

■ www.energy.sintef.no ■

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim
Resepsjon: Sem Sælands vei 11
Telefon: 73 59 72 00
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:
NO 939 350 675 MVA

TEKNISK RAPPORT

SAK/OPPGAVE (tittel)

Organofosfater i hydraulikk- og turbinoljer. Del II: Bruk og eksponering.

SAKSBEARBEIDER(E)

Bjarne Malvik, Olav Bjørseth, Kristin Svendsen, Kirsti Krüger

OPPDRAKSGIVER(E)

Statoil/NFR

TR NR.	DATO	OPPDRAKSGIVER(E)S REF.	PROSJEKTNR.
TR A6236	2005-03-03	Sigmy Midtbø Risnes	16X432.01
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.)	GRADERING
050303144239		Bjarne Malvik <i>Bjarne Malvik</i>	Åpen
ISBN NR.	RAPPORTTYPE	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.)	OPPLAG SIDER
82-594-2946-2		Inge R. Gran <i>Inge R. Gran</i>	17 53
AVDELING	BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS	
Energiprosesser	Kolbjørn Hejes vei 1d	73593186	

RESULTAT (sammendrag)

Rapporten beskriver og oppsummerer prosesser, driftsbetingelser og eksponering knyttet til bruk av hydraulikk- og turbinoljer. Dette omfatter både oljetyper, sammensetning og kjemisk reaktivitet. Det er videre sett på risiko for dekomponering av både oljer og additiver under drift og hvilke krav som stilles til oljene for å sikre optimal drift av prosessutstyr under krevende forhold. Fokus er rettet mot oljer med additiver av organofosfattyten.

Eksempler fra reelle situasjoner offshore er gjennomgått. Dette omfatter både en kartlegging av arbeidsoperasjoner, arbeidsrutiner samt målinger av forurensningsnivå.

I laboratoriet er det gjennomført en rekke forsøk for å studere ulike oljers iboende evne til å forurense arbeidsatmosfæren. Dette har i første rekke omfattet avdamping og dannelsen av aerosoler. Ut fra dette er sannsynligheten for generell oljeforurensning og spesielt forurensning av organofosfater vurdert.

I tillegg til inhalasjonseksponering er det gjennomført omfattende kartlegging av hudeksponering. Denne er undersøkt ved hjelp av spørreskjema og bruk av hvite overtrekkskjedresser som er analysert for oljesøl. Resultatene for hudeksponering presenteres i delrapport III.

Ut fra de installasjoner som er kartlagt, identifiserte arbeidsoperasjoner og oljetyper som benyttes, synes det klart at eksponeringen for organofosfater er lav. Grunnpillarene for denne konklusjonen er de aktuelle produkters lave innhold av organofosfater, høyt kokende og stabile kjemikalier, god ventilasjon, kortvarige eksponeringssituasjoner og begrenset hudkontakt.

STIKKORD

EGENVALGTE	Arbeidsmiljø	Work environment
	Organofosfater	Organophosphates

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 INNLEDNING	4
2 HYDRAULIKKOLJER OFFSHORE	5
2.1 PROSESSER OG DRIFTSBETINGELSER	7
2.1.1 Generell beskrivelse	7
2.1.2 Offshore hydraulikkanlegg for bruk over havflaten	8
2.1.3 Offshore hydraulikkanlegg for bruk under havflaten (Subsea)	8
2.2 EKSEMPLER FRA INSTALLASJONER	9
2.2.1 Åsgard B	9
2.2.2 Heidrun	10
3 TURBINOLJER OFFSHORE	12
3.1 PROSESSER OG DRIFTSBETINGELSER	14
3.1.1 Generell beskrivelse	14
3.1.2 Temperaturer og luftforbruk	15
3.2 EKSEMPLER FRA INSTALLASJONER	16
3.2.1 Gullfaks A og C	16
3.2.2 Åsgard B	19
3.2.3 Heidrun	20
3.2.4 Turbinverkstedet	25
4 UTSLIPP TIL ARBEIDSATMOSFÆREN	26
4.1 GENERELT	26
4.2 HYDRAULIKKSYSTEMER	27
4.2.1 Lekkasjer under normal drift	27
4.2.2 Utslipp under vedlikehold, reparasjoner, åpning og lufting	28
4.2.3 Utslipp under fylling eller tømning av væske	28
4.3 TURBINER	28
4.3.1 Lekkasjer under normal drift	28
4.3.2 Utslipp under vedlikehold, reparasjoner, åpning og lufting	29
4.3.3 Utslipp under fylling eller tømning av væske	29
5 EKSPONERING OG HELSERISIKO	30
5.1 INNÅNDING	30
5.2 HUDOPPTAK	30
5.3 EKSPONERINGSTID	31
5.3.1 Hydraulikksystemer	31
5.3.2 Turbiner	32
5.4 EKSPONERTE GRUPPER	33
5.5 TIDLIGERE EKSPONERING	34
6 ARBEIDSPLASSENS UTFORMING	36
6.1 ROMVOLUM	36
6.2 VENTILASJON	37
7 LABORATORIEFORSØK	38
7.1 AEROSOLGENERERING	38
7.1.1 Kondensasjon fra dampfase	38

7.1.2	Spraygenerering.....	39
7.2	AVDAMPING FRA HYDRAULIKK- OG TURBINOLJER - LABORATORIEFORSØK	39
7.2.1	Innledende forsøk	39
7.2.2	Avdamping fra hydraulikk- og turbinoljer som benyttes offshore	42
7.2.3	Avdamping ved høy temperatur	44
7.2.4	Partikler i brukt olje	45
7.3	ORGANOFOSFATER I AEROSOL OG DAMPFASE ETTER AVDAMPING - LABORATORIEFORSØK	45
8	DISKUSJON/OPPSUMMERING	47
8.1	FORBRUK AV HYDRAULIKK- OG TURBINOLJER.....	47
8.2	INNHold AV ORGANOFOSFATER.....	47
8.3	OMDANNING AV ORGANOFOSFATER TIL ANDRE TOKSISKE KOMPONENTER.....	47
8.4	PROSESSER.....	48
8.5	LUFTBÅRNE FORURENSNINGER.....	49
8.6	HUDKONTAKT	49
9	KONKLUSJON.....	50
10	LITTERATURREFERANSER.....	51
	VEDLEGG 1: EKSPONERING FOR HYDRAULIKKOLJER PÅ OFFSHORE INSTALLASJONER.....	52
	VEDLEGG 2: EKSEMPLER PÅ BRANNRESISTENTE HYDRAULIKKVÆSKER.....	53

1 INNLEDNING

Risikoen for helseskade gjennom arbeid med prosesser hvor det anvendes helsefarlige eller giftige kjemikalier bestemmes av flere ulike forhold. Utover den iboende giftigheten vil prosessbetingelser som temperatur, åpen/lukket prosess, kjemisk stabilitet, nærhet til prosessen og eksponeringstid være helt avgjørende for risikonivået. Disse betingelsene har gyldighet også for hydraulikk- og turbinoljer tilsatt organofosfater. Spørsmålene om mulige helseskader knyttet til arbeid med slike oljer er i første rekke forårsaket av innmeldte tilfeller med til dels alvorlige helseskade på arbeidsplasser hvor slike oljer blir brukt. På grunn av den høye toksisiteten til nært beslektede organofosfater har det vært nærliggende å sette fokus på de forbindelser som tilsettes enkelte oljer. Av oljeadditivene har det særlig vært fokus på tri ortokresylfosfat.

I en rapport fra SFT i 1979 ble det, i følge Dagbladet, slått fast at organofosfater i hydraulikkoljer kan føre til lammelser på mennesker. "Giftstoffene" finnes bl.a. i hydrauliske oljer, turbinvæsker, som mykningsmiddel i kunststoffer og som tilsetning i maling, lakk og PVC. Rapporten trekker, fremdeles i følge Dagbladet, spesielt fram trikresylfosfat som er meget giftig for mennesker, da den kan føre til lammelser og død ved inntak av store doser. Slike rapporter og medieoppslag har skapt betydelig engstelse hos mange som kommer i kontakt med denne type kjemikalier i sitt daglige arbeid.

Moderne kvalitetsoljer for hydraulikk og turbiner må tåle store påkjenninger både når det gjelder temperatur og mekanisk slitasje. Viktige additiver for å sikre de ønskede ytelser har vært ulike organofosfater. Det er derfor forståelig at enkelte arbeidstakers helseproblemer har blitt knyttet til arbeid med denne type oljer.

Dagens arbeidsrelaterte helseskader er ofte et resultat av tidligere og i mange tilfeller, lang tids eksponering. Hva som har vært situasjonen både når det gjelder oljer og bruken av disse for 20 – 30 år siden er det vanskelig å gi en korrekt vurdering av. Siktemålet med denne rapporten har derfor i første rekke vært å kartlegge dagens situasjon og nær fortid så langt dette er mulig.

Enkelte faktorer som har innvirkning på arbeidsmiljøet er mulige å spore tilbake i tid, dette gjelder blant annet turbintyper og enkelte oljeprodukter. Andre forhold som ventilasjon, arbeidsrutiner og personlig verneutstyr er umulig å dokumentere. Mangelen på eksponerings- målinger for arbeid med hydraulikk- og turbinoljer forsterker denne situasjonen.

Rapporten fokuserer på bruk av hydraulikk- og turbinoljer offshore. Det er forsøkt å beskrive disse områdene separat så langt dette er mulig. Imidlertid er det en del overlapping både mht bruk av oljer men også når det gjelder personell som kan komme i kontakt med begge typer.

I fagterminologien benyttes både begrepene oljer og væsker. I engelskspråklig sammenheng anvendes i stor grad begrepet fluids. Fluid eller væske er sannsynligvis det mest korrekte og almenlydige begrepet. I denne rapporten er i hovedsak brukt oljer da de fleste aktuelle produkter er basert på mineral- eller syntetiske oljer. Vann/glycol blandinger blir omtalt som væsker.

2 HYDRAULIKKOLJER OFFSHORE

De fleste hydraulikkoljer som brukes i forbindelse med leting og utvinning av olje på norsk sokkel er basert på mineraloljer. Vann/glycol blandinger benyttes også, men i betydelig mindre kvanta. Denne type væsker er i hovedsak knyttet til systemer for styring av subsea-ventiler.

Brannrisikoen har aldri vært et avgjørende argument for valg av hydraulikkoljer offshore. Dette er forståelig all den tid råoljen og gassen som utvinnes innebærer langt større brann- og eksplosjonsrisiko enn de til sammenligning små mengder høyt kokende hydraulikkoljer som befinner seg på den enkelte installasjon. Produkter som er tilsatt organofosfater er derfor, i den grad de er benyttet, valgt på grunn av andre egenskaper enn de brannhemmende. I produkter som er kartlagt er innholdet av organofosfater lavt, i det alt vesentlige under 3 – 4 %, ofte < 1,0 %. De vanligst forekommende organofosfater i smøreoljer er de som er merket med * i tabell 2, i rapportens del I. Disse komponentene er identifisert gjennom en kartlegging oljeselskapene har foretatt av sine produkter (Norsk Petroleumsinstitutt).

De fleste store oljeselskapene leverer hydraulikkoljer som en del av sine smøreprodukter. Det dreier seg både om egenproduserte og innkjøpte produkter. Kjente produsenter/leverandører er Shell, BP, Exxon Mobil, Hydro Texaco, Castrol, Valvoline, Statoil-Norge.

Fra tidlig 90-tall er vann/glycol baserte væsker blitt mer vanlige, særlig til bruk i subsea installasjoner som blow out preventors (BOP). Denne type væsker var imidlertid allerede i bruk rundt midten av 70-tallet. Utstyr hvis funksjon er sporadisk åpning og lukking av små ventiler, kan oppnå tillatelse fra forurensningsmyndighetene (SFT) til å slippe slike væsker ut i sjøen. Derved spares returledning. For å hindre groing/bakterievekst i vannbaserte væsker tilsettes ulike kjemikalier. Mye brukt er aldehyder og isothiazolinoner.

Informasjon om hydraulikkoljenes sammensetning gitt i HMS-datablad, begrenses ofte til å angi om baseoljen er mineralsk eller syntetisk, samt ca. mengde additiver. Mulige tilsatsstoffer, som er listet i tabell 3 (rapportens del I), oppgis enten til ikke å være klassifiseringspliktige, eller de foreligger i mengder som er under kravet for deklarasjon. En tendens synes å være at sinkbaserte additiver avtar i bruk mens tilsats av svovel- og fosforbaserte forbindelser øker.

En spørreunde til produsenter og leverandører av hydraulikksystemer, har bekreftet opplysningene om at det er mineraloljebaserte produkter som er dominerende offshore. Hydraulikkoljer med stor anvendelse oppgis å være Shell Tellus T46 og Castrol WHM 46.

Innen ett og samme selskap kan hydraulikkoljene variere fra felt til felt men også mellom ulike installasjoner på samme felt. På Haltenbanken anvender Statoil for eksempel Hydraway HVXA 15 LT og HVXA 32-68.

Tabell1: Eksempler på hydraulikkoljer som anvendes offshore

Hydraway HVXA 15LT				
Ingrediens	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Høyraffinert mineralolje (DMSO ekstrakt < 3%, IP 346)			> 80	IK
Polymetakrylat			-	IK
Polydimetylsiloxan			-	IK
Fosforsyreester/aminblanding		80939-62-4	< 0,5	Xi,N 36/38-51/53
Hydraway HVXA 32-68 02-10-21				
Høyraffinert mineralolje (DMSO ekstrakt < 3%, IP 346)			> 90	IK
Polymetakrylat			-	IK
Polydimetylsiloxan			-	IK
Fosforsyreester/aminblanding		80939-62-4	-	Xi,N 36/38-51/53
Hydraway HVXA 32, 46 og 68				
Høyraffinert mineralolje (DMSO ekstrakt < 3%, IP 346)			> 90	IK
Polymetakrylat			-	IK
Polydimetylsiloxan			-	IK
Shell Tellus T46				
Høyraffinert mineralolje			60-100	IK
Additiver			1-5	IK
Aeroshell 31				
Syntetisk olje				
Trifenyfosfat		115-86-6	< 1.0	

Hydraway HVXA 15 LT er en "multigrade" olje basert på høyraffinert mineralolje. Viskositeten er gunstig. (10-50 centistoke?). Additiver er i følge HMS-datablad for 2002; Mono- og dihexylfosfater (< 0.5%) og fosforsyre/amin (<0.5% fosforsyreester/aminblanding).

Oljetypen har vært på markedet i alle fall tilbake til 1993. Den ble blant annet tatt i bruk i anlegg knyttet til Kollnesutbyggingen. (50 m³ tank)

Hydra Way HVXA 46 forventes å erstatte Hydra Way 32-68 på Heidrun. Den hevdes å ha samme additivsystem som HWXA 32-68.

Hydraway HVXA 32-68; <1% fosforsyre/aminblanding iflg datablad for 1999, datablad fra 2002 inneholder ingen informasjon om fosforestere.

Amin-fosforsyreester (CAS nr. 80939-62-4) er i følge SPIN-databasen angitt som en blanding av C11 – C14 forgrenede alkylaminer med dihexylfosfat og monoheksylfosfat.

Andre "offshore" hydraulikkvæsker som er nevnt av produsenter, leverandører og serviceselskaper:

Quintolubric 882-300, denne er for lange rørledninger

Bentley, Oceanic, vannbasert (ut fra skjerpede krav til utslipp)

Castrol , Brayco Micronic (disse inneholder litt OF-forbindelser)

Braycooljer har vært omtalt som "suspekte". MSDS fra 1985, funnet på nettet for Brayco 783 hydraulic fluid – MIL-H-6083D angir følgende sammensetning uten prosentangivelse:

- Mixed tricresylphosphate (CAS no. 1330-78-5), inneholdende tri-ortho isomeren (CAS no. 78-30-8 med TLV = 0,1 mg/m³).
- Refined petroleum (mineral oils)
- Additives (non-hazardous according to manufacturer)

2.1 PROSESSER OG DRIFTSBETINGELSER

2.1.1 Generell beskrivelse

På en offshoreinstallasjon kan det være mange små hydraulikksystemer med hver sin tank, kontrollpanel og tilhørende hydraulisk apparatur. Det er også en del større systemer som leverer hydraulikkolje til flere ventiler etc. Eksempel på dette finnes bl. annet på Åsgard B, der det er et hydraulikksystem i hvert stag. Et system består her av et hydraulikkrom med tank, akkumulator (nitrogenflasker som kan justere trykk hvis nødvendig), paneler, fordelere og rør ut til prosessutstyr (for eksempel ventiler). Oljen føres igjennom lange rør fram til bruksstedet og i lukket system tilbake til tanken. Ved tanken er det filtrering og utlufting.

Både hydraulikk- og turbinoljer anvendes normalt i lukkede systemer. Det er ingen arbeidsoppgaver som innebærer daglig, rutinemessige eller vedvarende håndtering og arbeid med selve oljene. Eksponering burde derfor i prinsippet bare finne sted i forbindelse med:

- Skifte/etterfylling av olje
- Filterskifte
- Opptørring av søl
- Reparasjoner
- Lekkasje
- Uhell/havari

Ingen sirkulerende væskesystemer med ventiler og koblinger vil være helt tette til en hver tid. Lekkasje vil alltid forekomme, høyt trykk og høy temperatur vil øke denne risikoen. Det er imidlertid ikke nødvendigvis noen entydig sammenheng mellom temperatur og trykkforhold og mengden som lekker ut. Lekkasje vil heller være et resultat av slitasje, feil montering, manglende vedlikehold etc.

Ulike pakningsmaterialer tåler opp til 100-150 °C. Ut fra en ren temperaturbetragtning vil derfor de fleste pakninger kunne fungere. Hvor bestandige de er overfor ulike oljer og additiver kan imidlertid variere betydelig. Feil valg av pakningsmateriale kan derfor gi økt risiko for lekkasje.

Fra leverandører og servicebedrifter med hydraulikkanlegg som fagfelt opplyses at overoppheting av hydraulikkoljer med påfølgende havari nesten ikke inntreffer. I subsea anlegg med vann/glycol væsker, kan det ved struping av sugeledning inntreffe "anginaproblemer" i pumpene (pga motstand) med havari som resultat etter kort tid.

Veskepartikler som dannes mekanisk gjennom for eksempel sprut og virvling i en tank, vil normalt ha større diameter enn de som dannes gjennom kondensasjon etter fordamping. Både spredningsmuligheter og helserisiko er derfor mindre for denne type partikler.

Det vil alltid være en mulig risiko for at det kan dannes aerosoler av hydraulikkolje i disse rommene. En absolutt forutsetning for at så skal inntreffe er imidlertid at systemene er i drift, dvs at oljen er under trykk, eller er varm og at utstyr/instrumenter som opereres hydraulisk er i bruk. Dette skjer ikke hele tiden.

2.1.2 Offshore hydraulikkanlegg for bruk over havflaten

Store hydraulikkanlegg for boring kan som nevnt ha oljesumper på 20-30 m³ eller mer. Temperaturen i oljen ligger normalt på 40-60 °C. Ute i systemene kan den nå opp i 80 -100 °C (kilde; Maritime Hydraulics). For mineraloljebaserte produkter brukes ofte NBR (Akrylnitril butadien gummi) som pakningsmateriale. Disse tåler temperaturer opp til 100-110 °C. Risikoen for å overskride materialets egenskaper er liten men kan følgelig være tilstede.

