregnated tape (Foreldet, leverandør oppdaterer ikke)	28				1	7				10		10	
100	LUBE SEAL	28				1			5				10	9 3

Tabell 4 - Oversikt over stoffene på REACH' kandidatliste (med begrunnelse for inkludering) som også finnes i stoffer registrert i FDB (uten laboratoriekjemikalier), samt antall tilhørende produkter i FDB.**

CAS-nr.	Navn (Kandidatlisten)	Navn (KLIF)	Total skår	Antall produkter	Begrunnelse for inkludering i kandidatlisten
7778-50-9	Potassium dichromate	KALIUMDIKROMAT	70	3	Carcinogenic, mutagenic and toxic for reproduction (articles 57 a, 57 b and 57 c)
101-77-9	4,4'- Diaminodiphenylmethane (MDA)	DIAMINDIFENYLMETAN, 4,4'-	54	2	Carcinogenic (article 57a)
79-06-1	Acrylamide	PROPENAMID, 2-	50	4	Carcinogenic and mutagenic (articles 57 a and 57 b)
7789-00-6	Potassium chromate	KALIUMKROMAT	44	6	Carcinogenic and mutagenic (articles 57 a and 57 b).
7646-79-9	Cobalt dichloride	KOBOLT(II)KLORID	27	1	Carcinogenic (article 57a)
1330-43-4	Disodium tetraborate, anhydrous	NATRIUMTETRABORAT	26	1	Toxic for reproduction (article 57 c)
1303-96-4	Disodium tetraborate, anhydrous	BORAKS	26	16	Toxic for reproduction (article 57 c)
84-74-2	Dibutyl phthalate (DBP)	DIBUTYLFTALAT	22	3	Toxic for reproduction (article 57c)
84-69-5	Diisobutyl phthalate	DIISOBUTYLFTALAT	22	1	Toxic for reproduction (article 57c)
10043-35-3	Boric acid	BORSYRE	20	11	Toxic for reproduction (article 57 c)
115-96-8	Tris(2-chloroethyl)phosphate	KLORETYLFOSFAT, 2-	13	2	Toxic for reproduction (article 57c)
120-12-7	Anthracene	ANTRACEN	8	1	PBT (article 57d)
12179-04-3	Disodium tetraborate, anhydrous	NATRIUMTETRABORAT,PENTAHYDRAT	0	1	Toxic for reproduction (article 57 c)

** Rangeringen basert på totalskår kan være noe feilaktig pga. flere feil i registrerte R-setninger for CAS-nr. i FDB

Tabell 5 - Stoffer med mer enn én gruppe av R-setninger (uttrekk fra februar 2011)

CASNO	Kjemisk navn (KLIF)	Antall grupper av R-setninger
64742-95-6	SOLVENT NAPHTHA (PETROLEUM), LIGHT AROMATIC. A COMPLEX COMBINATION OF HC OBTAINED FROM DESTIL. OF AROMATIC STREAMSIT CONSISTS PREDOMINATLY OF AROMATIC HC HAVING C8-10. BOILINGRANGE 135-210GC	21
64742-82-1	PETROLEUMSDESTILLAT K.P.90-230 GR.C.C7-C12. AVSVOVLET.	18
68649-42-3	SINKDIALKYLDITIOFOSFAT	13
64742-48-9	WHITE SPIRIT LAVAROMAT, C6-C13, KPT:65-230 GC, NAPHTHA.	13
64742-94-5	SOLVENT NAPHTHA (PETROLEUM), HEAVY AROMATIC, A COMPLEX COMBINATION OF HYDROCARBONS OBTAINED FROM DESTILLATION OF AROMATIC STREAMS. IT CONSISTS PREDOMINANTLY OF AROMIC HYDROCARBONS HAVING CARBON NUMBERS PREDOMINANTLY IN THE RANGE OF C9 - THROUGH C16- AND BO	11
64742-49-0	PETROLEUMDESTILLAT, HYDROGENERT. C4-C11, K.P.-20 TIL 190 GR.C.	11
14808-60-7	SILISIUMDIOKSID (KVARTS)	10
68439-46-3	ETOKSYLERTE ALKOHOLER, C9-C11	9
64-02-8	ETYLENDIAMINTETRAEDDIKSYRE, Na-SALT	9
65997-15-1	PORTLAND CEMENT	9
64742-47-8	WHITE SPIRIT LAVAROMAT TYNGRE, C9-16,KP 150-290 GC	9
67-63-0	PROPANOL, 2-	8
1477-55-0	BENZENDIMETANAMIN, 1,3-	8
5064-31-3	TRINATRIUMNITRILTRIACETAT	8
90-30-2	FENYL-1-NAFTYLAMIN	8
1760-24-3	ETANDIAMIN, N-(3-(TRIMETOKSISILYL)PRO-PYL)-1,2-	8
8052-41-3	STODDARD SOLVENT	8
64742-88-7	SOLVENT NAPHTHA, MEDIUM ALIFATISKA COMPLEX COMBINATION OF HYDROCARBONS OBTAINED FROM THE DEST. OF CRUDE OILOR NATURAL GASOLINE. PREDOMINANTLY SATURATED H.C. IN THE RANGE OF C9-C12 AND WITH BOILING POINT 140-160 DEGREES C.	7
577-11-7	BUTANEDIOIC ACID,SULFO-, 1,4-BIS(2-ETHYLHEXYL) ESTER, SODIUM SALT	7
1344-09-8	NATRIUMSILIKAT	7
8008-20-6	KEROSEN, C9-C16,K.P.150-290 GR.C.	7
128-37-0	HYDROKSYTOLUEN, BUTYLERT	7
24938-91-8	TRIDECYLPOLYOKSYETYLENETANOL	7
68131-39-5	ALKOHOLER C12-C15 ETOKSYLERT	7
77-92-9	SITRONSYRE	7
92062-15-2	SOLVENT NAPHTHA (PETROLEUM),HYDROTREATED LIGHT NAPHTENIC.A COMPLEX COMBINATION OF HYDROCARBONS OBTAINED BY TREATING A PETROLEUM FRACTION WITH HYDROGEN IN THE PRESENCE OF A CATALYST. ...	7

Tabell 6 – Totalskår for stoffer og forskjell mellom uttrekkene fra 2011 og 2010 (utdrag - vist for differanse 16-37).^{††}

CASNO	Kjemisk navn (KLIF)	2011 total	2010 total	Fortegn	2011-2010 differanse
7732-18-5	VANN	0	37	-	37
77-92-9	SITRONSYRE	5	41	-	36
597-82-0	PHOSPHOROTHIOIC ACID, O,O,O-TRIPHENYLESTER	3	38	-	35
107-21-1	ETANDIOL, 1,2-	6	41	-	35
1310-73-2	NATRIUMHYDROKSID	6	38	-	32
64742-49-0	PETROLEUMDESTILLAT, HYDROGENERT. C4-C11, K.P.-20 TIL 190 GR.C.	23	53	-	30
2186-24-5	[(p-tolyloxy)methyl]oxiran; 2,3-epoxypropyl-p-tolylother;	30	0	+	30
111-76-2	BUTOKSYETANOL, 2-	6	35	-	29
7647-14-5	NATRIUMKLORID	5	34	-	29
67-63-0	PROPANOL, 2-	10	38	-	28
25376-45-8	BENZENEDIAMINE, AR-METHYL-	27	0	+	27
1330-43-4	NATRIUMTETRABORAT	0	26	-	26
106-97-8	BUTAN	20	44	-	24
144-55-8	KARBONSYRE MONONATRIUM SALT	0	24	-	24
26266-63-7	tetrahydrophthalsyreanhydrid	21	0	+	21
64742-54-7	PETROLEUMSDESTILLATER, HYDROTREATED HEAVY PARAFFINIC	10	31	-	21
7789-38-0	NATRIUMBROMAT	6	27	-	21
74-98-6	PROPAN	0	21	-	21
50-81-7	ASKORBINSYRE, L-	0	21	-	21
68476-34-6	DIESELOLJE NR 2	17	37	-	20
75-28-5	METYLPROPAN, 2-	20	0	+	20
84-69-5	DIISOBUTYLFTALAT	3	22	-	19
115-07-1	PROPEN, 1-	0	19	-	19
74-99-7	PROPYN,1-	0	19	-	19
108-74-7	TRIAZIN 1,3,5-, HEKSAHYDRO-1,3,5-TRIMETYL-	28	9	+	19
7664-38-2	FOSFORSYRE	6	24	-	18
25550-51-0	HEKSAHYDROMETYL-1,3-ISOBENZOFURANDION	18	0	+	18
64742-82-1	PETROLEUMSDESTILLAT K.P.90-230 GR.C.C7-C12. AVSVOVLET.	26	44	-	18
112-40-3	DODEKAN, N-	5	23	-	18
97-77-8	TETRAETHYLTHIOPEROXYDICARBONIC DIAMIDE	17	0	+	17
64741-88-4	PETROLEUMSDESTILLAT, SOLVENT-REFINED TUNG PARAFINSK, HOVEDSAKELIG METTEDE HCMED C20-50.	10	27	-	17
7681-11-0	KALIUMJODID	13	29	-	16
101-68-8	DIFENYLMETANDIISOCYANAT, 4,4'-	35	19	+	16
9016-87-9	ISOCYANIC ACID, POLYMETHYLENOLYPHENYLENE ESTER	35	19	+	16
1336-21-6	AMMONIUMHYDROKSID	9	25	-	16
124-38-9	KARBONDIOKSID	10	26	-	16
463-49-0	PROPADIENE, 1,2-	20	4	+	16

^{††} Rangeringen basert på totalskår kan være noe feilaktig pga. flere feil i registrerte R-setninger for CAS-nr. i FDB

Tabell 7 – Totalskår for produkter og forskjell mellom uttrekkene fra 2011 og 2010 (utdrag – vist for differanse 5-21).^{**}

PRODUKTNAVN	2011 total	2010 total	Fortegn	2011-2010 differanse
THERMALINE 4674	6	27	-	21
Motek Byggsilikon Fugemasse	0	15	-	15
AKF Tunnelvask Extra	5	19	-	14
Hardtop Optima Comp.A	4	17	-	13
LOCTITE 7471 Aerosol	0	13	-	13
HR-2737	20	8	+	12
Solid Hydro	16	6	+	10
EB-8580	17	8	+	9
Penguard Tie Coat 100 - Comp. B	0	9	-	9
aMDEA	27	18	+	9
EB-8785	17	8	+	9
Master Zink	4	13	-	9
NS 3	8	0	+	8
SI-4634	13	6	+	7
CC-115	10	3	+	7
AMERCOAT 132 CURE	12	6	+	6
T-20051335	16	10	+	6
HEMPATHANE TOPCOAT 55219	9	15	-	6
ARMAFINISH 99	3	9	-	6
Mercasol 1	0	6	-	6
Pureclean Power	0	5	-	5
CRC WHITE LITHIUM GREASE - AEROSOL	8	3	+	5
KI-5340	4	9	-	5
LOCTITE 561	0	5	-	5
VpCI-368 Aerosol	5	0	+	5
FRW-16	3	8	-	5
HR-2500	26	31	-	5
Loctite 7063 Aerosol	13	8	+	5
Econolite Liquid	0	5	-	5
POWER COAT 3 in 1	0	5	-	5
CRC CONTACT CLEANER QD - AEROSOL	8	13	-	5
OR-15	11	6	+	5
Caretreat 6 PWT	5	0	+	5

^{**} Rangeringen basert på totalskår kan være noe feilaktig pga. feil i registrerte R-setninger for produkter i FDB

VEDLEGG 4-2: Gruppering, klassifisering og skåring i CLP-systemet

STAMI-rapport nr. 6, 2011 (Vedlegg 4-1), presenterte et skårssystem basert på R-setninger. Siden CLP-systemet med H-setninger skal erstatte det gamle systemet med R-setninger, har vi satt opp en ny tabell med tilnærmet samme skårssystem. Tabellen er basert på kategoriene fra "Klassifisering og merking i CLP" (Forordning (EC) Nr. 1272/2008).¹ For å kunne bruke EURAM/ETUC-skårssystemet (som i STAMI-rapporten), benyttet vi Annex VII i EUs CLP-forordning (direktiv 67/548/EEC)² for å oversette fra nye H-setninger til gamle R-setninger. Det er imidlertid viktig å huske på at det ikke nødvendigvis er direkte samsvar mellom disse to R-/H-systemene, slik at totalskår for et stoff eller produkt kan bli noe forskjellig mellom gammelt og nytt system.^{3,4}

Tabell 1: Klassifisering etter CLP og skår

Fare-klasse ^A	Fare-kategori	H-setninger	R-setninger ^B	Skår
Akutt giftighet	1	H300	R28	3
	2	H310, H330	R27, R26	3
	3	H301, H311, H331	R25, R24, R23	2
	4	H302, H312, H332	R22, R21, R20	1
Etsende/irriterende for huden	1A	H314	R34, R35	6
	1B	H314	R34, R35	6
	1C	H314	R34, R35	6
	2	H315	R38	5
Alvorlig øyeskade/ øyeirritasjon	1	H318	R41	6
	2	H319	R36	5
Sensibiliserende ved innånding eller hudkontakt	1 (åndedretts-sensibilisering)	H334	R42	7
	1 (hud-sensibilisering)	H317	R43	6
Kjønncellemutagenitet	1A	H340	R46	10
	1B	H340	R46	10
	2	H341	R68	9
Kreftfremkallende egenskaper	1A	H350	R45	10
	1B	H350i	R49	10
	2	H351	R40	9

Fare-klasse ^A	Fare-kategori	H-setninger	R-setninger ^B	Skår
Reproduksjonstoksisitet	1A	H360	R61	10
	1B	H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df	R60, R61, R62, R60-61, R60/R63	10
	2	H361, H361f, H361d, H361fd	R62, R63, R62-63	9
	kan skade barn som ammes	H362	R64	9
Spesifikk målorgantoksisitet – enkelteksponering	1	H370	R39/23, R39/24, R39/25, R39/26, R39/27, R39/28	9
	2	H371	R68/20, R68/21, R68/22	7
	3	H335, H336	R37, R67	5
Spesifikk målorgantoksisitet – gjentatt eksponering	1	H372	R48/23, R48/24, R48/25	7
	2	H373	R33, R48/20, R48/21, R48/22	7
Aspirasjonsfare	1	H304 ^C	R65 ^C	9
Farlig for vannmiljøet	1 (akutt)	H400	R50	3
	1 (kronisk)	H410	R50-53	3
	2	H411	R51-53	3
	3	H412	R52-53	3
	4	H413	R53	3
Farlig for ozonlaget		EUH059	R59	3

A. "Klassifisering og merking i CLP" (Forordning (EC) Nr. 1272/2008)

B. Oversatt fra H-setninger ved bruk av Annex VII (direktiv 67/548/EEC)

C. Er ikke tidligere tillagt skår, men fordi H304 ("Kan være dødelig ved svelging om det kommer ned i luftveiene") oppfattes som mer alvorlig enn R65 ("Farlig: kan forårsake lungeskade ved svelging"), har vi valgt å gi skår 9 i denne tabellen.

Referanseliste:

- 1) Klima- og forurensningsdirektoratet. *Klassifisering og merking i CLP* (plakat), **03.25.2011**.
<http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2011/Mars/Klassifisering-og-merking-i-CLP/>
- 2) European Union. *Annex VII - Translation table from classification under Directive 67/548/EEC to classification under this Regulation*. **2008**.
- 3) European Chemicals Agency. *Guidance on the Application of the CLP Criteria*, **2012**.
- 4) Husa, Stine. *Harmonisert og ikke-harmonisert klassifisering og bruk av oversettelsestabellen* (foredragslysbilder). Klima- og forurensningsdirektoratet, **2010**.
(http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/clp_seminar061010_husa2.pdf)



Prøvetakings- og analysemetoder – Beste praksis

STAMI-rapport Nr. 2 Årgang 12 (2011)

ISSN nr. 1502-0932





Prøvetakings- og analysemetoder - Beste praksis

Et delprosjekt i prosjektet "Eksposering for kjemikalier i olje- og gassindustrien – Dagens eksponeringsbilde"

Forfattere: Syvert Thorud, Berit Bakke, Merete Hersson, Hanne Line Daae, Kasper F. Solbu, Helge Johnsen, Nils Petter Skaugset, Torill Woldbæk, Kristin Halgard, Kari K. Heldal, Asbjørn Skogstad, Yngvar Thomassen, Wijnand Eduard, Dag Ellingsen

Prosjektleder: Berit Bakke

Dato: 11.01.2011

Serie: STAMI-rapport Årg. 12, nr. 2 (2011) **ISSN:** 1502-0932

Sammendrag:

Formålet med denne rapporten er å beskrive prøvetakings- og analysemetoder som kan anvendes for å kvantifisere eksponering for de mest aktuelle kjemikaliene i olje- og gassindustrien. Metoder for å bestemme eksponeringsnivå omfatter luftmålinger, målinger av hudeksponering og bestemmelse av biomarkører. I rapporten gis det også et kort innblikk i prøvetakingsstrategi. Krav til dokumentasjon av eksponeringsmålinger er beskrevet.

Stikkord:

Olje- og gassindustrien
Kjemisk eksponering
Prøvetakingsmetoder
Analysemetoder

Key Words:

Oil- and gas industry
Chemical exposure
Sampling methods
Analytical methods

Innhold

Forkortelser	VI
1. Bakgrunn	1
2. Innledning	1
2.1. Kartlegging og vurdering av eksponering	1
2.2. Administrative normer/grenseverdier	2
3. Prøvetakingsmetoder	3
3.1. Bakgrunn støv og aerosolfraksjoner	3
3.2. Prøvetakere for aerosoler	6
3.2.1. Prøvetakere for totalstøv	6
3.2.2. Prøvetakere for inhalerbar aerosolfraksjon	7
3.2.3. Prøvetakere for respirabel og torakal aerosolfraksjon	7
3.2.4. Prøvetaking av aerosoler – noen eksempler	7
3.3. Prøvetakere for uorganiske gasser	7
3.3.1. Fargeindikatorrør	7
3.3.2. Impregnerte filtre/adsorbentør/dosimetre	8
3.4. Prøvetakere for organiske forbindelser	8
3.4.1. Flyktige organiske forbindelser (VOC)/ løsemidler	8
3.4.2. Organiske forbindelser som foreligger som en kombinasjon av aerosol og damp	12
3.4.3. Reaktive organiske forbindelser	12
4. Analysemetoder	13
4.1. Aerosoler	13
4.2. Fiberbestemmelse	14
4.3. Uorganiske gasser	14
4.4. Flyktige organiske forbindelser oppsamlet på adsorbent	14
4.5. Oljetåke/oljedamp	15
4.6. Glykoler	16
4.7. Organofosfater	16
4.8. Polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	16
4.9. Reaktive organiske forbindelser	16
4.10. Endotoksiner	16
5. Kvalitetssikring	16
6. Direktevisende instrumenter	17

7. Hudeksponering	18
8. Biologisk monitorering	19
9. Noen anbefalinger	20
9.1 Personlige luftprøver	20
9.2. Oppbevaring og forsendelse av prøver	22
10. Krav til dokumentasjon av eksponeringsmålinger og –vurderinger	22
11. Referanser	24
APPENDIKS.....	26
Vedlegg 1: Oljetåke og oljedamp	26
Vedlegg 2: Direktevisende instrumenter	36
Vedlegg 3: Hudeksponering	42
Vedlegg 4: Oversikt over prøvetakings- og analysemetoder	49
Vedlegg 5: Arbeidstilsynets Orientering, best. nr. 450 (utdrag)	59
Vedlegg 6: ”Bedre kunnskap om kjemisk eksponering i arbeidslivet”	60
Vedlegg 7: Utfyllende liste over bransjespesifikk informasjon	62

Forkortelser

AAS	Atomabsorpsjonsspektroskopi
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AD	Arbeidsdepartementet
AES	Alkali Earth Silicates (Jordalkalisilikater)
AIHA	American Industrial Hygiene Association (USA)
ASTM	American Society for Testing and Materials
ATD	Automatic Thermodesorption (Automatisk termodesorpsjon)
ATEX	ATmospheres EXploibles (ATEX-approved: Godkjent for bruk i eksplosjonsfarlig atmosfære)
AT	Arbeidstilsynet
BTEX	Benzen, Toluen, Etylbenzen, Xylen
CEN	Comité Européen de Normalisation (Den europeiske standardiseringsorganisasjon)
CMS	Carbon Molecular Sieve (Karbon molekylsikt) Chip Measurement System (Chip målesystem fra Dräger)
DBA	Dibutylamin
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DMF	N,N-Dimetylformamid
DNPH	2,4-Dinitrofenylhydrazin
DOP	Dioktylfталат
ECD	Electron Capture Detector (Elektroninnfangingsdetektor)
EDS	Energy-Dispersive X-ray Spectrometry (Energidispersiv røntgenspektrometri)
EI-MS	Electron Impact Mass Spectrometry (Elektronstøt massespektrometri)
ELCD	Electrochemical detector (Elektrokjemisk detektor)
ESI	Electrospray Ionization (Elektrospray ionisering)
FID	Flame Ionisation Detector (Flammeionisasjonsdetektor)
FLD	Fluorescence Detector (Fluorescensdetektor)
FoU	Forskning og Utredning
FPD	Flame Photometric Detector (Flammefotometrisk detektor)
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy (Fourier transform infrarød Spektroskopi)
GC	Gas Chromatography (Gasskromatografi)
GFF	Glassfiberfilter
GSP	Gesamtstaubprobenahme sampler (Tyskland) (Kassett for inhalerbar fraksjon)
HDI	Heksametylendiisocyanat
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Væskekromatografi)
HS	Head space
HSE	Health & Safety Executive (UK)
HSL	Health & Safety Laboratory (UK)
IC	Ion Chromatography (Ionekromatografi)
ICP-OES	Induced Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (Induktivt koplet plasma optisk emisjonsspektrometri)
IOM	Institute of Occupational Medicine (Edinburgh, Scotland, UK)
IPDI	Isoforondiisocyanat
IR	Infrared Spectroscopy (Infrarød spektroskopi)
IR-PAS	Infrared Photoacoustic Spectroscopy (Infrarød fotoakustisk spektroskopi)

ISO	International Organization for Standardization (Den internasjonale standardiseringsorganisasjon)
KOLS	Kronisk Obstruktiv Lungesykdom
LAL	Limulus amoebocyte lysat test
LC-MS	Liquid Chromatography Mass Spectrometry (Væskekromatografi massespektrometri)
MCE	Mixed cellulose ester
MDI	Difenylmetandiisocyanat
MMVF	Man Made Vitreous Fibers (Syntetiske mineralfibre)
2-MP	2-Metoksyfenylpiperazin
MS	Mass Spectrometry (Massespektrometri)
MSD	Mass Selective Detector (Masseselektiv detektor)
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (USA)
NPD	Nitrogen Phosphorous Detector (Nitrogen-fosfor detektor)
OLF	Oljeindustriens Landsforening
OLS	Obstruktiv Lungesykdom
OSHA	Occupational Safety & Health Administration (USA)
OVB	Organic Vapour Badge
OVM	Organic Vapour Monitor
OVS	OSHA Versatile Sampler
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Polycykliske aromatiske hydrokarboner)
PAT	Proficiency Analytical Testing Programs
PE	Perkin Elmer
PID	Photo Ionization Detector (Fotoionisasjonsdetektor)
2-PP	2-Pyridylpiperazin
PTFE	Polytetrafluoretylen (Teflon)
Ptil	Petroleumstilsynet
PTR-MS	Proton Transfer Mass Spectrometry (Protonoverføring massespektrometri)
PVC	Polyvinylchloride (Polyvinylklorid)
SEM	Scanning elektronmikroskopi
SIM	Selecting Ion Monitoring
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
STHF	Sykehuset Telemark Helseforetak
TCD	Thermal Conductivity Detector (Termisk ledningsevnedetektor)
TD	Thermodesorption (Thermodesorpsjon, varmedesorpsjon)
TDI	Toluendiisocyanat
TEM	Transmisjon elektronmikroskopi
TVOC	Total Volatile Organic Compounds (Totalmengde flyktige organiske forbindelser)
UV	Ultrafiolett
VOC	Volatile Organic Compounds (Flyktige organiske forbindelser)
WASP	Workplace Analysis Scheme for Proficiency Testing
WHO	World Health Organization (Verdens Helseorganisasjon)
XRD	X-ray diffraction (Røntgendiffraksjon)

1. Bakgrunn

Formålet med denne rapporten er å beskrive prøvetakings- og analysemetoder som kan anvendes for å estimere eksponering ved opptak gjennom lunger (lufteksponering), hud (hudeksponering), samt metoder som tar hensyn til alle opptaksveier (biomonitorering). De fleste typer prøvetakingsutstyr og direktevisende instrumenter som nevnes i rapporten er mer omfattende beskrevet av American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (*ACGIH 2001*). I rapporten gis det også et kort innblikk i prøvetakingsstrategi, men for mer detaljer om dette, samt vurdering av analysesvar henvises det til Arbeidstilsynets (AT's) orientering best. nr. 450 "Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren" (*AT, best. nr. 450*). I appendiks er det vedlagt dybdeinformasjon om enkelte temaer.

2. Innledning

2.1. Kartlegging og vurdering av eksponering

Det er utarbeidet en standard, NS-EN 689 "Veiledning for vurdering av eksponering for kjemiske stoffer ved innånding og målestrategi for sammenligning med grenseverdier", som skisserer strategier for kartlegging og vurdering av eksponering for forurensninger i arbeidsatmosfæren. Den amerikanske yrkeshygienikerforeningen har utgitt en bok som også gir veiledning i kartleggings- og vurderingsprosessen (*AIHA 2006*). I AT's orientering best. nr. 450 "Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren" er det gitt en mer detaljert veiledning i kartleggings- og vurderingsprosessen. Strukturen i kartleggingsstrategien er at informasjon samles inn og vurderes og deretter trekkes en av følgende konklusjoner:

- Eksponering er så lav at kartleggingen kan avsluttes og rapporteres
- Eksponering er så høy at tiltak må gjennomføres og følges opp med ny kartlegging
- Mer informasjon om eksponeringsnivå er nødvendig. Fortsett til neste trinn i kartleggingsprosessen.

Kartleggings- og vurderingsprosessen består av fire trinn og for hvert trinn øker kravet til dokumentasjon:

1. Innledende vurdering
2. Forundersøkelse
3. Detaljert undersøkelse
4. Periodiske målinger

En karakterisering av eksponeringen bør gi et bilde av hvilke komponenter som er til stede i arbeidsmiljøet (kvalitativ bestemmelse) og i hvilke konsentrasjoner de foreligger (kvantitativ bestemmelse). Metoder for å bestemme eksponeringsnivå omfatter følgende typer målinger:

- Luftmålinger, som vil gi et mål for eksponering via innånding
- Målinger av hudeksponering/huddeponering som vil gi et mål for opptak via hud
- Bestemmelse av biomarkører, som vil gi et mål for total intern dose uavhengig av eksponeringsvei

Hvis eksponering som følge av innånding skal kartlegges, vil personlige prøver i pustesonen være mest representative for den eksponering man utsettes for. Skal man derimot bestemme total

eksponering, dvs. eksponering via alle eksponeringsveier, vil biologiske eksponeringsindikatorer gi et bedre mål for den totale eksponeringen. Dersom man skal bestemme personlig eksponering for arbeidstakere som benytter åndedrettsvern skal prøvetakingsutstyret plasseres under verneutstyret. I praksis er dette ofte svært vanskelig på grunn av manglende plass. Målinger utenfor verneutstyret kan imidlertid gi informasjon om mulig eksponering dersom verneutstyret ikke fungerer og gi informasjon om bruk av verneutstyr er nødvendig. Ved korttidsmålinger kan prøvetakingsutstyret holdes av en annen person i arbeidstakers pusteseone for å få et mål for personlig eksponering.

Stasjonære prøver vil vanligvis underestimere arbeidstakerens personlige eksponering fordi mange aktiviteter som medfører eksponering ikke blir tatt hensyn til når prøvetakeren plasseres stasjonært i arbeidsmiljøet. I de tilfellene hvor forurensningen er homogent fordelt uten spesielle kilder, vil stasjonære målinger kunne gi et tilfredsstillende estimat av luftkonsentrasjonen i lokalet. Stasjonære prøver egner seg til overvåking av bakgrunnsnivå, til lekkasjesøking og til vurdering av tiltak. Dersom prøvesvarene skal sammenliknes mot administrative normer (AT, best. nr. 361), må prøvene være tatt som personlige prøver.

2.2. Administrative normer/grenseverdier

Før eksponering for en forurensning måles er det viktig å ha tenkt igjennom følgende spørsmål:

- *Hva er høyt?*
- *Hva er lavt?*
- *eller Hva kan måleresultater sammenlignes med*

I Norge har Arbeidstilsynet fastsatt administrative normer (ADN) for forurensninger i arbeidsluft (AT, best. nr. 361). Normene brukes i vurdering av om det foreligger helsefarlige forhold på arbeidsplasser der luften er forurenset av kjemiske stoffer. Vanligvis angir normene høyest akseptable gjennomsnittskonsentrasjon over et 8-timers skift. Disse normene er satt ut fra tekniske muligheter, økonomiske hensyn og medisinske vurderinger. De må derfor *ikke* oppfattes som skarpe grenser mellom ufarlige og farlige konsentrasjoner. Slike skarpe grenser finnes ikke, noe som bl.a. skyldes biologiske forskjeller mellom individer. I tilfeller der flere forskjellige forurensninger virker samtidig, eksponeringstiden er lengre enn 8 timer eller det forekommer hardt fysisk arbeid samtidig med luftforurensningen, bør miljøet vurderes strengere enn det normene angir. Normene er anbefalinger og blir først juridisk bindende etter konkrete pålegg eller forskrifter fra Arbeidstilsynet.

AT's administrative normer omfatter ikke korttidsverdier (15 min. verdier (STEL-verdier)), men som en tommelfingerregel for hvor store overskridelser som kan aksepteres i perioder på inntil 15 min. legger AT følgende overskridelsesfaktorer til grunn (det forutsettes at gjennomsnittskonsentrasjonen for 8 timers skiftet holdes under normen):

Område for norm	Kan overskrides med	Overskridelsesfaktor
Normer mindre eller lik 1	200 % av norm	3
Normer over 1 til og med 10	100 % av norm	2
Normer over 10 til og med 100	50 % av norm	1,5
Normer over 100 til og med 1000	25 % av norm	1,25

For en del stoffer med fare for akutt forgiftning eller med sterk irriterende virkning er det angitt en maksimalkonsentrasjon som ikke må overskrides, en takverdi. Normer for stoffer av denne kategori er merket med T.

Når flere forskjellige stoffer forekommer i blanding, kan de ha en større virkning enn "summen" av virkningene de har hver for seg (synergistisk effekt) eller en tilsvarende mindre virkning (antagonistisk effekt). I de tilfeller hvor det ikke foreligger en slik forsterkende eller svekkende virkning, kan den sammenlagte virkningen av flere stoffer vurderes ut fra summasjonsformelen. Dette gjelder bare stoffer som har en lik virkning på organismen (additiv effekt).

$$\text{Summasjonsformelen: } \Sigma C/N = C_1/N_1 + C_2/N_2 + \dots + C_n/N_n$$

C_1 angir målt konsentrasjon av stoff nr. 1 og N_1 angir administrativ norm for stoff 1 osv. Summen av disse leddene må være mindre enn 1 for å overholde nomen for blandingen. Summasjonsformelen er mye brukt i forbindelse med løsemiddelblandinger.

Ved vurdering av eksponering over 12 timers skift har PTIL i Aktivitetsforskriften §34 (veiledningen) følgende tillegg til administrative normer: For å korrigere normen for en arbeidsperiode på 12 timer, bør det brukes en sikkerhetsfaktor på 0,6. Dvs. 12 timers norm = 0,6 · 8 timers norm. (<http://www.ptil.no/aktivitetsforskriften/category383.html>).

Stoffer uten ADN er en spesiell utfordring fordi Arbeidstilsynet kan forlange at eksponeringen for slike stoffer holdes under kontroll. Dette kan gjøres ved at bedriften fastsetter bedriftsinterne kriterier og benytter disse i kartlegginger. Grunnlaget for slike kriterier kan være normer eller grenseverdier fra andre land, kriteriedokumenter og toksikologiske data for det aktuelle stoffet eller for stoffer med lignende kjemiske egenskaper. For stoffer hvor man ikke har tilstrekkelig kunnskap om helsefaren, bør det gjennomføres arbeidsmiljøtiltak som *reduserer* eller *utelukker* eksponering, jf. arbeidsmiljøloven § 4-4 (1) og § 4-5.

Arbeidstilsynets internettsider gir informasjon om grunnlaget for fastsettelse av administrative normer (<http://www.arbeidstilsynet.no/veiledning.html?tid=226391>).

IDLH-verdier

IDLH-verdier (Immediately Dangerous to Life or Health) kan benyttes for vurdering av akutt helsefare ved kortvarig høy eksponering. NIOSH definerer IDLH-verdier på følgende måte: IDLH-verdien er den luftkonsentrasjonen av en forurensning som utgjør en fare for tap av liv, eller umiddelbar eller forsinket permanente adverse helseeffekter eller hindrer rømning fra en slik atmosfære (<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/idlgintr.html>). NIOSH har etablert IDLH-verdier for en lang rekke forbindelser (<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>). Opprinnelig ble disse verdiene etablert for å angi ved hvilke konsentrasjoner bruk av verneutstyr var nødvendig.

Ved opphold i soner hvor det kan oppstå IDLH-nivåer er det nødvendig med maksimal beskyttelse (friskluftsutstyr med overtrykk).

3. Prøvetakingsmetoder

3.1. Bakgrunn støv og aerosolfraksjoner

En aerosol er definert som et hvilket som helst disperst system av væske- eller fast fase partikler i en gass (Vincent 2007), med andre ord alle partikler, i væske eller fast form, som eksisterer i luft (eller i en annen gassblanding). Eksempler på naturlig dannede aerosoler er f. eks. snøstorm, skyene etter et vulkansk utbrudd, tåke og vanlige skyer. Sopp, virus og bakterier i luft blir også regnet som naturlig genererte aerosoler, mens lufta i f. eks. shakerrommet vil være en menneskeskapt aerosol.

Det som blir kalt støv er egentlig definert som en aerosol av bare faste partikler som ved mekanisk nedbrytning har fått en partikkelstørrelse fra sub- μm til $100 \mu\text{m}$ (Nieboer et al. 2005). Partikler i væskefase inngår ikke i det vi vanligvis kaller støv til forskjell fra en aerosol som kan inneholde både faste partikler og partikler i væskeform.

Totalstøv er et begrep som er innarbeidet i sammenheng med arbeidsmiljømålinger, og for mange er det den fraksjonen som måles med en såkalt totalstøvkasset. Flere typer prøvetakere har vært konstruert for å samle opp totalstøv, og noen av dem er fremdeles i utstrakt bruk. Det har i ettertid vist seg at oppsamlingskarakteristikken til de forskjellige prøvetakerne varierer mye, noe som kan føre til ulike resultater av målinger utført i samme atmosfære. Den såkalte totalstøvkassetten er tradisjonelt blitt brukt ved de fleste eksponeringsmålinger i Norge, også i oljeindustrien. I dag er fortsatt mange norske administrative normer basert på bruk av "totalstøvkassetten".

Helserelaterte aerosolfraksjoner

I starten av 1970-årene begynte man å undersøke penetrasjonseffektiviteten av partikler gjennom nese og munn. Ut fra eksperimenter ble det funnet at inhalasjonseffektiviteten til en partikkel kunne forklares ut fra den aerodynamiske diameteren (d_{ae}) til den individuelle partikkelen. Disse arbeidene kuliminerte i midten av 1990-tallet med en internasjonal enighet om et sett harmoniserte anbefalinger som involverte International Organization for Standardization (ISO), Comité Européen de Normalisation (CEN) og American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Disse organisasjonene identifiserte tre kurver som representerer helserelevante aerosolfraksjoner; hver av kurvene definerer hvilke krav som skal stilles til oppsamlingseffektiviteten til en luftprøvetaker som funksjon av aerodynamisk diameter. Disse tre fraksjonene er alle identifiserte med bakgrunn i aerosolfysikk og lungefysiologi. Fig. 1 viser oppsamlingseffektiviteten i prosent for de ulike helserelevante aerosolfraksjonene. I fig. 2 er det gitt en skisse over hvor i luftveiene man får avsatt de ulike aerosolfraksjonene.

Inhalerbar aerosolfraksjon (f_{inh})

Inhalerbar aerosolfraksjon er den fraksjonen/delen av den totale mengden partikler i lufta (både faste og væske-partikler) som kommer inn i kroppen gjennom nese og/eller munn ved pusting. Den aerodynamiske diameteren er mindre eller lik $100 \mu\text{m}$. Denne fraksjonen er viktig for helseeffekter i alle steder av respirasjonssystemet, som f.eks. ved rhinitis, kreft i nese og lunge og andre luftveislidelser.

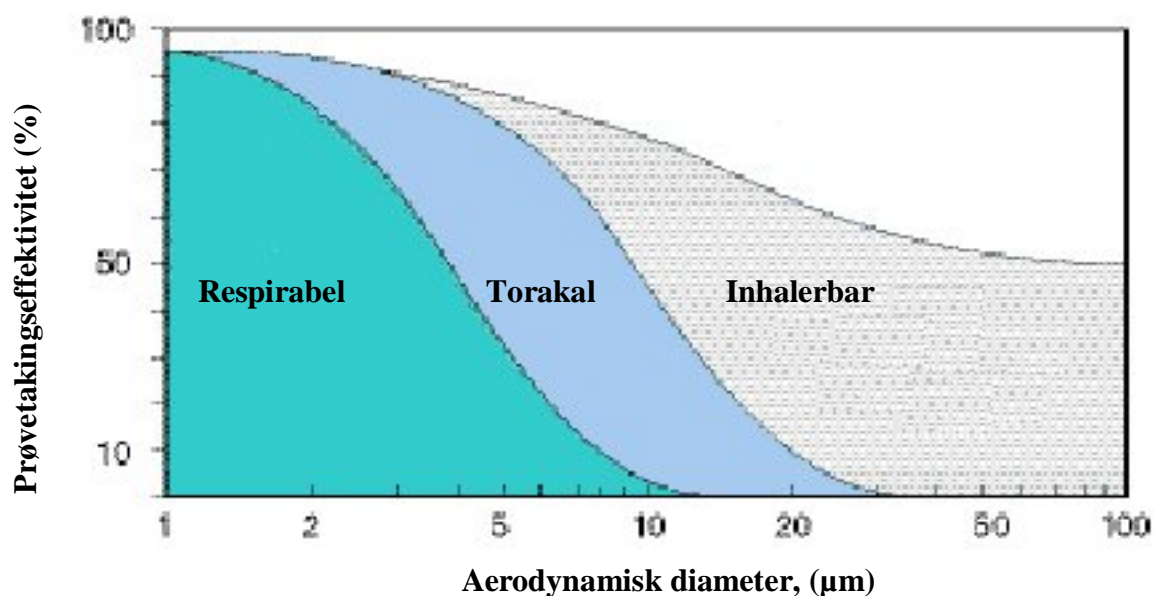
Torakal aerosolfraksjon (f_{tor})

Denne fraksjonen inneholder partikler som kan avsettes nedenfor strupehodet (larynx) dvs. at de trenger inn i den trakeobronkiale delen av lungene. Denne fraksjonen er viktig når det gjelder helseeffekter som astma, obstruktive lungesykdommer (OLS og kroniske; KOLS), bronkitt og lungekreft. Partikkelstørrelsen tilsvarer fraksjonen av den inhalerbare aerosolen som har et 50 % "cut-off" ved en aerodynamisk diameter på $10 \mu\text{m}$ og 1 % "cut-off" ved $d_{ae} = 28 \mu\text{m}$.

Respirabel aerosolfraksjon (f_{res})

Denne fraksjonen inneholder de partiklene som trenger ned i den alveolære delen av lungene, dvs. til bronkioler og alveolære blærer og kanaler. Fraksjonen er viktig ved f. eks. utvikling av kroniske sykdommer som emfysem og støvlungesykdommer. Partikkelstørrelsen svarer til 50 % "cut-off" ved en $d_{ae} = 4 \mu\text{m}$ og 1 % "cut-off" ved $d_{ae} = 10 \mu\text{m}$ for inhalerbar aerosol.

Torakal og respirabel aerosolfraksjon er begge underfraksjoner av den inhalerbare fraksjonen.



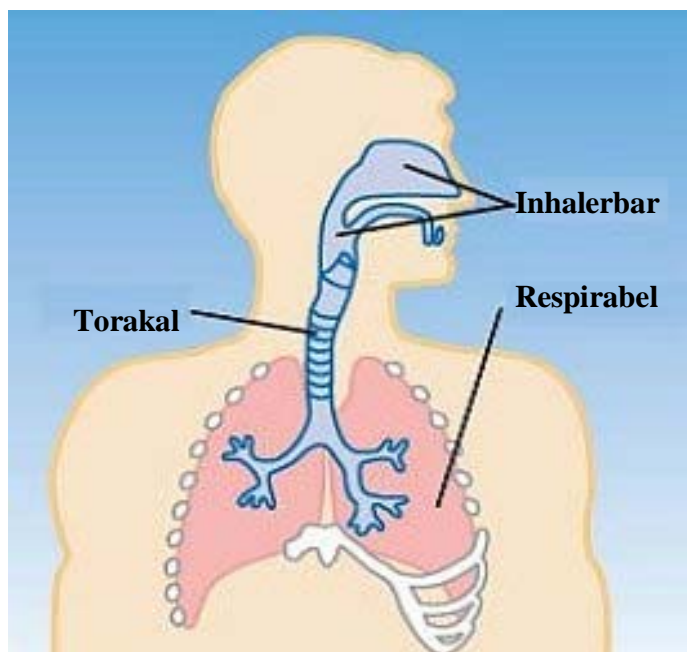
Figur 1. Kurver som viser respirabel- og torakal aerosolfraksjon som funksjon av aerodynamisk diameter, og som underfraksjon av inhalerbar fraksjon, NS-EN 481.

Trakeobronkial aerosolfraksjon

Denne fraksjonen er differansen mellom torakal og respirabel aerosolfraksjon. Den består av partikler som blir avsatt nedenfor strupehodet, men ikke så langt ned som til den alveolære delen av lungene.

Ekstratorakal aerosolfraksjon

Denne fraksjonen er differansen mellom inhalerbar og torakal aerosolfraksjon. Dette er fraksjonen med den største partikkelstørrelsen av den inhalerbare aerosolen og den avsettes derfor i de øvre luftveiene (nese/munn).



Figur 2. Skisse over luftveiene med plassering av de ulike helse relaterte regionene av luftveissystemet.

Med utgangspunkt i disse kriteriene anbefaler AT at man må ta hensyn til disse fraksjonene med tanke på vurdering av helsefare, og velge prøvetakingsutstyr som oppfyller kravene til oppsamlingseffektivitet for de ulike fraksjonene (se best. nr. 450). Det er derfor naturlig og formålstjenelig at man i en kartlegging av eksponeringsforholdene i oljeindustrien fokuserer på alle disse tre helse relaterte aerosolfraksjonene.

3.2. Prøvetakere for aerosoler

3.2.1. Prøvetakere for totalstøv

Tradisjonelt har man i Norge bestemt totalstøv ved hjelp av lukket 37 mm Millipore filterkassetter med en prøvetakingshastighet på 2,0 l/min. Filtertype velges ut fra hvilken type aerosol som skal bestemmes. Eksempler på filtertyper som brukes i forbindelse med gravimetrisk bestemmelse er (støvtype er angitt i parentes):

- Celluloseacetat-/mixed celluloseester-filter (steinstøv)
- Polyvinylklorid (PVC)-filter (sveiserøyk)
- Kvarts-filter (dieseleksospartikler)
- Teflon-filter (inneklime)
- Glassfiberfilter (bioaerosoler/endotoksiner)

3.2.2. Prøvetakere for inhalerbar aerosolfraksjon

Det finnes noen få prøvetakere som er utviklet for personlig prøvetaking og som bestemmer den inhalerbare aerosolfraksjonen. Aktuelle prøvetakingskassetter er:

- IOM-kassett, prøvetakingshastighet 2,0 l/min
- GSP-kassett, prøvetakingshastighet 3,5 l/min
- PAS 6 kassett, prøvetakingshastighet 2,0 l/min

3.2.3. Prøvetakere for respirabel og torakal aerosolfraksjon

Sykloner er en type prøvetaker som baserer seg på å dele aerosolen i forskjellige partikkelstørrelser ved hjelp av sentrifugalkrefter i motsetning til de fleste andre prøvetakere som bruker gravitasjonskreftene. To typer sykloner er mye brukt og er vel dokumentert:

- Syklon for respirabel aerosolfraksjon, prøvetakingshastighet 2,2 l/min (Casella, UK)
- Syklon for torakal aerosolfraksjon, prøvetakingshastighet 1,6 l/min (BGI, USA)

3.2.4. Prøvetaking av aerosoler – noen eksempler

Sveiserøyk

Sveiserøyk samles vanligvis opp på lukket 25 mm totalstøvkassett med PVC-filter med en pumpeflow på 2,0 l/min.

Kvarts

Kvartsholdig støv samles vanligvis opp ved bruk av respirabel syklon med celluloseacetat membranfilter.

Dieseleksos-partikler

Dieseleksos-partikler for bestemmelse av elementært karbon samles opp på lukket 37 mm totalstøvkassett med kvarts-filter og en pumpeflow på 2,0 l/min.

Fibre

Asbestfibre, keramiske fibre, AES-fibre, mineralull-fibre samles opp på åpen 25 mm sorte filterkassetter (med ledende midtstykke) med celluloseacetat-filter med rutenettmønster. En pumpeflow på 2,0 l/min er vanlig.

Bioaerosoler

Av biologiske faktorer i oljeindustrien er endotoksin den viktigste. Endotoksin samles opp på glassfiberfiltre i PAS-6 kassetter med en pumpeflow på 2,0 l/min.

3.3. Prøvetakere for uorganiske gasser

3.3.1. Fargeindikatorrør

En enkel og rask metode for å måle uorganiske gasser er å benytte fargeindikatorrør.

Fargeindikatorrørene inneholder en adsorbent (et bæremateriale) som er belagt med et stoffspesifikt reagens som når det reagerer med den aktuelle gassen, fører til en fargeforandring i røret. Lengden av fargesonen kan leses av direkte på en skala på røret. Prøver med indikatorrør tas med spesialtilpassede pumper, ofte manuelle stempelpumper, med et slagvolum på 100 ml. Antall pumpeslag er spesifisert for hver type rør. Prøvetakingstiden med slike rør er fra noen sekunder til få minutter og avlest verdi representerer en korttidsverdi/øyeblikksverdi.

Det finnes også et visst utvalg av fargeindikatorrør tilpasset spesielle batteridrevne pumper samt fargeindikatorrør basert på diffusjon (passive indikatorrør) for bruk til langtidsmålinger.

Det finnes flere leverandører av fargeindikatorrør:

- Dräger
- Gastec
- Kitagawa
- MSA/Auer

En moderne utgave av de tradisjonelle fargeindikatorrørene er Dräger Chip Measurement System (Dräger CMS). Hver chip har 10 kapillærrør fylt med et substans-spesifikt reagens. Chipen plasseres i et spesialtilpasset pumpesystem/analysator hvor prøven suges gjennom kapillærrøret.

Fargeforandringen registreres av en optoelektronisk sensor og vises i et display som konsentrasjon i ppm.

Interferens/kryssfølsomhet er det største problemet ved bruk av fargeindikatorrør, og det er derfor viktig å vite hvilke andre forbindelser som kan være tilstede i arbeidsatmosfæren der prøvene tas.

Fargeindikatorrør finnes også for et utvalg av løsemidler/organiske forbindelser. Interferens vil kunne være et problem, og i sammensatte løsemiddelatmosfærer kan det være vanskelig selektivt å måle ønsket komponent med denne type måleutstyr.

3.3.2. Impregnerte filtre/adsorbentrør/dosimetre

Mange uorganiske gasser og aerosoler kan samles opp på impregnerte filtre, impregnerte adsorbentrør eller dosimetre med impregnerte adsorbenter eller filtre. Prinsippet er basert på en kjemisk reaksjon mellom forurensningen og et kjemisk reagens, som danner en stabil forbindelse. Impregnerte filtre kan pakkes i vanlige luftprøvetakingskassetter. Aktuelle eksempler er:

- Kaliumhydroksid-impregnerte filtre for bestemmelse av hydrogenfluorid (HF), hydrogenklorid (HCl), fosforsyre (H_3PO_4), salpetersyre (HNO_3) og svovelsyre (H_2SO_4)
- Natriumjodid-impregnerte filtre for bestemmelse av nitrogendioksid
- Svovelsyre-impregnerte silicagelrør for bestemmelse av ammoniakk

3.4. Prøvetakere for organiske forbindelser

3.4.1. Flyktige organiske forbindelser (VOC)/ løsemidler

Aktiv prøvetaking med adsorbentrør

Den mest vanlige prøvetakingsmetoden for flyktige organiske forbindelser (VOC) og løsemidler i luft er oppsamling på faste adsorbenter. Dette skjer enten ved en aktiv oppsamlingsmetode med pumper og adsorbentrør eller ved en passiv metode med diffusjonsprøvetakere (dosimetre) med egnet adsorbent.