Struping/strømningsrestriksjoner (ca. $\Delta p = 100$ bar) gir som en tommelfingerregel en temperaturøkning på 4 °C. Hurtige og hyppige strømningsendringer kan følgelig gi opphav til en betydelig lokal temperaturøkning. Likevel er det sjelden at væsketemperaturen overskrider 100 °C. Trykket i slike systemer ligger i området 200-350 bar.

Det kan i følge subjektive opplevelser fra servicepersonell som er kontaktet, være mye oljedamp i rom hvor pumper/oljetanker står. Lufttemperaturen kan være høy, ca. 30 °C. Dampen som kommer ut gjennom "luftefilteret" gjør det ubehagelig å oppholde seg der. Det er ikke opplyst om det er noen sammenheng mellom opplevd luftkvalitet og oljens alder. Det benyttes i hovedsak væsker basert på mineraloljer (kilde; Maritime Hydraulics). Mineraloljer kan bestå av et bredt destillasjonskutt, det vil si at oljen kan inneholde en del relativt lettflyktige komponenter. Dette er dokumentert gjennom avdampingsforsøk med hydraulikkoljer i laboratoriet (se avsnittet om testresultater – laboratorieforsøk). Oljenes mulige innhold av organofosfater hører ikke til de lettflyktige komponentene. Den subjektive opplevelsen av luftkvaliteten er også påvirket av luktopplevelsen. Denne behøver ikke være proporsjonal med avdampet masse, men kan skyldes at dampen inneholder enkelte komponenter med lav luktterskel.

Anleggets utforming, hvor mye olje det inneholder og hvor mye som strømmer gjennom systemet under drift er også av betydning. Det er ikke uvanlig at større anlegg inneholder 20-30 m³ eller mer. Heisesystemer for borestrenger sirkulerer ofte 5000 – 8000 l olje pr. minutt. Dette fører til en kraftig virvling i tanken og fortrenkning av luft fra tanken, noe som kan gi en merkbar utblåsing gjennom lufteåpning. I lufteåpningen er det et relativt enkelt filter hvis hovedhensikt er å hindre fuktighet å komme inn i tanken, det behøver følgelig ikke være effektivt mot luktende organiske forbindelser. Det kan ikke utelukkes at det dannes aerosoler i tanken under slike driftsbetingelser. Hvorvidt de spres til atmosfæren utenfor tanken vil avhenge både av partikkelstørrelse og filtertype.

Offshore har det vært en del bruk av elektriske varmekolber i hydraulikkoljetankene. Hvis det ikke er installert sirkulasjonspumpe vil slike varmekolber kunne føre til lokal overoppheting. Oljen blir "brent", endrer farge og lukter ille (kilde; Hydronic AS). Hvilke forandringer i oljen eller additivene som inntreffer er ikke kjent i detalj. Oksidative prosesser inngår som regel, det vil si at det dannes alkoholer og syrer. Om slike episoder medfører kjemiske reaksjoner som kan gi økt innhold av helseskadelige komponenter er ikke kjent.

Enkelte anlegg hvor det forventes høy driftstemperatur har vannkjøling av oljen. Dette opplyses å være aktuelt på supplybåter.

2.1.3 Offshore hydraulikkanlegg for bruk under havflaten (Subsea)

For subsea formål anvendes systemer med høye trykk, opp til 700 bar (kilde: ScanRope Subsea Cables). På norsk sektor benyttes fortrinnsvis hydraulikkslanger av stål (Super duplex). På engelsk sektor (UK) anvendes fortsatt fleksible slanger av syntetisk materiale som nylon11, (Hydrell). Det hevdes at væsker som anvendes skal tåle driftstemperaturer opp til 170 °C. Normal

driftstemperatur angis å være $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, oftest $40\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Det opplyses videre at vann/glycol baserte væsker er mest aktuelle til slike applikasjoner. Fra 1990 har slike produkter overtatt dette området.

Vann/glycol blandinger må tilsettes additiver for å hindre mikrobiell vekst. Disse additivene oppfattes av enkelte som meget giftige.

2.2 EKSEMPLER FRA INSTALLASJONER

2.2.1 Åsgard B

Hydraulikksystemene består ofte av mange små systemer med hver sin tank, kontrollpanel og tilhørende hydraulisk apparatur.

Det finnes også en del større systemer; systemer som betjener flere ventiler etc. Eksempler på dette på Åsgard B er hydraulikksystemene i hvert stag. Disse består av et hydraulikkrom med tank (se bilde), akkumulator(nitrogenflasker som kan justere trykk hvis nødvendig), paneler, fordelere og rør ut til apparatur (for eksempel ventiler). Oljen føres igjennom lange rør fram til brukerstedet og i lukket system tilbake til tank. Ved tanken er det filtrering og utlufting.



Figur1: Hydraulikkrom Åsgard B. Styrer ventiler i stag og noe på dekk.

Det antas at det kan dannes aerosoler av hydraulikkolje i disse rommene. Dette er imidlertid betinget av at prosessutstyret som betjenes av systemet er i bruk. Brukstiden for de ulike systemene varierer betydelig.

Det vil erfaringsmessig være små og store lekkasjer på koblinger etc., dette tørkes opp med porøst papir.

Hydraulikkoljer på Åsgard B:

Hydraulikkoljen som benyttes er HydraWay HVXA 15 LT. Dette er en mineraloljebasert væske med innhold av relativt lettflyktige komponenter. I følge eksperter på hydraulikk er denne oljen ikke mye brukt. Sammensetningen fremgår av tabell 1.

Etter at nytt rensefilter (type Europafilter) er installert, er hydraulikkoljen ikke skiftet.

2.2.2 Heidrun

Boremodulen på Heidrun har et stort hydraulikksystem.



*Figur 2: Hydraulikkrom i D20, 5 nivå, øvre UBIS **Heidrun**.
Noen oljeflekker sees på gulvet foran tanken.*

I nærheten av denne tanken er det en stor påfyllingstank som er plassert ute på riser.

Når utstyret brukes blir det bevegelse i oljen og temperaturen stiger i hydraulikkrommet. Det er vanlig at det er mindre lekkasjer rundt tanken. Disse tørkes opp med porøst papir.

Målinger av oljeaerosoler:

I dette hydraulikkrommet har det vært gjennomført målinger av oljeaerosoler. Resultatene lå mellom 0,1-0,25 mg/m³.

Hydraulikkrom D15 på Heidrun (bilde under), betjener prosesser på pipe-dekk og i mekanisk verksted.



*Figur 3: Hydraulikkrom D15 **Heidrun**. Oljesøl på gulvet absorberes i porøst papir og kastes i beholder for oljeholdig avfall.*

Det legges ut nye duker av porøst papir hver uke. Felles for disse hydraulikkrommene er at det ikke er folk her når anleggene går. Det er faste runder for vedlikehold.

Hydraulikkoljer på Heidrun:

Fram til i 2005 er HydraWay HVXA 32-68 brukt på Heidrun. Denne er nå gått ut av produksjon og erstattet med HydraWay HVXA 46.

Mengden er ca. 5000 l, det tas rutinemessig prøver og oljen skiftes når verdiene av kontrollparametrene er uakseptable. Skifting skjer ikke så ofte som hvert år.

HydraWay HVXA 32-68 er basert på en mineralolje, det samme er HVXA 46.

Sammensetningene fremgår av tabell 1.

3 TURBINOLJER OFFSHORE

I 1996 representerte bruken av naturgassbasert energi på den norske kontinentalsokkelen 10 TWh. Dette er i følge Bellona (www.bellona.no) forventet å øke til 14 TWh i løpet av 2002-2003. Et stort antall gassturbiner står for denne energiproduksjonen. De ulike operatører ser ut til å velge noe forskjellige turbintyper. Statoil har hovedsaklig LM-2500 turbiner fra General Electric (GE), men også en del fra Rolls Royce. Totalt finnes det ca. 80 LM-2500 turbiner i Nordsjøen av et samlet antall på ca. 300 (1998 tall).

LM-2500 har normalt en levert effekt på ca. 23000 kW. En oppgradert versjon yter 30000 kW. Denne er benyttet på Åsgard feltet. Utover produksjon av elektrisitet benyttes et stort antall turbiner til direkte drift av kompressorer. Gjennom en intern kartlegging på offshoreinstallasjoner i Statoil er identifisert følgende oljeprodukter som kan inneholde organofosfater.

Tabell 2: Turbin-, hydraulikk- og smøreoljer brukt i Statoil.

Væsketype	Organofosfatholdig additiv.
Aeroshell Turbine Oil 500 (Shell)	TCP holdig med TOCP < 0,1 %*
Turbo Oil 2380 (Exxon/Mobil)	TCP holdig med TOCP < 0,1 %
Turbway 32**	Tributylfosfat
Turbway 46**	Tributylfosfat
Turbway 68**	Tributylfosfat
Turbway 100**	Tributylfosfat
Turbonycoil 600	Isopropylert fenylfosfat
Turbonycoil 610	Isopropylert fenylfosfat

*: < 0,1 % er angivelse i HMS-datablad, beregninger i litteraturen angir < 0,06 og < 0,02 som maksverdier noe avhengig av TCP-kvaliteten.

** : De siste nettbasert HMS-databladene fra Statoil Norge oppgir ikke innhold av tributylfosfat i Turbway serien.

Den samme gjennomgangen/kartleggingen av Statoils bruk av organofosfatholdige oljer, viser at Turbway 46 er det klart dominerende produktet. Gjennomgangen omfattet 19 plattformer. Forbruket av Turbway 32** og Turbonycoil 600 ligger på 1/10 av Turbway 46**. Produkter som er tilsatt TCP, med sannsynlig innhold av TOCP, anvendes i liten utstrekning. Dette gjelder Turbo Oil 2380 som er benyttet på Snorre A, samt på redningshelikoptrene på Statfjord B og Heidrun.

Det er ikke nødvendigvis en klar sammenheng mellom innkjøp og forbruk av oljer da det kjøpes inn også for lager. Hvis innkjøp i desember ett år i stor grad er myntet på neste år blir det ikke samsvar. Forbruket kan variere betydelig fra år til år avhengig av driftsforstyrrelser, service og vedlikeholdsprogrammer. Turbinskifte innebærer at systemene tømmes helt for olje som erstattes med ny.

Det benyttes som regel to ulike oljetyper, en til selve turbinen og en til kraftdelen eller kompressoren. Ulike installasjoner benytter ulike oljer. Valg av oljer viser seg også å ha blitt endret over tid.

Tabell 3: Turbinvæsker som er aktuelle i offshoresammenheng.

Turbonycoil 600 Dato: 10/02				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Fettsyreester (penta- og dipentaerytritol)				
Triarylfosfat (isopropylert fenylfosfat)	273-066-3	68937-41-7	< 3	N, R 51/53
Aromatisk amin	201-893-0	90-30-2	< 1,5	N, R 51/53
Aromatisk amin	239-816-9	15721-78-5	< 1,5	
Substituert triazol (bensotriasol)	202-394-1	95-14-7	< 0,1	Xn, R 22 52/53
Quinizarin	201-368-7	81-64-1		Xi, R 36/37/38 43
Turbonycoil 600 Dato: 03-10-14				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Fettsyreester (penta- og dipentaerytritol)			> 90	IK
Isopropylert fenylfosfat	273-066-3	68937-41-7	< 3	N 51/53
1-Naftylnilin	201-983-0	90-30-2	< 1,5	N; R51/53
Bensotriazol	202-394-1	95-14-7	< 0,1	Xn; 20/22-36-52/53
Turbonycoil 610 Dato: 09/03 (Nyco)				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Fettsyreester				
Aromatisk amin		68938-84-1	< 4	
Aromatisk amin	239-816-9	15721-78-5	< 1	
Triarylfosfat	273-066-3	68937-41-7	< 3	N; R51/53
Triazole derivat	202-394-1	95-14-7	< 0,1	Xn; R22-52/53
Turbonycoil 610 Dato:03-11-04				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Fettsyreester			> 90	
Isopropylert fenylfosfat	273-066-3	68937-41-7	< 3	N; R51/53
Benzotriazole	202-394-1	95-14-7	< 0,1	Xn; R22-52/53
Mobil Jet Oil II Dato: 02-11-26				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Syntetiske hydrokarboner (ester)				
Trikresylfosfat	215-548-8	1330-78-5	1-5	Xn; R 68/20/21/22 N; R51/53
1-Naftalenamin, N-fenyl	201-983-0	90-30-2	1-5 (1,0)	Xn; R22 Xi;R43 N; R50/53
Alkylert difenylamin	270-128-1	68411-46-1	< 1	N; R51/53
Exxon Turbo Oil 2389 98-12-31				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Polyolfettsyreester, syntetisk			60-100	IK
Trikresylfosfat			1-5	Xn; R21/22
Exxon Turbo Oil 2197				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Polyolfettsyreester, syntetisk			60-100	IK
Trikresylfosfat			1-5	Xn; R21/22
Aromatisk amin			1-5	Xi; R43

BP Turbo Oil 2380 Dato: 02-07				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Syntetisk baseolje				
Trikresylfosfat	215-548-8	1330-78-5	1-5	Xn; R21/22 N; R51/53
n-Fenyl-1-naftylamin	201-983-0	90-30-2	1-5	R43 N; R50/53
BP Turbo Oil 25 Dato: 02-07				
Ingredienser	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Syntetisk baseolje				
Trikresylfosfat	215-548-8	1330-78-5	0,1-1	Xn; R21/22 N; R51/53
Fenothiazine	202-196-5	92-84-2	0,1-1	Xi; R36/38 R43 N; R50/53
TurbWay 32, 46, 68				
Ingrediens	EC-nr.	CAS-nr.	Vekt %	Merking
Høyraffinert mineralolje (DMSO ekstrakt < 3%, IP 346)			> 90	IK
Polymetakrylat			-	IK
Polydimetylsiloxan		63148-62-9	-	IK
Aeroshell Turbine Oil 500				
Polyolester		68424-31-7	60-100	IK
Alkylert difenylamin	270-128-1	68411-46-1	< 1,0	N; 51/53
N-fenyl-1-naftalenamin	201-983-0	90-30-2	1-5	Xn N; 20/22 43 50/53
Trikresylfosfat, blandede isomere	215-548-8	1330-78-5	1-2	Xn N; 21/22 51/53

Innholdet av TOCP er angitt å ligge mellom 0,36 og 2 % i en del kommersielt tilgjengelige TCP kvaliteter (IPCS, 1990; Mackerer, 1999). Da vil eksempelvis Mobil Jet Oil II, som inneholder ca. 3 % TCP, maksimalt inneholde 0,06 % TOCP)

Dannelse av den nevrotoksiske forbindelsen TMPP, ved oppvarming til temperaturer betydelig over normale driftstemperaturer, er betinget av samtidig tilstedeværelse av trimetylolbaserte estere i baseoljen og TCP.

3.1 PROSESSER OG DRIFTSBETINGELSER

3.1.1 Generell beskrivelse

I forbindelse med olje/gassutvinningen offshore benyttes turbiner til å produsere elektrisitet og til direkte drift av kompressorer. Turbiner for produksjon av elektrisitet er plassert i en turbinhood som ventileres med et undertrykk i hooden. Ventilasjon av hooden starter når turbinene er i gang. Det er på Statoils installasjoner et generelt forbud mot å gå inn i turbinhooden så lenge turbinen er i gang og 20 minutter etter stopp. Hooder for turbiner som driver kompressorer ventileres med et overtrykk.

Turbinene er nøkkelen både til produksjonen av elektrisitet og til å drive kompressorer, de må derfor være i drift til enhver tid hele året. Effektiv driftstid kan være 7000-8000 timer. På Heidrun og Gullfaks blir årlig driftstid i gjennomsnitt noe lavere da de har overskudd av turbiner. Dette innebærer at bare 2-3 av for eksempel 4 turbiner går samtidig. God smøring er meget viktig for å

sikre stabil drift. Oljen skiftes som regel ikke, den bare etterfylles så lenge den oppfyller de spesifiserte krav. Dette kontrolleres regelmessig.

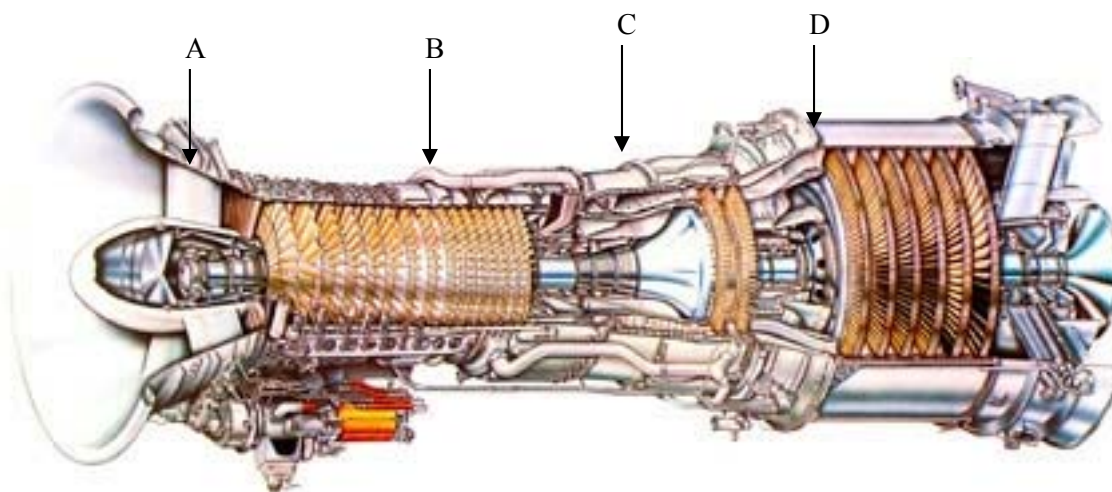
Forbruket av olje synes ut fra opplysninger om årlige innkjøp å variere betydelig mellom ulike installasjoner. Innkjøpte mengder er imidlertid ikke synonymt med reelt forbruk. Ulike kilder angir at et normalt oljeforbruk pr turbin ligger i området 0,1 – 1,0 liter/h. Veldrevne enheter ligger nærmere den nedre grensen enn den øvre. Sammen med forbruket av baseoljen forbrukes også noe av de tilsatte additiver. Forbruket av disse er imidlertid ikke større enn at det som regel kompenseres gjennom nødvendig etterfylling av ny olje. Det vil si at tap av additiver til en viss grad er proporsjonalt med tap av baseolje.

Tap av organofosfater vil i følge leverandører av turbinolje, i hovedsak skje gjennom fordamping. Organofosfater kan i denne sammenhengen betraktes som reaktive tilsatsstoffer og vil som sådanne reagere med metalloverflater. Dannelse av monomolekylære sjikt på metalloverflater som smøres er imidlertid ikke en dominerende forbruksfaktor. Dette utgjør en så liten del av tilsetningen at en reduksjon av OF i væskefasen er vanskelig påvisbart gjennom en analyse av sammensetningen (kilde NYCO).