Ved aktiv prøvetaking blir en kjent mengde luft pumpet gjennom et prøverør fylt med en adsorbent. Det finnes forskjellige typer batteridrevne pumper som kan benyttes både til personlige og stasjonære målinger. For prøvetaking med adsorbentrør er pumpeflow i området 20 – 200 ml/min det mest vanlige.

Adsorbentrør har varierende kapasitet for ulike komponenter. For å unngå overbelastning av rørene må derfor både prøvetakingstid og oppsamlingshastighet på rørene tilpasses situasjonen. Det er vanlig å benytte en oppsamlingshastighet på 50 ml/min. For kullrør vil i de fleste tilfeller en

prøvetakingstid på 3 - 4 timer, dvs. et luftvolum på 10 - 12 liter, være passe for å unngå overbelastning av rørene.

Det finnes en rekke forskjellige kommersielt tilgjengelige adsorbentør som er egnet for oppsamling av flyktige organiske forbindelser. De viktigste typene av adsorbenter er:

- Kullbaserte adsorbenter
 - Aktivt kull (Anasorb CSC)
 - Syntetisk kull (Anasorb 747)
 - Grafittisert Carbon black (Carbopack, Carbotrap)
 - Carbon molecular sieve (Carboxen, Sphero carb, Anasorb CMS, Carbosieve)
- Silicagel
- Molecular Sieve (Molekylsikt)
- Organiske polymere (Tenax, Chromosorb 106, Anasorb 727, Amberlite XAD-2, -4, -7, Porapak)

De fleste adsorbentør består av en hoveddel og en kontrolldel. Mengden adsorbent i hoveddel og kontrolldel foreligger vanligvis i forholdet 2:1. Hvis det ved analyse av slike rør påvises mer enn 25 % av en komponent i kontrolldelen, er det mulighet for at noe også har passert gjennom røret. Røret anses da som overbelastet, og den målte verdien (sum av hoved- og kontrolldel) må anses som en minimumsverdi.

Den mest brukte aktive metoden for måling av løsemidler/flyktige organiske forbindelser (VOC) i luft er rør med aktivt kull som adsorbent. Kullrørens kapasitet vil variere med hvilken type løsemiddel og/eller hvilken blanding av løsemidler som foreligger. Generelt kan man si at flyktige polare stoffer adsorberes dårligere på kull enn lite flyktige upolare stoffer. For måling av f. eks. etanol og dietyleter, anbefales derfor kortere prøvetakingstid og/eller lavere oppsamlingshastighet for å unngå overbelastning av kullrøret. Ulik adsorpsjonsevne kan også forårsake at "tyngre" løsemidler kan forskyve "lettere" løsemidler til kontrolldelen (f. eks. styren/acetone). Svært flyktige løsemidler (f. eks. diklormetan) vil også kunne diffundere internt i røret ved lagring. Oppbevaring/lagring i kjøleskap/fryseboks etter prøvetaking vil i stor grad redusere denne effekten. Ekstremt høy luftfuktighet vil redusere kulletts kapasitet.

Selv om aktivt kull er anvendelig for måling av de fleste vanlig forekommende løsemidler, finnes det noen unntak. F. eks. anbefales det å bruke rør med silicagel som adsorbent for måling av metanol. Silicagel kan også være en egnet adsorbent for måling av ketoner fordi en del ketoner ikke er lagringsstabile på kull. Dette er spesielt tilfelle for sykloheksanon. Generelt sett har silicagel lavere kapasitet for løsemidler enn kullrør, og i noen tilfeller kan det derfor være aktuelt å ta parallelle prøver med silicagel og kull hvis det er mistanke om at det både er ketoner og andre løsemidler til stede i luften.

Adsorbenter beregnet på termodesorpsjon (ATD-rør) benyttes også som oppsamlingsmedium for flyktige organiske forbindelser. ATD-rør kan brukes både som en aktiv og en passiv metode. Den mest brukte adsorbenten er Tenax TA, men Chromosorb 106 og kullbaserte adsorbenter som Carbotrap, Carbopack, Carboxen og Sphero carb brukes også. Tenax TA er best egnet til å samle opp forbindelser med kokepunkt i området 60-250 °C. Ønsker man å måle VOC-forbindelser over et bredere flyktighetsområde, er det ofte nødvendig med flere adsorbenter av ulik styrke, enten i samme ATD-rør eller med flere rør koblet i serie.

Valg av adsorbent (type, produsent) må også være tilpasset den analysemetoden som skal benyttes. Adsorbentør for termisk desorpsjon er tilpasset den enkelte termodesorpsjonsinjektor og må derfor bestilles fra analyselaboratoriet.

ATD-metoden som aktiv metode brukes mye til VOC-screening, f. eks. til bestemmelse av total VOC (TVOC) i innemiljøer uten spesielle forurensningskilder. Prøvetakingsbetingelsene bør avpasses i hvert enkelt tilfelle, avhengig av løsemiddeltype(r) og antatt konsentrasjonsnivå, men en prøvetakingshastighet på 50 ml/min er vanlig, og et totalt luftvolum på maksimalt 6 liter (2 timers prøvetid) er tilstrekkelig i innemiljøsammenheng. ATD-metoden har bedre følsomhet enn tradisjonelle væskedesorpsjonsmetoder (se kap. 4.4.) og vil som aktiv metode derfor ha en fordel ved kartlegging av eksponering ved meget kortvarige arbeidsoperasjoner, spesielt for forbindelser med meget lav norm, som f. eks. benzen.

Passiv prøvetaking/diffusjonsprøvetaking med dosimetre.

Ved passiv prøvetaking – prøvetaking uten pumpe – foregår oppsamling av komponentene i luften ved diffusjon inn på en adsorbent. Prøvetakerne kalles derfor diffusjonsprøvetakere eller dosimetre. Mengden gass som adsorberes pr. tidsenhet bestemmes av prøvetakerens geometri, gassens diffusjonskoeffisient og konsentrasjonen i luften og bygger på Ficks lov

$$N = -D \cdot A \cdot dc/dx \quad (1)$$

hvor: N = diffusjonshastigheten
 D = diffusjonskoeffisienten
 A = diffusjonskammerets areal
 dc/dx = konsentrasjonsgradient

Integrasjon av Ficks lov (1) over en gitt diffusjonslengde L gir:

$$N = D \cdot A \cdot (C_m - C_a) / L \quad (2)$$

hvor: C_m = konsentrasjon v/membran,
 C_a = konsentrasjon v/adsorbent

For effektive adsorbenter settes $C_a = 0$ og dessuten antar man at $C_m = C_0$, hvilket gir:

$$N = D \cdot A \cdot C_0 / L \quad (3)$$

hvor: C_0 = luftkonsentrasjon

Oppsamlet mengde m i tidsrommet t blir da:

$$m = N \cdot t = D \cdot A \cdot C_0 \cdot t / L \quad (4)$$

Mengden m bestemmes i GC-analysen, og følgelig kan luftkonsentrasjonen C_0 beregnes. Faktoren $D \cdot A / L$ uttrykker dosimetrets oppsamlingshastighet. Diffusjonskoeffisienten D er spesifikk for hvert enkelt stoff og kan bestemmes eksperimentelt eller estimeres teoretisk med ulike metoder (Hirschfelder-metoden (*Hirschfelder et al. 1948*), FSG-metoden (*Fuller et al. 1966*)). Diffusjonskoeffisienten er trykk- og temperaturavhengig (ca. 0,14 % forandring pr. mm Hg og ca. 0,5 % forandring pr. °K).

Det finnes flere forskjellige dosimetre for måling av organiske løsemidler på markedet, med forskjellig fysisk utforming og følgelig forskjellig oppsamlingshastighet (sampling rate). Grovt sett kan dosimetre inndeles i to hovedgrupper, badge-typen og rør-typen, hvorav badge-typen har høyere oppsamlingshastighet.

Eksempler på badge-typen:

- 3M OVM 3500 og 3M OVM 3520 oppsamlingshastighet 20 – 40 ml/min
- SKC OVB 575 oppsamlingshastighet 10 – 20 ml/min
- Radiello 3310 oppsamlingshastighet 40 – 100 ml/min

Eksempler på rør-typen:

- Dräger ORSA 5 (Dräger Biocheck Solvents) oppsamlingshastighet 4 – 10 ml/min
- Perkin Elmer diffusjonsrør (ATD-rør) oppsamlingshastighet 0,2 – 0,6 ml/min

Ved passiv prøvetaking settes en diffusjonshette på ATD-rørets prøvetakingsende, mens den andre enden av røret forsegles med en "Swagelok end-cap". Passiv prøvetaking kan benyttes ved gjennomsnittsmålinger over skiftet i arbeidsmiljøer med forventet eksponering og over lengre måleperioder (3 dager til 4 uker) ved målinger i uteluft eller inneklime hvor det ikke er noen spesielle forurensningskilder. I en arbeidsatmosfære hvor forurensningene er kjent, f. eks. ved måling av BTEX (benzen, toluen, etylbenzen og xylen) vil passiv prøvetaking med ATD-rør kunne være et alternativ til tradisjonelle kullrør eller dosimetre.

Den store variasjonen i oppsamlingshastighet for ulike dosimetre betyr at de dosimetre som har lavest oppsamlingshastighet ikke alltid egner seg for korttidsmålinger fordi deteksjonsgrensen blir for høy. Dette vil være spesielt kritisk for løsemidler med veldig lav norm, som f. eks. benzen hvor administrativ norm er 1 ppm. Unntaket vil være Perkin Elmer diffusjonsrør som analyseres ved hjelp av termodesorpsjon. Eksempler på deteksjonsgrenser for benzen for ulike dosimetre samt aktive metoder (15 min. prøvetakingstid) er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 1. Deteksjonsgrenser for benzen med ulike løsemiddelprøvetakere ved 15 min. prøvetakingstid

Prøvetaker	Prøvetakingshastighet for benzen (ml/min)	Desorpsjonsbetingelser/ analysemetode	Deteksjonsgrense (ppm)
Aktive metoder:			
ATD-rør	50	ATD-GC-MS	0,0013
Kullrør	50	1,5 ml ¹ , GC-FID m/split	0,27
Passive metoder:			
PE ATD-rør	0,5 ²	ATD-GC-MS	0,13
Radiello 3310	80	3,0 ml ¹ , GC-FID m/split	0,34
3M OVM 3500	35,5	3,0 ml ¹ , GC-FID m/split	0,77
SKC OVB 575	16,0	3,0 ml ¹ , GC-FID m/split	1,7
Dräger Orsa 5	6,44	3,0 ml ¹ , GC-FID m/split	4,2

¹ Desorpsjonsvolum i ml

² Oppsamlingshastighet er avhengig av type adsorbent

Denne tabellen indikerer at dersom prøvetakingstiden er vesentlig lavere enn 15 min, vil ATD-rør (aktiv metode) være den eneste metoden som er tilstrekkelig følsom for å kunne måle benzenkonsentrasjoner på 1/10 av norm (administrativ norm er 1 ppm).

Dosimetre egner seg dessuten best for personlige målinger fordi enkelte dosimetre er avhengige av en gitt minste lufthastighet forbi overflaten, f. eks. ved at personen som bærer dosimeteret på seg er i bevegelse.

Fordelene ved å bruke passive prøvetakere i forhold til aktiv prøvetaking ved personlige målinger er bl.a. at prøvetakingen er enklere fordi det ikke er behov for pumper. Prøvetakingen er dermed

mindre til hinder for personen det måles på, og det er enkelt å måle på mange personer samtidig. Noen dosimetre, spesielt badge-typen, har den ulempen at de er mer utsatt for sprut. Dosimetrene desorberes og analyseres på tilsvarende måte som adsorbenttrørene fra aktiv prøvetaking (se pkt. 4.4).

3.4.2. Organiske forbindelser som foreligger som en kombinasjon av aerosol og damp

For organiske forbindelser som forekommer både som aerosol og damp er det nødvendig med et såkalt "sampling train", et system som kan samle opp både aerosol og damp av de aktuelle forbindelsene. Mest brukt i slike sammenhenger er en kombinasjon av en filterkassett i serie med en adsorbent. Adsorbenten kan være pakket i filterkassetten bak filtret eller som adsorbenttrør i serie bak kassetten. Slike oppsett benyttes bl.a. til prøvetaking av oljetåke/oljedamp, glykoler, organofosfater og polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Oljetåke/oljedamp

Oljetåke er oljedråper i luft. Om oljen foreligger som dråper eller damp i luften bestemmes av oljens flyktighet, temperaturen i oljen og omgivelsene og muligheten for mekanisk dråpedannelse. Luften kan inneholde oljedamp uten dråper, og for mindre flyktige oljer kan luften inneholde dråper uten målbare mengder damp. En detaljert beskrivelse av problemstillinger knyttet til prøvetaking av oljetåke og oljedamp ligger vedlagt i vedlegg 1.

Til oppsamling av oljetåke/oljedamp benyttes en 37 mm totalstøvkassett med glassfiberfilter + celluloseacetat-filter med et kullrør koplet i serie bak. Pumpehastighet på ca. 1,4 l/min og prøvetakingstid på ca. 2 timer anbefales. På grunn av avdamping fra filtret og inn i røret under prøvetakingen vil metoden til en viss grad kunne underestimere aerosolfasen og overestimere dampfasen. Flyktigheten av oljen vil være avgjørende for hvor stor denne effekten er. For oljer med kokepunkt over ca. 300 °C vil avdampingen fra filtret være liten.

Glykoler

Med glykoler menes her etylenglykol (monoetylenglykol, MEG, 1,2-etandiol), dietylenglykol, propylenglykol (1,2-propandiol) og 1,3-butylenglykol (1,3-butandiol). Oppsamling av glykoler gjøres ved hjelp av en såkalt OSHA Versatile Sampler (OVS-sampler) som består av et glassfiberfilter (13 mm) etterfulgt av XAD-7 adsorbent. Anbefalt pumpehastighet er 1,4 l/min.

Organofosfater

Organofosfater fra oljer samles opp ved hjelp av 37 mm totalstøvkassett med glassfiberfilter og et Chromosorb 106 adsorbenttrør i serie bak. Anbefalt pumpehastighet er 1,5 l/min.

Polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH samles opp ved hjelp av sort filterkassett med teflon- eller glassfiberfilter etterfulgt av XAD-2 adsorbent pakket i kassetten bak filtret eller i adsorbenttrør i serie bak filterkassetten. Anbefalt pumpehastighet er 2,0 l/min.

3.4.3. Reaktive organiske forbindelser

Noen organiske forbindelser er reaktive og ustabile, og er derfor ikke egnet for direkte oppsamling på adsorbenter. Disse forbindelsene reageres derfor i oppsamlingstrinnet med et egnet derivatiseringsreagens og danner et stabilt derivat som kan analyseres på laboratoriet i etterkant av prøvetakingen. Derivatisering i oppsamlingstrinnet benyttes også for å gjøre metoden mer spesifikk og for å øke metodens følsomhet.

Organiske forbindelser hvor derivatisering i oppsamlingstrinnet vanligvis benyttes er:

- Aldehyder
- Isocyanater/diisocyanater
- Aminer
- Syreanhydrider

Prøvetakingsutstyr som benyttes ved derivatisering i oppsamlingstrinnet er:

- Reagensimpregnerte adsorbentør/filtre
- Reagensimpregnerte dosimetre
- Impinger-løsninger m/reagens
- Impinger-løsninger m/reagens + reagensimpregnert filter
- Denuder m/reagens + reagensimpregnert filter

I dag er reagensimpregnerte adsorbentør/dosimetre og reagensimpregnerte filtre mest brukt til personlig prøvetaking av reaktive organiske forbindelser. En rekke slike prøvetakere er kommersielt tilgjengelige som aktive prøvetakere, og for enkelte forbindelser, f. eks. aldehyder og aminer, finnes også kommersielt tilgjengelige diffusjonsprøvetakere. Valg av prøvetakingsmetode må imidlertid avtales med det enkelte laboratorium.

Impinger-løsninger med reagens var tidligere en mye anvendt metode som er spesielt godt egnet til prøvetaking av en kombinert damp/aerosol fordi man får en effektiv derivatisering i løsning. Metoden er imidlertid ikke så godt egnet til personlig prøvetaking og gir også ufullstendig oppsamling av ultrafine partikler. Impinger etterfulgt av filter/impregnert filter benyttes derfor til spesielle formål, som f. eks. ved prøvetaking av isocyanater med dibutylamin-metoden (DBA-metoden).

4. Analysemetoder

4.1. Aerosoler

Gravimetri

Bestemmelse av masse på filter gjøres med en mikroanalysevekt ved å veie filtret før og etter prøvetaking. Gjennomsnittlig aerosolkonsentrasjon i arbeidslufta over måleperioden kan så beregnes ved at man kjenner luftvolumet som har gått igjennom filtret. Vekten er plassert i klimatiserte veierom (dvs. temperatur og luftfuktighet er noenlunde konstant). En veieprosedyre inkluderer også veiing av blindfiltre (uekspnerte filtre) for blindverdikorreksjon og referanselodd/referansefiltre som kvalitetskontroll.

Ved en gravimetrisk bestemmelse får man ingen informasjon om hva aerosolen inneholder av spesifikke komponenter. For å karakterisere aerosolen må det gjøres en kjemisk analyse av aerosolen som er samlet opp på filtret. Eksempler på aktuelle komponenter er gitt nedenfor.

Bestemmelse av grunnstoffer på luftfiltre

Membranfiltret dekomponeres i en syreblanding av kongevann (blanding av saltsyre (HCl) og salpetersyre (HNO₃)) og flussyre (HF) i lukkede teflonbeholdere i en mikrobølgeovn. Alle partikler, med unntak av elementært karbon vil gå i løsning og konsentrasjoner av aktuelle grunnstoffer kan etter fortykning bestemmes ved hjelp av induktivt koplet plasma optisk emisjonsspektrometri (ICP-OES). Ved STAMI bestemmes rutinemessig 34 grunnstoffer i luftprøver.

Bestemmelse av kvarts på luftfiltre

Membranfiltret med respirabel aerosolfraksjon foraskes ved lavtemperaturforskning for fjerning av membranfiltret, organiske forbindelser samt grafitt/elementært karbon fra prøven. De gjenværende

uorganiske partiklene overføres kvantitativt til et nytt analytisk filter som analyseres for α -kvarts og/eller tridymitt ved røntgen diffraksjonsspektrometri (XRD).

4.2. Fiberbestemmelse

Luftprøver

For bestemmelse av fiberkonsentrasjonen i luftprøver benyttes samme protokoll (WHO 1997) som dekker både prøvetaking, preparering og analyse. Analysemetoden baserer seg på fasekontrast lysmikroskopi og telling av fibrer på filter etter at dette er gjort transparent med acetondamp. Analysen bestemmer fibrer per definisjon, men skiller ikke mellom fibertyper. Betingelsene er derfor at man har kunnskap om dette, og dette er viktig siden fibertypene har ulik administrativ norm. Er det en blanding av ulike fibertyper i arbeidsatmosfæren, må man benytte en alternativ mikroskopimetode som kan identifisere fibrene (scanning- eller transmisjons-elektronmikroskopi med røntgenmikroanalyse (EDS). Til identifikasjon av asbestfibrer og syntetiske mineralfibrer (MMVF) med analytisk scanning elektronmikroskopi og røntgenmikroanalyse (SEM + EDS) brukes interne analyseprotokoller som er basert på sammenligning av røntgenspektra fra aktuelle fibrer og referansematerialer.

Materialprøver

Metoden anvendes spesielt i forbindelse med asbestproblematikk. Det benyttes 1) scanning- eller transmisjons-elektronmikroskopi med røntgenmikroanalyse (EDS) som bestemmer kjemisk sammensetning av fibrene, eller 2) Polarisasjon lysmikroskopi med dispersjonsfarging.

1) For materialprøver tas en representativ prøve av materialet, forsvarlig slik at ikke støv genereres, og prøven legges i en sikker emballasje. På laboratoriet knuses materialet ned til egnet partikkelstørrelse som så dispergeres i filtrert vann tilsatt etanol og 0,1 M saltsyre og kort behandling i ultralyd før filtrering på polykarbonatfilter. Filtret monteres på prøveholder, belegges med karbon og analyseres med elektronmikroskopi etter intern protokoll.

2) Materialet knuses ned til egnet partikkelstørrelse og dispergeres i immersjonsvæsker med brytningsindeks som tilsvarer de ulike asbestvariantene. Analysen foretas i henhold til egnet protokoll, f. eks. HSE 2005 (*HSE 2005*). Alternativ preparering er å lage preparater ved å applisere dispergert materiale fra 1) på dekkglass og la dette lufttørke før innleiring i immersjonsvæsker.

Sedimentert støv

Sedimentert støv samles fra horisontale flater med en ren pensel og legges i egnet beholder, f. eks. klippose av plast. Preparering og analyse utføres som for materialprøver ved hjelp av analytisk elektronmikroskopi. Polarisasjon lysmikroskopi kan gi falske negative for sedimentert støv og anbefales ikke.

4.3. Uorganiske gasser

Bestemmelse av uorganiske gasser oppsamlet på impregneret filter/adsorbent gjøres ved å ekstrahere filter/adsorbent i egnet medium på laboratoriet i etterkant av prøvetakingen. Ekstraktet analyseres deretter på relevante ioner med ionekromatografi eller i noen tilfelle med ioneselektiv elektrode.

4.4. Flyktige organiske forbindelser oppsamlet på adsorbent

Bestemmelse av organiske forbindelser oppsamlet på adsorbent kan gjøres ved bruk av to alternative metoder for desorpsjon av oppsamlede forbindelser fra adsorbenten: 1) væskedesorpsjon, eller 2) automatisk termodesorpsjon.

Væskedesorpsjon

Flyktige organiske forbindelser/løsemidler desorberes fra adsorbenten med et egnet desorpsjonsmiddel, og desorpsjonsløsningen analyseres ved hjelp av gasskromatografi med flammeionisasjonsdetektor (GC-FID). Karbondisulfid er det mest benyttede desorpsjonsmiddelet. I Norge ble også N,N-dimetyformamid (DMF) en periode mye benyttet. For polare forbindelser, f. eks. alkoholer og glykol-forbindelser, gir karbondisulfid dårlig desorpsjonseffektivitet, men effektiviteten kan økes betydelig ved tilsetning av 1 – 2 % av et polart løsemiddel i karbondisulfid. Vanlig brukt som polar løsemiddeltilsetning er DMF eller isopropanol.

For å korrigere for tap ved desorpsjonen kan to metoder benyttes: desorpsjonsfaktorer eller kull i standarden. Desorpsjonsfaktoren bestemmes for hvert enkelt løsemiddel ved å analysere et antall prøver med kjent mengde mot kjente standarder og derved beregne desorpsjonsfaktoren for løsemidlet. Alternativt kan adsorbent (f. eks. kull) fra uekspontert rør eller dosimeter tilsettes analysestandarden, og man vil da automatisk korrigere for eventuelt tap ved desorpsjon. Den siste metoden er mest vanlig i Norge.

Automatisk termodesorpsjon (ATD)

Denne metoden benytter adsorbentrør tilpasset den enkelte termodesorpsjonsinjektor, og ATD-rør må derfor bestilles fra laboratorier som utfører slike analyser. Før rørene kan benyttes til prøvetaking må de renses for VOC, dette gjøres i en strøm av inert gass ved høy temperatur. Tradisjonelt var TD begrenset ved at man bare kunne analysere en prøve én gang, men med dagens TD-teknologi kan man gjøre gjentatte analyser av samme prøve.

En fordel med ATD-metoden er at man slipper opparbeiding av prøvene i laboratoriet. Prøvene plasseres i en automatisk termodesorpsjonsinjektor, flushes med inert gass (helium) samtidig som de varmes opp. Oppsamlede forbindelser vil da frigjøres fra røret for deretter å bli samlet opp/oppkonsentrert i en sekundær kjølefelle. Denne blir deretter raskt varmet opp til ønsket temperatur under flushing med inert gass, og prøven blir overført til en gasskromatograf med kapillarkolonne og masseselektiv detektor (MSD) eller flammeionisasjonsdetektor (FID).

For beregning av TVOC i en kompleks innemiljøprøve vil kvantifiseringen ofte bli gjort mot toluen som standard og angitt som toluen-ekvivalenter. Metoden må da betraktes som en semikvantitativ metode og er ikke egnet til sammenligning med norm.

4.5. Oljetåke/oljedamp

Filtrene (oljetåke) ekstraheres med 1,1,2-triklor-1,2,2-trifluoretan (Freon 113) og analyseres ved hjelp av Fourier Transform Infrarød Spektroskopi (FTIR) ved å bestemme absorbansen av CH-strekkebandene. For å få en best mulig kvantitativ bestemmelse av oljetåken er det nødvendig med kalibrering mot den aktuelle oljen. Ved analyse av oljetåkeprøver er det derfor viktig at en prøve av den rene oljen sendes inn sammen med de eksponerte filtrene. Ekstraktet kan også analyseres ved gasskromatografi med flammeionisasjonsdetektor (GC-FID). Denne analysemetoden vil kunne gi bedre karakterisering av oljeprøven, men metoden har høyere deteksjonsgrense enn FTIR-metoden.

Kullrørene (oljedamp) desorberes med karbondisulfid og analyseres vanligvis ved hjelp av GC-FID. Eventuelle flyktige organiske forbindelser (løsemidler etc.) som ikke stammer fra oljen kan bestemmes separat med denne metoden. FTIR kan også benyttes som analysemetode, men vil ikke kunne skille oljedamp fra andre organiske forbindelser som inneholder CH-grupper.

Oljetåke/oljedamp-metoden er i utgangspunktet utviklet for mineraloljer.

4.6. Glykoler

Filter og adsorbent fra OVS-sampleren desorberes med metanol, og ekstraktene analyseres ved hjelp av GC-FID, alternativt GC-MS.

4.7. Organofosfater

Filter og adsorbent fra prøvetakingen desorberes/ekstraheres med diklormetan og ekstraktene analyseres ved hjelp av GC-MS i selected ion monitoring mode (SIM-mode).

4.8. Polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Filter og adsorbent ekstraheres med egnede løsemidler. Etter eventuell opprensing analyseres ekstraktene ved hjelp av GC-FID eller GC-MS.

4.9. Reaktive organiske forbindelser

Forbindelser som er derivatisert i oppsamlingstrinnet ekstraheres med et egnet løsemiddel og analyseres ved hjelp av gasskromatografiske eller væskekromatografiske metoder:

- GC-FID, GC-NPD, GC-ECD, GC-MS
- HPLC-UV, HPLC-FLD, HPLC-ELCD, LC-MS, LC-MS/MS

4.10. Endotoksiner

De mest aktuelle komponentene i en bioaerosol i oljeindustrien er endotoksiner fra Gram-negative bakterier. Ved arbeidsoperasjoner som rensing av prosessvann og ved rensing av installasjoner med biofilmdannelse kan risiko for eksponering for endotoksin forekomme. Metoden for bestemmelse av endotoksin er delvis standardisert. Endotoksin ekstraheres fra filtret og analyseres. Den mest anvendte metoden for å bestemme biologisk aktivt endotoksin er kvantitativ kinetisk kromogen Limulus amoebocyte lysat test (LAL).

5. Kvalitetssikring

I Norge er det pr. dags dato ikke krav til akkreditering av laboratorier som tilbyr analyser av arbeidsmiljøprøver. Det er imidlertid viktig at laboratoriene har etablert gode rutiner for sine analyser, og at de kan dokumentere kvaliteten på disse. STAMI har i en årrekke gjennomført sammenliknende laboratorieprøvninger (interlaboratoriekontroller) på følgende områder:

- Løsemidler på kullrør og 3M OVM 3500 dosimetre
- Grunnstoffer i sveiserøyk på luftfiltre

Resultatene fra STAMI's interlaboratoriekontroller er offentlige og er publisert i STAMI-rapporter.

Internasjonalt finnes det også interlaboratoriekontrollprogrammer på en del utvalgte komponenter. Eksempler er:

- WASP (Workplace Analysis Scheme for Proficiency Testing). Arrangør: Health & Safety Laboratory (HSL), UK
- PAT (Proficiency Analytical Testing Programs). Arrangør: American Industrial Hygiene Association (AIHA), USA

Detaljert informasjon om disse programmene finnes på internett:

WASP: <http://www.hsl.gov.uk/centres-of-excellence/proficiency-testing-schemes/wasp.aspx>

PAT: <http://www.aihapat.org/Pages/default.aspx>

6. Direktevisende instrumenter

Direktevisende målinger vil kunne være et verdifullt supplement og i noen tilfelle et alternativ til tradisjonelle personlige prøver for bedre å kunne karakterisere eksponeringen. Ved hjelp av direktevisende instrumenter kan man kartlegge variasjon i eksponeringsgrad over tid og identifisere forurensningskilder og lekkasjer. Slike instrumenter kan også brukes til påvisning av gasser/damper ved entring av tanker.

Blant elektrokjemiske sensorer finnes det et stort utvalg som er beregnet til målinger på person, mens for andre typer direktevisende instrumenter er det få som er beregnet til dette. I mange tilfeller er man avhengig av at yrkeshygieniker eller en annen person holder det direktevisende instrumentet i arbeidstakers pustesone.

Mange direktevisende instrumenter har varierende spesifisitet og selektivitet, og kryssfølsomhet/interferens kan ofte være et problem, spesielt dersom arbeidsatmosfæren inneholder flere stoffer. Det vil derfor være vanskelig å gjøre nøyaktige målinger av enkeltkomponenter med slike instrumenter, og det vil i noen tilfeller være viktig/nødvendig å supplere med andre målemetoder som kan karakterisere hvilke forbindelser som er til stede for å vurdere instrumentets anvendbarhet til nøyaktige eksponeringsmålinger. Dersom sammensetningen er omtrent den samme overalt, vil likevel slike instrumenter kunne brukes med godt resultat til å få oversikt over nivået på ulike steder i lokalet.

Det finnes direktevisende instrumenter for en rekke typer av forbindelser/forurensninger som f. eks.:

- Aerosoler
- Uorganiske gasser
- Kvikksølv
- Organiske forbindelser

En rekke ulike måleprinsipper benyttes i direktevisende instrumenter:

- Elektrokjemiske celler/sensorer
- Kjemiluminescens-instrumenter
- Atomabsorpsjonsspektrometre
- Kolorimetrisk papirtape-instrumenter
- Flammeionisasjonsinstrumenter (FID)
- Fotoionisasjonsinstrumenter (PID)
- Infrarød spektrofotometre (IR, FTIR)
- Infrarød fotoakustisk spektroskopi (IR-PAS)
- Massespektrometre (MS)
- Proton-Transfer-Reaction massespektrometre (PTR-MS)

Ingen av de nevnte typer av direktevisende instrumenter inneholder noe separasjonstrinn, og kryssfølsomhet/interferens vil kunne være et problem. For IR-instrumenter og MS-instrumenter vil imidlertid dette, ved valg av riktige parametre, i mange situasjoner kunne kompenseres for. Av de nevnte instrumenter er FID- og PID-instrumenter generelle og ikke-spesifikke, elektrokjemiske sensorer og papirtape-instrumenter er én-komponent-spesifikke, mens IR- og MS-instrumenter er multikomponent-spesifikke. Elektrokjemiske sensorer, FID- og PID-instrumenter samt enkelte IR-instrumenter er håndholdte eller bærbare, mens de fleste MS-instrumenter kun er transportable.

Direktevisende instrumenter med separasjonstrinn omfatter først og fremst portable gasskromatografer med ulike detektorer:

- Flammeionisasjonsdetektor (FID)
- Fotoionisasjonsdetektor (PID)
- Flammefotometrisk detektor (FPD)
- Termisk ledningsevne detektor (TCD)
- Massespektrometrisk/masseselektiv detektor (MSD)

Målinger med portable gasskromatografer vil være diskontinuerlige på grunn av separasjonstrinnet.

Noen eksempler på typiske deteksjonsgrenser for enkelte typer direktevisende instrumenter er angitt i tabellen nedenfor.

Tabell 2. Eksempler på typiske deteksjonsgrenser for noen direktevisende instrumenter.

Type instrument	Instrumentnavn	Deteksjonsgrense
PTR-MS	Ionicon Compact	0,5 – 1 ppb
GC-EI-MS	Hapsite	10 – 1000 ppb
IR-PAS	Innova	20 – 100 ppb
FTIR	Gasmet DX-4030	20 – 500 ppb
FID		100 – 500 ppb
PID		100 – 500 ppb ¹
IR	Miran	100 – 500 ppb
Elektrokjemisk sensor	PAC 7000	100 – 1000 ppb ²
Elektrokjemisk sensor	Odalog	100 – 1000 ppb ²

¹ For nyere modeller oppgis deteksjonsgrenser ned mot 1 ppb

² Deteksjonsgrensen avhenger av gass

En del typer av direktevisende instrumenter er kort beskrevet i vedlegg 2. Mer utfyllende informasjon om en rekke direktevisende instrumenter er også tilgjengelig fra ACGIH (*ACGIH 2001*).

7. Hudeksponering

Hudeksponering for kjemiske forbindelser kan i visse situasjoner bidra signifikant til den totale dosen, og for noen kjemiske stoffer kan luftprøvetaking derfor underestimere opptaket av stoffet. Dette gjelder f. eks. noen organiske løsemidler og PAH'er.

Hudeksponering kan skje på følgende måter:

- Ved direkte kontakt med væske eller fast stoff eller sprut fra væske
- Ved avsetning av aerosol på hud eller opptak av damp gjennom hud
- Ved kontakt med forurensede overflater

Prøvetakingsmetoder for å bestemme/vurdere hudeksponering kan inndeles i 3 kategorier (*Fenske et al. 1993*):

- Surrogathud-teknikker
- Fjerneteknikker
- Fluorescenstracer-teknikker

Surrogathud-teknikker

Denne type teknikker omfatter pads/patches hvor ett eller flere områder på kroppen utstyres med standard pad/patch (10 x 10 cm) med et materiale som adsorberer den aktuelle forurensningen. Bomull- og kull-pads har vært mye brukt. I etterkant ekstraheres pad/patch med egnet løsemiddel og analyseres med hensyn på aktuelle stoffer med gasskromatografiske/ væskkromatografiske eller andre relevante metoder.

For å vurdere helkroppss hudeksponering kan det benyttes kjeledresser av egnet materiale. Kjeledressene ekstraheres med egnet løsemiddel og analyseres på aktuelle stoffer. Likeledes kan eksponering på hendene estimeres ved å bruke hansker av egnet materiale som i etterkant ekstraheres og analyseres på relevante stoffer.

Fjerningsteknikker

Denne type metoder omfatter avvasking/avtørking eller tape stripping fra et bestemt areal med påfølgende ekstraksjon og analyse av ekstraktet med relevant metode.

Fluorescens-teknikker

Hudeksponering kan kvantifiseres direkte ved å måle avsetning av fluorescerende forbindelser på huden ved belysning med UV-lys. Enkelte stoffer, som f. eks. PAH-forbindelser, har en naturlig fluorescens og kan derved måles direkte. Alternativt kan produktet som benyttes tilsettes en fluorescerende tracer som benyttes til å måle hudeksponeringen.

Hudeksponering i olje- og gassindustrien ble fylldig omtalt under fagkonferansen "Retrospective Exposure Assessment in the Norwegian Offshore Petroleum Industry" i 2007 (*Bakke et al. STAMI rapport nr. 4, 2007*). Et utdrag fra denne rapporten ligger vedlagt i appendiks (vedlegg 3). Med bakgrunn i denne fagkonferansen og lite utvikling av nye og mer anvendbare metoder i etterkant av denne konferansen, anbefaler vi at selskapene, dersom man vurderer hudeksponering som en betydelig kilde til den totale dosen, tar kontakt med aktuelle fagmiljøer som har spisskompetanse på hudeksponering. Dette vil sikre at studiedesign og valg av metoder er optimale for den aktuelle problemstillingen.

8. Biologisk monitorering

Begrepet biologisk monitorering har tradisjonelt blitt brukt for å beskrive en eksponering gjennom å måle komponentene en person utsettes for eller metabolitter av disse i biologiske systemer, f. eks. i blod, urin eller hår. For flyktige organiske komponenter/løsemidler har analyse av utåndingsluft også blitt benyttet. I dag brukes også begrepet biomarkør for eksponering. Dette innbefatter også reaksjonsprodukter mellom en substans og forskjellige molekyler eller celler i kroppen.

I Norge har vi to grenseverdier som er basert på biologisk overvåking. Disse er for bly i fullblod og kvikksølv i urin. Biomonitorering ved eksponering for organiske forbindelser har tradisjonelt i liten grad blitt benyttet i Norge, men i forbindelse med eksponering for benzen (benzen i blod, S-fenylmerkaptursyre (SPMA) i urin, tidligere fenol i urin) og styren (fenylglykolsyre og mandelsyre i urin) har biologisk monitorering i noen grad vært gjennomført.

Biologisk monitorering stiller store krav til kunnskap om aktuelle komponenter før dette iverksettes. Temaer som må være spesielt godt belyst vil bl.a. være:

- Finnes det en egnet analysemetode?
- Hvilket medium og følgelig metode for innsamling skal anvendes?
- Når, hvordan og hvor mange prøver skal samles inn?
- Hvordan skal prøvene pakkes og sendes inn til laboratoriet?
- Hvordan planlegges rapportering og tolkning av prøvene (f. eks. hva er "normalt")?
- Hvilke konsekvenser kan resultatene få for den som det er tatt prøver av?
- Oppfølging av forhøyede verdier?

På oppdrag fra oljeindustrien har det blitt gjort en kritisk gjennomgang av litteratur for å dokumentere relevante analytiske metoder, samt vurdere nasjonale og internasjonale standarder for biomarkører for eksponering (*Skarping et al. 2010*). Vi viser til denne rapporten for videre omtale av biologisk monitorering og beste praksis metoder.

9. Noen anbefalinger

9.1 Personlige luftprøver

En tabelloversikt over prøvetakingsmetoder og analysemetoder for en rekke organiske og uorganiske forbindelser samt tilhørende referanser er gitt i appendiks (vedlegg 4).

Forbindelsene i tabellen er inndelt i 3 kategorier:

- Organiske forbindelser
- Aerosoler/fibre
- Uorganiske forbindelser

Utvalget av forbindelser er i utgangspunktet basert på en liste som framkom fra Ptil's pilotprosjekt (*Ptil 2007*) og er supplert med forbindelser som er registrert av STAMI ved innlegging av eksponeringsdata fra olje- og gassindustrien i Norge. Listen er ikke fullstendig.

Nedenfor har vi gitt anbefalinger for valg av prøvetakingsmetode for noen sentrale eksponeringer i olje- og gassindustrien. Det kan imidlertid være forskjeller mellom ulike laboratorier, og **valg av prøvetakingsmetode bør derfor alltid avklares med analyselaboratoriet.**

Løsemidler

8 timers prøver:

- Enkeltløsemidler: kullrør m/pumpehastighet 50 ml/min eller diffusjonsprøvetaker med kulladsorbent
- Destillasjonsfraksjoner (bensindamp, white spirit etc.): kullrør m/pumpehastighet 50 ml/min

15 min. prøver:

- Enkeltløsemidler: kullrør m/pumpehastighet 50 ml/min
- Destillasjonsfraksjoner: kullrør m/pumpehastighet 50 ml/min
- Stoffer med meget lave normer (f. eks. benzen): ATD-rør m/pumpehastighet 50 ml/min

Arbeidsoperasjoner med varighet under 10 min./enkeltløsemidler med meget lave normer (f. eks. benzen):

- ATD-rør m/pumpehastighet 50 ml/min

Blindprøver:

Med hver prøveserie skal det følge en blindprøve. Med blindprøve menes en prøvetaker (kullrør/dosimeter) som er åpnet i et område uten eksponering og umiddelbart forseglett igjen. Blindprøven skal deretter oppbevares sammen med prøveserien.

Oljetåke/oljedamp

37 mm lukket filterkassett m/glassfiberfilter + celluloseacetatfilter med kullrør i serie bak. Anbefalt pumpehastighet er 1,4 l/min og anbefalt prøvetakingstid er 2 timer.

Glykoler

OSHA Versatile Sampler (OVS-sampler) som består av et glassfiberfilter (13 mm) etterfulgt av 2 sjikt med XAD-7 adsorbent. Anbefalt pumpehastighet er 1,4 l/min.

Organofosfater

Organofosfater fra oljer samles opp ved hjelp av 37 mm totalstøvkassett med glassfiberfilter og et Chromosorb 106 adsorbent i serie bak. Anbefalt pumpehastighet er 1,5 l/min.

Aerosoler generelt:

Prøvetakingsutstyr for aerosoler må vurderes ut fra hvilket grunnlag administrativ norm er satt. Dersom normen er satt for respirabel fraksjon benyttes sykklon for respirabel aerosolfraksjon. Ved normer satt for inhalerbar fraksjon benyttes en kassett for inhalerbar aerosolfraksjon (IOM eller GSP). De fleste normer for aerosoler er satt for "totalstøv" og en totalstøv-kassett kan benyttes.

Respirabel aerosolfraksjon

Syklon for respirabel aerosolfraksjon benyttes til prøvetaking av denne fraksjonen. Filtertype må velges ut fra de komponenter som prøvene skal analyseres på. Pumpehastighet er f. eks. 2,2 l/min for Casella-syklon.

Torakal aerosolfraksjon

Syklon for torakal aerosolfraksjon benyttes til prøvetaking av denne fraksjonen. Filtertype må velges ut fra de komponenter som prøvene skal analyseres på. Pumpehastighet må være i henhold til spesifikasjonene for syklonen.

Inhalerbar aerosolfraksjon

Aerosol-kassett for inhalerbar aerosolfraksjon (IOM eller GSP) benyttes for prøvetaking av denne fraksjonen. Filtertype må velges ut fra de komponenter som prøvene skal analyseres på. Pumpehastighet må være i henhold til spesifikasjonene for de forskjellige kassettenes.

Sveiserøyk

Sveiserøyk samles opp med 25 mm lukket totalstøv-kassett med PVC-filter, montert i innåndingssonen **innenfor beskyttelsesutstyr**. Pumpehastighet er 2,0 l/min.

Kvarts

Kvarts-støv samles opp med sykklon for respirabel aerosolfraksjon med celluloseacetat membranfilter. Pumpehastighet er f. eks. 2,2 l/min for Casella-syklon.

Dieseleksos

Dieseleksos-partikler for bestemmelse av elementært karbon samles opp med 25 eller 37 mm lukket totalstøv-kassett med kvartsfilter og med pumpehastighet 2,0 l/min.

Nitrogendioksid og karbonmonoksid fra dieseleksos kan bestemmes ved hjelp av direktevisende elektrokjemiske gass-sensorer. Nitrogendioksid kan også bestemmes ved oppsamling på natriumjodid-impregnert filter og med pumpehastighet 2,0 l/min.

9.2. Oppbevaring og forsendelse av prøver

Organiske prøver

Etter avsluttet prøvetaking oppbevares prøver på løsemidler (kullrør, dosimetre) og andre organiske forbindelser (aldehyder, oljetåke/oljedamp etc.) i kjøleskap. Termodesorpsjonsrør (ATD-rør) anbefales imidlertid oppbevart ved værelsestemperatur. Når prøveinnsamlingen er avsluttet bør prøveserien raskest mulig sendes til analyselaboratoriet.

Grunnstoffer i biologiske prøver

Blod- og urinprøver skal tas på prøvetakingsutstyr og prøverør godkjent av laboratoriet.

Kontrollér at:

- prøverør og emballasje ikke er tilsølt
- alle korker er tette og godt tilskrudd
- prøverør er merket med personnavn og prøvetakingsdato

Prøvene skal oppbevares i kjøleskap hvis de ikke kan sendes umiddelbart.

Posttransport av biologiske prøver

Alle biologiske prøver skal sendes i gjennomsliktig ytterbeholder av slagfast plast for å hindre lekkasje under transport og søl ved mottak på laboratoriet. Avsender står ansvarlig for korrekt forsendelse. Se forøvrig "Biologiske preparater i posten - nye innpakkingsregler" (IK-2272).

10. Krav til dokumentasjon av eksponeringsmålinger og – vurderinger

Gjennom bl.a. Arbeidsmiljøloven, Kjemikalieforskriften (AT, best. nr. 566) og Internkontrollforskriften (AT, best. nr. 544) stiller myndighetene krav til virksomheter hvor det forekommer giftige og helsefarlige stoffer. Kravene omfatter bl.a. plikt til kartlegging av helserisiko og gjennomføring av regelmessige målinger hvis det ikke allerede kan dokumenteres at eksponeringen for de ansatte er på et forsvarlig nivå.

Graden av kjemisk yrkeseksponering er avhengig av hvilke kjemikalier/produkter og prosesser som er aktuelle, men vil også påvirkes av en rekke andre faktorer som f. eks. hvilke arbeidsoppgaver som utføres og hvor lenge de utføres, arbeidsvaner og meteorologiske forhold. Kjemisk eksponering kan noen ganger gi en akutt helseeffekt, mens det i andre tilfeller kan ta flere år før en eventuell effekt gjør seg gjeldende. Både av helsemessige, økonomiske og forskningsmessige grunner vil det derfor i ettertid kunne være aktuelt å vurdere tidligere eksponeringsdata. Dette innebærer at det også må

stilles faglige krav til dokumentasjon i forbindelse med gjennomføringen av kartlegginger av kjemisk eksponering i virksomhetene.

AT's publikasjon nr. 450 gir i tillegg til en veiledning i praktisk gjennomføring av eksponeringskartlegginger og vurdering av eksponering, en orientering om faglige krav til dokumentasjon av yrkeshygieneiske målinger og om noen av forholdene man må ta hensyn til og dokumentere for å kunne foreta en adekvat vurdering av måleresultatene (vedlegg 5).

I Stortingsmelding nr. 14 (2006-2007), "Sammen for et giftfritt miljø", står det bl.a. at Regjeringen ønsker å styrke forskningen på helse- og miljøfarlige kjemikalier, og at dette innebærer både å styrke forskningsaktivitetene på dette området, og å styrke forskningsmiljøer og offentlige organer som arbeider med vurdering av dokumentasjon og informasjon om helse- og miljøfarlige kjemikalier. Arbeidsdepartementet har i tråd med dette understreket overfor STAMI, AT og Ptil at tiltak for forbedring av kunnskapsgrunnlaget på kjemikalieområdet må prioriteres høyt, og at det må fokuseres på oppbygging og bedre utnyttelse av eksisterende datagrunnlag gjennom overvåking og på bedre innsamling av data. På denne bakgrunn tok Arbeidsdepartementet i 2007 initiativ til et prosjekt som skulle legge grunnlag for å gi myndighetene bedre oversikt over kjemisk eksponering i norsk arbeidsliv. Prosjektet var sammensatt av representanter fra STAMI, AT og Ptil. Det ble også opprettet en referansegruppe bestående av representanter fra partene i arbeidslivet og fagmiljøene innenfor arbeidsmedisin og yrkeshygiene. Oljeindustrien var også representert i denne referansegruppen. En del av prosjektets målsetting var å bidra til å legge grunnlag for innføring av et nasjonalt eksponeringsregister. Arbeidsgruppen la fram en oversikt over data som bør dokumenteres i tilknytning til eksponeringsmålinger for å ivareta arbeidsmiljømyndighetenes behov, faglige minimumskrav, samt i størst mulig grad begrense den enkelte bedrifts arbeidsbyrde (vedlegg 6). Kravene til dokumentasjon slik de står oppført i best. nr. 450 og i arbeidsgruppens rapport til departementet er generelle, ikke bransjespesifikke krav.

For å tilfredsstille disse kravene skal følgende punkter alltid inngå i en yrkeshygienisk rapport:

- Kort sammendrag
- Bakgrunn og formål med undersøkelsen
- Metodiske valg som er gjort
- Resultater av de individuelle yrkeshygieneiske målingene
- Fortolkninger og vurderinger av resultater
- Konklusjoner og eventuelle risikoreducerende tiltak
- Prøvetakingsskjema
- Analyserapport fra laboratorium
- Plantegninger, bilder
- Utskrifter eller diagrammer fra direktevisende instrumenter

Bransjens egne fagpersoner besitter en mer bransjerettet informasjon som er viktig å dokumentere under prøvetakingen. Det kan derfor være formålstjenlig at den enkelte virksomhet i forbindelse med en eksponeringskartlegging utarbeider egne prøvetakingsskjemaer for å ivareta både de generelle og de bransjespesifikke krav til dokumentasjon. I det følgende er det listet opp noen eksempler på determinanter (forklaringsvariabler) som kan ha innflytelse på eksponeringsgrad i oljesektoren og som vil være viktig å dokumentere i tilknytning til en yrkeshygienisk kartlegging i oljeindustrien. En mer utfyllende liste er angitt i vedlegg 7.

- Navn på innretning/landanlegg hvor målingene er utført
- Type produksjonsinnretning offshore
- Type boreinnretning offshore
- Type landanlegg

- Avdeling
- Jobbtittel
- Modul
- Beskrivelse av arbeidssted og forhold/prosessbetingelser på prøvetakingsstedet som kan ha betydning for måleresultatene.
- Beskrivelse av kontrollrunder som utføres regelmessig
- Bruk av åndedrettsvern og annet verneutstyr
- Arbeidsoperasjon og varighet av oppgavene
- Kjemiske produkter som har vært i bruk under prøvetakingen
- Prøvetakingsstrategi
- Beskrivelse av eventuelle tiltak

Det er helt essensielt for nytteverdien av dataene at den yrkeshygieniske rapporten forøvrig omfatter prøvetakingsskjema med de nødvendige data fra prøvetakingen, evt. med utfyllende opplysninger, skisser og/eller bilder vedlagt. I tillegg skal laboratoriets analyserapport med enkeltresultater vedlegges.