3.1.2 Temperaturer og luftforbruk

Turbiner har erfaringsmessig lekkasjer gjennom pakninger på akslingen. Denne roterer med høy hastighet, for eksempel 3600 rmp for turbiner som produserer elektrisitet. Inne i turbinen (for eksempel GE LM-2500, som er den turbintypen det finnes flest av på norsk sokkel i Nordsjøen) er det 4 mindre oljesumper som er ventilert med et lite overtrykk. Hensikten med disse sumpene er å sikre optimal smøring av vitale deler. Lettflytende olje under trykk og med høy temperatur kan følgelig trenge ut av turbinen både som væske og i dampform.

GE Energy AS på Ågotnes oppgir at normale oljetemperaturer i aero-derivative turbiner ligger mellom 70 og 135 °C. Høyeste temperatur registreres i den såkalte "B"sumpen (Turbinens thrust lager område). I følge GEs erfaringer vil temperaturen i den varmeste sumpen normalt ikke gå over 90-100 °C. "C" sumpen (Turbine Mid Frame) kan nå 80-90 °C, mens "D" sumpen (Turbine Rear Frame) ligger mellom 60 og 80 °C. Selve tanken med turbinvæske er lokalisert utenfor hooden og ligger på ca. 60 °C.



Figur 4: Skisse av LM-2500 turbin (kilde GE)

Det såkalte "Scavenge lube oil system", som er et samlepunkt for retur og rensing av oljen, angis av GE å ha en normal smøreolje/lufttemperatur på mellom 70 og 135 °C. Ingen turbiner er helt like, så hvilke temperaturer som oppnås er individuelt. Temperaturen på returoljen er alltid høyest inne i sumpen. Luften fra "Scavenge lube oil system" ledes ut av hooden.

Velegnet materiale til pakninger kan være Viton (fluor-karbon), som står godt mot mineralske løsninger med fosfatestere opp til temperaturer på 150 °C.

Turbinene forbruker store luftmengder når de er i drift. Forbruket til LM-2500 er angitt til 69 kg/s, noe som tilsvarer 200000 m³/h ved 20 °C. Tilført luft benyttes både til forbrenningen og til å kjøle ned turbinene. Ca. ¼ av luften går til forbrenningen. Luften trykkes opp til ca. 18 bar i den fremre delen av turbinen. Trykket avtar til 3,5 bar i den bakre delen.

Luftmengden som går til kjøling av turbinen utgjør ca. 150000 m³/h. Dette er en luftmengde som har et stort potensiale til å fjerne forurensninger som måtte avgis i områder inne i turbinen hvor denne luftstrømmen passerer.

Ventilasjonen av selve turbinhooden rapporteres å være meget god under drift. Observatører rapporterer at alt flagrer pga den kraftige ventilasjonen. Ventilasjonen når turbinen står stille er avhengig av vindretning og vindstyrke.

Temperaturen inn i turbinhooden under drift varierer. Ulike kilder angir ulike temperaturer, det er ikke fremlagt dokumenterte målinger. Det opplyses at gjennomsnittstemperaturen ikke overstiger 60 °C og at lokale variasjoner kan spenne fra ned mot null ved luftinntaket og til opp 90 °C der eksosen går ut.

Eksosgasstemperaturen for LM-2500 er oppgitt til å være 523 °C.

Fremre del av turbinene byttes (total overhaling) hver 25000 time, bakre del byttes hver 60000 time. I følge GE på Ågotnes er vanlig praksis at byttene foretas hvert 3. og hvert 6. år.

3.2 EKSEMPLER FRA INSTALLASJONER

3.2.1 Gullfaks A og C

Opplysningene gitt i om forholdene på Gullfaks baserer seg i hovedsak på informasjon fra arbeidstakere på feltet.

Turbiner

På Gullfaks A (GFA) er det 7 turbiner og på Gullfaks C (GFC) er det 5 turbiner, alle er av typen LM-2500 fra General Electric (GE). Den nyeste turbinen på GFA er plassert i en Dresser-Rand pakke, de øvrige 11 er Kværner pakker.

På GFA er 4 kraftturbiner plassert i M22, 2 turbiner er plassert i M24 og 1 turbin i M35 (Dresser-Rand pakke). Turbinene i M24 brukes for å drive eksportkompressorer, turbinen i M35 til gassinjeksjon. Vanligvis er 2 - 3 av turbinene i M22 i drift. På grunn av driftsmessige forhold foretrekkes det å ha 3 turbiner i gang, men ikke på full last. GFA kan også motta strøm fra GFC og visa versa. Turbinene i M24 og i M35 går stort sett kontinuerlig.

På GFC er det 3 kraftturbiner i M22 og 2 turbiner som driver eksportkompressorer i M24. Vanligvis er 2 av kraftturbinene i drift.

Systemene i M22 består av høytrykksturbin, lavtrykksturbin og generator. Disse benytter hovedsakelig gass som drivstoff, men kan også benytte diesel. Systemene i M24 og M35 består av høytrykksturbin, lavtrykksturbin, gir og kompressor. Disse kan bare benytte gass som drivstoff.

Med unntak av turbin i M35 på GFA (installert i 1998) og D turbin i M22 på GFA (installert i 1987), har alle turbinene vært på plass siden oppstart på plattformene (det vil si 1986 for GFA og 1989 for GFC). Det har ikke vært foretatt større modifikasjoner/endringer på turbinene siden oppstart.

Ventilasjon

Tilluft til turbin og til turbinhus er plassert på yttervegg. Det er avluftning fra turbinhus og turbintank over tak. Ingen luftestusser går ut i området utenfor turbinhusene. Store luftmengder (kapittel 3.1.2) tilføres under drift. For å kjøle ned turbinen, fortsetter viftene i 20 minutter etter at turbinen er stanset. Under drift er det undertrykk i turbinhus i kraftstasjonen, mens det er overtrykk i turbinhus til kompressorene. Når turbinen står, er luftutvekslingen avhengig av vindretning og vindstyrke.

Eksoskanalene ble forlenget i perioden 1992-95 da eksos til tider påvirket arbeidsmiljøet i 2 av kranene. Samtidig ble eksoskanalene fra kraftstasjonen (M22) lagt om. I tillegg ble noen filtre fjernet, slik at det er færre filtre i luftinntaket nå. Disse modifikasjonene skal ikke ha påvirket arbeidsmiljøet i området utenfor turbinhusene. Det er ikke gjennomført andre større modifikasjoner.

Oljer

Turbindelene i kraftturbinene smøres med Turbonycoil 600, generator med Turbway 32.

Turbindelene i M24 smøres også her av Turbonycoil 600, mens gir og kompressor smøres av Turbway 46. På 1980-tallet ble Mobil Jet Oil II benyttet på turbinene. Sammensetning av oljene fremgår av tabell 3.

Det kan forekomme lekkasjer under drift, dette kan medføre en del oljesøl på dørken i turbinhuset. Mest oljesøl oppstår ved demontering av turbin. Det blir også en del oljesøl når smøreoljefilter byttes. Disse filtrene er plassert i et skap på utsiden av turbinhuset. Olje som renner ut av systemet, går rett i plattformens lukkede drain system.

Forbruk av olje (som blir rapportert til SFT) viser for 2005 følgende forbruk på GF:

- Turbonycoil 600, ca. 5500 liter
- Turbway 46, ca. 54.000 liter
- Turbway 32, ca. 1550 liter

Etterfylling av turbinolje

På GFA overføres oljen fra fat og gjennom et fyllefilter ved hjelp av en vanlig fatpumpe. Det ble opplyst at det ikke oppleves at det kommer oljetåke i luften ved denne operasjonen. Oljen fylles fra fat og pumpes gjennom 2 Europafiltre inn i tanken på turbinen på GFC. Arbeidsatmosfæren blir ikke forurensset under denne operasjonen, men operatøren kan få 2-3 drypp på hendene (hurtigkobling). Europafiltrene byttes hver 2000-4000 time. I tillegg er det 1 ekstra Europafilter pr. turbin som byttes med samme frekvens. Beregninger utført av plattformpersonell viser et

forbruk pr turbin på 0,13 liter/driftstime (2005). For 2004 var tilsvarende forbruk på 0,12 liter/driftstime.

Vedlikeholdsfrekvens

Eksponering oppstår i forbindelse med vedlikehold og reparasjoner. Følgende forebyggende vedlikeholdsprogram (FV) gjennomføres for hver turbin:

- 1000 timers FV – vaske turbin innvendig med varmt vann/såpe* og inspeksjon av turbin
- 2000 timers FV – sjekker screen under smøreoljepumpe samt boroskopering i tillegg til det som er nevnt under 1000 timers FV
- 4000 timers FV – omtrent som 8000 timers FV
- 8000 timers FV – inspeksjon, vasking med varmt vann/såpe*, bytte smøreoljefiltre, bytte dieselfiltre dersom det er lenge siden sist, sjekke 5 screen under smøreoljepumpen, boroskopering

*) Turbinvaskemiddelet R-MC G-21 benyttes til rengjøring. Dette er et etoksilert kokosamin i vandig løsning (5-10 %), ikke merkepliktig.

Av annet vedlikehold kan nevnes at dieselfiltre på turbinene i M22 (kraftturbinene) byttes vanligvis årlig. I tillegg til dette sendes høytrykksturbindelen til fullstendig overhaling hos GE hver 25.000 time og lavtrykksturbindelen i praksis hver 50.000 time. (Prosedyren sier hver 60.000 time for kraftturbindelen).

Oppholdstider

Turbinmekanikere har anslått oppholdstiden utenfor og inne i turbinhus når turbinen ikke er i drift til å være ca. 25 - 50 timer pr. tur i gjennomsnitt over et år. Dette inkluderer både vedlikehold / reparasjoner inne i turbinhuset og rett utenfor. Smøreolje-, hydraulikk- og dieselfiltre er på utsiden av turbinhuset. Vedlikeholdsprogrammet gjennomføres vanligvis av 1 – 2 personer i løpet av 16 timer. Sjekking av strainer er opplyst til å ta 2 timer, bytting av filter tar 3 timer.

Oppholdstid inne i turbinhuset når turbinen er i gang er begrenset til få minutter, maks 5 minutter pr gang og maks 30 minutter pr tur. Dette er nødvendig for å se etter utvendige lekkasjer under drift etter vedlikehold, spesielt etter bytte av turbindeler. Turbinen kjøres da på tomgang.

Ventilasjon av turbinhuset er meget god når turbin er i drift. Alt flagrer på grunn av kraftig ventilasjon.

De fleste turene gjennomføres uten at turbinmekaniker er inne i turbinhuset under drift.

Turbinmekanikere er sjelden inne i generatorhuset, anslagsvis 2 dager pr. år. Heller ikke folk fra elektro er ofte inne i generatorhusene.

Opplevd arbeidsmiljø

Enkelte opplever at den verste jobben er bytting av dieseldyser. Det er 30 dyser pr. turbin og til sammen 60 stk tilførselsrør til de 30 dysene. Og det er alltid noe diesel igjen i disse, så det blir en del dieselsøl. Disse dysene skiftes ikke ofte, sjeldnere enn 1 gang pr. år.

På GFA opplever arbeidstakerne at eksponeringsforholdene er omtrent lik i alle 7 turbinhus. All eksos går langt vekk fra M22 og M24. Dersom det er vindstille og varmt en sommerdag, kan man oppleve oljelukt inne i turbinhuset, ellers er dette vanligvis ikke et problem. Det kan være kaldt om vinteren.

I M22 på GFC kan det fra tid til annen oppleves lukt, særlig dersom det er en lekkasje som man ikke har funnet ennå. I M22 har man bedre tid og maskinen er derfor helt kald når vedlikehold skal utføres. I M24 er det mer gjennomlufting, men kan ha mer lukt pga varmere maskin. Det er imidlertid ikke så ofte at operatøren kjenner noe. Det er ikke så mye lukt inne i turbinhusene, dette gjelder alle 5 turbinene.

Resultater målinger GFA og GFC

Det har vært foretatt målinger av oljetåke og oljedamp i inne i turbinhusene på GFA (6 målinger) og på GFC (3 målinger i turbinhus, 3 målinger i generatorhus). Oppsamlingen startet 20 minutter etter at turbinen ble slått av. Oljetåke ble samlet opp på glassfiberfilter / celluloseacetatfilter, mens oljedamp ble samlet opp på aktivt kull. Prøvetakingstid var ca. 2 timer, pumpehastighet ca. 1,5 liter/minutt. Prøvene ble analysert på Statens arbeidsmiljøinstitutt, Stami (IR for oljetåke og gasskromatografi for oljedamp).

På GFA varierte oljetåkekonsentrasjon inne i turbinhuset fra 0,02 til 0,05 mg/m³. På GFC ble det ikke påvist oljetåke inne i turbinhuset. Det ble heller ikke påvist oljetåke inne i generatorhuset på GFC. Både på GFA og på GFC var alle målinger av oljedamp under deteksjonsgrensen på 1 mg/m³. Administrativ norm for oljetåke offshore er 0,6 mg/m³ og 30 mg/m³ for oljedamp (2003).

Eksponeringsreduserende tiltak

Nevnt i uprioritert rekkefølge:

Partikkelovervåking av screenene er under planlegging. Det er ikke kjent når og om dette vil bli realisert. Med et slikt system vil det ikke være nødvendig å ta ut og sjekke screenene manuelt, denne eksponeringen for olje opphører dermed.

Med en annen type filterhus kan smøreoljefiltrene skiftes med mindre søl. Tilkomsten til smøreoljefiltrene må bedres.

Man bør vurdere om de fleste hydraulisk opererte komponenter kan flyttes til utsiden av turbinhuset. Da unngås en del lekkasjepunkter inne i turbinhuset. Det blir mindre olje som ligger og damper i de varme omgivelsene.

Tilkomst til selve turbinen bør bedres ved fremtidig installasjon av turbiner på nye plattformer. På verneutstyrssiden kan det være aktuelt å benytte mansjetter og/eller gamasjer av nitril under spesielt sølete arbeidsoperasjoner, for eksempel turbinskifte.

3.2.2 Åsgard B

Turbinsystemer på Åsgard B

Turbinene (LM-2500 fra GE) på Åsgard B har oljeforsyningstank og rørsystemer i et rom under selve turbinhuset. Det ligger litt olje på gulvet under koblinger også her. Turbinene brukes til å drive kompressorer og generatorer. Eksponering for turbinoljer kan skje ved vedlikehold og reparasjoner.

Vedlikehold

Forebyggende Vedlikehold (FV) utføres etter hver 2000 driftstime. Dette består av vannvask, visuell inspeksjon og boroskopering (blir muligens forlenget til hver 4000 time). Oljefilter skiftes basert på trykkfall over filteret, typiske intervaller er 0,5 til 1 år.

Turbinoljer

Tidligere er brukt Nyco Turbonycoil 600, det ble skiftet til Turbonycoil 610 i løpet av sommeren 2004. Tankvolumet er ca. 800 liter.

Det tas prøver av oljen hver 3. måned for å kontrollere kvaliteten. Etter oppstart er det ikke skiftet olje før overgangen til Turbonycoil 610. Sammensetningen av Turbonycoil 600 og 610, som ikke er mineraloljer men fettsyrebaserte, fremgår av tabell 3.

Kompressorer

Kompressorene brukes til å komprimere gass. Disse bruker smøreoljer som går i rør fra tank på nedre dekk (inne i egne rom U65) opp til kompressorer på hoveddekk (M72) og tilbake til tanken i lukket anlegg. Her er også pumpene til kompressoroljen. Det er noe søl av olje på gulvet under noen koblinger.

Kompressoroljer

I dag benyttes TurbWay 32. Tidligere er benyttet Hydraway HMA 32. Tankstørrelsen er på 12m³. Det tas prøver av oljen hver 3. måned for å kontrollere kvaliteten. På Åsgard B har det ennå ikke vært nødvendig å skifte olje.

Sammensetningen av TurbWay 32, som er mineraloljebasert, fremgår av tabell 3. Før revisjon av datablad i 2003 var det opplyst at den inneholdt små mengder tributylfosfat (av en tilsetning på 0,5% er 3,4% tributylfosfat).

HydraWay HMA 32 inneholder det samme som TurbWay 32. I HMS-datablad fra før 2003 var det opplyst at produktet inneholdt fosforsyreester/aminblanding

Reinjeksjonskompressor bruker også tetningsolje (tank plassert i U55).

Generator

Generatorene på Åsgard B er plassert i D40 på hoveddekket. Smøreoljetanken med pumper er i U25. I dette rommet er det varmt og det er en svak oljelukt. Det er registrert noe søl på gulvet etter en lekkasje. Oljen holder 41 °C opp til generatoren. Filter skiftes 3 - 4 ganger pr. år. Som for kompressorene benyttes TurbWay 32. Tidligere er benyttet Hydraway HMA 32. Tankstørrelse er ca. 12 m³. Det tas prøver av oljen hver 3. måned for å kontrollere kvaliteten. Det er ennå ikke skiftet generatorolje på Åsgard B.

Automasjon antar at de har vedlikehold på oljesystemene ca. ½ dag til sammen på hver tur. Den vanligste kontakten er litt tilsølte hansker.

Resultater målinger Åsgard B

Det er gjennomført målinger av hydrokarboner i luft under overhaling av turbiner på Åsgard B. 0,1 ppm C10 total over 930 minutter (2 prøver).

3.2.3 Heidrun

Turbinsystemer på Heidrun

Kraftturbinene på Heidrun M10 topp er av type Rolls Royce. Det er tre kraftturbiner, men bare to kjøres samtidig. Det er en turbin i M30, denne brukes for å drive kompressorer for eksportgass.



Figur 5. Heidrun M10, Turbinhus B.

Systemene i M10 består av jet-turbin og kraftturbin, gir og generator. Jet-turbinen smøres av Turbonycoil 600. Siste del av turbinen (kraftturbindelen), gir og generator smøres med TurbWay 32.

Deler av jet-turbinen kan tidvis bli rødglødende, mens det antas at temperaturen i andre deler av systemet ikke vil overskride 60 °C.

Oljene skiftes vanligvis ikke, den bare etterfylles. Det er skiftet olje på generator 1 gang siden 1995.

Turbinoljer på Heidrun.

Turbonycoil 600 benyttes på 4 turbiner. Videre brukes denne oljen på en hydraulisk startenhet for turbinene i M10 og en i M30. Turbonycoil 600 brukes også på kompressorene som lager arbeidsluft, pusteluft og instrumentluft.