11. Referanser

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Air Sampling Instruments, 9th Edition. ACGIH Publication #0031 (2001). ISBN 978-1-882417-39-1

AIHA Exposure Assessment Strategies Committee: A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures, 3rd edition. Bullock, W.H. and Ignacio, J.S (ed). AIHA Press, American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, US, 2006. ISBN 1-931504-69-5.

Arbeidstilsynet: Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære. Veiledning, Arbeidstilsynet best. nr. 361

Arbeidstilsynet: Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren. Orientering, Arbeidstilsynet best. nr. 450

Arbeidstilsynet: Systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften). Forskrift, Arbeidstilsynet best. nr. 544

Arbeidstilsynet: Vern mot eksponering for kjemikalier på arbeidsplassen (Kjemikalieforskriften). Forskrift, Arbeidstilsynet best. nr. 566

Bakke B, Thorud S, Eduard W: Retrospective exposure assessment in the Norwegian offshore petroleum industry: A seminar addressing the methods and challenges of retrospective exposure assessment. STAMI-rapport nr. 4, årgang 8, 2007. Statens arbeidsmiljøinstitutt, Oslo 2007

Fenske R A: Dermal exposure assessment techniques. Ann. Occup. Hyg. 1993; 37: 687 - 706

Fuller E N, Schettler P D, Giddings J C: A new method for prediction of binary gas-phase diffusion coefficients. Ind. Eng. Chem. 1966; 58(5): 19 -27

Health & Safety Executive (HSE): Asbestos: The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures. HSE Publication 2005, ISBN 0 7176 2875 2

Hirschfelder J O, Bird R B, Spotz E L: The transport properties of nonpolar gases. J. Chem. Phys. 1948; 16: 968 - 981

Nieboer E, Thomassen Y, Chashchin V, Odland J Ø: Occupational exposure assessment of metals. J. Environ. Monit. 2005; 7: 412 - 415

Petroleumstilsynet (Ptil): Kjemisk eksponering på norsk sokkel. Ptil-rapport 2005

Petroleumstilsynet (Ptil): Pilotprosjekt. Kjemisk arbeidsmiljø offshore. Ptil-rapport 2007

Skarping G, Dalene M, Michelsen P, Meiby E, Willers S, Cocker J: Biomarkers of exposure. Critical review of literature data regarding relevant analytical methods, international and national standards. Rapport 2010-06-14, Institutet för Kemisk Analys Norden AB (IFKAN), Hässleholm, Sweden

Vincent J H: Aerosol sampling. Science, Standards, Instrumentation and Application. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, West Sussex, England 2007, ISBN 978-0-470-02725-7

World Health Organization (WHO): Determination of airborne fibre number concentration. A recommended method by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method). WHO, Geneva 1997, ISBN 92 4 154496 1

APPENDIKS

Vedlegg 1: Oljetåke og oljedamp

Kristin Halgard og Torill Woldbæk, Statens arbeidsmiljøinstitutt

1. Definisjon.

Oljetåke er oljedråper i luft. Dråper kan fordampe, og damp kan kondensere og gi dråper. Om oljen foreligger som dråper eller damp i luften kommer an på oljens flyktighet, temperaturen i oljen og omgivelsene, og muligheten for mekanisk dråpedannelse. Man kan ha luft med oljedamp uten dråper, og for mindre flyktige oljer kan man ha dråper uten målbare mengder damp.

2. Aerosoldannelse.

En væskeaerosol kan dannes enten ved mekanisk forstøvning eller ved kondensasjon av oppvarmet damp. Oljetåke dannet ved mekanisk forstøvning kan f. eks. forekomme ved spraying med forskalingsolje og lignende¹, fra maskiner som benytter olje som smøre- eller kjølevæske² og i forbindelse med bruk av oljeshakere³. Det finnes også andre kilder til mekanisk tåkedannelse. Kondensasjonståke kan man få alle steder der olje varmes opp lokalt og avkjøles i omgivelsene som f. eks. ved sveising på oljebelagte plater og ved kabelskjøting⁴. Ofte kan man ha begge typer tåkedannelse samtidig slik tilfellet er ved bruk av oljeshakere. Tåke dannet ved kondensasjon består vanligvis av mindre dråper enn tåker fra mekanisk forstøvning.

3. Sammensetning

Olje er ingen entydig kjemisk forbindelse. De kan deles inn i 4 hovedtyper.

- Mineraloljer består av langkjedete hydrokarboner, naftener og aromater. En typisk mineralolje kan bestå av for eksempel 100 enkeltkomponenter.
- Emulsjoner utgjøres vanligvis av olje i vann. Disse brukes særlig som skjærevæsker fordi de både har en kjølende og smørende effekt.
- Syntetiske oljer består av ulike forbindelse med fysiske egenskaper som gjør at de kan erstatte mineraloljer. Syntetiske oljer består vanligvis av færre komponenter enn mineraloljene.
- Vegetabiliske oljer benyttes også.

De fleste oljene inneholder en rekke tilsetningsstoffer som skal bedre deres fysiske egenskaper. Tilsetningsstoffene utgjør vanligvis en liten del av oljen, typisk noen få vektprosent.

4. Helseskader

Med så mange ulike forbindelser, vil det kunne være muligheter for forskjellige helseskader⁵⁻⁷. Aerosoler fra mineraloljer er først og fremst skadelig for hud og lunger, men også nese og mage kan påvirkes. For huden er ofte den rene væsken et større problem enn aerosolen. Oljeakne er en viktig hudskade. I vannholdige skjærevæsker kan bakterievekst utgjøre en risiko. Oljedamp fra mineraloljer kan ofte sammenliknes med white spirit og kan forventes å kunne gi løsemiddelliknende skader. Oljenes tilsetningsstoffer kan også gi helseeffekter avhengig av hva de består av. Allergiske reaksjoner kan f. eks. forekomme. Syntetiske oljer kan det ikke sies noe generelt om. De kan være mer eller mindre skadelige enn mineraloljene og må vurderes særskilt i hvert enkelt tilfelle.

5. Administrative normer

Det finnes norske administrative normer for noen oljeliknende aerosoler og damper. Den administrative normen for mineralolje aerosol er 1 mg/m³.

Det finnes en egen norm for parafinrøyk på 2 mg/m^3 . Parafinrøyk kan man f. eks. få ved produksjon av stearinlys og ved skismøring.

Glykoler blir noen ganger brukt som oljer. Det finnes en norm for etylenglykol-aerosol som er 10 mg/m^3 . Normen for oljedamp fra mineraloljer er 50 mg/m^3 og for etylenglykoldamp 25 ppm (63 mg/m^3). Normen for oljedamp er lav sammenliknet med white spirit som har en norm på 120 mg/m^3 eller 275 mg/m^3 avhengig av aromatinnhold. Oljedampen bør imidlertid sees i sammenheng med tåken ettersom de to fasene kan gå over i hverandre.

6. Prøvetakingsmetoder

Den vanligste prøvetakingsmetoden for oljetåke er oppsamling på filter⁸.

I Sverige har de brukt oppsamling av tåken i et rør fylt med glassvatt⁹.

Man kan bruke en partikkelteller, men da skiller man ikke mellom oljedråper og andre partikler i luften. Det har også vært forsøkt med en elektrostatisk prøvetaker og enkelte andre typer prøvetakere¹⁰⁻¹².

Dampen samles opp i et adsorpsjonsmedium etter filtret som fjerner tåken. Det kan benyttes både store og små kullrør eller andre adsorpsjonsmedier.

Det finnes en kommersiell prøvetaker for glykoler.

Prøvetakingsmetoden for syntetiske oljer bør vurderes for hver enkelt olje.

7. Prøvetakingsutstyr

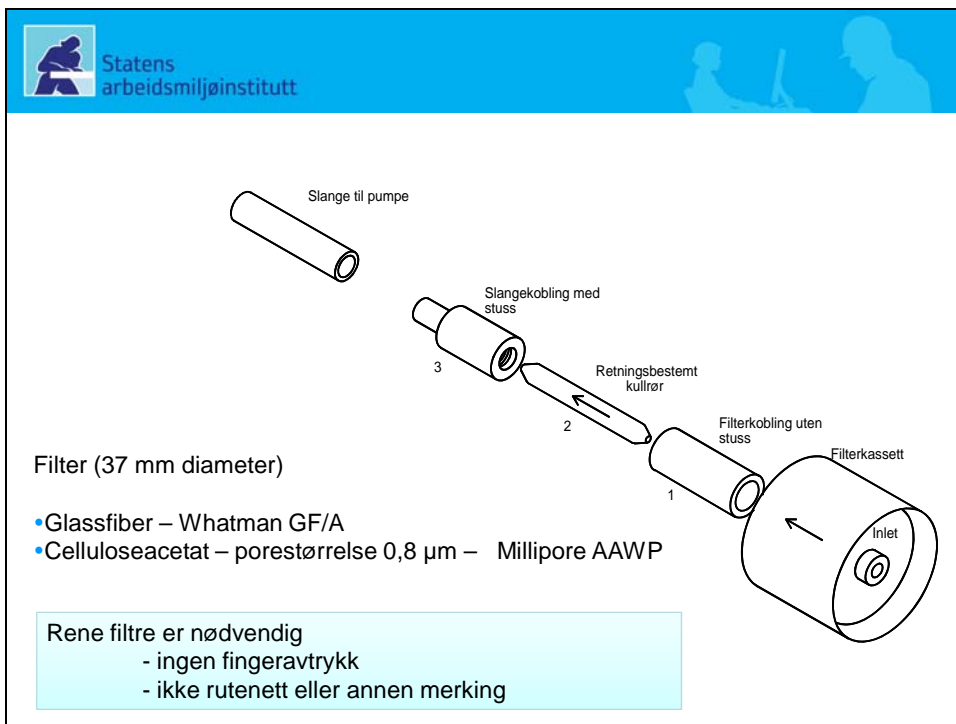
STAMI's prøvetakingsutstyr er vist i Figur 1.

Det er gjort flere forsøk både på STAMI og andre steder med ulike typer filtre for å finne ut hvilke som er best^{13,14}. STAMI benytter to filtre – et av glassfiber etterfulgt av et celluloseacetatfilter.

STAMI kjenner ikke til andre filterkombinasjoner som er bedre. Filtrene må ikke ha rutenett, og det er viktig at de er fri for fingeravtrykk. Et fingeravtrykk kan inneholde like mye olje som det man samler opp under en vanlig prøvetaking.

8. Luftstrøm og prøvetakingstid.

Anbefalt luftstrøm gjennom filter og kullrør er $1,2 - 1,5 \text{ l/min}$, og prøvetakingstiden bør være ca. 2 timer. Det er tungt å trekke luft gjennom utstyret, så man må ha litt kraftige pumper. Gode støvpumper burde være OK, men man bør benytte pumper som ikke stopper automatisk ved høyt flowfall. Er man i tvil om den pumpen man har kan benyttes, bør utstyret testes før prøvetakingen starter. I enkelte tilfelle der man skal måle svært lave konsentrasjoner av lite flyktige oljer kan prøvetakingstiden forlenges. Det gjelder f. eks. måling av olje i luft som benyttes til friskluftsmasker.



Figur 1. Prøvetakingsutstyr for måling av oljetåke og oljedamp

Den lave luftstrømmen og korte prøvetakingstiden er først og fremst for å hindre olje i å fordampe fra filterne under prøvetakingen. Det kan være et problem for flyktige oljer. For slike oljer kan det være vanskelig å avgjøre hvor stor del av oljen som opprinnelig har forligget som dråper. Hvor mye som fordampes avhenger av oljens flyktighet og dampkonsentrasjonen av olje i luften. Hvis luften er mettet med oljedamp, skjer det ingen ytterligere fordampning. Det er spesielt viktig at man ikke fortsetter prøvetakingen i et rent lokale etter å ha målt i et eksponert. I et rent lokale vil store deler av de flyktigste oljekomponentene som er samlet opp på filtret kunne fordampe.

STAMI har gjort forsøk der olje er avsatt på filter og luft er blåst gjennom i 2 timer med en luftstrøm på 1,2 l/min (Tabell 1). For den flyktigste oljen fordampet 86 %, mens for den tunge oljen med et kokepunkt på over 300 °C fordampet ingenting. Dette forsøket representerer et verst mulig tilfelle siden det i utgangspunktet ikke er oljedamp i luften.

Tabell 1. Fordampning av olje fra filter etter 2 timers gjennomblåsning med luftstrøm 1,2 l/min

Oljens kokepunkt °C	Olje avdampet %
230-325	86
>250	70
243-468	30
319-570	0

9. Dråpers levetid

Oljedråpenes levetid i luften varierer sterkt med oljens flyktighet. Tabell 2 gjelder dråper med diameter 4 µm som kan være en typisk oljetåkedråpe¹⁵.

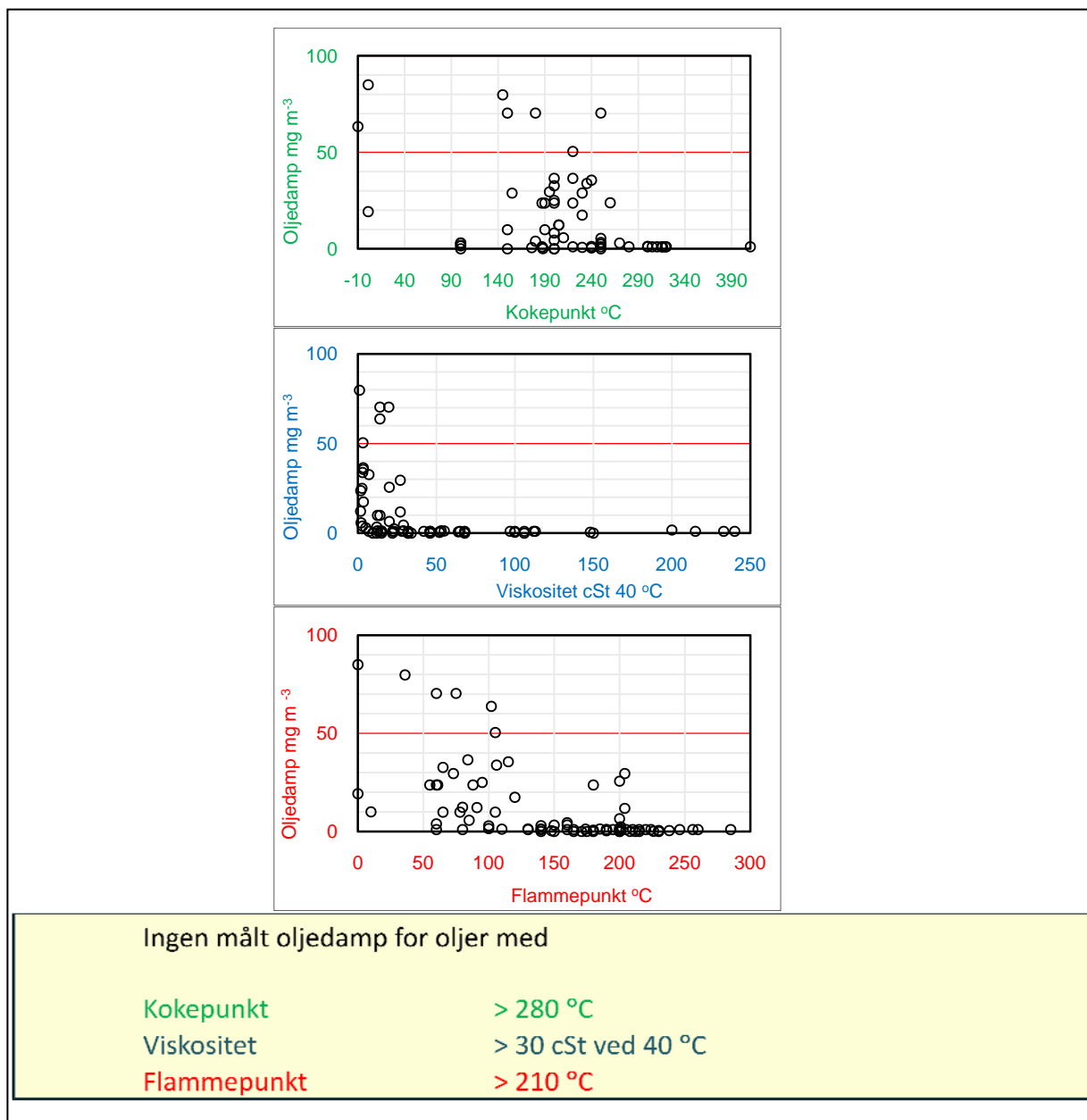
Levetiden for dråpene varierer dramatisk fra de letteste oljene med dråper som blir borte nesten med en gang til de tyngste som holder seg svevende i flere døgn.

Tabell 2. Sammenheng mellom 4 µm oljedråpers levetid i luft ved 20 °C og oljens kokepunkt

kokepunkt °C	mol.vekt	damptrykk torr	metningskons. mg/m ³	levetid s
176	145	1,6	12500	0,024
300	185	2,2 x 10 ⁻³	22,2	13,5
350	265	8,9 x 10 ⁻⁵	1,29	232
400	360	2,0 x 10 ⁻⁶	0,039	7700
500	427	1,5 x 10 ⁻⁹	3,5 x 10 ⁻⁵	8,6 x 10 ⁶

10. Kokepunkt, viskositet, flammepunkt

Kokepunktene står ikke alltid angitt på databladene til oljene, men også viskositet og flammepunkt kan brukes for å vurdere om oljedamp er forventet. Figur 2 viser STAMI's målinger av oljedamp i luften. Det er funnet at for oljer med kokepunkt over 280 °C, viskositet over 30 cSt ved 40 °C eller flammepunkt over 210 °C så finner man ingen oljedamp, det vil si at olje heller ikke fordampes fra filterne under prøvetakingen.



Figur 2. Målt oljedampkonsentrasjon som funksjon av kokepunkt, viskositet og flammepunkt

11. Lagring av prøver

Olje kan fordampe fra filtrene også etter prøvetakingen. Fordampningen vil foregå inntil luften i kassetten er mettet med damp. Det er viktig å lagre prøvene i kjøleskap og ikke i lenger tid enn nødvendig.

12. Analysemetoder for filtrene

Deteksjonsgrensen for bestemmelse av oljetåke avhenger av analysemetoden.

De vanligste metodene er:

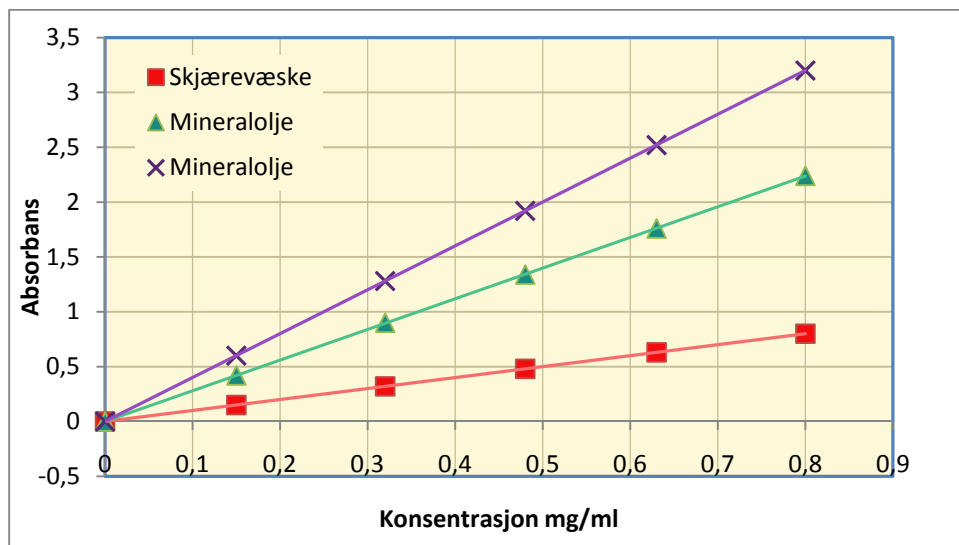
- Infrarød spektroskopi (FTIR). Med den metoden detekterer man alt som ekstraheres fra filtret med det aktuelle løsemiddelet og som inneholder CH_2 - og CH_3 -grupper. Det er den mest benyttede metoden.

- Gravimetrisk bestemmelse ved direkte veiing av filtrene har vært benyttet. Med denne metoden får man en total aerosolbestemmelse, dvs. at man kan ikke skille oljeaerosol fra annet støv. Kondisjonering av filtrene før veiing kan gi ytterligere tap av de flyktigste komponentene. Glassfiberfilter er lite egnet for direkte veiing etter oljeeksponering. De blir sprø og går i stykker.
- Gravimetrisk bestemmelse etter ekstraksjon og inndamping er også en vanlig anvendt metode. Her bestemmes alle lite flyktige komponenter som ekstraheres med løsemiddelet. Inndampningen kan medføre tap av flyktige komponenter.
- Gasskromatografi (GC/FID) er den eneste metoden som bestemmer oljen spesifikt. Dessverre er deteksjonsgrensen for tunge mineraloljer vanligvis relativt høy med denne metoden. GC kan være en god metode for syntetiske oljer som består av færre komponenter. For slike oljer kan FTIR være en ubrukelig metode. Analyse av syntetiske oljer bør vurderes i hvert enkelt tilfelle før prøvetakingen starter.

13. Kalibreringskurver

Alle analysemetodene unntatt veiing krever at man har en prøve av den aktuelle oljen å sammenlikne med. Analysemetodene forutsetter at man kan konstruere en kalibreringskurve der man avleser oljekonsentrasjonen som en funksjon av det signalet apparatet gir. Figur 3 viser eksempler på 3 kalibreringskurver fra FTIR analyse. Den laveste er fra den vannfrie delen av en skjærevæske. De andre er fra to ulike mineraloljer. Med en gal kurve kan konsentrasjonsberegningen bli betydelig feil.

Deteksjonsgrensen ved vanlige prøvetakingsbetingelser (1,4 l/min i 120 min) vil variere fra ca. 0,02 mg/m³ for en ren mineralolje til ca. 0,1 mg/m³ for en skjærevæske.



Figur 3. Oljetåke – kalibreringskurver fra FTIR

14. Analysemetoder – kullrør

Kullrørene analyseres vanligvis med GC/FID som normalt gir en god bestemmelse av oljedampen. FTIR benyttes også som analysemetode, men med FTIR kan man ikke skille oljedamp fra andre forbindelser som inneholder CH₂- eller CH₃-grupper som f. eks. white spirit.

15. Før prøvetaking

Før prøvetaking av oljetåke/damp starter bør man ha følgende klart:

Man bør vite hva slags olje som benyttes og for en vannholdig emulsjon må det være mulig å framskaffe en vannfri prøve av oljen. For syntetiske oljer kan det være aktuelt å benytte andre metoder enn dem som generelt benyttes for mineralolje.

Oljens kokepunkt, viskositet eller flammepunkt bør være kjent. For flyktige oljer er bestemmelsen av oljetåke usikker og oljedampkonsentrasjonen må alltid bestemmes.

Man bør vite om oljetåken dannes ved mekanisk forstøvning eller ved kondensasjon av fordampet olje.

Det er også nyttig å vite om det er andre organiske forurensninger sammen med oljetåken eller dampen, slik som for eksempel white spirit.

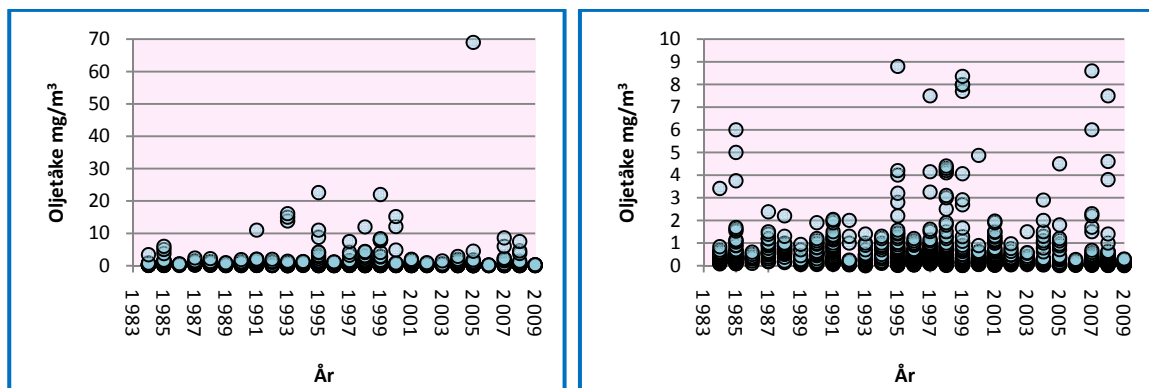
Man bør kontakte analyselaboratoriet før prøvetakingen starter for å høre deres anbefalinger.

16. Vurdering av resultater

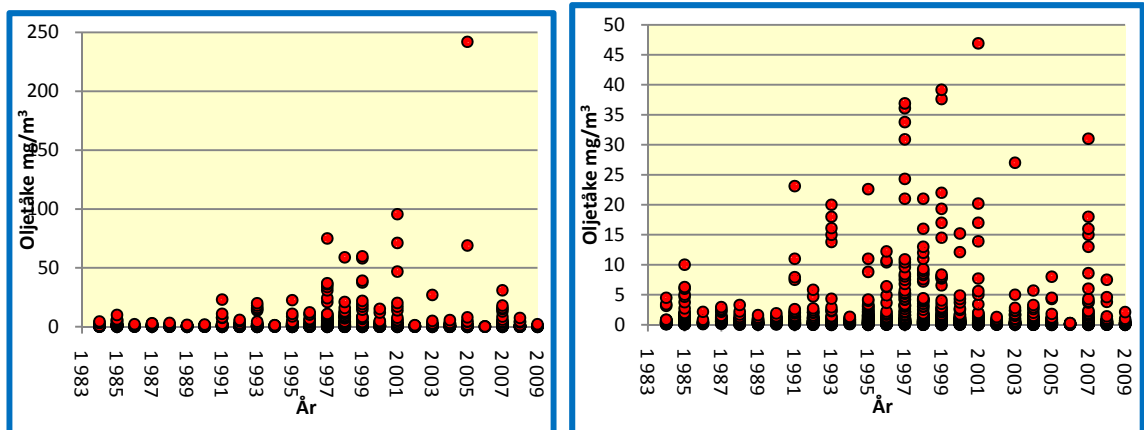
Når man vurderer resultatene fra en oljetåkeanalyse er det viktig å være oppmerksom på hvilken metode som er benyttet både til analyse og prøvetaking. For oljetåke dannet ved mekanisk forstøvning av en mineralolje med kokepunkt over 300 °C har man en god prøvetakings- og analysemetode. For andre oljer og oljer som er dannet ved kondensasjon av oppvarmet væske, må man vurdere resultatene i hvert enkelt tilfelle. Det kan være problemer med fordamping fra filtrene under prøvetakingen. Det gir en underestimert av oljetåkekonsentrasjonen. Det kan også være problemer med å finne riktig kalibreringskurve til bestemmelsen.

17. Resultater fra oljetåkeprøver analysert ved STAMI

Figur 4 viser alle de personbårne oljetåkemålingene som er analysert ved STAMI siden 1983 og nesten fram til i dag. Figur 5 viser alle målingene i det samme tidsrommet. Figurene til høyre viser konsentrasjonene under henholdsvis 10 og 50 mg/m³. Det måles fremdeles konsentrasjoner over den administrative normen som er 1 mg/m³, og det er ingen nedadgående trend med årene.



Figur 4. 1583 personbårne oljetåkemålinger fra 180 bedrifter



Figur 5. 3143 oljetåkeprøver (både personbårne og stasjonære) fra 270 bedrifter

De fleste prøvene fra og med år 2000 kommer fra offshore bransjen (tabell 3), og det er også der det finnes flest prøver over norm. Bortsett fra offshore, så er det ulik bruk av maskiner som dominerer. De høyeste middelverdiene kommer imidlertid fra andre typer virksomheter. Den aller høyeste kommer fra sprøytevask av oljebelagte nye biler. Deretter følger stekeos fra kjøkken. Ved produksjon av tekstiler er det en maskin som benytter smøreolje som er kilden. Fritidsaktivitet er den bransjen som har flest målinger over norm etter offshoreindustrien. Disse prøvene kommer fra teater og konserter der mineralolje er benyttet for å lage tåke på scenen.

Tabell 3. Oljetåkemålinger fra 2000 – 2008

Bransje	Bransje	Antall prøver totalt	Antall prøver over norm	Median mg/m ³
11	Utvinning av råolje og naturgass. tjenester tilknyttet olje- og gassutv.	139	7	0,10
27	Produksjon av metaller	50	3	0,19
29	Produksjon av maskiner og utstyr	48	3	0,25
31	Produksjon av andre elektriske maskiner og apparater	40		0,07
28	Produksjon av metallvarer, unntatt maskiner og utstyr	31	3	0,25
45	Bygge- og anleggsvirksomhet	31		0,20
75	Off. administrasjon, forsvar og trygdeordninger underlagt off. forvaltning	23	4	0,10
35	Produksjon av andre transportmidler	21	3	0,20
34	Produksjon av motorvogner, tilhengere og deler	15		0,26
74	Annen forretningsmessig tjenesteyting	9		0,05
92	Fritidsvirksomhet, kulturell tjenesteyting og sport	8	5	1,20
13	Bryting av metallholdig malm	8		0,05
14	Bergverksdrift ellers	6		0,30
40	Elektrisitets-, gass-, damp- og varmtvannsforsyning	6		0,07
50	Handel, vedl. og rep. av motorvogner. Detaljhandel med drivstoff til motorvogner	6		0,06
55	Hotell- og restaurantvirksomhet	4	4	4,20
17	Produksjon av tekstiler	4	3	1,28
23	Produksjon av kull- og petroleumsprodukter og kjernebrensel	4	1	0,25
33	Prod. av medisinske instr., presisjonsinstr., optiske instr., klokker og ur	4	1	0,38
51	Agentur- og engroshandel, unntatt med motorvogner	3	3	8,00
21	Produksjon av papirmasse, papir og papirvarer	3		0,48
22	Forlagsvirksomhet, grafisk produksjon og reproduksjon av innspilte opptak	3		0,12
63	Tjenester tilknyttet transport og reisebyråvirksomhet	3		0,07
15	Produksjon av næringsmidler og drikkevarer	1		0,23
61	Sjøtransport	1		0,13
80	Undervisning	1		0,71

Referanser

1. Bakke B, Stewart P, Ulvestad B, Eduard W: Dust and gas exposure in tunnel construction work. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 2001; 62: 457-465.
2. Hyunh CK, Herrera H, Parrar J, Perret V: Occupational exposure to mineral oil metal working fluid (MWFs) mist: development of new methodologies for mist sampling and analysis. Results from an inter-laboratory comparison. *Proc. of the inhaled particles X; J. Phys. Conf. Series* 151, 2009
3. Steinsvåg K, Bråtveit M, Moen BE: Exposure to oil mist and oil vapour during offshore drilling in Norway, 1979-2004. *Ann. Occup. Hyg.* 2006; 50: 109-122
4. Skyberg K, Hansteen I-L, Vistnes AI.: Chromosomal aberrations in lymphocytes of employees in transformer and generator production exposed to electromagnetic fields and mineral oil. *Bioelectromagn.* 2001; 22: 150-160.
5. Bukowski JA.: Review of respiratory morbidity from occupational exposure to oil mists. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 2003; 18: 828-837
6. Kazerouni N, Thomas TL, Petralia SA, Hayes RB: Mortality among workers exposed to cutting oil mist: update of previous reports. *Am. J. Ind. Med.* 2000; 38: 410-416
7. Mirer F: Updated epidemiology of workers exposed to metalworking fluids provides sufficient evidence for carcinogenicity. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 2003; 18: 902-912
8. NIOSH, *NIOSH 5026: "Mineral Oil Mist". NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition* (Review 15/5/96). Washington: DHHS (NIOSH). Available at URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/5026.pdf> (accessed May 2010)
9. Christensson B, Prick H, Berggren S: Provtagning av oljedimma lägesrapport December 1982. *Arbetskyddstyrelsen internrapport nr 100, oktober 1982, sektionen för aerosoler*
10. Simpson AT: Comparison of methods for the measurement of mist and vapor from light mineral oil-based metalworking fluids. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 2003; 18: 865-876
11. Svendsen K, Bjørseth O, Børresen E: Sampling petroleum oil mist and vapor, comparison of methods. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 1996; 57: 537-541
12. Verma D, Shaw DS, Shaw MS, Julian JA, McCollin SA, des Tombe K: An evaluation of analytical methods, air sampling techniques, and airborne occupational exposure of metalworking fluids. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2006; 3: 53-66
13. Volckens J, Boundy M, Leith D, Hands D: Oil mist concentration: a comparison of sampling methods. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 1999; 60: 684-689
14. Pedersen JR, Gylseth B, Skyberg K: Generering, prøvetaking og analyse av oljetåke og damp fra isoleroljer. *STAMI publikasjon HD 893/84, Oslo 1983*
15. Davies CN: Atmospheric concentrations of oil mist (letters to the editor). *Ann. Occup. Hyg.* 1977; 20: 91-94

Vedlegg 2: Direktevisende instrumenter

1.1. Aerosoler

Det finnes flere typer direktevisende instrumenter for aerosoler. Noen eksempler er:

Respicon

Respicon er en flertrinns, virtuell impaktor som samler opp partikler (aerosoler) fra luften på tre forskjellige filtre. Prøvetakeren har en utforming som gjør det mulig å bestemme de helsedefinerte (respirable, torakale og inhalerbare) aerosolfraksjonene. I den direktevisende Respicon-prøvetakeren er det tre fotodetektorer for bestemmelse av aerosol. Gravimetrisk bestemmelse av de tre filterne kombineres med detektorsignalene, og man får dermed partikulære konsentrasjoner i mg/m^3 som funksjon av tid.

SidePak Personal Aerosol Monitor

SidePak Personal Aerosol Monitor benytter lysspredningsprinsippet for å bestemme massekonsentrasjonen. Aerosolen blir belyst med en laserstråle og partiklene vil spre lys i alle retninger. En linse som står 90° både i forhold til aerosolen og laserstrålen samler det spredte lyset og fokuserer det inn på en fotodetektor. Der konverteres det til en spenning som er proporsjonal med lysmengden og følgelig proporsjonal med massekonsentrasjonen av aerosolen. Ved hjelp av intern kalibrering konverteres spenningen til massekonsentrasjon som kan avleses direkte.

DustTrak DRX Aerosol Monitor

DustTrak DRX er en håndholdt aerosolprøvetaker som inneholder et laser fotometer og ved hjelp av lysspredningsprinsippet simultant måles både masse og partikkelstørrelse. Instrumentet har datalogger og kan simultant måle massefraksjoner som tilsvarer respirabel fraksjon, PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} og total PM-fraksjoner.

1.2. Uorganiske gasser

Elektrokjemiske sensorer

Det mest utbredte prinsippet for måling av uorganiske gasser i arbeidsatmosfæren er basert på elektrokjemi. Prinsippet er basert på diffusjon av gasmolekyler over en membran og inn i et kjemisk system hvor det skjer en kjemisk reaksjon. Endringen i elektrodepotensiale er proporsjonal med gasskonsentrasjonen som registreres kontinuerlig som funksjon av tid. Ulempen med disse sensorene er at de ofte er kryssfølsomme overfor enkelte andre gasser/damper, men ved passende valg av reagenssystem og elektrodepotensial kan en viss spesifisitet oppnås. Informasjon om kryssfølsomhet skal ligge i dokumentasjon på sensoren.

Sensorene skal kalibreres jevnlig mot en kalibreringsgass med kjent konsentrasjon. Sensorene har begrenset levetid (fra måneder til år). De fleste instrumenter har mulighet for innebygget loggefunksjon og alarmgrenser.

Det finnes elektrokjemiske sensorer for en rekke uorganiske gasser som f. eks.:

- Nitrogendioksid
- Svoveldioksid
- Hydrogensulfid
- Ammoniakk
- Karbonmonoksid
- Hydrogencyanid
- Klorgass

Kjemiluminescens-instrumenter

Prinsippet for denne type instrumenter er at gassen/dampen reagerer med et spesifikt reagens adsorbert på en bærer (f. eks. silicagel). Reaksjonen fører til emisjon av lys ved en gitt bølgelengde. Det emitterte lyset registreres fotometrisk og gir et signal som er proporsjonalt med konsentrasjonen av gass/damp. Fluorescens-instrumenter finnes for gasser som

- ozon
- nitrogendioksid

Denne type instrumenter er ikke egnet til personlig prøvetaking.

Kvikksølv-instrumenter

Det finnes instrumenter for måling av kvikksølv-damp (Hg-damp) i luft basert på følgende måleprinsipper:

- Gullfilm-sensor
- Zeeman Atomabsorpsjonsspektrometer v/253,7 nm

STAMI har, etter anmodning fra StatoilHydro, utført en sammenliknende laboratorieundersøkelse hvor nøyaktigheten av direktevisende instrumenter for bestemmelse av Hg-damp i luft ble undersøkt. Tilstedeværelse av vanndamp, spray fra formasjonsvann, hydrogensulfid (H₂S), heksan, toluen og benzen skulle inngå i undersøkelsen.

Instrumentene som ble sammenlignet var:

- Jerome 431-X, Arizona Instrument (gullfilm-sensor)
- RA-915 Light Zeeman Mercury Spectrometer, Ohio Lumex (Zeeman Atomabsorpsjonsspektrometer)
- Mercury Tracker 3000 IP, Mercury Instruments (Zeeman Atomabsorpsjonsspektrometer)

De tre direktevisende instrumentene for bestemmelse av kvikksølv (Hg)-damp i luft ble undersøkt ved tilstedeværelse av vanndamp, hydrogensulfid (H₂S), heksan, toluen og benzen, og måleresultatene ble verifisert i et sammenlignende laboratorieforsøk.

RA-915 Light Zeeman Mercury Spectrometer var det eneste instrumentet som ikke ble påvirket av forandringer i målebetingelsene. Det ble ikke registrert drift i nullpunktet. Alle instrumentene har god linearitet. En økning av den relative luftfuktigheten fra 40 til 76 % påvirket ikke analyseresultatene. Alle instrumentene viste rask respons på forandring i konsentrasjon av Hg-damp i luft, men Jerome 431-X hadde problemer med raskt å komme tilbake til en stabil nullkonsentrasjon. Mercury Tracker 3000 IP viste en betydelig drift ved oppstart i lav temperatur (2 °C). Jerome 431-X og Mercury Tracker 3000 IP ble begge påvirket av vanlig forekommende matrikskomponenter i luften på oljeinstallasjoner.

En samlet vurdering er at RA-915 Light Zeeman Mercury Spectrometer er det best egnede måleinstrumentet for å bestemme konsentrasjon av Hg-damp i simulerte arbeidsatmosfærer på oljeinstallasjoner til havs. (*Jensen et al. STAMI-rapport nr. 2, 2009*).

STAMI har tidligere i samarbeid med Oljeindustriens Landsforening (OLF) gjennomført to slike sammenliknende laboratorieprøvninger både for Hg-damp og dimetylkvikksølv ((CH₃)₂Hg) i simulert naturgass (*Dahl og Thomassen 1992, Bakke og Thomassen 1995*).

1.3. Organiske forbindelser

En rekke ulike måleprinsipper anvendes i direktevisende instrumenter for organiske forbindelser:

- Elektrokjemiske celler/sensorer
- Kolorimetrisk papirtape-instrumenter
- Flammeionisasjonsinstrumenter (FID)
- Fotoionisasjonsinstrumenter (PID)
- Infrarød spektrofotometre (IR, FTIR)
- Infrarød fotoakustisk spektroskopi (IR-PAS)
- Massespektrometre (MS)
- Proton-Transfer-Reaction massespektrometre (PTR-MS)

Ingen av de nevnte typer av direktevisende instrumenter inneholder noe separasjonstrinn, og kryssfølsomhet/interferens vil kunne være et problem. For IR-instrumenter og MS-instrumenter vil imidlertid dette, ved valg av riktige parametre, i mange situasjoner kunne kompenseres for. Av de nevnte instrumenter er FID- og PID-instrumenter generelle og ikke-spesifikke, elektrokjemiske sensorer og papirtape-instrumenter er én-komponent-spesifikke, mens IR- og MS-instrumenter er multikomponent-spesifikke. Elektrokjemiske sensorer, FID- og PID-instrumenter samt enkelte IR-instrumenter er håndholdte eller bærbare, mens de fleste MS-instrumenter kun er transportable.

Direktevisende instrumenter med separasjonstrinn er først og fremst portable gasskromatografer med ulike detektorer:

- Flammeionisasjonsdetektor (FID)
- Fotoionisasjonsdetektor (PID)
- Flammefotometrisk detektor (FPD)
- Termisk ledningsevne detektor (TCD)
- Massespektrometrisk detektor (MSD)

Målinger med portable gasskromatografer vil være diskontinuerlige på grunn av separasjonstrinnet.

Elektrokjemiske sensorer

Det er begrenset utvalg av instrumenter med dette prinsippet beregnet på bestemmelse av organiske forbindelser. Det finnes instrumenter for bl.a. følgende forbindelser:

- formaldehyd
- glutaraldehyd
- etylenoksid
- propylenoksid

Kolorimetrisk papirtape-instrumenter

Prinsippet for disse instrumentene er at en papirtape impregnert med et fargestoff/reagens reagerer med den aktuelle gassen/dampen. Dette fører til en fargeendring på tapen og endringen i lysintensiteten er proporsjonal med konsentrasjonen. Endringen i lysintensitet registreres kolorimetrisk og omformes til et signal som vises som konsentrasjon i ppm som funksjon av tid. Det finnes papirtape-instrumenter bl.a. for organiske stoffgrupper som:

- Isocyanater (TDI, HDI, MDI, IPDI)
- Aminer

Det finnes også papirtape-instrumenter for en rekke uorganiske gasser, bl.a.:

- Fosfin
- Klor, kloridioksid
- Saltsyre
- Fosgen
- Hydrazin, monometylhydrazin

Flammeionisasjonsinstrumenter

Gassen/dampen suges inn og forbrennes i en hydrogen/luft-flamme. Dette fører til en endring i elektrodepotensialet som er proporsjonal med konsentrasjonen. Endringen registreres og konverteres til et signal som kan avleses som konsentrasjon i ppm som funksjon av tid. Alle organiske karbonholdige forbindelser vil påvises, dvs. instrumentet vil gi et uttrykk for totalmengde organiske forbindelser (TVOC). Ulike organiske forbindelser har forskjellig respons hvilket betyr at verdien ikke er noen korrekt totalkonsentrasjon. FID-instrumenter vil imidlertid kunne brukes til nøyaktige konsentrasjonsbestemmelser av enkeltkomponenter dersom de forekommer alene og instrumentet er kalibrert for den aktuelle forbindelsen.

Fotoionisasjonsinstrumenter

Gassen/dampen suges inn i et kammer og bestråles med UV-lys med en gitt energi. Alle forbindelser med ionisasjonspotensial lavere enn UV-lysets energi vil ioniseres. Dette resulterer i en forandring av potensialet over elektrodene som er proporsjonal med konsentrasjonen. Signalet registreres, forsterkes og konverteres til en konsentrasjon i ppm som avleses som funksjon av tid. PID-instrumenter er ikke-spesifikke, men ved valg av lamper med ulik energi kan man oppnå en viss spesifisitet. Aktuelle lamper har energi på 8,4 – 9,6 – 10,2 – 11,8 eV, noe varierende avhengig av instrumentleverandør. Én PID-leverandør leverer ulike scrubber-rør til bruk foran instrumentet og oppgir at man da, sammen med riktig valg av UV-lampe og riktig tilpasset scrubber-rør, selektivt kan bestemme benzen i sammensatte hydrokarbonatmosfærer. I en sammensatt atmosfære av hydrokarboner, både alifatiske og aromatiske, er det vanskelig å se at en spesifikk og nøyaktig bestemmelse av benzen er mulig selv med slike scrubber-rør, i hvertfall dersom andre aromater som toluen, etylbenzen, xylen også er tilstede. PID-instrumenter vil imidlertid kunne brukes til nøyaktige konsentrasjonsbestemmelser av enkeltkomponenter dersom disse forekommer alene og instrumentet er kalibrert for den aktuelle forbindelsen. De fleste PID-instrumenter er håndholdte, men det finnes også typer som er beregnet til personlig monitorering. Enkelte modeller er ATEX-godkjent.

IR-instrumenter

Det finnes ulike typer IR-instrumenter, og disse kan i prinsippet anvendes til måling av alle forbindelser som adsorberer IR-lys, dvs. både uorganiske og organiske forbindelser i gass/dampform kan måles ved hjelp av IR-instrumenter.

IR-spektrofotometre (IR, FTIR)

Gassen/dampen suges inn i et kammer og utsettes for infrarødt lys med en gitt bølgelengde. For å oppnå tilstrekkelig følsomhet reflekteres lyset ved hjelp av speilordninger fram og tilbake i kammeret slik at lysveien blir tilstrekkelig lang (opptil 20 m). Gassen/dampen absorberer lys ved den valgte bølgelengden, og absorbansen ved denne bølgelengden registreres. I følge Beer's lov er absorbansen proporsjonal med konsentrasjonen, og absorbansen kan, etter kalibrering, konverteres til konsentrasjon i ppm og registreres som funksjon av tid. Ved å velge en bølgelengde som er spesifikk for den aktuelle komponenten vil man selektivt kunne bestemme komponenten nøyaktig dersom den aktuelle forbindelsen ikke har sammenfallende IR-bånd med andre tilstedeværende forbindelser.

IR-instrumenter – fotoakustiske (IR-PAS)

Gassen/dampen suges inn i et kammer og utsettes for infrarødt lys med en gitt bølgelengde. Gassen/dampen absorberer lys ved den valgte bølgelengden, og gassmolekylenes vibrasjonsenergi øker proporsjonalt med konsentrasjonen og fører til økt lydnivå i kammeret. Lydnivået registreres ved hjelp av mikrofoner, forsterkes og konverteres til et signal som, etter kalibrering, kan avleses som konsentrasjon i ppm og registreres som funksjon av tid. Ved å velge en bølgelengde som er spesifikk for den aktuelle komponenten vil man selektivt kunne bestemme komponenten nøyaktig dersom den aktuelle forbindelsen ikke har sammenfallende IR-bånd med andre tilstedeværende forbindelser.

Massespektrometre

Det finnes transportable massespektrometre med EI-ionisering beregnet på direkte måling av gasser/damper i luft. Instrumentene er til dels store og tunge og relativt kompliserte i bruk og krever god kompetanse i massespektrometri for å kunne utnyttes fullt ut.

PTR-MS instrumenter

Gassen/dampen suges inn i et vakuumkammer hvor stoffer med protonaffinitet høyere enn vann effektivt protoneres med H_3O^+ -ioner som dannes fra en hullkatode-ionekilde. En masseanalysator separerer ut de aktuelle ionene som deretter registreres i en detektor. Prinsippet medfører meget effektiv protonering/ionisering med en "myk" ioniseringsteknikk. Dette fører til høy intensitet og lite fragmentering av ionene og følgelig meget god følsomhet. Instrumentet kan kjøres i scan-mode for å få en oversikt over tilstedeværende forbindelser eller i SIM-mode for nøyaktig bestemmelse av enkeltforbindelser. Instrumentet egner seg til å registrere variasjon i eksponeringen samt bestemme toppeksposering, og kan også gjøre real-time kvantifisering av flere gasser/damper i luft simultant. Instrumentet har lineært område opp til ca. 10 ppm og er derfor best egnet til bestemmelser i sub-ppm området. Instrumentet kan måle følgende typer organiske forbindelser i gass/dampform:

- Alkener (hydrokarboner med dobbeltbindinger)
- Aromater (benzen, toluen etc.)
- Aldehyder (unntatt formaldehyd)
- Alkohol
- Keton
- Etere
- Estere
- Karboksylsyrer (maursyre, eddiksyre)
- Isocyanater (inkl. ioscyansyre)
- Aminer (primære, sekundære, tertiære)
- Nitriler
- Merkaptaner (tioler)
- Fosfin

Instrumentet er stort og tungt og kun transportabelt, og det kreves god kompetanse innen massespektrometri og er derfor ikke så godt egnet til feltbruk.

Portable gasskromatografer/GC-MS-instrumenter

Det finnes en rekke portable gasskromatografer med ulike detektorer beregnet på feltbruk. Den mest vanlige detektoren er PID, og det finnes også instrumenter med MS-detektor som i tillegg vil kunne gi kvalitativ informasjon om hvilke komponenter som er til stede. Dagens portable GC'er er utstyrt med kapillarkolonner, og prøven suges inn i en loop for så raskt å injiseres i kolonna. De aktuelle komponentene separeres og registreres i detektoren. Som følge av at man har et separasjonstrinn vil

målinger med portable GC'er være diskontinuerlige. Ved optimalisering av kolonner og analysebetingelser vil man imidlertid kunne analysere relativt mange prøver i løpet av en kort periode. Fordelen ved portable gasskromatografer er at man i komplekse prøver vil kunne bestemme kvantitativt flere komponenter samtidig.

Referanser

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Air Sampling Instruments, 9th Edition. ACGIH Publication #0031 (2001). ISBN 978-1-882417-39-1

Bakke B, Thomassen Y: Report to the Norwegian Oil Industry Association: Sampling and measurement of mercury vapour and dimethylmercury in simulated wet natural gas. National Institute of Occupational Health, Oslo, 1995.