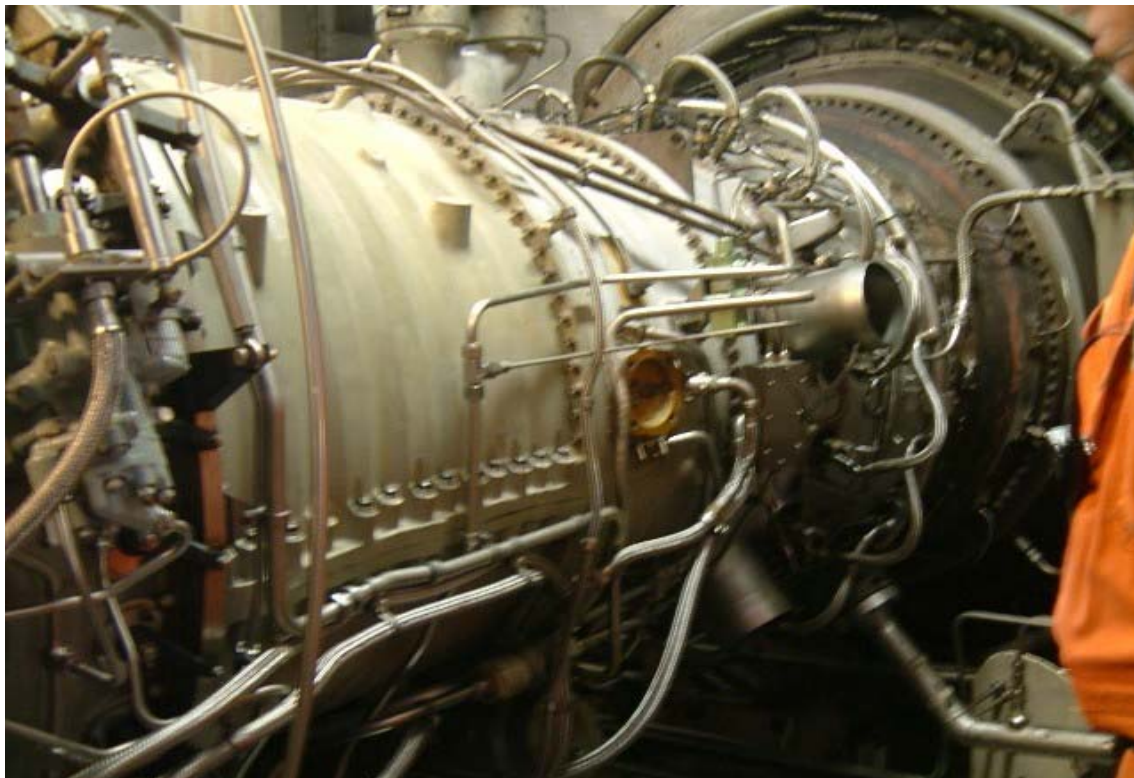
Sammensetningen av Turbonycoil 600 fremgår av tabell 3.

Exxon Turbo 2380 ble før 2002 brukt på turbinene på Heidrun. Exxon Turbo 2380 er basert på en polyolfettsyreester (60-100 %) med tilsats av Trikresylfosfat (1-5 %) og et aromatisk amin (1-5 %). Se tabell 3.

Turbonycoil 610 inneholder samme tilsetningsstoffer som 600, men litt mindre fosforforbindelse (< 2 % isoproylert fenylfosfat). Denne oljen brukes på topp av girkasse på 2 luftkompressorer i D13.

TurbWay 32 brukes mange steder på Heidrun. I tillegg til bruk i turbiner, generatorer og gir, brukes den i store mengder i Lp Comp Skid i M321 og Seal Oil reservoar i M322. Ellers i mange systemer i pumper. TurbWay 32 har vært brukt fra oppstarten av feltet.

Denne oljen er i dag angitt å ikke inneholde fosforforbindelser. Før revisjon av datablad i 2003 var det opplyst at den inneholdt små mengder tributylfosfat (av en tilsetning på 0,5 % er 3,4 % tributylfosfat).



Figur 6: Heidrun; utsnitt av jetturbin med kraftturbin i bakgrunnen.

Forbruket av olje de siste årene varierer fra turbin til turbin. Dette kan forklares med at turbinene ikke går like mye, men det er også forskjeller med hensyn til lekkasjer og oljeforbruk. Som eksempel på oljelekkasjer kan nevnes at det tidligere kunne være en samlet lekkasje på 15 liter/døgn fra en enhet bestående av turbin, gir og generator. Denne lekkasjen er pr juli 2005 redusert til ca. 2 liter pr døgn.

Mengden av olje som må etterfylles varierer. Eksempelvis har en turbin blitt påfylt i gjennomsnitt 70 liter pr mnd i første halvår 2005 (ca. 0,1 l/time), mens påfyllingen var gjennomsnittlig ca 70 liter annenhver mnd i 2004. Andre turbiner ble etterfylt 2 til 3 ganger pr år med fra 30 til 90 liter pr gang.

Startenheten ble påfylt 2 ganger i 2004, henholdsvis 70 og 52 liter. I første halvår 2005 er det etterfylt to ganger med henholdsvis 150 og 310 liter.

Generatorene er første halvår 2005 etterfylt 1 gang hver med ca. 300-400 liter. I 2004 ble to generatorer etterfylt 5-6 ganger med oljemengde fra 100 til 500 liter.

Disse oljemengdene kan i utgangspunktet virke store. Ved å regne om til forbruk pr time viser det seg imidlertid at alle angitte forbruk ligger i den lavere delen av det angitte normalforbruket på 0,1 – 1,0 l/h.



Figur 7: Heidrun M10; utsnitt av turbin sett mot luftinntak

Vedlikeholdsrutiner Heidrun

På turbinene er det service etter 1500 timer, 3000 timer, 6000timer og 9000 timers drift, dette tar 2-3 timer hver gang.

Ved 1500 timers FV (forebyggende vedlikehold) utføres vannvask og ettersyn og strainere (sil for returolje til tank) sjekkes for forurensing (koks).

Ved 3000 timer og senere 6000 og 9000 timer utføres boroskopering (bilder av turbinens indre) og visuell inspeksjon, det utføres skifte av oljefilter som sitter i oljeskiden som sitter på utsiden av hooden, strainere kontrolleres og muttere på turbinen strammes til.

Det antas at det er vedlikeholdsarbeid på en av turbinene en gang pr måned.

Vedlikeholdet utføres av turbinmekanikere, 1-2 personer på hvert skift, TK ingeniør, en på hvert skift. Etterfylling av olje og renhold utføres av områdeoperatør produksjon.

I tillegg finnes en startpakke for turbinene. Denne bruker også Turbonycoil som smøreolje. Det er også her et oljefilter som skiftes.

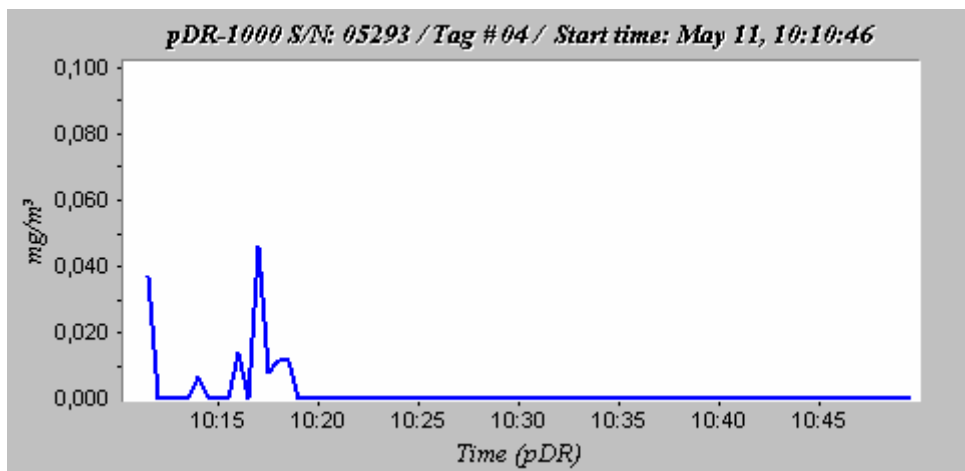
Hele turbinen skiftes og sendes på land for service hvert 3. år.

Målinger av oljeaerosoler og organofosfater på Heidrun:

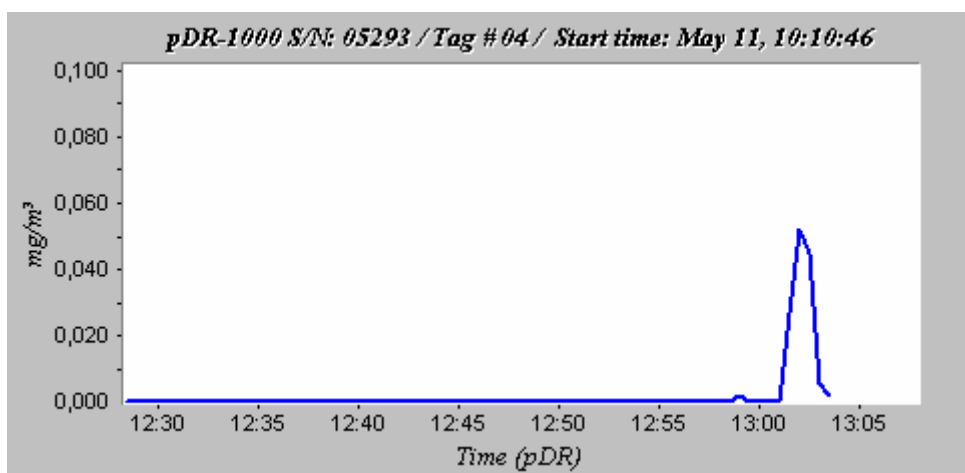
Måling av oljetåke i kraftturbin M10 (M14):

Målingene er basert på oppsamling av aerosoler på glassfiberfilter mens turbinen er i vanlig drift. Resultater fra kraftturbin viste lave nivåer; 0,07 mg/m³.

Det ble også utført orienterende målinger med direktevisende optisk partikkelanalysator (MIE pdr).



Figur 8: Utskrift fra de første 25 minutter av måleperioden i gir-rommet bak turbin M14 Heidrun



Figur 9: Utskrift fra den siste del av måleperioden. Perioden i mellom disse viser 0-nivå.

Det må anmerkes at denne type målere ikke registrerer partikler med diameter mindre enn 0,3 mikron. Resultatene fra samtidig prøvetaking med glassfiberfiltre viser imidlertid at nivået av oljetåke er lavt.

Andre målinger av oljetåke i turbinhood på Heidrun rett etter at turbinen er stengt ned viser nivåer fra $< 0,05$ til $0,14 \text{ mg/m}^3$ (6 prøver)

Målinger av oljetåke og organofosfater ved kompressor:

Det ble utført prøvetaking for analyse av oljetåke og tributylfosfat i kompressorområdet i M30. Prøvetakingstiden var 12 timer og prøvene ble analysert av Statens Arbeidsmiljøinstitutt som en del av deres organofosfatprosjekt. Det ble ikke funnet spor av tributylfosfat og kun spor av oljetåke.

Målinger av oljetåke og organofosfater ved avlufting fra oljetanker:

På dekk er det avluftningsstusser fra oljetanker for turbin- og generator/kompressoroljer. Lukt kan være merkbar på stille dager i områder hvor folk ferdes(gangveier). Det ble utført målinger av oljetåke og tributylfosfat (fra Turbway 32) en stille sommerdag juli 2005, men det ble ikke funnet spor av stoffene i prøven. Prøvetakingstiden var 8 til 10 timer.

3.2.4 Turbinverkstedet

De fleste av de ca. 80 GE turbiner (vesentlig LM-2500) som er i drift på norsk sektor, vedlikeholdes på GE's turbinverksted på Ågotnes. Samme verksted har også vedlikehold av Rolls Royce Avon turbiner. Den normale prosessen er at turbinene tas ned og tømmes for olje på brukerstedet av driftsenhetens eget personell før de skipes til Ågotnes. Det er imidlertid ikke uvanlig at innleid personell, for eksempel fra GE, reiser ut til installasjonene og foretar nedkobling. I turbinverkstedet blir de plukket fullstendig fra hverandre for deretter å bli bygd opp igjen med overhalte eller nye deler. Deretter gjennomgår de en prøvekjøring i en egen testrigg.

Nedrigging på plattform vil medføre en del oljesøl. Ledninger og slanger må kobles fra. Rester av olje har under dette arbeidet lett for å renne ut. Rør som er glemt trykkavlastet kan føre til at væske under trykk spruter ut. Begrenset rom rundt turbinen krever arbeidsstillinger som gjør mekanikerne mer utsatt for søl enn for eksempel i et landbasert testlaboratorium/verksted. Nedrigging offshore er av relativt kort varighet, ca. 1 dags arbeid. Det går som regel 3 år mellom hver gang dette arbeidet må gjøres for den enkelte turbin.

Demontering og sammensetting på turbinverkstedet gir liten eksponering for olje. De rester som måtte befinne seg inne i utstyret har romtemperatur og meget lavt damptrykk. Eksponering gjennom inhalasjon er derfor neglisjerbar. Hudkontakt vil forekomme. Testkjøring medfører at turbinen må fylles på nytt og tømmes for olje etter endt testing. GE anvender konsekvent Mobil Jet Oil II til turbintesting. Dette er kortvarige arbeidsoperasjoner som utføres på noen få timer med 3 til 4 mann. Nedrigging etter endt prøvekjøring kan gi noe oljesøl. God plass og gode arbeidsrutiner reduserer imidlertid tilsøling av klær og hud i stor grad. Prosessen gjennomføres 35 til 40 ganger pr år, dvs. ca. en gang pr uke.

Bedriften har ikke registrert oljerelaterte klager eller helseskader blant sitt personale.

4 UTSLIPP TIL ARBEIDSATMOSFÆREN

4.1 GENERELT

Emisjoner av hydraulikk- eller turbinvæsker til arbeidsatmosfæren kan noe forenklet forekomme i 4 ulike sammenhenger:

1. Lekkasje under normal drift fra prosessutstyr, pakninger, rør og slanger.
2. Utslipp under vedlikehold, reparasjoner, åpning og lufting av turbinsystemene.
3. Utslipp under fylling eller tømming av væske.
4. Aerosoler og damp fra avluftingsstusser på oljetankene.

Oljene som benyttes skal oppfylle en rekke kriterier mht stabilitet og evne til å motstå slitasje. At de har høyt kokepunkt og forblir i væskefase under alle driftsbetingelser er derfor helt avgjørende. Utslipp fra de lukkede systemene vil derfor i utgangspunktet være som væske eller som væskepartikler. Eventuell dannelselse av dampformige forurensninger bestemmes av driftstemperaturen og den aktuelle væskens kokepunkt. Dampen eller væsken det damper fra må imidlertid ha kontakt med omgivende luft for at arbeidsatmosfæren skal forurenses.

Punktene 2 og 3, vedlikehold, reparasjoner tømming, fylling etc., utføres ved aktuell romtemperatur når turbinen ikke er i drift. Damptrykk og påfølgende avdamping vil derfor være meget lavt. Lekkasje og utslipp under full drift vil inntreffe ved betydelig høyere temperatur og har følgelig større potensial for å forurense arbeidsatmosfæren.

Væskepartikler vil ha ulik levetid avhengig av væskens kokepunkt og partiklenes størrelse. Partikler fra syntetiske væsker vil ha et snevert og høyt kokepunktsområde. De vil derfor være mer stabile enn partikler fra mineraloljer med mye større bredde i kokepunktsområdet. Væskepartikler eller aerosoler kan dannes på flere måter:

- Lekkasje fra høytrykksystemer (slanger, koblinger, pakninger) som gir direkte forstøving av væsken
- Vibrasjoner
- Roterende utstyr
- Kondensasjon fra dampfase

I praksis vil aerosoler bare dannes når anlegget er i drift. Systemene må være trykksatt slik at det kan skje en forstøving. Avdamping kan forekomme til en hver tid men vil være helt avhengig av temperaturen i væsken. Avdampingen øker ikke lineært med temperaturen, ved høye driftstemperaturer kan derfor en temperaturdifferanse på 5 -10 °C innebære en stor endring i avdampingen.

Små utettheter som oppstår i slanger eller koblinger kan virke som dyser og forårsake høytrykksstråler som danner aerosoler. I et trangt rom kan en slik lekkasje være så liten at den knapt registreres, men likevel gi en betydelig konsentrasjon. En slik forstøving av utlekkende væske øker mulig helserisiko gjennom at:

- All væske som lekker ut går direkte over til atmosfærisk forurensning.
- Det dannes aerosoler som vurderes å innebære større helserisiko en tilsvarende konsentrasjon av væsken i dampfase.

Den helsemessige forskjellen mellom aerosol og damp kommer til uttrykk i Adm. normer for forurensning i arbeidsatmosfære (Arb.til. best.nr. 361), hvor det angis at oljetåke (mineralolje-partikler) ikke skal foreligge i høyere konsentrasjon enn 1 mg/m^3 mens tilsvarende grense for oljedamp er 50 mg/m^3 (gjennomsnitt over en 8 timers arbeidsdag). Både hydraulikk- og turbinoljer må i utgangspunktet bli å betrakte på samme måte som mineraloljer.

Om det er lekkasjer eller prosesser som genererer oljetåke (direkte forstøving av væske), vil dette innebære en betydelig større helserisiko enn avdamping fra flekker/søl på maskineri og gulv. Slik overflatekontaminering kan lett identifiseres og fjernes i motsetning til det som direkte fordeles som partikler i arbeidsatmosfæren. Det vil være små og store væskelekkasjer fra koblinger etc. som kan fjernes ved oppsuging med f.eks. porøst papir. Aerosoler vil som regel bare påvises gjennom målinger og fjernes ved filtrering av luften eller ved å ha tilstrekkelig fortynningsventilasjon.

Hvor hurtig væskelekkasjer på gulv eller maskindeler fordampes og forurenser arbeidsatmosfæren er helt avhengig av kokepunktet til væsken og materialets temperatur. Høytkokende oljer har et meget lavt damptrykk ved vanlig romtemperatur. Avdampingen under slike temperaturer skjer følgelig meget langsomt og forurensningsnivået blir lavt. Søl av turbinolje som ligger på et gulv med romtemperatur vil ha en fordampingshastighet som knapt er målbar.

Væskeaerosoler kan også dannes gjennom kondensasjon fra dampfase. Dette krever imidlertid at det dannes en mettet dampfase. Ut fra innhentede informasjoner om normale driftstemperaturer synes det lite aktuelt at aerosoler dannes på denne måten. De aller fleste hydraulikk- og turbinvæsker har høyt kokepunkt og normale driftstemperaturer er så vidt lave at metning vanskelig inntreffer.

Forbruket av væske i en prosess kan være en god indikator på mulig forurensning av arbeidsatmosfæren. Forutsetningen for å benytte et slikt tap som en risikoindikator er at lekkasjen eller tapet skjer i et definert rom/område. En annen forutsetning for et rimelig holdbart estimat er at lokalet har noenlunde stabile ventilasjonsforhold.

4.2 HYDRAULIKKSYSTEMER

4.2.1 Lekkasjer under normal drift

De fleste hydraulikkanlegg er desentraliserte enheter med til dels lange rørføringer. Lekkasjer vil naturlig nok forekomme både i pumpesystemer og ledningsnett. Rom for hydraulikkpumper og tanker vil være de viktigste områder for slike lekkasjer med henblikk på forurensning av arbeidsatmosfæren. Hydraulikkoljer er hovedsakelig basert på mineraloljer. Enkelte av disse har en kokepunktsfordeling som indikerer risiko for avdamping under vanlige driftsforhold. Aerosoldannelse gjennom direkte forstøving fra små lekkasjer ("minijets") er rapportert å forekomme.

Kraner er hydraulikkdrevet utstyr hvor det er erfart oljelekkasjer som har medført tilsøling av klær og hud. Det rapporteres at slikt søl kunne medføre olje på kjeldressen fra knærne og ned, i tillegg til olje på håndledd og hender. Akutte lekkasjer fra koblinger har medført tåkelegging av operatørkabinen/maskinhuset. Dette gir massiv eksponering både når det gjelder inhalasjon og hudkontakt. Eksponeringstiden er imidlertid kort. Ved slike uhell i dag tar det bare noen minutter før vedkommende er i dusjen.

Enkelte har utviklet en form for overfølsomhet overfor oljer, hudkontakt gir for eksempel rød hud og irritasjoner. Dette synes å være en reaksjon overfor olje generelt og er ikke knyttet til oljens mulige innhold av organofosfater.

4.2.2 Utslipp under vedlikehold, reparasjoner, åpning og lufting

Planlagt vedlikehold og reparasjoner vil normalt foregå ved omgivelsestemperatur. Avdampingen vil være beskjedent under slike forhold. Opphold inne i tanker, noe som forekommer i forbindelse med rengjøring, er situasjoner med mulig høy eksponering av mineralolje. Ut fra aktuelle personellgruppers beretning ble slikt arbeid inntil for få år siden, utført uten bruk av spesiell bekledning. Nå anvendes tette overtrekksplagg som hindrer oljen i å forurense klær og hud.

Mulig innhold av organofosfater i aktuelle oljetyper vil i liten grad forurense luften under slike operasjoner. Damptrykket vil være minimalt all den tid arbeidet utføres ved omgivelsestemperatur.

4.2.3 Utslipp under fylling eller tømning av væske

Tømning og fylling av oljer vurderes å bidra minimalt til atmosfærisk forurensning. Lav temperatur og bruk av pumper gir liten eksponert overflate til omgivelsene. Det er heller ikke trykksatte systemer som gir aerosoler. Et sjeldent unntak kan være rør som ikke er trykkavlastet før tømning starter. Dette vil imidlertid bare gi en kortvarig ”utblåsing”.

4.3 TURBINER

4.3.1 Lekkasje under normal drift

Det årlige forbruket av turbinvæsker i Statoil som er angitt til ca. 220000 liter (2002/2003), indikerer i utgangspunktet et betydelig potensiale for eksponering, forutsatt at denne mengden forurenser arbeidsatmosfæren i rom/arealer hvor det oppholder seg folk. Dette forbruket vil imidlertid følge ulike veier ut av systemene. Uten at disse er kjent i detalj vil derfor ikke et tall for totalforbruket kunne uttrykke noen eksponeringsrisiko. Det angitte volum er heller ikke målt forbruk, men et ikke helt korrekt tall for innkjøpte mengder. Driftssituasjonen, for eksempel gjennom avbrudd og planlagte overhaling, påvirker i stor grad forbruket.

Et normalt forbruk pr. turbin angis å være ca. 0,1 liter/time, dvs. 7-800 liter/år (ref. detaljanalyse fra Gullfaks som viser 0,12 og 0,13 l/time). Forbruket kan imidlertid nå opp i 1 liter/time, hvilket innebærer 7-8000 liter/år. Et så høyt forbruk er en klar indikasjon på at overhaling av turbinen er påkrevet. Forbruk på dette nivået er ikke registrert i dette materialet.

Væsketap som oppstår gjennom lekkasje og fordamping inne i turbinen, vil i stor grad oppfanges av egne ventilasjonskanaler/vifter, som ledes ut av turbinhooden. Selve turbinhoodene har i tillegg en meget høy luftgjennomstrømning. Mulige lekkasjer går også direkte ut i eksosen.

Det er ikke kjent hvor stor del av det totale oljeforbruket som ender opp som forurensninger i arbeidsatmosfæren. For å sikre bedre estimering av eksponeringen bør dette tallfestes gjennom beregning eller måling, hvis mulig. Det er heller ikke kjent i hvilken grad slike utslipp til arbeidsatmosfæren foreligger som damp, oljetåke eller begge deler. Det store luftskiftet gjennom turbinhooden under drift synes å gi god sikkerhet for at konsentrasjonen av både damp og oljetåke i hooden holdes på et lavt nivå.

Oljen som lekker ut vil ha ulik temperatur avhengig av hvor lekkasjen oppstår. Normalt vil ytre lekkasjer ikke ha temperatur særlig over 100 °C. Hva som skjer med den primære lekkasjen vil også variere. Begrensede drypp ned på gulv/underliggende konstruksjoner med lav temperatur vil bidra lite til forurensning av atmosfæren. Kommer imidlertid væsken i kontakt med overflater med høy temperatur vil det inntreffe:

- Fordamping
- Mulig termisk dekomponering

Termisk dekomponering av baseolje og additiver som organofosfater, vil inntreffe først etter at temperaturen har passert væskenes kokepunkt. Det vil si at temperaturen normalt må være rundt 400 - 500 °C eller høyere før dette inntreffer. Termisk dekomponering resulterer primært i mindre og mer lettflyktige molekyler. Som tidligere omtalt vil oppvarmingen medføre brytning av bindinger ved fosfatgruppen, noe som primært gir fosforsyre og alkoholer. Alkoholene kan oksideres videre til syrer.

Det er i laboratorieforsøk vist at nevrotoksiske forbindelser som trimetylolpropanfosfat (TMPP) kan dannes ved oppvarming av oljer basert på estere av trimetylolpropan tilsatt TCP (arylfosfater?). Rapporter fra disse forsøkene viser at temperaturen må være langt over vanlig driftstemperatur, 250 til 350 °C i gassfasereaksjoner. Enkeltforsøk med vanlig brukte oljer har ikke vist dannelse av TMPP.

Hvis slike forbindelser dannes, og de skal påvirke luftkvaliteten, må det skje på utsiden av turbinen ved at lekkasjer kommer i kontakt med høytemperaturområder. Det meste av ytre lekkasjer under normal drift vil havne på gulvet. Det kan imidlertid ikke utelukkes at små mengder olje fra utvendige lekkasjer kan nå dekomponeringstemperatur.

4.3.2 Utslipp under vedlikehold, reparasjoner, åpning og lufting

Dette er arbeidsoperasjoner som i det alt vesentlige foregår når turbinene er avslått og temperaturen er lav. Ut fra de benyttede væskers høye kokepunkt innebærer dette at avdamping til atmosfæren vil være minimal. Lav temperatur vil også være en sikkerhet for at termisk dekomponering ikke vil finne sted. Det vil heller ikke oksidative og katalytiske prosesser.

Reparasjonsarbeid innebærer nær kontakt med turbinen. Tilsøling av klær og hud vil derfor forekomme. Omfanget av slik tilsøling er bestemt av 3 forhold:

- Tidsrommet arbeidet strekker seg over.
- Tilgjengeligheten til arbeidsstedene, dvs. hvor mye rom som er til disposisjon rundt turbinen slik at arbeidet kan gjøres effektivt og ergonomisk riktig.
- Personlige arbeidsvaner og riktig bruk av verneutstyr.

4.3.3 Utslipp under fylling eller tømning av væske

Påfylling av væske skjer normalt ved hjelp av pumper. Risikoen for å forurense arbeidsatmosfæren er minimal. Klær kan tilsøles men slik tilsøling vurderes å være minimal.

Tømning av væske kan by på større problemer. Lekkasjer, drypping, håndtering av oljetilsølte deler kan gi på hud og klær.

5 EKSPONERING OG HELSERISIKO

Risikoen for at det kan oppstå helseskader på grunn av eksponering for kjemikalier på en arbeidsplass, avhenger av flere forhold. Forurensningskilden vil imidlertid alltid være en sentral parameter. En forurensningskildes potensiale til å forårsake helseskader kan sterkt forenklet vurderes ut fra to forhold:

- Kildens *iboende egenskaper* som produktets eller kjemikaliens toksisitet, tilstandsform, damptrykk/kokepunkt etc.
- Kildens *faktiske emisjonspotensiale* som blant annet bestemmes av mengde, overflateareal, brukstemperatur, trykk, kjemiske reaksjoner under bruk etc.

Sentralt står det enkelte kjemikaliets toksisitet, det vil si hvilke typer helseskader dette har mulighet til å forårsake. Hvor alvorlig skaden kan bli, vil som regel være avhengige av dosen, det vil si hvor mye som er opptatt i kroppen. Stoffets evne til og muligheter for å komme inn i kroppen er følgelig helt avgjørende.

5.1 INNÅNDING

I de fleste situasjoner vil inhalasjon av damp eller aerosoler være den viktigste opptaksmekanismen. Gass/damp vil alltid være inhalerbar, men aerosoler må være så små at de er respirable. Den dosen som opptas gjennom innånding bestemmes i hovedsak av:

- Konsentrasjonen av den eller de aktuelle forurensninger
- Eksponeringens varighet.
- Arbeidsbelastningen/pustefrekvensen

Forurensing av arbeidsatmosfæren med rene organofosfater eller oljeprodukter som inneholder organofosfater, kan foreligge som en blanding av aerosol og damp. Hvilken fase som er dominerende vil avhenge bl. annet av driftsbetingelser som temperatur, trykk, volumstrøm etc., og av væskenes kokepunkt eller damptrykk.

5.2 HUDOPPTAK

Opptak gjennom huden kan spille en betydelig rolle så fremt 3 forutsetninger er oppfylt:

- Arbeidsoppgavene må føre til direkte hudkontakt med kjemikaliene
- Kjemikaliet må ha evne til å penetrere hudbarrieren.
- Hudkontakten må ha en viss varighet

Hudopptak er bare aktuelt i forbindelse med direkte søl på hud og klær. Direkte hudopptak på grunn av opphold i en arbeidsatmosfære med dampformige forurensninger vil normalt ikke være en aktuell problemstilling.

I tillegg til risiko for opptak i kroppen vil vedvarende eller gjentatt hudkontakt etter hvert kunne føre til hudlidelser som eksem og allergireaksjoner.

Hudopptak kan skille seg betydelig fra innånding med hensyn til sammenhengen mellom eksponeringstid og opptatt dose. En kortvarig arbeidsoperasjon som medfører søl på klær/hud vil

kunne gi eksponering resten av arbeidsskiftet så fremt ikke klær skiftes og hud vaskes. Varigheten av arbeidsoperasjonen kan derfor ikke vurderes på samme måte som ved inhalasjonseksponering.

Hvordan stoffet oppfører seg i kroppen er også viktig, skilles det hurtig ut eller vil det kunne akkumuleres.

5.3 EKSPONERINGSTID

Eksponeringstiden vil i de aller fleste situasjoner være sentral når det gjelder å utvikle arbeidsrelatert sykdom/helseskade som ikke er av akutt karakter. I offshoresammenheng benyttes arbeidsrutiner som avviker fra landbasert virksomhet. 12 timers skift og 12 timers fri over 14 dager med påfølgende 3 til 4 ukers friperiode er vanlig i dag. Tidligere var friperiodene kortere, ofte bare 14 dager. Oppholdet på arbeidsstedet kunne også være lengre enn de normale 14 dager. Bruken av overtid var utbredt, 16 timers arbeidsdag var ikke uvanlig.

Det generelle bildet som beskrives gjennom befaringskartlegging, intervju og spørreskjema er at kontakten med oljer er langt fra vedvarende over et arbeidsskift. Stort sett dreier det seg om kortvarlig kontakt med olje ved romtemperatur. Arbeidstiden som omfatter direkte kontakt med oljer er detaljert kartlagt for enkelte installasjoner og arbeidsoperasjoner. Resultatene er presentert i rapportens del III, "Hudeksponering ved arbeid med turbiner".

5.3.1 Hydraulikksystemer

Hydraulikkrom med pumper, filter, eventuelle tanker etc., vil i liten grad være åsted for vedvarende arbeid. Rutinemessig service, vedlikehold og renhold er de vanligste arbeidsoppgaver. Større overhaling, blant annet rengjøring av tanker er de situasjoner hvor det er størst eksponeringsrisiko, særlig gjennom hudkontakt. I dag benyttes verneutstyr for å dekke kroppen best mulig, tidligere var dette ikke tilfelle noe som resulterte i omfattende hudeksponering under slike arbeidsoppgaver. Eksponeringstiden er som regel kortvarig men forlenges hvis tilsølte klær ikke skiftes.

Serviceselskaper står ofte for tyngre vedlikehold. Det innebærer at enkelte ansatte til tider kan være beskjeftiget med dette i en betydelig del av et arbeidsår. For å kartlegge dette arbeidet ble det utviklet et enkelt spørreskjema som ble distribuert til flere serviceselskaper (se spørreskjema i vedlegg). Responsen på dette initiativet var imidlertid meget dårlig. Kun en håndfull utfylte skjema kom i retur. Dette til tross for stor interesse fra helse og sikkerhetsansvarlige i bedriftene. Det er usikkert hvorfor interessen var så liten, men det er nærliggende å tro at eksponering for oljer i denne forbindelsen ikke blir oppfattet som et arbeidsmiljøproblem.

En annen hovedgruppe av personer som arbeider med hydraulikk er de som kjører kraner, heiser eller opererer annet hydraulikkdrevet utstyr. Enkelte av disse rapporterer at det kan forekomme oljelukt inne i operatørkabiner. Lekkasje knyttet til kranhydraulikk forekommer fra tid til annen. Eksponeringsrisikoen er anhengig av hvor i systemet lekkasjene oppstår. Akutte rør- eller slangebrudd inne i kabiner gir kortvarig og høygradig eksponering både via hud og innånding. I følge operatører vil det i dag bare gå noen minutter før de dusjer og skifter klær i forbindelse med slike episoder.

Når det gjelder rør og koblinger i friluft uten nærliggende fast arbeidsplass vil risikoen for eksponering være liten. Eksponeringstiden kan være lang men oljekonsentrasjonen i lufta er meget lav og direkte hudkontakt er for de fleste sporadisk.

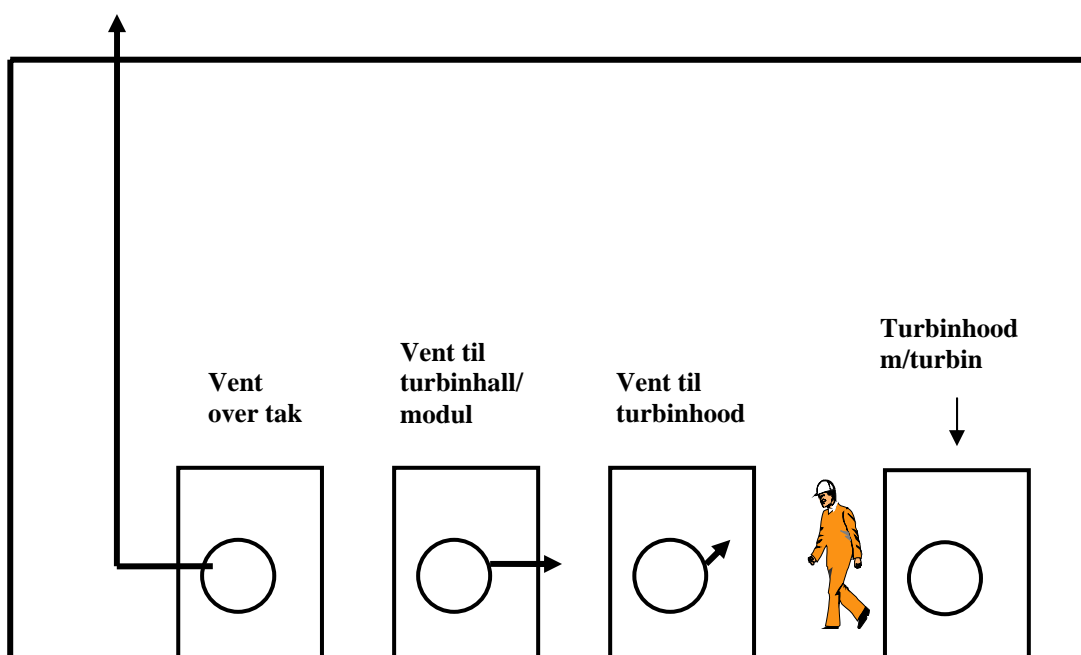
5.3.2 Turbiner

Både turbiner og driften av disse har stort sett vært de samme siden turbinene først ble tatt i bruk på norsk sokkel. Turbinvæskene er til en viss grad også de samme. Kravspesifikasjonene til væskenes ytelse er i hovedsak de samme. De endringer som er foretatt synes å være knyttet til additivene. Det er ut fra de opplysninger som er innhentet ikke grunn til å anta vesentlige endringer i toksisiteten på grunn av den kjemiske sammensetningen. Følgelig kan det synes som om forskjellige arbeidsoppgaver, rutiner og tidsforbruk, kan være de faktorene som har endret seg over tid.

Oppholdstiden inne i hoodene er i dag meget begrenset. Under drift er det bare meget kortvarige kontrolloppdrag som tillates. Praksis er at det skal være 20 minutters ventetid etter stopp av turbin før det er tillatt å entre hooden.

Det er ingen driftsparametre som indikerer at oppholdstiden inne i hoodene var vesentlig lengre tidligere. Driftssikkerheten til turbinene var og er høy og både støynivået og varmen er slik at det ikke innbyr til lengre opphold enn strengt tatt nødvendig. Med mindre helt spesielle forhold eksisterte må det antas at denne oppholdstiden var av samme varighet for 25 år. Den største forskjellen kan være at økt fokus på hudkontakten har medført at denne er lavere i dag.

Utslipp av aerosoler fra avluftingsstussen på turbinoljetankene og fra turbinsummer kan være merkbar også i dag, både visuelt og som lukt. Vanlig praksis er at slik avlufting går til fri luft og vanligvis til et område der det i liten grad ferdes mennesker. Tidligere ble denne avluftingen på enkelte plattformer sluppet ut inne i hallene der turbinhooden(e) var plassert. Det finnes produksjonsplattformer med lukkede haller hvor 7 til 8 slike turbinhooder er plassert. Under slike forhold må det anses som sannsynlig at arbeidsatmosfæren kunne ha vært forurensset av oljetåke og at eksponeringen var større enn i dag.



Figur 10: Eksempler på hvordan utslipp fra turbiner kan spres eller ledes bort fra kilden.

5.4 EKSPONERTE GRUPPER

Ulike grupper arbeidstakere har blitt eksponert for hydraulikk- og turbinoljer gjennom de siste 30 år. Hvor mange kan det være vanskelig å skaffe oversikt over. Det kan muligens være naturlig å gruppere disse ut fra både offisiell jobb-beskrivelse og rapporterte arbeidsoppgaver. Aktuelle operatørgrupper kan være:

1 Drifts/vedlikeholdspersonell av hydraulikk- og turbinsystemer.

Denne gruppen kan eksponeres i ulik grad og til ulike tider avhengig av behovet for reparasjoner og vedlikehold. Akutte problemer kan føre til innsatsbehov hvor normale krav til vernetiltak ikke blir fulgt fullt ut.

2 Montører og servicepersonell fra eksterne firma.

Disse kan i perioder ha vedvarende eksponering for hydraulikk- eller turbinoljer. De reiser fra installasjon til installasjon og arbeider bare med slike systemer. Planlagt service vil normalt foregå på anlegg som er ute av drift eller blir stoppet for vedlikehold. Temperatur og trykk er lave og forurensningspotensialet redusert. Hasteoppdrag kan innebære større risiko for eksponering. Enkelte arbeidsoppgaver gir betydelig kontaminering av klær og hud.

Kontakt med slike firma har ikke avdekket tilfeller med helseskader av nevrotoksisk karakter. Også innen dette feltet er det stor forskjell på arbeidsoppgaver, fra teknologiekspert til rengjøringsarbeidere. I hvilken grad eventuelle helseskader er registrert kan derfor avhenge av personellskifte og registreringsrutiner.

3 Instrumentering /regulering

Personell som arbeider med denne type oppgave kan ha omfattende opphold i soner/områder med risiko for eksponering. Arbeid som ikke direkte går på hydraulikk-/turbinsystemene kan foregå mens disse er i full drift.