Dahl K, Thomassen Y: Rapport til Oljeindustriens Landsforening: Interlaboratoriekontroll for bestemmelse av kvikksølv i luft og naturgass. Statens arbeidsmiljøinstitutt, Oslo, 1992.

Jensen K A, Gjengedal E, Thomassen Y: Sammenliknende laboratorieforsøk av direktevisende instrumenter for bestemmelse av Hg-damp i luft. STAMI-rapport nr. 2, årgang 10, 2009. Statens arbeidsmiljøinstitutt, Oslo 2009

Vedlegg 3: Hudeksponering

Assessment of dermal and inhalation exposure for an epidemiological study in the offshore oil industry¹

Dr. John W Cherrie, Institute of Occupational Medicine, Edinburgh, UK.

1. Introduction

Occupational skin disease is an important problem in most societies and this issue has been extensively discussed in the Norwegian media. For chemical exposure it is generally necessary to have repeated and fairly prolonged skin contact before there is any risk of skin disease. However, dermal exposure may also result in systemic uptake of chemicals through the skin, which adds to the contribution from inhaling the substance.

With the exception of specific activities such as pesticide use there have been very few routine measurements of dermal exposure made in industry. Consequently it is often unclear whether dermal exposure is truly an important contribution to aggregate exposure from all routes. Also, there is no scientific consensus about the most appropriate method for dermal exposure measurement, which means that measurements made using different methodologies may be incompatible.

This paper addresses the importance of dermal exposure compared to inhalation exposure for organic solvents and other substances encountered in the offshore oil industry along with skin exposure to irritants and skin allergens, and whether skin contact is an important exposure route that should be incorporated in epidemiological studies. Possible strategies for dermal and inhalation exposure assessment are discussed and some recommendations are made for exposure assessment in the planned epidemiological study in the Norwegian offshore oil industry.

2. When is dermal exposure important?

Chemicals diffuse through the *stratum corneum* due to the concentration gradient between the skin contamination layer (SCL: is a mixture of sweat, sebum and other material on the skin) and the tissue around the peripheral blood supply. Most gases/vapours are not taken-up by the skin in any significant quantity as the concentration gradient is too low. One important exception is glycol ethers, where dermal vapour exposure may contribute almost as much to total body burden as inhalation.

Liquids are much more likely than either vapours or solids to permeate through the *stratum corneum*. For solids to pass through skin they must first dissolve into the SCL, although there is some suggestion that nanometer size particles can penetrate through the SCL intact. High molecular weight liquids (> 500 daltons) with an octanol-water partition coefficient less than about -1 or greater than 4, are unlikely to permeate through the skin. In most cases, without information about permeation characteristics of a substance in a mixture, it is generally prudent to assume that a low molecular weight liquid has the potential for skin uptake. The components in a liquid mixture are important and may increase or decrease the ability of a specific substance to pass through the skin. Finally, occlusion of the exposure site by clothing or personal protective equipment may increase absorption through the skin.

Some substances have the potential to cause dermatitis or allergic skin disease. For example, exposure to oil-based mud or some of its constituent chemicals has been shown to cause skin disease. Also, prolonged repeated contact with water or aqueous solutions/suspensions, or prolonged wearing of protective gloves can cause irritant contact dermatitis.

From the preliminary information provided it would appear that oil, oil-based drilling muds, glutaraldehyde, benzene and other solvents are hazards that could be taken up via the skin. It is not

¹ Utdrag fra STAMI rapport nr. 4, årg. 8, 2007

clear whether risks of local skin disease are relevant to the range of substances present offshore, although wet work and/or wearing impervious gloves could be implicated in causing this type of risk.

3. A conceptual model of dermal exposure

Schneider and colleagues have published a conceptual model of dermal exposure.

In this model dermal exposure is conceptualised according to a number of compartments and transfer routes (see Figure 1). Key transfer routes depend on the particular work situation, e.g. someone handling oil in a container may have direct splashes onto the SCL and the outer clothing contaminant layer from the source, along with direct contact of these layers with surfaces contaminated by oil. Use of the conceptual model can help in the analysis of the main routes and compartments of interest in relation to dermal exposure. There are currently attempts to extend the above conceptualization to inhalation exposure.

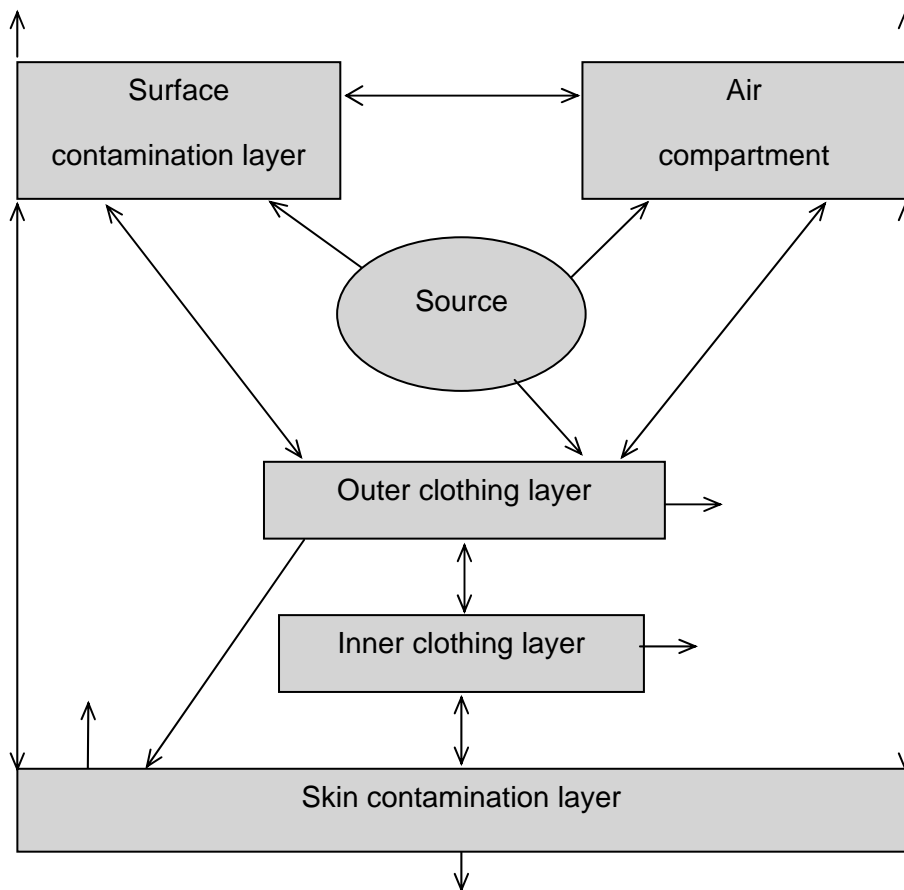


Figure 1 – A simplified vision of the Schneider et al dermal exposure model

The key information to be drawn from the conceptual model is the importance of the concentration of the hazardous substance in the SCL in determining uptake, along with the area of skin and the duration of exposure. The mass of contaminant in the SCL is of secondary importance in this respect.

Also, the model shows that the process by which people become exposed are complex, but in many situations surfaces within the work space and the air compartment will be the important determinants of exposure. Similarly, work clothing may provide protection against dermal exposure.

4. Assessing skin exposure

There are several methods that are used to measure dermal exposure and these can broadly be categorised as being based on:

- intercepting contaminants before they land in the SCL or on clothing;
- removal of contaminants from the SCL after exposure;
- *in situ* methods, which for example may use fluorescent tracer compounds as a surrogate for the substance to be assessed.

As with all measurements it is important that when the data are collected the investigator should obtain good descriptive information about the exposure context, including details of contact with contaminated surfaces, evidence of liquid splash or powder on surfaces, presence of large particles in the air which may impact on worker, clothing worn with a record of visible contamination, glove type, reuse of gloves etc.

The main interception method used is patch sampling, which typically involves an adsorbent patch of cotton cloth with an impermeable backing. These samplers are typically used to sample low volatility liquids e.g. oils or pesticides. Patches attached to the outside of clothing are said to assess *potential* exposure. Samples inside clothing are said to assess *actual* dermal exposure. Typically, several patches are worn simultaneously and an estimate of whole body exposure is obtained by extrapolation. An alternative interception method is the cotton “suit sampler”. Suit analysis gives a direct estimate of whole body contaminant mass landing on the SCL and/or clothing.

Lindsay *et al* (2005) have developed a prototype patch sampler to measure volatile liquids. The sampler is based on an activated charcoal adsorbent patch covered with a diffusion membrane and backed with an impervious layer. In this way it mimics the diffusion processes that dictates dermal uptake. Preliminary data from two field trials suggests that for volatile agents dermal uptake may not be very important compared to inhalation exposure. Plain activated charcoal patches can substantially overestimate the exposure on the skin of workers.

Skin stripping is a removal technique that can assess contaminant - it has been used for acrylates, jet fuel and metals that have started to permeate through the skin. Adhesive tapes are used to remove (‘strip’) sequential layers of *stratum corneum* and any contaminant residues present in the skin. These are then chemically analysed to obtain an estimate of the mass of substance in the *stratum corneum*.

The main removal techniques are: hand washing; hand rinsing and skin wiping. These techniques provide an estimate of the mass of contaminant substance in the SCL at a point in time.

Fluorescent tracer *in situ* dermal exposure assessments are highly specialised research tools. Small amounts of a fluorescent agent are added to the contaminant source.

After work the skin is imaged with UV light using a video-camera linked to a computer system to estimate tracer mass and so contaminant mass.

Cherrie *et al* (2007) have developed a novel method of assessing dermal exposure in relation to wet-working and irritant dermatitis. This method uses an electronic sensor to determine the wetness on the hand. It can be used to measure the total time the hand is wet and the number of times the hand is wet then dry. It is these exposure parameters that are probably most closely related to the risk of dermatitis rather than the total mass of water on the hand or the area of skin wet.

Biological monitoring can provide an indirect assessment of dermal exposure, but without inhalation exposure data and contextual information this type of measurement is of limited value. However, if dermal exposure is the only important route (e.g. pesticides), it can be helpful on its own.

The best method for use in the Norwegian offshore industry will almost certainly depend on the substance to be assessed. A simple practical method of measuring low volatility substances may be skin wiping. For volatile agents the patch sampler described by Lindsay *et al* (2006) may offer some possibilities, although it is not available commercially. The wet-work sampler could be suitable to assess dermatitis risk.

5. Comparison of inhalation and dermal exposure measurements

There are very few cases where both inhalation and dermal exposures have been measured simultaneously in situations where there is potential exposure by both routes. We have completed a number of studies in metals manufacturing or processing industries. In these studies we have measured inhalable metal concentration and have used a skin wiping methodology to assess the dermal exposure, e.g. Hughson and Cherrie (2001) and Hughson (2005). We also have data from the IOM prototype dermal sampler for toluene (Lindsay *et al*, 2006). Alongside this sampler we collected inhalation exposure data using diffusion samplers.

Figure 2 shows the data for the average air and skin exposure for seven workplaces: two where toluene was used, two where zinc compounds were manufactured and three nickel workplaces.

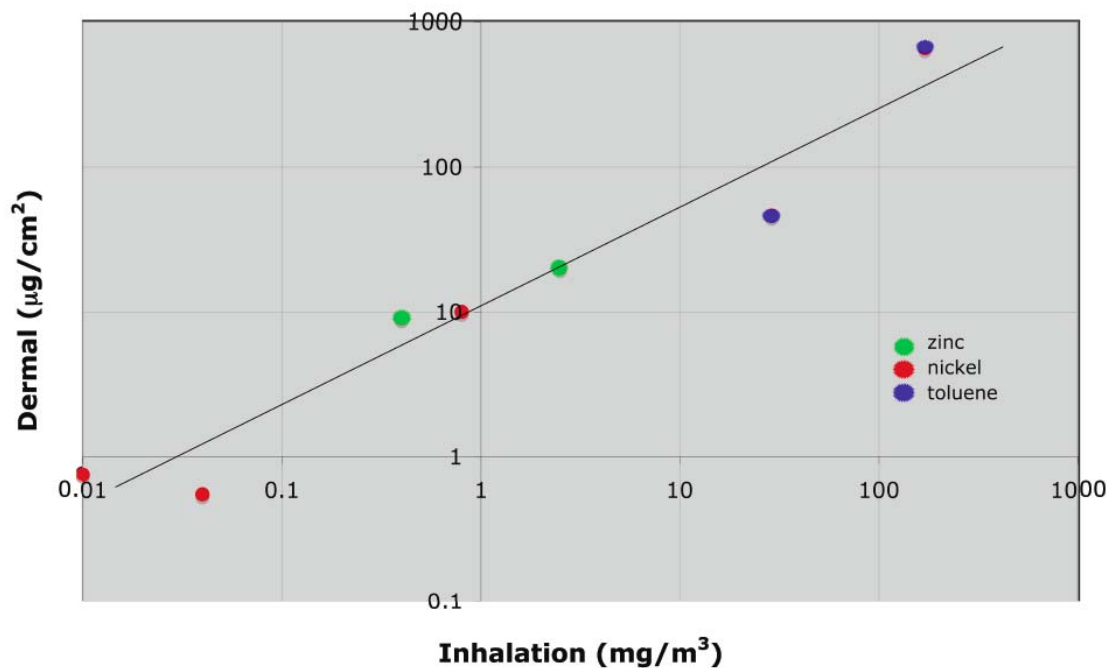


Figure 2 – Average inhalation and dermal metal and toluene exposures

It is clear that there is a good correlation between both the inhalation and skin measures, despite the differences in the methodologies used, the workplaces and the agents monitored. It is quite possible that this is a coincidence, but it should be recognised that there are links between the air, surface and skin contamination layer in the conceptual model with contaminant being exchanged between each. Provided there is a reasonable level of exchange between these compartments there will be a correlation between inhalation and dermal exposure.

It is difficult to be sure about the necessity of measuring dermal exposure in addition to inhalation exposure for the epidemiological study. It is probably advantageous to try to collect some data about current exposure and identify whether inhalation and dermal exposures are correlated, and whether dermal exposures are important in relation to inhalation exposure.

6. Models and data

There has traditionally been a strong reliance on objective measurements of exposure in epidemiological studies and in situations where there are copious amounts of data this has been a productive strategy. However, in some studies there are only limited data, perhaps only from recent times. In these cases investigators have sought to rely on exposure models sometimes in combination with measurements.

Cherrie and colleagues developed a simple model for estimating exposure for a study of workers in the man-made mineral fibre manufacturing industry, which has been further developed and validated (Cherrie *et al*; 1996, Cherrie and Schneider; 1999, Cherrie; 1999). The method has been applied in several other studies and has been validated in diverse situations such as very low aerosol exposures in pharmaceutical manufacture and high benzene exposure in developing countries. For example, Figure 3 shows data from a validation exercise carried out with benzene exposure in several industries.

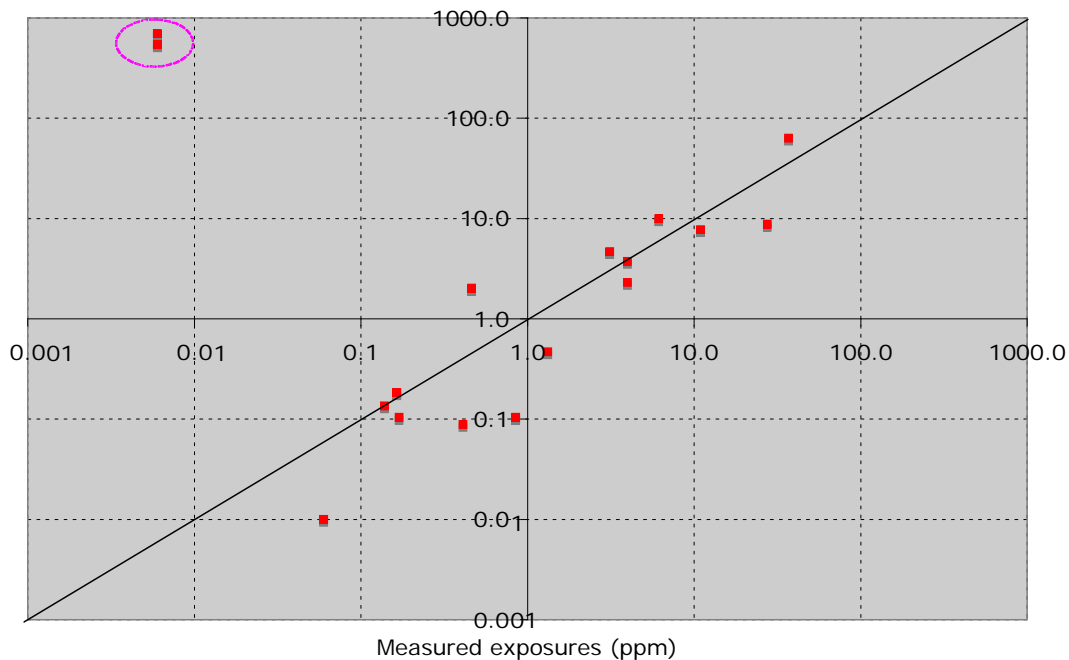


Figure 3 – Validation studies of the Cherrie *et al* model for benzene exposure

These data were obtained by a single assessor who was presented with a written description for 17 scenarios without knowledge of the exposure measurements for each scenario. Exposure was assessed using the model and then the result was plotted against the average measured exposure. There is clearly a strong correlation between the measured and estimated values, with the exception of one pair of scenarios (top left of the graph) where the information from the written description was misleading. The correlation coefficient on the log-transformed scale for the data excluding these values was 0.92.

The model can provide reliable assessments of inhalation exposure. Use of measurement data can provide greater reassurance about the reliability by anchoring specific assessments.

7. Dermal exposure models and measurements

One would ideally wish to have a corresponding model for dermal exposure that could form the basis of estimates for the epidemiological study. Unfortunately, there are no models that can provide as

reliable predictions and so some greater reliance on measurements in combination with a model will be required to give reliable reconstructions of past exposure.

The best candidate dermal exposure model for use in epidemiological studies is DREAM (van Wendel de Joode *et al*, 2002). This is a method for semi-quantitative dermal exposure assessment based on a detailed questionnaire to characterise tasks and produce estimates of dermal exposure levels using the Schneider *et al* conceptual model as a framework. In an assessment of the accuracy of the DREAM model the correlation between measured and estimated exposures ranged from 0.19 to 0.82 (van Wendel de Joode *et al*, 2005). The authors concluded that DREAM could provide semi-quantitative estimates of exposure where there was a good contrast between groups included in a study.

This method could be used in combination with dermal exposure measurements to provide improved reliability of assessments.

There are no good models for dermal exposure to irritants in relation to dermatitis risks.

8. Discussion

It is not possible to say *a priori* whether for an epidemiological study an assessment of dermal exposure to chemicals used in an industry is necessary or worthwhile. If there is an important correlation between inhalation and dermal exposure in specific jobs then it may not be possible to separate the effects of these two routes of exposure in the study analysis. Also, dermal exposure may not make an important contribution to aggregate exposure. Some initial investigation of these aspects would enable an informed decision to be made about what strategy might be best.

The DREAM model provides a structured approach to semi-quantitative dermal exposure assessment, which is based on a sound conceptual model. Combined with a limited amount of current measurement data it could provide a suitable tool for reconstruction of past dermal exposure. Combined with some current dermal exposure data the DREAM method could provide a more quantitative assessment.

Assessment of skin exposure in relation to dermatitis requires special consideration and may require a completely different approach to that used for chemicals giving rise to systemic risks.

9. References

Cherrie JW, Schneider T, Spankie S, Quinn M. (1996). A new method for structured, subjective assessments of past concentrations. *Occupational Hygiene*; 3: 75-83.

Cherrie JW, Schneider T. (1999) Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations. *Ann.occup.Hyg.*; 43: 235-246.

Cherrie JW. (1999) The effect of room size and general ventilation on the relationship between near and far-field concentrations. *Applied Environmental and Occupational Hygiene*; 14: 539-546.

Cherrie JW, Apsley A, Semple S. (2007) A new sampler to assess dermal exposure during wet working. *Ann Occup Hyg.* 51(1): 13-18.

Hughson GW (2005) An occupational hygiene assessment of dermal nickel exposures in primary production and primary user industries. Phase 2 Report. IOM Research Report TM/05/06. Edinburgh: IOM (http://www.iom-world.org/pubs/IOM_TM0506.pdf).

Hughson GW, Cherrie JW (2001) Validation of the EASE model in relation to dermal zinc exposures. IOM Research Report TM/01/01 Edinburgh: IOM (http://www.iom-world.org/pubs/IOM_TM0101.pdf).

Lindsay FE, Semple S, Robertson A, Cherrie JW. (2006) Development of a Biologically Relevant Dermal Sampler. *Ann Occup Hyg.* 26; 50 (1): 85-94.

Schneider T, Vermeulen R, Brouwer DH, Cherrie JW, Kromhout H, Fogh CL. (1999) A conceptual model for assessment of dermal exposure. *Occupational and Environmental Medicine*; 56: 765-773.

van Wendel de Joode B, Vermeulen R, van Hemmen JJ, Fransman W, Kromhout H. (2005) Accuracy of a semiquantitative method for Dermal Exposure Assessment (DREAM). *Occup Environ Med*; 62(9): 623-632.

Van-Wendel-de-Joode B, Brouwer DH, Vermeulen R, Van Hemmen JJ, Heederik D, Kromhout H. (2001) DREAM: a method for semi-quantitative dermal exposure assessment. *Ann Occup Hyg*; 47(1): 71-87.

Vedlegg 4: Oversikt over prøvetakings- og analysemetoder

Dette vedlegget inneholder en kortfattet tabelloversikt over prøvetakingsmetoder og analysemetoder for en rekke organiske og uorganiske forbindelser samt tilhørende referanser.

Forbindelsene i tabellen er inndelt i 3 kategorier:

- Organiske forbindelser
- Aerosoler/fibre
- Uorganiske forbindelser

Innenfor hver kategori er forbindelsene sortert alfabetisk.

Utvalget av forbindelser er i utgangspunktet basert på en liste som framkom fra Ptil's pilotprosjekt (*Ptil 2007*) og er supplert med forbindelser som er registrert av STAMI ved innlegging av eksponeringsdata fra olje- og gassindustrien i Norge. Listen er ikke fullstendig.

En mer omfattende liste er tilgjengelig i SKC's katalog "SKC Comprehensive Catalog and Sampling Guide – Global Catalog", samt i de generelle litteraturreferansene fra NIOSH, OSHA og HSE som er gitt til slutt i vedlegget.

NIOSH Methodfinder (www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/methodfinder.pdf) gir også en kortfattet alfabetisk oversikt over aktuelle NIOSH-metoder.