4 Elektromontører

Kan ha omfattende opphold i soner/områder med risiko for eksponering.

5 Tilfeldig involverte

I forbindelse med kjemikaliesøl, uhell, spesielle oppgaver kan det være behov for ekstrahjelp. Det er vanskelig å vurdere reell eksponering for denne personellgruppen. Mest sannsynlig vil akkumulert dose være liten.

Tabellen nedenfor som er satt opp som et resultat av kartlegginger knyttet til undersøkelsen av hudeksponering (delrapport III), angir 8 ulike yrkeskategorier. Samtidig angis antall personer som er intervjuet. Dette er ikke et eksakt uttrykk for antall ansatt i de ulike kategorier, men gir en indikasjon på hvilke grupper som er mest i kontakt med oljer. Som det fremgår representerer utvalget i gjennomsnitt en lang arbeidsperiode offshore.

Tabell 4: Oversikt over yrkesgrupper som er intervjuet og hvor lenge de har arbeidet offshore.

Yrke	Aritmetisk gjennomsnitt (år offshore)	SD	Median (år offshore)	Min-max (år offshore)	Antall personer i gruppa
Turbinmekaniker	17,0	9,8	20	4-30	11
Mekaniker	11,7	7,8	11,5	1-25	17
Prosesstekniker	12,7	7,7	16,0	1-21	18
Instrumenttekniker	16,3	6,5	16	10-23	3
Kranfører	17,5	9,1	18	0,5-30	13
Mekaniker-boring	16,8	9,5	18,5	5-25	6
Kranmekaniker	17				1
Elektriker	16	1,4	16	15-17	2

5.5 TIDLIGERE EKSPONERING

Erfaringer fra 70-tallet og tidlig 80-tall tyder på at bevisstheten rundt det å forebygge eksponering for kjemikalier, både gjennom inhalasjon og ved hudkontakt, var forskjellig utviklet blant aktørene innen offshorenæringen. Dette er registrert både gjennom målinger av forurensningsnivå, beretninger fra involverte parter og også gjennom observasjoner av hvordan arbeidet ble utført. Eksponeringsmålinger gjennomført på offshoreinstallasjoner i den nevnte perioden har i hovedsak vært knyttet til boreslam og håndtering av slam, på boredekk, i mudpit og shaleshaker. Spesifikke målinger med hensyn på eksponering for hydraulikk- og turbinvæsker er utført i meget begrenset omfang, om i det hele tatt. Grunnen til dette er sannsynligvis at boring på godt og vondt var en langt mer høyprofilert arbeidsoppgave enn vedlikehold av hydraulikkanlegg og turbiner. Forurensningene var også langt mer synlige.

Bildet som tegner seg av eksponeringssituasjonen 20-30 år tilbake i tid, antyder mulighet for lengre sammenhengende eksponeringsperioder i enkelte situasjoner. Dokumentasjon på eksponeringsnivået foreligger ikke, men vedvarende opphold i kontaminerte områder/moduler kan ha gitt større eksponering enn hva som er tilfelle i dag.

Driften av turbiner og eksponering fra denne synes i prinsippet ikke å skille seg nevneverdig ut fra situasjonen i dag. Hydraulikksystemer kan ha vært en større kilde til eksponering. Det som synes å være den største forskjellen er at det i dag er vesentlig bedre rutiner for å hindre søl på klær og hud. Oljenes sammensetning er ikke kjent i detalj, men det er lite som tyder på at det har vært benyttet større mengder organofosfater. Bruken av TCP kan imidlertid ha vært mer omfattende for en del år siden. Fokuset på de negative helseeffektene har i noen grad medført overgang til andre typer organofosfater som ikke har det samme potensialet for nevrotoksiske helseskader.

Personer som har arbeidet offshore og som mener å ha fått helseskader pga eksponering for hydraulikk- og turbinoljer, beskriver lange dager med hyppig eksponering og klær tilsølt med olje. Det berettes om tidvis svært forurenset atmosfære, men det er sparsomt med faktaopplysninger om varighet og konsentrasjon. Det mest konkrete er opplysninger om arbeid i oljevåte klær. Dette synes å ha vært utbredt, det ble oppfattet som lite hensiktsmessig å skifte da de likevel ville bli tilsølt på nytt. Den mest omfattende tilsølingen med olje skjedde i forbindelse med boring.

Kontakt med hydraulikk- og turbinolje har sannsynligvis omfattet færre personer og over kortere tidsperioder.

Oppholdstiden inne i turbinhoodene var neppe vesentlig lengre tidligere. Driftssikkerheten var og er høy og støynivået og varmen innbyr ikke til lengre opphold enn strengt tatt nødvendig. Med mindre helt spesielle forhold eksisterte må det antas at den var av tilsvarende varighet for 25 år siden som i dag. Den store forskjellen kan være at hudkontakten synes å være lavere i dag.

Bruken av store haller med mange turbinhooder og utlufting fra hood til hallatmosfære kan imidlertid ha betydd opphold i betydelig forurensede områder (se skisserte situasjoner i figur 10). Det opplyses at luftstusser som i dag går over tak, tidligere kunne gå fra turbinen og ut i den store hallen. I dag kan det til tider observeres røyk fra slike ventilasjonsstusser som går over tak, lukt kan også til tider registreres uten at dette sier noe om en mulig helserisiko. Gitt at denne type ventilasjon tidligere gikk til indre rom hvor operatører oppholdt seg store deler av skiftet, kan eksponeringen ha vært betydelig over dagens situasjon slik den fremstår med de valgte installasjoner.

En importert lederstil som manglet tradisjoner knyttet til forebygging, førte til at klær gjennomtrukket av olje var å betrakte mer som et uttrykk for gode holdninger til arbeidet enn som en risiko for helseskade. Disse holdningene ble endret etter hvert som norske selskaper og norske arbeidsmiljøtradisjoner fikk innpass ut over 80-tallet.

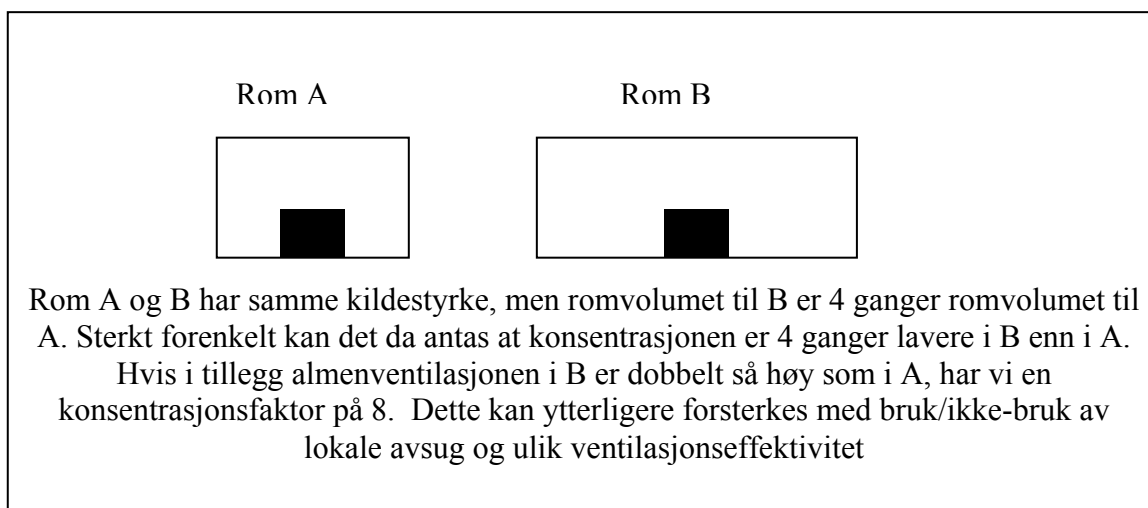
Mange av de som ble rekruttert til offshorearbeid var tidligere sjøfolk. En del av disse hadde også en negativ historisk ballast når det gjaldt holdninger til sikkerhet og håndtering av helseskadelige kjemikalier. Det er også liten tvil om at enkelte av disse i betydelig grad var eksponert for helseskadelige kjemikalier før de begynte å arbeide innen oljesektoren. Helseplager som oppsto kunne følgelig ha en forhistorie fra tidligere arbeidsplasser.

I dag er situasjonen til dels snudd på hodet i forhold til 20-30 år tilbake. Enkelte firma utstyrrer de ansatte med lyse overtrekksdresser slik at det er lett å observere tilsølte klær.

6 ARBEIDSPLASSENS UTFORMING

6.1 ROMVOLUM

Graden av eksponering kan i påvirkes av arbeidsplassens utforming og størrelse. Forholdet mellom forurensningskildens størrelse/kildestyrke og romvolumet vil i stor grad kunne påvirke forurensningsnivået. På offshore installasjoner er plass en mangelvare, tett pakking av utstyr og prosesser har derfor vært en nødvendighet. Konsekvensene dette har for luftforurensning og eksponering kan synes å ha blitt tillagt for liten oppmerksomhet, særlig gjelder dette hvis en går 20 – 30 år tilbake i tid. Opphold i små og trange rom, som kanskje også var dårlig ventilerte, ga lett høy eksponering. Det synes å være betydelig forskjell i design av en del eldre plattformer og de som for eksempel har kommet til etter 1990. Statfjordplattformene hevdes å være eksempler på konstruksjoner med trange og små rom. Utviklingen synes klart å ha gått mot mer åpne og bedre ventilerte løsninger.



En negativ miljøfaktor kan lett forsterke andre. Et begrenset romvolum kan føre til økt lufttemperatur på grunn av varmeavgivelsen fra prosessutstyret. Temperaturøkningen fører igjen til økt forurensning gjennom økt avdamping. Når dette skal fordeles på et lite volum med dårlig eller manglende ventilasjon kan konsentrasjonen fort bli høy. Hvilken effekt omgivelsenes temperatur vil ha på avdamping vil også påvirkes av de aktuelle oljers kokepunkt. Syntetiske oljer vil ha et smalt og høyt kokepunktssområde. For mineraloljer er dette bredere med den følge at de lavest kokende forbindelsene lettere fordamper.

Åpne løsninger med naturlig ventilasjon vil gi en kraftig reduksjon av forurensningsnivået til operatørene som oppholder seg rundt prosessutstyret. Forskjellen på åpne og lukkede romløsninger kan være dramatisk hvis ventilasjonen ikke er tilfredstillende. I et lite lukket rom kan utslipp av 2-3 ml olje til arbeidsatmosfæren gi en høy konsentrasjon forutsatt at den fordamper umiddelbart, dvs temperaturen er meget høy. Tilsvarende mengde fordampet olje vil knapt være målbar i et åpent landskap.

6.2 VENTILASJON

Ventilasjon av rom med forurensende prosesser bør alltid bestå av to elementer, generell ventilasjon og punktventilasjon (lokale avsug). Den generell romventilasjonen vil ofte ikke være tilstrekkelig hvis det arbeides nært på en potent kilde. I slike tilfeller må ventilasjonen tilpasses forurensningskilden. Effektiv ventilasjon kan være vanskelig å oppnå hvis kilden er stor og har diffuse utslippspunkter.

Intern ventilerer fra smørevæskesummer i turbiner synes å være en meget effektiv måte å fjerne dampformige forurensninger på. Forurensningene fjernes i relativt konsentrert form med et lite ventilasjonsvolum. Motsatsen til dette er ventilasjonen av hooden som er så kraftig at behovet for punkt/kildeventilasjon opphører.

Eksempel – worst case situasjon med hydraulikkolje:

3 ml hydraulikkolje med en tetthet på 0,9 utgjør 2700 mg. I et rom på 40 m³ gir dette 67,5 mg/m³ hvis all oljen slippes ut samtidig og fordeles homogent i atmosfæren. Hvis utslippet skjer over 12 timer med et gitt luftskifte vil en teoretisk gjennomsnittskonsentrasjon bli $c = m/v$, hvor m er masse pr. tidsenhet og v er volumstrøm pr tidsenhet.

Med et utslipp på 3 ml over 12 timer og 2 luftskifter/time blir konsentrasjonen 2,8 mg/m³ forutsatt homogen fordeling i rommet. Dette er sjelden tilfelle, nær en punktkilde vil konsentrasjonen være betydelig høyere enn ute i rommet. Hvordan denne forurensningen blir å vurdere mht helserisiko er avhengig av fordelingen mellom oljetåke og damp. Hvis oljen lekker ut under lavt trykk vil det bli en væskefilm som langsomt fordampes, med mindre temperaturen på lekkasjepunktet er meget høy. Aerosoldannelse vil kreve høyt oljetrykk gjennom et meget lite lekkasjepunkt, nærmest en dyse.

Eksemplet indikerer at relativt små lekkasjer kan gi betydelig luftforurensning hvis både romvolum og ventilasjon er begrenset.

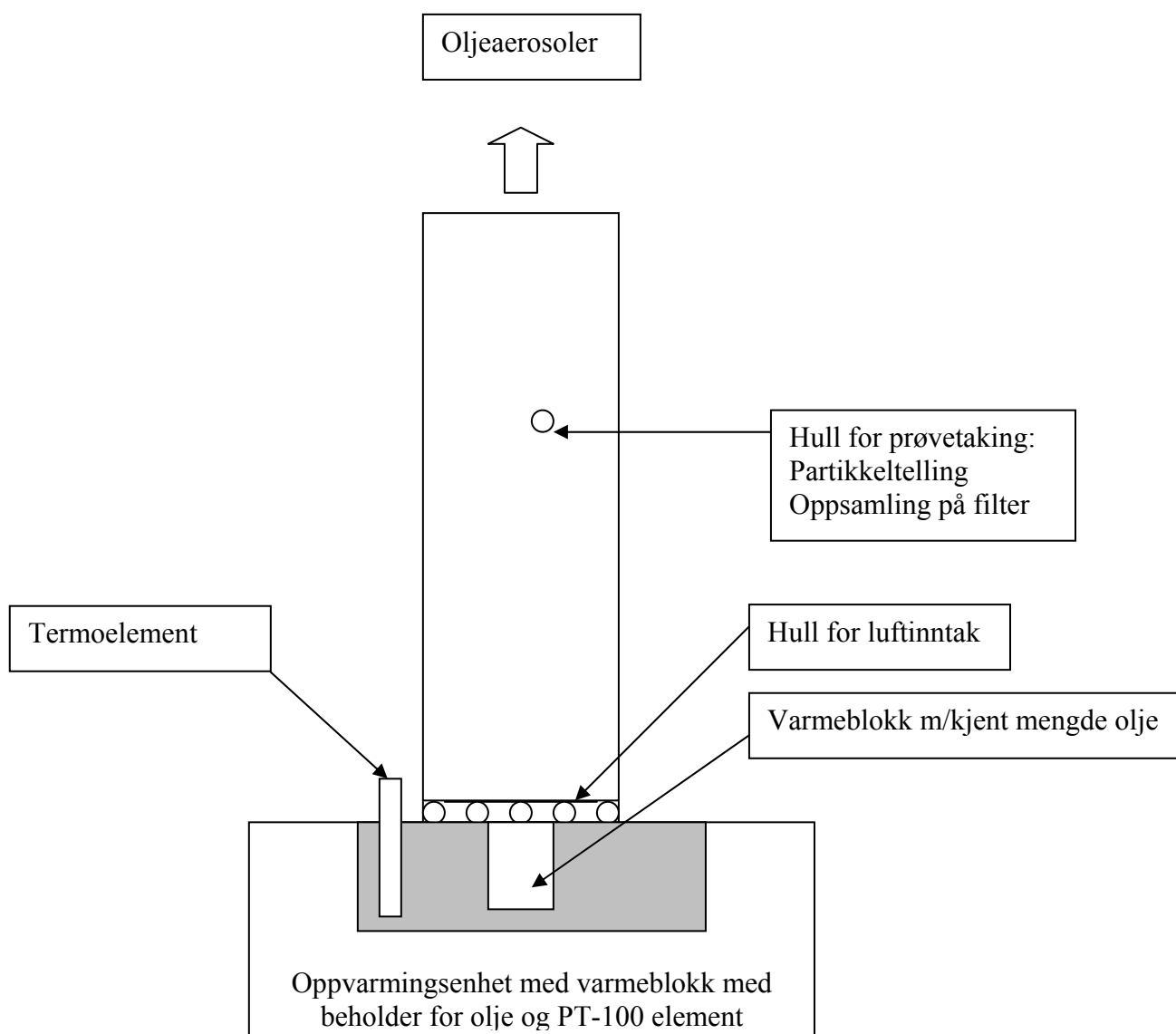
Opphold i hydraulikk- eller turbinrom i dag er normalt kortvarige. Fra Åsgard B rapporteres ca. ½ dag pr. tur til vedlikehold på oljesystemene. Dette er en betydelig endring i forhold til udokumenterte beretninger om tilnærmet kontinuerlig opphold i forurensede miljø 14 dager i strekk.

7 LABORATORIEFORSØK

7.1 AEROSOLGENERERING

7.1.1 Kondensasjon fra dampfase

I laboratoriet er det gjennomført forsøk med ulike hydraulikk- og turbinoljer for å avklare hvor høy temperatur som er nødvendig før det i den aktuelle apparaturen dannes registrerbare mengder aerosoler. Det er benyttet et oppsett som illustrert på figuren under.



Figur 11: Testoppsett for å studere aerosoldannelse gjennom kondensasjon fra dampfase

Forsøkene viste at dannelse av aerosoler ikke inntreffer før temperaturen er høyere enn 110 °C med de oljer som er undersøkt. Det er i denne sammenhengen ikke foretatt kvantitative analyser, dvs at fordampet mengde olje er sammenholdt med mengde aerosoler. Aerosolene er registrert ved å benytte en direktevisende TSI PTrac Condensation Nucleus Counter (CNC). Metoden gir antall

partikler pr volumenhet luft og er følgelig ikke egnet til å frembringe konsentrasjoner uttrykt som mg eller mikrogram pr m³.

7.1.2 Spraygenerering

Spraygenerering innebærer mekanisk generering av oljepartikler. I dette tilfellet er det foretatt en forstøving av hydraulikkoljer ved hjelp av en trykkluftdrevet sprøytepistol. Det er benyttet et trykk på 5-7 bar. Målingene i testkammeret viste gitt relativt små partikler. De fleste var mindre enn 2 µm i diameter. Dette bekrefter at forstøving, for eksempel gjennom lekkasjer fra hydraulikkoblinger og slanger, kan gi respirable partikler.

7.2 AVDAMPING FRA HYDRAULIKK- OG TURBINOLJER - LABORATORIEFORSØK

7.2.1 Innledende forsøk

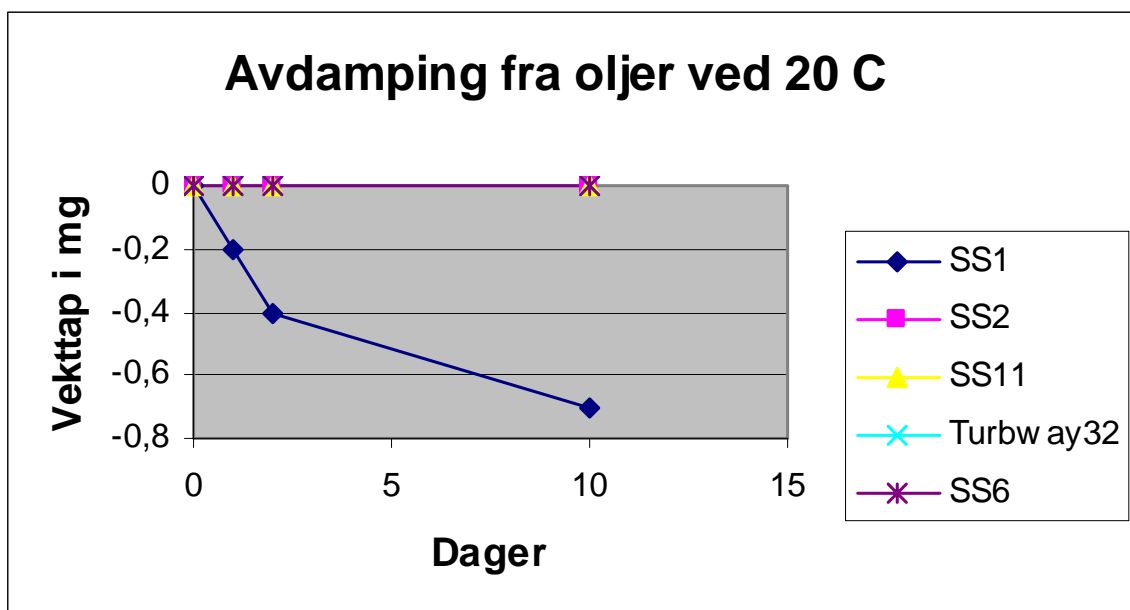
Ulike oljers potensiale for avdamping er undersøkt gjennom registrering av vekttap ved gitte temperaturer. Forsøkene er gjennomført ved temperaturer på 20, 60 og 100 °C. Det er ikke benyttet kontrollert luftstrømning over væskene. Vekttapet er bestemt gjennom gjentatt veiing av prøvene over en periode på 10 dager eller lengre. Alle prøver som er sammenlignet er utført med samme type beholder, samme overflateareal og tilnærmet samme mengde olje. Resultatene fra disse innledende forsøkene viser at de undersøkte oljene har minimal avdamping ved 20 og 60 °C. Det er først ved en temperatur på 100 °C at avdampingen blir av noen størrelse.

Ved 20 °C er avdampingen knapt målbar. Bare for en av oljene er det registrert en vektreduksjon. Dette kan muligens tilskrives andre forhold enn et rent fordampingstap. De øvrige oljene har ingen målbar vektendring. Se avdampingskurver for 20 °C.

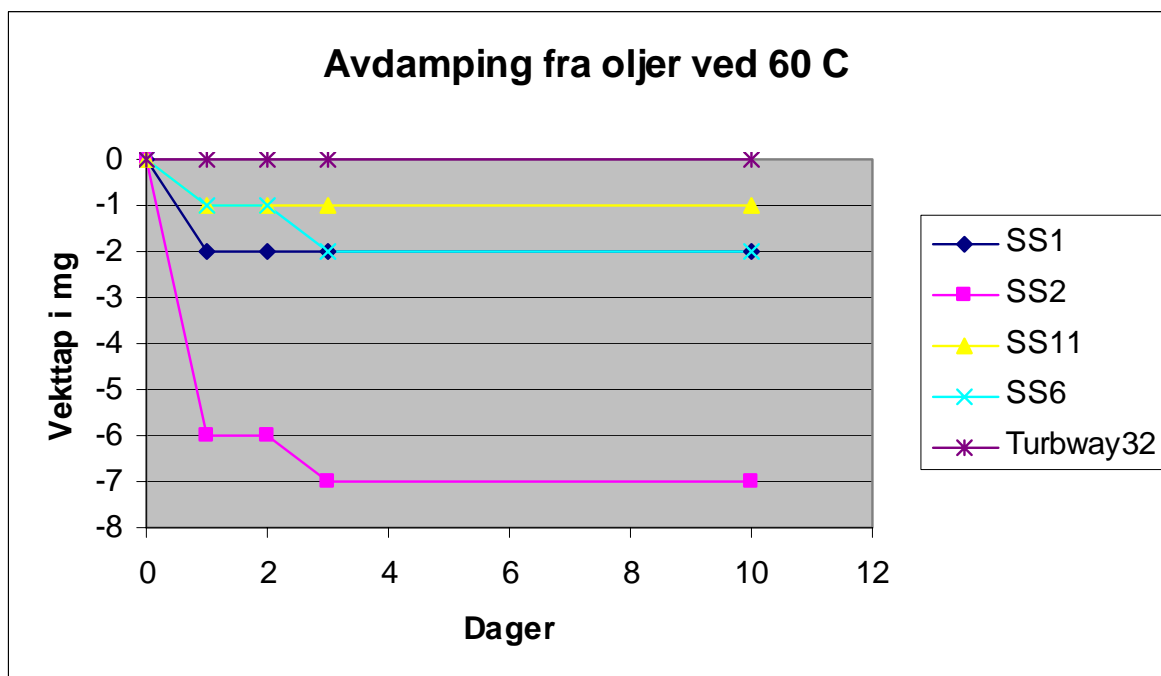
Ved 60 °C registreres en liten vektreduksjon innledningsvis, deretter forblir vekten konstant. Se avdampingskurver for 60 °C.

Også ved 100 °C kan det se ut til at vekttapet etter en viss tid stopper opp. Grunnen til dette er ikke entydig avklart. Den mest sannsynlige årsaken er et det er de mest lettflyktige komponentene i oljen som avdamper først. Restfraksjonen vil bestå av komponenter med stadig høyere kokepunkt, følgelig vil avdampingen gradvis avta.

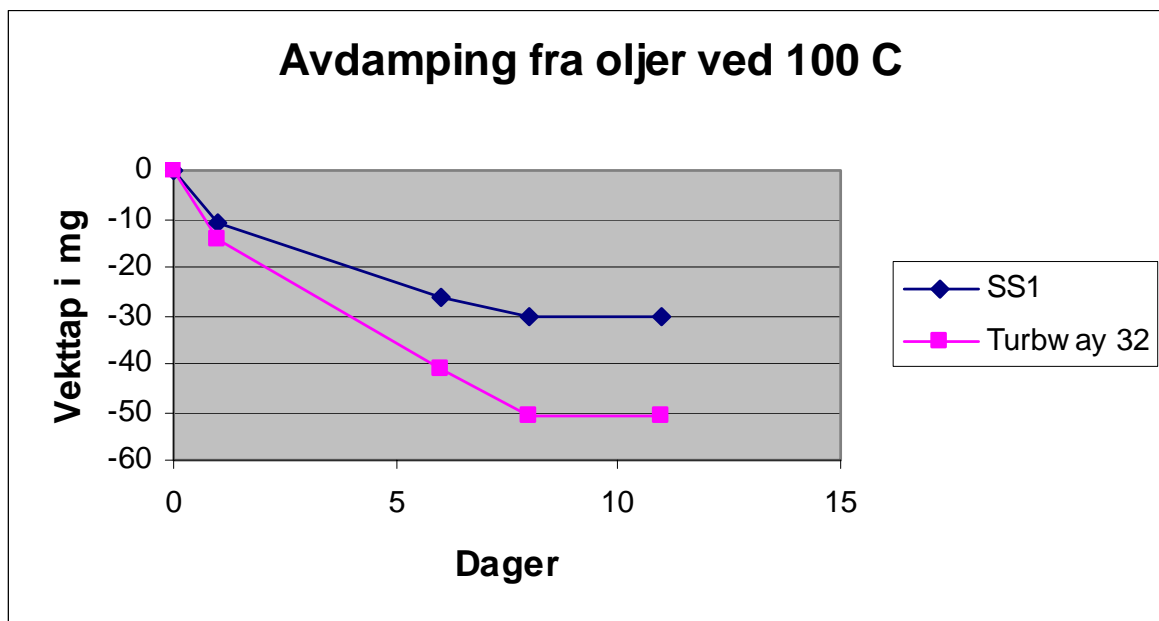
Oljene som er betegnet SS er av typen Shell Tellus S, 32, 46 og 68. De er betegnet som sinkfri anti-wear hydraulikkvæsker basert på mineraloljer. I tillegg er Turbway 32 undersøkt. Denne er også mineraloljebasert.



Figur 12: Avdamping fra oljer ved 20 °C



Figur 13: Avdamping fra oljer ved 60 °C



Figur 14: Avdamping fra oljer ved 100 °C

En vektreduksjon på 51 mg i løpet av 11 dager ved 100 °C (Turbway 32), gir et tap pr. time på $51/(11 \times 24) = 0,19$ mg. Overflatearealet til de avdampende oljeprøvene var $3,14 \text{ cm}^2$. En oljefilm med areal $0,5 \text{ m}^2$ ville følgelig gi en teoretisk avdamping på $(0,19/3,14) \times 5000 = 302$ mg/time ved en temperatur på 100 °C. Det aktuelle romvolum, ventilasjonsgraden og -effektiviteten vil bestemme konsentrasjonen. Vurdert som oljedamp med adm. norm på 50 mg/m^3 vil et relativt lite rom (20 m^3) med et luftskifte på 1 h^{-1} overholde normen. Ved søl på dørken vil aldri temperaturen opprettholdes på 100 °C, selv om den utlekkende oljen skulle holde så høy temperatur. Romtemperatur vil raskt inntreffe og derved reduseres avdampingshastigheten ned til henimot 1 % av hva den er ved 100 °C.

Ved en mer realistisk temperatur, 60 °C, er det for oljen som viser størst vekttap ved 100 °C, ikke påvist vekttap over en periode på 10 dager. Bidraget til luftforurensning vil selv i et reelt tilfelle være meget lite.

Henstand av de 5 oljeprøvene ved romtemperatur og 60 °C i 3 måneder ga ikke noe ytterligere vekttap.

De oljene som inngår i forsøket er som nevnt mineraloljer. Det vil si at de består av et stort antall ulike molekyler med forskjellig damptrykk. De mest lettflyktige vil ha vesentlig høyere damptrykk enn tilsatte OF additiver. Registrert avdamping består med stor sannsynlighet av de mest lettflyktige mineraloljekomponentene.

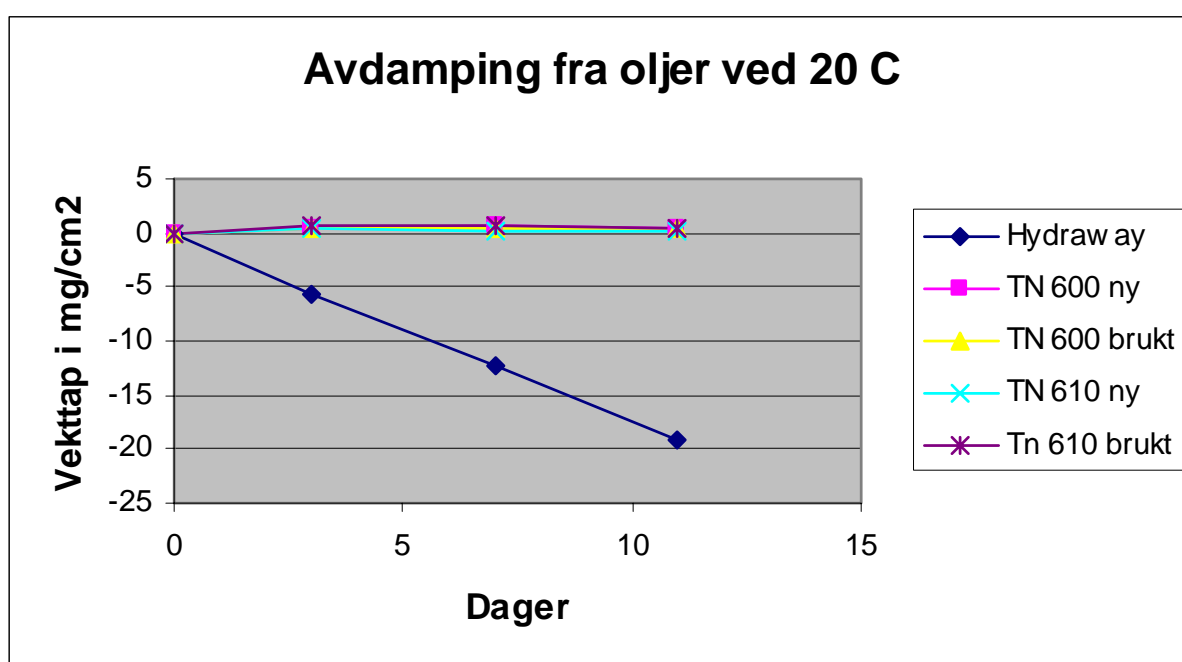
Syntetiske oljer som for eksempel fettsyreestere, består av et mindre antall ulike molekyler. Spredningen i kokepunkt og damptrykk blir vesentlig mindre. Rent praktisk innebærer dette at avdampingen fra denne type væsker normalt vil være lavere enn fra tilsvarende mineraloljer.

Det er vanskelig å beregne hvordan lekkasjer/søl av en olje med et gitt innhold av for eksempel o-tri-kresylfosfat (TOCP) vil påvirke behovet for ventilasjon. Både mengden TOCP i oljen, damptrykket og oljefilmens tykkelse vil bestemme mengden som avdampes. I forhold til de hydrokarboner som utgjør vanlige mineraloljer vil TOCP ha høyt kokepunkt (410°C) og lav

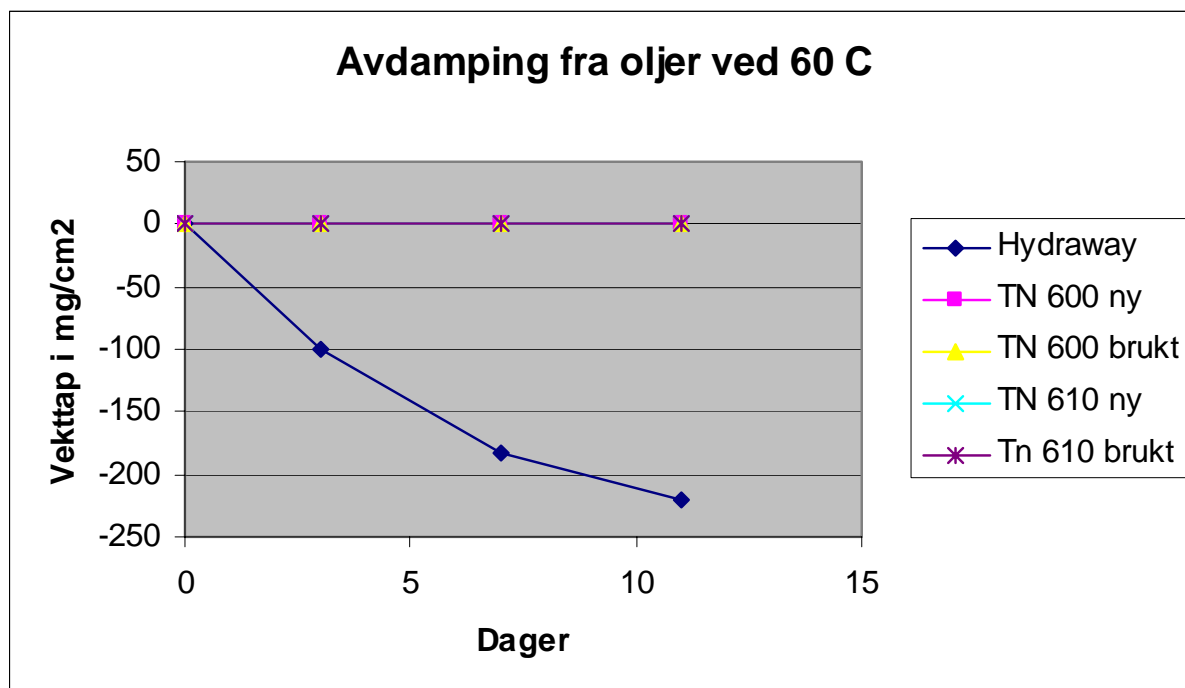
avdamping. Ved romtemperatur og vanlig tanktemperaturer vil det følgelig fordampingen av TOCP knapt være påvisbar.

7.2.2 Avdamping fra hydraulikk- og turbinoljer som benyttes offshore

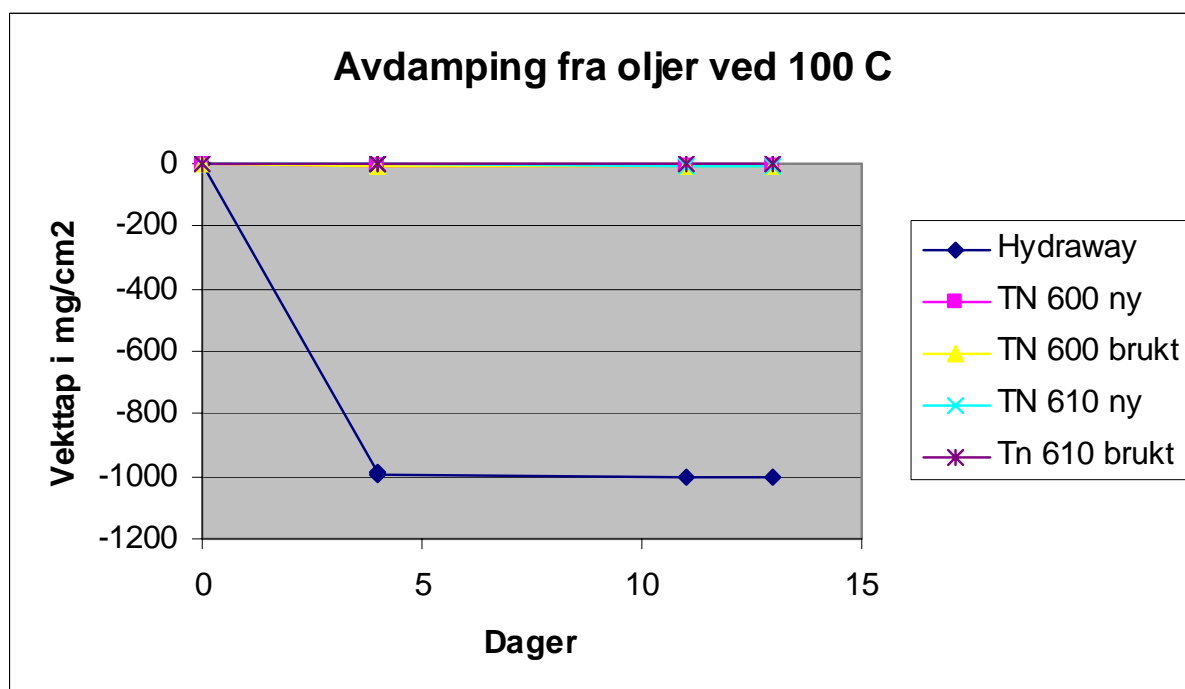
Tilsvarende forsøk som under avsnitt 7.2.1 er utført med hydraulikk- og turbinoljer som er aktuelle produkter på offshore installasjoner. Hydraulikkoljen, Hydraway HVXA 15LT angis å være noe utypisk da den er basert på en mineralolje med relativt lavt kokepunkt. Dette bekreftes av prøvene som viser at dette produktet har langt større avdamping enn de syntetiske turbinoljene som er Turbonycoil 600 og 610. De to sistnevnte er testet både i ny og brukt utgave. Resultatene fra disse forsøkene er omregnet til vekttap pr. cm^2 oljeoverflate.