Tabell 1. Oversikt over prøvetakings- og analysemetoder

Agens	Analytt	Matriks	Prøvetakingsmetode	Analysemetode	Referanse	Kommentarer
Organiske forbindelser						
Aceton		Luft	Karbon molecular sieve rør	GC-FID	NIOSH 2555	
Alifater C ₅ -C ₁₅		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1550, OSHA 48	
Aromater C ₉		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
Aromater C ₁₀		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
Benzen	Benzen	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1501, OSHA 12	
	Benzen	Luft	Diffusjonsprøvetaker m/kull	GC-FID	HSE MDHS 88	
	Benzen	Utåndingsluft	BIO-VOC, Tenax ATD-rør	ATD-GC-FID, ATD-GC-MS	Dyne et al. 1997, STHF-metode	
	Benzen	Urin		HS-SPME-GC-MS	Barbieri et al. 2008	
	Benzen	Blod		HS-GC-FID	DFG-metode 1993	
	S-Fenylmerkaptursyre	Urin		GC-MS	DFG-metode 1996, STHF-metode 8592	Etter arbeidsskift
				HPLC-ESI-MS/MS	Barbieri et al. 2004, Sabatini et al. 2007	
	Trans,trans-Mukonsyre	Urin		HPLC-UV	Lee et al. 1993	
Bisfenol A		Luft	Glassfiberfilter, 13 mm	HPLC-ELCD	Peltonen & Pukkila 1988	
		Luft	Glassfiberfilter	LC-ESI-MS-MS	Sabatini et al. 2005	
1,3-Butadien		Luft	Kullrør m/4-t-butylcatechol	GC-FID	OSHA 56	
			Molecular sieve 13X rør	ATD-GC-MS	HSE MDHS 53/2	
n-Butan		Luft	Karbon molecular sieve rør	GC-FID	OSHA PV 2010	2 rør i serie
Butanal		Luft	DNPH-belagt silicagelrør	HPLC-UV	ASTM D 5187, HSE MDHS 102	
1-Butanol		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1405	
2-Butoksyetylacetat		Luft	Kullrør	GC-FID	OSHA 83	
n-Butylacetat		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1450	
Cykloheksan		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/kull	GC-FID	HSE MDHS 88	

Agens	Analytt	Matriks	Prøvetakingsmetode	Analysemetode	Referanse	Kommentarer
Organiske forb. forts.						
Diisocyanater		Luft	25 mm Glassfiberfilter m/2-MP	LC-MS	HSE MDHS 25/3	
		Luft	Impinger m/2-MP+glassfiberfilter m/2-MP	LC-MS	HSE MDHS 25/3	
		Luft	Impinger m/DBA+ glassfiberfilter	LC-MS	Marand et al. 2004	
		Luft	Denuder m/DBA + glassfiberfilter m/DBA	LC-MS	Marand et al. 2005	
Diklormetan		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1005	
Eddiksyre		Luft	Kullrør	GC-FID, IC	NIOSH 1603, OSHA PV 2119	
Eddiksyreanhydrid		Luft	Glassfiberfilter m/2-PP	GC-NPD	OSHA 82	alt. HPLC-UV
Epiklorhydrin		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1010, OSHA 7	
Etanol		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1400	
Etylacetat		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1457	
Etylbenzen		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1501, OSHA 7	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/kull	GC-FID	HSE MDHS 88	
Etylenglykol (MEG)		Luft	OVS m/glassfiberfilter+XAD-7	GC-FID	NIOSH 5523	
Fenol		Luft	XAD-7 rør	GC-FID, HPLC-UV	NIOSH 2546, OSHA 32	
Formaldehyd		Luft	DNPH-belagt silicagelrør	HPLC-UV	NIOSH 2016, HSE MDHS 102	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/DNPH	HPLC-UV	HSE MDHS 78	
Ftalsyreanhydrid		Luft	Glassfiberfilter m/veratrylamin + DOP	HPLC-UV	OSHA 90	
Glutaraldehyd		Luft	DNPH-belagt silicagelrør	HPLC-UV	NIOSH 2532	
		Luft	Glassfiberfilter m/DNPH + H ₃ PO ₄	HPLC-UV	OSHA 64, HSE MDHS 93	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/DNPH	HPLC-UV	Lindahl & Levin 1995	
Glykoler		Luft	OVS m/glassfiberfilter+XAD-7	GC-FID	NIOSH 5523	
n-Heksan		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
1-Heksen		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
n-Heptan		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/kull	GC-FID	HSE MDHS 88	
Hydrokinon		Luft	XAD-7 rør m/H ₃ PO ₄	HPLC-UV	OSHA PV 2094	

Agens	Analytt	Matriks	Prøvetakingsmetode	Analysemetode	Referanse	Kommentarer
Organiske forb. forts.						
	Limonen	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1552	
	Maleinsyreanhydrid	Luft	Glassfiberfilter m/veratrylamin + DOP	HPLC-UV	OSHA 86	
	Metanol	Luft	Silicagelrør	GC-FID	NIOSH 2000	
		Luft	Anasorb 747 rør	GC-FID	OSHA 91	2 rør i serie
	1-Metoksy-2-propanol	Luft	Kullrør	GC-FID	OSHA 99	
	1-Metoksy-2-propylacetat	Luft	Kullrør	GC-FID	OSHA 99	
		Luft	Anasorb 747 rør	GC-FID	NIOSH 2554	
	Metylcykloheksan	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
	Metylcyklopentan	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
	Metyletylketon (2-butanon)	Luft	Karbon molecular sieve rør	GC-FID	NIOSH 2555	
	Metylisobutylketon	Luft	Karbon molecular sieve rør	GC-FID	NIOSH 2555	
	2-Metylpentan	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
	3-Metylpentan	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
	2-Metyl-1-propanol	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1405, OSHA 07, NIOSH 1401	
	n-Oktan	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
	Oljetåke/oljedamp	Luft	37 mm Glassfiberfilter+mixed cellulose-	FTIR (tåke), GC-FID (damp)	STAMI-metode	
			ester filter + kullrør i serie 37 mm Glassfiberfilter + Chromosorb 106 rør i serie			
	Organofosfater	Luft	Teflon-filter + XAD-2 rør i serie	GC-MS	Solbu et al. 2007	
	PAH	Luft	Teflon-filter + XAD-2 rør i serie	GC-FID/GC-MS	NIOSH 5515	
	Iso-Pentan (2-Metylbutan)	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
	n-Pentan	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/kull	GC-FID	HSE MDHS 88	
	Propan	Luft	Karbon molecular sieve rør	GC-FID	OSHA PV 2077	2 rør i serie
	1-Propanol	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1405, OSHA 07, NIOSH 1401	
	2-Propanol	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1400, OSHA 07	
	Stoddard solvent	Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1550, OSHA 48	

Agens	Analytt	Matriks	Prøvetakingsmetode	Analysemetode	Referanse	Kommentarer
Organiske forb. forts.						
Tetrakloreten		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1001	
Tetrametylbenzen		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
Toluen		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1501, OSHA 7	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/kull	GC-FID	HSE MDHS 88	
1,1,1-Trikloreten		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1003	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/kull	GC-FID	HSE MDHS 88	
Trimellitsyreanhydrid		Luft	Glassfiberfilter m/veratrylamin + DOP	HPLC-UV	OSHA 98	
1,2,4-Trimetylbenzen		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1500, OSHA 7	
Vinyltoluen		Luft	Kullrør	GC-FID	OSHA 7	
VOC		Luft	Kullrør	GC-FID	HSE MDHS 96	som toluen-ekv.
VOC screening		Luft	Tenax ATD-rør	ATD-GC-MS	HSE MDHS 72	som toluen-ekv.
		Luft	Multiadsorbent ATD-rør	ATD-GC-MS	NIOSH 2549	
White spirit		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1550, OSHA 48	
Xylen		Luft	Kullrør	GC-FID	NIOSH 1501, OSHA 7	
		Luft	Diffusjonsprøvetaker m/kull	GC-FID	HSE MDHS 88	
Aerosoler/fibre						
AES-fibre		Luft	Celluloseacetatfilter m/rutenett	Lysmikroskopi	WHO 1997	
Asbest	Krysotil, amositt, krokidolitt, antofyllitt, aktinolit, tremolitt	Oppsop/støv		TEM/EDS eller SEM/EDS	STAMI-metode	
Asbest	Krysotil, amositt, krokidolitt, antofyllitt, aktinolit, tremolitt	Materialer		Polarisasjon lysmikroskopi	HSE 2005	
Asbestfibre		Luft	Celluloseacetatfilter m/rutenett	Lysmikroskopi	WHO 1997	
Dieseleksos-partikler	Elementært karbon	Luft	Kvarts-filter, 37mm totalstøvkasset	Termo-optisk analyse-FID	NIOSH 5040	
Inhalerbar aerosolfraksjon		Luft	Kasset for inhalerbar fraksjon	Gravimetri	STAMI-metode	
Kjeramiske fibre		Luft	Celluloseacetatfilter m/rutenett	Lysmikroskopi	WHO 1997	
Mineralull-fibre		Luft	Celluloseacetatfilter m/rutenett	Lysmikroskopi	WHO 1997	

Agens	Analytt	Matriks	Prøvetakingsmetode	Analysemetode	Referanse	Kommentarer
Aerosoler/fibre forts.						
	Respirabel aerosolfraksjon	Luft	Syklon for respirabel fraksjon	Gravimetri	STAMI-metode	
	Totalstøv	Luft	Totalstøvkassett m/celluloseacetatfilter	Gravimetri	STAMI-metode	
Uorganiske forbindelser/gasser						
Aluminium	Al - totalstøv	Luft	Membranfilter, PVC, 5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
Ammoniakk		Luft	Silicagelrør m/svovelsyre	IC	NIOSH 6016	
		Luft	Direktevisende gass-sensor	Elektrokjemisk sensor		
Bly	Pb - totalstøv	Luft	Membranfilter, PVC-5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
	Pb	Blod		ICP-MS	STAMI-metode	Heparinisert blod
Hydrogensulfid		Luft	Direktevisende gass-sensor	Elektrokjemisk sensor		Flere leverandører
		luft	Direktevisende instrument	Zeeman AAS	Jensen et al. 2009	
Jernoksid	Fe - totalstøv	Luft	Membranfilter, PVC-5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
Kadmium	Cd - totalstøv	Luft	Membranfilter, PVC-5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
Karbondioksid	CO ₂	Luft	Direktvisende GC	GC-TCD	NIOSH 6603	
Karbonmonoksid	CO	Luft	Direktevisende gass-sensor	Elektrokjemisk sensor	NIOSH 6604	
Klor		Luft	Direktevisende gass-sensor	Elektrokjemisk sensor		Flere leverandører
Kobber	Cu - totalstøv	Luft	Membranfilter, PVC-5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
Krom	Cr - totalstøv	Luft	Membranfilter, PVC-5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
Kromsyre	Cr - totalstøv	Luft	Membranfilter, PVC-5 µm	NIOSH buffer ekstraksjon/ICP-OES	NIOSH 7604/STAMI-metode	
Kvarts	SiO ₂ - respirabelt støv	Luft	Syklon for respirabel fraksjon m/PVC-membranfilter, 5 µm	XRD	NIOSH 7500	
Kvikksølv	Hg	Luft	Pd-impregnert PVC-filter, 5 µm, 25 mm totalstøvkassett	ICP-OES	STAMI-metode	
		Luft	Direktevisende instrument	Zeeman AAS	STAMI-rapport nr. 2 2009	
		Urin		ICP-MS	STAMI-metode	Første morgenurin
Mangan	Mn - respirabelt støv	Luft	Syklon for respirabel fraksjon m/PVC-membranfilter, 5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
	Mn - inhalerbart støv	Luft	Kassett for inhalerbart fraksjon m/PVC-filter, 5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	

Agens	Analytt	Matriks	Prøvetakingsmetode	Analysemetode	Referanse	Kommentarer
Uorganiske forbindelser/gasser forts.						
Nikkel	Ni - totalstøv	Luft	Membranfilter, PVC-5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
Nitrøse gasser	NO ₂	Luft	Direktevisende gass-sensor	Elektrokjemisk sensor		Flere leverandører
	NO ₂	Luft	Kaliumjodid-Impregnert filter	IC	STAMI-metode	
Ozon		Luft	Direktevisende instrument	Kjemiluminescens		Flere leverandører
Sinkkoxid	Zn - totalstøv	Luft	Totalstøvkasset m/PVC-membranfilter, 5 µm	ICP-OES	NIOSH 7300	
Svoveldioksid		Luft	Filter + filter m/natriumkarbonat	IC	NIOSH 600	
		Luft	Glassfiberfilter m/natriumkarbonat	IC	OSHA 1011	
		Luft	Direktevisende gass-sensor	Elektrokjemisk sensor		Flere leverandører

Referanser - metodeoversikt

Generelle referanser:

DFG-metoder:

Angerer J (ed): Essential Biomonitoring Methods. Deutsche Forschungsgemeinschaft , Wiley–VCH, Weinheim, Germany 2006

Angerer J, Schaller K-H (eds): Analysis of Hazardous Substances in Biological Materials, Volume 1 to 9, 1985-2004. Deutsche Forschungsgemeinschaft , Wiley–VCH, Weinheim, Germany

HSE-metoder:

Health & Safety Executive (HSE): Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) guidance. <http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/index.htm>

NIOSH-metoder:

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Manual of Analytical Methods. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154>

NIOSH Methodfinder:

www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/methodfinder.pdf

OSHA-metoder:

Occupational Safety & Health Administration (OSHA): Index of Sampling & Analytical Methods. <http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/toc.html>

Spesifikke referanser:

American Society for Testing and Materials (ASTM): ASTM D5197 - 09 Standard Test Method for Determination of Formaldehyde and Other Carbonyl Compounds in Air (Active Sampler Methodology). <http://www.astm.org/Standards/D5197.htm>

Angerer J (ed): Benzene and aromatic hydrocarbons in blood.

In Essential Biomonitoring Methods, s. 177 – 192. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Wiley–VCH, Weinheim, Germany 2006

Angerer J, Schaller K-H (eds): S-Phenylmercapturic acid.

In Analysis of Hazardous Substances in Biological Materials 1996, Vol 5, s. 143 – 162
Deutsche Forschungsgemeinschaft, Wiley–VCH, Weinheim, Germany

Barbieri A, Sabatini L, Accorsi A, Roda A, Violante F S: Simultaneous determination of t,t-muconic acid, S-phenylmercapturic and S-benzylmercapturic acids in urine by a rapid and sensitive liquid chromatography/electrospray tandem mass spectrometry method.

Rapid Commun. Mass Spectrom. 2004; 18: 1983 – 1988

Barbieri A, Violante F S, Sabatini L, Graziosi F, Mattioli S: Urinary biomarkers and low level environmental benzene concentration: assessing occupational and general exposure.

Chemosphere 2008; 74: 64 – 69

Ducos P, Gaudin R, Robert A, Francin J M, Maire C: Improvement in HPLC analysis of trans,trans-muconic acid, a promising substitute to phenol in the assessment of benzene exposure. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1990; 62: 529 - 534

Dyne D, Cocker J, Wilson H K: A novel device for capturing breath samples for solvent analysis. *Sci. Total Environ.* 1997; 199: 83 - 89

Health & Safety Executive (HSE): Asbestos: The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures. HSE Publication 2005, ISBN 0 7176 2875 2

Jensen K A, Gjengedal E, Thomassen Y: Sammenliknende laboratorieforsøk av direktevisende instrumenter for bestemmelse av Hg-damp i luft. STAMI-rapport nr. 2, årgang 10, 2009. Statens arbeidsmiljøinstitutt, Oslo 2009

Lee B-L, New A-L, Kok P-W, Ong H-Y, Shi C-Y, Ong C-N: Urinary t,t-muconic acid determined by liquid chromatography: Application in biological monitoring of benzene exposure. *Clin. Chem.* 1993; 39: 1788 - 1792

Lindahl R, Levin J-O: Laboratory validation of a diffusive sampler for the determination of glutaraldehyde in air. *J. Chrom. A.* 1995; 710: 175 - 180

Marand Å, Dahlin J, Karlsson D, Skarping G, Dalene M: Determination of technical grade isocyanates used in the production of polyurethane plastics. *J. Environ. Monit.* 2004; 6: 606 - 614

Marand Å, Karlsson D, Dalene M, Skarping G: Solvent-free sampling with di-n-butylamine for monitoring of isocyanates in air. *J. Environ. Monit.* 2005; 7: 335 - 343

Peltonen K, Pukkila J: Determination of bisphenol A in air by high performance liquid chromatography with electrochemical detection. *J. Chrom.* 1988; 439: 375 - 380

Sabatini L, Barbieri A, Violante F S: Development and validation of a capillary high-performance liquid chromatography/ electrospray tandem mass spectrometric method for the quantification of bisphenol A in air samples. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2005; 19: 3468 – 3472

Sabatini L, Barbieri A, Indiveri P, Mattioli S, Violante F S: Validation of an HPLC-MS/MS method for the simultaneous determination of phenylmercapturic acid, benzylmercapturic acid and o-methylbenzyl mercapturic acid in urine as biomarkers of exposure to benzene, toluene and xylenes. *J. Chrom. B* 2008; 863: 115 - 122

SKC Inc.: SKC Comprehensive Catalog and Sampling Guide – Global Catalog SKC Inc., USA 2008

Solbu K, Thorud S, Hersson M, Øvrebø S, Ellingsen D G, Lundanes E, Molander P: Determination of airborne trialkyl and triaryl organophosphates originating from hydraulic fluids by gas chromatography- mass spectrometry – Development of methodology for combined aerosol and vapor sampling. *J. Chrom. A* 2007; 1161: 275 - 283

Sykehuset Telemark Helseforetak (STHF): Bestemmelse av S-fenylmerkaptursyre (S-PMA) i urin ved hjelp av GC-MS. Metode nr. 8592

Sykehuset Telemark Helseforetak (STHF): Bestemmelse av løsemidler/VOC i utåndingsluft.

World Health Organization (WHO): Determination of airborne fibre number concentration. A recommended method by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method). WHO, Geneva 1997, ISBN 92 4 154496 1

Vedlegg 5: Arbeidstilsynets Orientering, best. nr. 450 (utdrag)

Eksponeringsvurderingen er ikke avsluttet før det er skrevet en fullstendig rapport. Hensikten med rapporten er å dokumentere forholdene under kartleggingen, måleresultater og vurderingene som er gjort i alle ledd i prosessen (innledende vurdering, forundersøkelse, detaljert undersøkelse, periodiske målinger). AT kan i pålegg sette vilkår om at dokumentasjonen skal være skriftlig, jf. aml. § 18-6 (6).

Rapporten bør inneholde:

- Navn på firma og personer som er ansvarlige for undersøkelsen
- Navnet, adressen og organisasjonsnummeret til bedriften hvor kartleggingen er utført
- Bakgrunn og hensikt med undersøkelsen
- Beskrivelse av arbeidsplassen inkludert prosessbetingelser under målingene
- Beskrivelse av stoffer og materialer som brukes, og eventuelle mellomprodukter som dannes
- Dersom målinger er utført, beskrives følgende:
 - Kjemiske og biologiske forurensninger som er målt
 - Prøvetakings- og analysemetoder (inkludert type utstyr/fabrikat)
 - Når ble utstyret kalibrert? (kalibreringssertifikat)
 - Målestrategi med begrunnelse for strategivalg
 - Dato og tidspunkt for målingene
 - Prøvetakingstid
 - Arbeidsoperasjonenes varighet i prøvetakingsperioden
- Arbeidstakerens navn
- Ventilasjon
- Arbeidsoperasjonenes varighet
- Værforhold dersom det er av betydning
- Bruk av åndedrettsvern og hvilken type
- Resultater
- Vurdering av resultatene
- Beskrivelse av eventuelle tiltak med handlingsplan
- Kortfattet sammendrag

Referanse

Arbeidstilsynets Orientering, best. nr. 450, Kapittel 2.6 Rapportering, side 18-19.

Vedlegg 6: "Bedre kunnskap om kjemisk eksponering i arbeidslivet"

Liste over data som bør dokumenteres i tilknytning til eksponeringsmålinger utarbeidet av arbeidsgruppen "Bedre kunnskap om kjemisk eksponering i arbeidslivet".

- Bedriftsnavn, adresse og organisasjonsnummer
- Næringskode (i tråd med harmoniserte EU-koder som nylig har erstattet NACE-kodene, kompatibelt med koding fra Statistisk sentralbyrå)
- Antall ansatte
 - o 1-5
 - o 6-10
 - o 11-50
 - o 51-100
 - o Over 100
- Hvem har lagt inn data
 - o Bedriften
 - o BHT
 - o Andre bemyndiget av bedriften
- Er eller vil verneombud eller annen ansattrepresentant bli informert om prøvetakingen og resultatene av denne
 - o Ja
 - o Nei
- Dato
- Kjønn og alder ved personlig prøvetaking
- Yrkeskode ved personlig prøvetaking (kompatibelt med koding fra Statistisk sentralbyrå)
- Arbeidsoperasjon (et utvalg arbeidsoperasjoner som vil komme som egne plukklister under hver spesifikke yrkeskode)
- Antall ansatte i bedriften med forventet tilsvarende eksponering som personen det er målt på
 - o 1-5
 - o 6-10
 - o 11-50
 - o 51-100
 - o Over 100
- Formål
 - o Rutinemessig overvåking
 - o I forbindelse med tiltak
 - o Initial risikovurdering
 - o Forskningsprosjekt
 - o Annet
- Type prøve
 - o Ordinær
 - Personlig
 - Stasjonær (ikke anbefalt)
 - o Direktevisende
 - Personlig
 - Stasjonær (ikke anbefalt)
- Forhold under prøvetaking (velg det som passer best)
 - o Mye verre enn normale forhold
 - o Verre enn normale forhold
 - o Normale forhold

- Bedre enn normale forhold
- Mye bedre enn normale forhold
- Arbeidssted
 - Innendørs
 - Utendørs
- Prøvetakingstid
 - Under 5
 - 5 - 15 minutter
 - 15 minutter - 1 time
 - 1- 4 timer
 - 4-8 timer
 - 8 timer
 - Over 8 timer
- Type eksponering
 - Organiske forbindelser i damp/gasfase
 - Uorganiske gasser
 - Støv/aerosoler
 - Inhalerbar
 - Torakal
 - Respirabel
 - Biologiske agens
 - Annet
- Normal eksponeringshyppighet (velg det som passer best)
 - Kontinuerlig
 - Mer enn halve arbeidstiden daglig
 - Mindre enn halve arbeidstiden daglig
 - Noen timer i uken
 - Noen timer i måneden
 - Sjeldnere enn noen timer i måneden
- Måleresultater
 - Ordinære målinger
 - Luftkonsentrasjon, knyttet til enkeltkomponenter med CAS-nr. der dette er aktuelt
 - Direktevisende målinger
 - Luftkonsentrasjon, knyttet til enkeltkomponenter med CAS-nr. der dette er aktuelt
 - Gjennomsnittsverdi
 - Maksimumsverdi
 - Varighet maksimumsverdi

Vedlegg 7: Utfyllende liste over bransjespesifikk informasjon

Eksempler på determinanter (forklaringsvariabler) som kan ha innflytelse på eksponeringsgrad og som vil være viktig å dokumentere i tilknytning til en yrkeshygienisk kartlegging i oljeindustrien.

- **Navn på innretning/landanlegg hvor målingene er utført**
- **Type produksjonsinnretning offshore** (f. eks. fast, strekkstag, flytende, jack-up)
- **Type boreinnretning offshore** (f. eks. semisub, boreskip, jack-up)
- **Boreseksjon**
- **Vindstyrke**
- **Vindretning**
- **Temperatur**
- **Avdeling** (f. eks. laboratorium)
- **Jobbtittel** (f. eks. laborant, boredekkarbeider, kokk)
- **Modul** (område på plattform/landanlegg hvor prøven er tatt)
- **Beskrivelse av kontrollrunder som utføres regelmessig**
- **Beskrivelse av arbeidssted og forhold/prosessbetingelser på prøvetakingsstedet som kan ha betydning for måleresultatene.**

F. eks. ved arbeid i shaker rom (*Bråtveit et al. J. Occup. Environ. Hyg. 2009; 6: 679-686*):

- Size of shaker room
 - Number of shakers in use during sampling
 - Shaker localization
 - Mud channel in open or closed system
 - Exhaust ventilation from mud channels
 - Mechanical air supply in shaker area
 - Closed exhaust hood over shakers
 - Air curtain placed in front of shakers
 - Air grids in outer walls
 - Viscosity of base oil
 - Mud temperature
 - Mud flow
-
- **Arbeidsoperasjon (eksempler) og varighet av oppgavene**
 - **Varmt arbeid**
 - Type materiale som bearbeides/behandles
 - Sveising (angi sveisemetode)
 - Sliping
 - Termisk skjæring (gass/plasma)
 - Termisk sprøyting
 - Kullbuemeisling
 - Lodding (bløt/hard)
 - **Overflatebehandling**
 - Maling (type, påføringsmetode)
 - Korrosjonsbeskyttelse
 - Sandblåsing

- Avfetting (angi avfettingsmiddel, f. eks. white spirit, avfettingsmetode f. eks. klut, temperatur på avfettingsmiddelet)
 - Prøvetaking (angi hva det tas prøve av, f. eks. råolje, glykol)
 - Prøvetaking og veiing av slam
 - Filterbytte (inkl. rengjøring av filter)
 - Åpning og rengjøring av hydrosyklon
 - Mottak og sending av pigg
 - Tømming sandfelle
 - Tankrengjøring (angi metode)
 - Drenering av tanker
 - På- og avkobling av slange for biocidtank
 - Laboratoriearbeid/analyse
 - Tilberedelse av varm mat (steking, fritering, koking)
 - Arbeid på helidekk
- **Kjemiske produkter som har vært i bruk under prøvetakingen**
 - **Bruk av åndedrettsvern og annet verneutstyr** (f. eks. kjemikaliedresser)
 - **Prøvetakingsstrategi**
 - Personutvalg
 - Plassering av prøvetakingsutstyret ved stasjonær prøvetaking
 - Ved stasjonær prøvetaking må det dokumenteres hvor prøven har vært plassert, gjerne med bilder/tegninger
 - Prøvetakingstid
 - Fullskiftsprøve
 - Task-based
 - Stikkprøve
 - Worst-case
 - Representativ
 - **Prøvetakingsmetode** (type kassett, filter)
 - **Analysemetode**
 - **Analyselaboratorium**
 - **Prøvetakingstid**
 - **Flow (ved aktiv prøvetaking), l/min**
 - **Måleresultater**
(i tabellform med link til determinanter (f. eks. informasjon om arbeidsoperasjon, arbeidssted))
 - Ordinære målinger
 - Luftkonsentrasjon, knyttet til enkeltkomponenter med CAS-nr. der dette er aktuelt
 - Direktevisende målinger
 - Luftkonsentrasjon, knyttet til enkeltkomponenter med CAS-nr. der dette er aktuelt
 - Varighet av målingen
 - Gjennomsnittsverdi
 - Maksimumsverdi
 - Varighet maksimumsverdi
 - **Statistiske analyser, fortolkninger og vurdering av resultatene**
 - **Beskrivelse av eventuelle tiltak**