Figur 15: Avdamping fra oljer som benyttes offshore - laboratorietest ved 20 °C



Figur 16: Avdamping fra oljer som benyttes offshore – laboratorietest ved 60 °C



Figur 17: Avdamping fra oljer som benyttes offshore – laboratorietest ved 100 °C

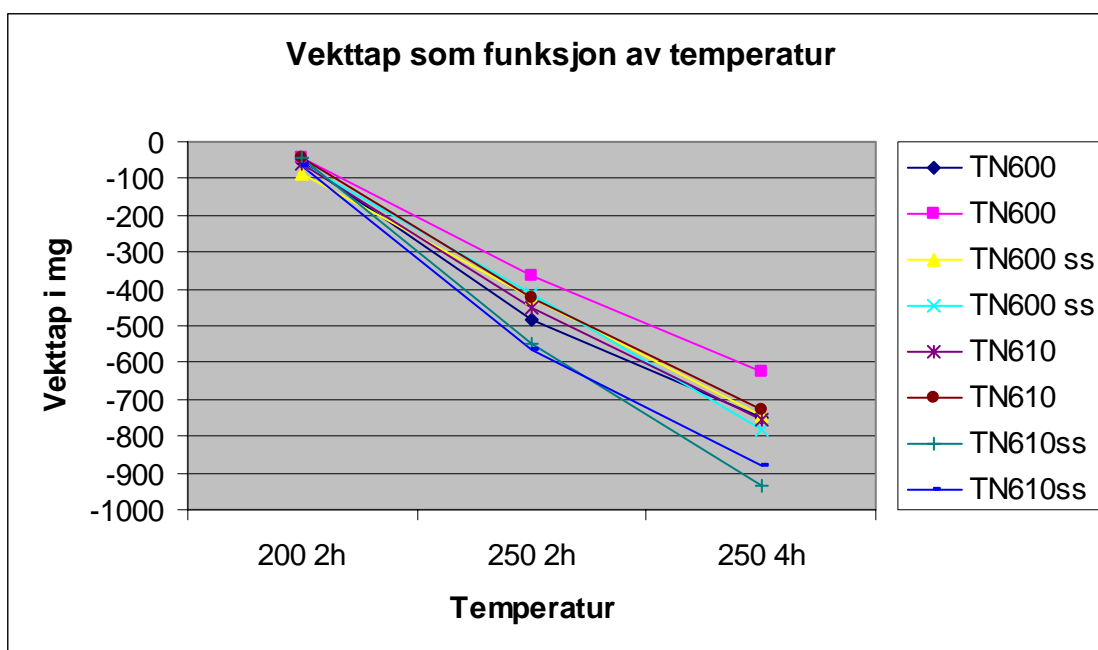
Kurvene som uttrykker vekttap i mg/cm^2 væskeflate, gir et klart bilde av at avdampingen fra turbinoljene er minimal, selv ved 100 °C.

Ved 20 og 60 °C viser alle resultatene med Turbonycoil en viss vektøkning. Denne økningen er så liten at den ikke fremgår tydelig av kurvene. Sannsynligvis kan dette forklares med at oljene tar opp fuktighet fra lufta. Økningen er meget liten men registreres i alle prøver. At fettsyreestere er mer hygroskopiske enn mineraloljer (Hydraway) er som forventet. Utover å dokumentere oljenes minimale avdamping understreker forsøket viktigheten av at oljene lagres i lufttette beholdere.

7.2.3 Avdamping ved høy temperatur

Avdampingen fra turbinoljene Turbonycoil 600 og 610 som funksjon av temperatur er studert ved oppvarming til 200 og 250 °C. Det vil si temperaturer betydelig over normalt høyeste oljetemperatur under drift. Både nye og brukte oljer er testet. Beholderne var som ved tidligere forsøk av glass.

I halvparten av prøvene ble det tilsatt rustfritt stål med betydelig overflate (ca. 15 cm²) i forhold til mengden olje. Dette for eventuelt å få en indikasjon på om tilsats av metaller som jern, nikkel og krom ved de aktuelle temperaturer kunne medføre en katalytisk nedbrytning av oljene. Innledende forsøk ga resultater som tydet på en større økning av vekttapet for brukt Turbonycoil 610 med tilsats av stål. Repetisjon av forsøket ga betydelig mindre forskjeller, se figuren nedenfor. Den mulige trenden tilskrives sannsynligvis tilfeldige feil som er knyttet til det valgte forsøksoppsettet.



Figur 18: Avdamping fra oljer som benyttes offshore – laboratorietest ved 200 og 250 °C

Mulige flyktige dampformige forbindelser som ble avspaltet under oppvarmingen ble oppsamlet på aktivt kull. Gasskromatisk analyse av prøvene indikert ikke tilstedeværelse av komponenter med kokepunkt under n-C₁₅. Dette indikerer at det ikke foregår noen avspalting av mer lettflyktige forbindelser opp til 250 °C.

Turbinoljene med additiver består av kjemikalier med høye kokepunkt. Oppvarmingen bekrefter dette da det klart fremgikk at det som avdampet umiddelbart kondenserte til partikler. Dette kunne ses visuelt og ble også bekreftet ved bruk av en direktevisende partikkelanalysator basert på lysspredning. Instrumentet registrerer partikler i området 0,3 til 10,0 µm. Omtrent 95 % av partiklene ble registrert i 0,3 µm gruppen. Nesten ingen hadde diameter større enn 5 µm.

Kondensasjons fra dampfase gir følgelig helt i samsvar med teorien submikron partikler, det vil si partikkelstørrelser som trenger helt med i alveolene.

7.2.4 Partikler i brukt olje

Resultater fra partikkeltelling i prøver av brukt hydraulikkolje viser at det finnes flest partikler med diameter 2 µm. Større eller lik 15 µm er det stort sett ikke partikler. Nivået varierer en del men alle prøver har mindre enn 30000 partikler/cm³.

Tabell 4: Resultater fra analyse av 10 brukte hydraulikkvæsker (fra Servi Motion)

Partikkelstørrelse (mikron)	Maks verdi (antall/ml):	Min. verdi (antall/ml):
2	26000	800
5	18000	12
15	744	4
25	32	1
50	0	0
100	0	0

Overflatearealet av de påviste partikler blir lite i forhold til omgivende stålflater i prosessutstyret. Liten flate som ikke har spesielt gode katalytiske egenskaper, lav driftstemperatur og stabile kjemiske forbindelser, innebærer at partikkelinnholdet har liten innvirkning på nedbrytning eller omdanning av organofosfatene.

7.3 ORGANOFOSFATER I AEROSOL OG DAMPFASE ETTER AVDAMPING - LABORATORIEFORSØK

I samarbeid med STAMIs organofosfatprosjekt, er det foretatt testing av den prøvetakingsmetodikken de utvikler for å kunne påvise og kvantifisere lave konsentrasjoner organofosfater i arbeidsatmosfæren. Det ble benyttet en mineralolje og en syntetisk olje som var tilsatt kjente mengder organofosfat. Følgende konsentrasjoner og OF-forbindelser ble benyttet til forsøkene:

Tabell 5: Avdampingsforsøk med oljer tilsatt kjente mengder organofosfater.

Oljetype	Triisobutylfosfat (TIBP) Kp: 272,5 °C	Tributylfosfat (TBP) Kp: 289 °C	Triortokresylfosfat (TOCP) Kp: 410 °C
Mineral*	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Mineral*	1,0 %	1,0 %	1,0 %
Syntetisk**	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Syntetisk**	1,0 %	1,0 %	1,0 %

*: Mobil MCP 151 (Stock 6351)

**: Mobil Core 100 (Stock 6445)

I tillegg er det utført forsøk med Mobil Jet Oil II.

Det er benyttet oppvarming til 150 °C for mineraloljen og 175 °C for den syntetiske, inklusive Mobil Jet Oil II. Avdampet masse fra en petriskål i et lukket stålkammer med konstant luftgjennomstrømning ble ledet direkte til en prøvetakingsmanifold. Det er tatt prøver av

luftstrømmen både for å bestemme total mengde olje og for å bestemme organofosfater. Prøvetakingen omfattet både damp- og aerosolfase.

Ut fra de registrerte vekttap viste forsøkene at det meste av den avdampede olje ble gjenfunnet som aerosoler på partikkelfilteret. Det ble gjenfunnet betydelig høyere konsentrasjoner av TIBP og TBP enn av TOCP. Dette var å forvente ut fra forskjellene i kokepunkt. Gjenfunnet mengde TOCP i forhold til total gjenfinning av organofosfater var mindre enn 1 % for forsøkene med lav OF konsentrasjon og 2,4 - 4,4 % for forsøkene med høy OF konsentrasjon i oljen (3 %). Dette viser betydningen kokepunktet har for avdamping. TOCP har, som det fremgår av tabell 5, langt høyere kokepunkt enn de to andre forbindelsene.

Isopropylert trifenylfosfat som anvendes i flere mye brukte turbinoljer har enda høyere kokepunkt enn TOCP. Dette innebærer at i avdamping fra produkter som Turbonycoil 600 og 610 vil organofosfatene utgjøre en enda lavere andel.

Nærmere opplysninger om analyse- og prøvetakingsmetodikken blir publisert i forbindelse med det pågående dr. gradsarbeidet ved STAMI.

8 DISKUSJON/OPPSUMMERING

De vurderinger og konklusjoner som er foretatt i de følgende avsnitt er basert på teori, litteraturopplysninger og dagens faktiske driftsforhold på installasjoner på Haltenbanken og Gullfaksfeltet. I mindre grad ligger også data fra andre felt til grunn. Produkter og prosesser er i stor grad de samme på de omtalte plattformer.

8.1 FORBRUK AV HYDRAULIKK- OG TURBINOLJER

I forbindelse med utvinning av olje og gass på norsk kontinentalsokkel forbrukes betydelige mengder både av hydraulikk- og turbinoljer på årsbasis. Eksakte forbrukstall er vanskelig tilgjengelig og de vil av naturlige årsaker varierer over tid, bl. annet på grunn av varierende drift, rutiner for service og vedlikehold og utstyrets alder.

En vesentlig del av forbruket skyldes skifte av olje på grunn av alder. En annen årsak er tap i forbindelse med vedlikehold. Videre vil det være forbruk under normal drift. Det er ikke mulig gjennom materialstrømsanalyser å beregne nøyaktig hvor stor del av dette forbruket som forurensar arbeidsatmosfæren. Ut fra kartleggingsarbeidet som er gjennomført er det helt klart at denne andelen er meget liten i forhold til det samlede forbruk.

Et betydelig antall ulike oljer er i bruk, enkelte dominerer volummessig, men sammensetning er som forventet ut fra kravspesifikasjonene meget lik.

8.2 INNHOLD AV ORGANOFOSFATER

Innholdet av organofosfater er lavt i alle identifiserte hydraulikk- og turbinoljer, < 3 prosent og ofte < 1 prosent. Mange produkter er uten denne type tilsetning, særlig gjelder dette hydraulikkoljer. TOCP som er vurdert å innebære størst risiko for helseskader, er ikke tilstede i de turbinoljer som er i bruk på Gullfaks og på Haltenbanken. Triisopropylerte organofosfater er de benyttede forbindelser. Disse har høyere kokepunkt enn TOCP og gir følgelig enda mindre avdamping.

Mobil Jet Oil II, som inneholder TCP med spor av TOCP, benyttes av GEs turbinverksted på Ågotnes i forbindelse med vedlikehold og testkjøring. Innholdet av TOCP er angitt å ligge mellom 0,36 og 2 % i en del kommersielt tilgjengelige TCP kvaliteter (IPCS).

8.3 OMDANNING AV ORGANOFOSFATER TIL ANDRE TOKSISKE KOMPONENTER

Ut fra kravene til stabilitet og lang levetid søkes det anvendt både baseoljer og additiver som er mest mulig stabile mht temperatur, oksidasjon, hydrolyse og katalytisk omdanning. Over tid er det stilt stadig høyere krav til termisk, oksidativ og hydrolytisk stabilitet på grunn av mer krevende driftsbetingelser (høyere trykk og temperatur)

Den mest sannsynlig nedbrytning av de OF-forbindelser som er aktuelle, er omdanning til syrer og alkoholer (oksidasjon, hydrolyse). Arylfosfater som TOCP og fenylfosfater gir fosforsyre og fenoler. Enkelte HMS-datablader for organofosfater angir fosforoksider som resultat av

dekomponering. I følge litteraturen kan det ved høy temperatur (250 – 750 °C) dannes trimetylolpropanfosfat (TMPP). TMPP er et potent nevrotoksin som dannes ved at trikresylfosfat (andre arylfosfater?) reagerer med trimetylolpropanestere som kan inngå i enkelte smøreoljeprodukter. Turbonycoil 600 og 610 er basert på penta- og dipentaertyritolestere.

Mono- og di-ortokresylfosfater er nevnt som eksempler på mulige forurensninger i TCP-blandinger. STAMI har vurdert at en mulig forekomst av disse er så lav at de er uten interesse.

I praksis overvåkes nedbrytning av smøreoljer gjennom prøvetaking og analyse for bestemmelse av TAN (total acid number – skal ikke overskride 2 mg KOH/gram olje). Oljene skiftes når TAN overskrider en denne verdien. Levetiden for oljene er meget lang. For turbiner er det ikke nødvendig å skifte oljer utenom hovedoverhalinger hvor hele turbinen tas ned og demonteres. Det er ikke behov for separat tilsetning av organofosfater. Dette viser at nedbrytning og andre typer tap ut fra en driftsteknisk vurdering er ubetydelige under normal drift.

Oppvarming av relevante oljer til 250 °C ga ikke lettflyktige forbindelser som kunne gjenfinnes gjennom adsorpsjon på aktivt kull. Det er ikke gjennomført forsøk med oppvarming til sikker dekomponering (eksempelvis 500 °C eller høyere) for å identifisere mulige ukjente forbindelser. Dette er begrunnet ut fra tre forhold:

- Det er ut fra kjemiske betraktninger lite sannsynlig at termisk nedbrytning av de aktuelle OF-forbindelser gir ukjente nevrotoksiske forbindelser.
- Oppvarming av OF til slike høye temperaturer på utsiden av turbinen vil bare kunne skje for en minimal andel av de ytre lekkasjer. Basert på det faktum at meget følsom analysemetodikk ikke påviser ”vanlige” OF under normale driftforhold, utelukkes muligheten for å bestemme en eventuell atmosfærisk konsentrasjon av nedbrytningsprodukter med tilgjengelige målemetoder.
- Slike forsøk ville kreve det meste av prosjektets ressurser for å bygge opp apparatur og analyseprosedyrer.

8.4 PROSESSER

Både hydraulikk- og turbinoljer forbrukes, eksempelvis angis at en normal turbin forbruker mellom 0,1 og 1,0 liter olje pr time. En meget liten del av dette forbruket vil forurense arbeidsatmosfæren i turbinhood eller andre lukkede områder. Temperaturen i turbinoljene er sjelden over 100 °C.

Utvendige lekkasjer fra turbiner vil i hovedsak treffe overflater med lav temperatur og havne på gulv hvor det meste oppsamles. Det vil være liten om ingen aerosoldannelse gjennom kondensasjon fra dampfase på grunn av søl i turbinhooden.

Utvendige kan turbinene på enkelte felter nå opp i flere 100 grader, 400 – 500 °C er antydnet. Om kontakt med slike varme flater kan gi nye og mer toksiske komponenter er ikke dokumentert gjennom denne undersøkelsen. Ventilasjonen av turbinhooder er imidlertid meget god slik at det kan være vanskelig i det hele tatt å påvise tilstedeværelse av slike forbindelser. Ut fra mulig forurensningsnivå og eksponeringstid vurderes dette ikke å innebære helserisiko.

Temperaturer i hydraulikkoljer er sjelden over 60 °C. I enkelte tilfeller kan spesielle rør og driftsforhold gi temperaturer på 100 °C.

Ved gjennomgang av arbeidsoppgaver og tilhørende prosessutstyr er det ikke identifisert prosesser og utstyr som under normal drift kan gi forstøving. Dette er imidlertid rapportert i forbindelse med akutte lekkasjer på hydraulikkanlegg. Slike episoder vil være kortvarige.

Kortvarige arbeidsoppgaver som service, vedlikehold og rengjøring synes å innebære størst risiko for eksponering.

8.5 LUFTBÅRNE FORURENSNINGER

Et fåtall mineraloljer har en komponentsammensetning som gir avdamping av betydning ved normal driftstemperatur. De fleste hydraulikk- og turbinoljer har høyt kokepunkt, dette gjelder baseoljene og ikke minst de aktuelle organofosfatene som er tilsatt. Under 60 °C er det minimal avdamping fra de fleste hydraulikk- og turbinoljer.

Med unntak for enkelte mindre rom, hvor det ikke er faste arbeidsplasser, dreier det seg stort sett om åpne systemer, dvs. det er god naturlig ventilasjon. Kranførerkabiner kan betraktes som et unntak med relativt langvarige opphold, men på ingen måte kontinuerlig. Alle målinger av oljetåke som er gjennomført viser meget lave konsentrasjoner, selv under såkalte "worst case" situasjoner.

8.6 HUDKONTAKT

Mange har hyppig kontakt med oljer. Som regel er kontakten av kort varighet og begrenses til hendene. Mer omfattende tilsøling av klær og hud inntreffer under spesielle arbeidsoperasjoner som service og arbeid i tanker. I dag er det god bruk av hansker. Kontakten med hud kan være en større risiko enn inhalasjon av damp og aerosoler. Denne problematikken belyses nærmere i en egen rapport.

9 KONKLUSJON

Risiko for helseskade på grunn av eksponeringer for kjemikalier i arbeidsmiljøet bestemmes i de fleste sammenhenger av eksponeringsnivå og eksponeringstid. Mulige skader på grunn av eksponering for hydraulikk- og turbinoljer som inneholder organofosfater under arbeid på offshore installasjoner, vil følge dette mønsteret. Vedvarende eksponering over tid er en forutsetning for eventuelle skader. Eksponering kan både skje ved inhalasjon og gjennom hudkontakt.

Basert på de informasjonen som er innhentet om blant annet:

- Produktsammensetning og innhold av organofosfater
- Kjemiske egenskaper
- Helsefareklassifisering
- Kokepunkt/damptrykk
- Driftsbetingelser
- Arbeidsoppgaver og rutiner
- Bruk av verneutstyr
- Arbeidsplassbefaringer
- Eksponeringsmålinger
- Eksponeringstid

trekkes følgende konklusjon:

For de undersøkte installasjoner er det ikke funnet at de normale arbeidsforhold og driftsrutiner som er knyttet til bruken av hydraulikk- og turbinoljer som inneholder organofosfater, medfører risiko for organofosfatinduserte helseskader.

10 LITTERATURREFERANSER

Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære (2001). Arbeidstilsynet, Best. nr. 361.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1997). [Toxicological Profile for hydraulic fluids](#). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Bjørseth O., Paulsen T. (2003) : Organofosfater – en trussel mot arbeidstakernes helse?. SINTEF rapport STF38 A03417, ISBN 82-14-02719-5.

Fiskaa G., Lund J., Strøm A. (1996): ”Smøremiddel håndbok”, Fueltech bøker, ISBN 82-9940008-0-5.

IPCS (1990): Tricresyl phosphate. Environmental Health Criteria 110. Geneva, World Health Organization.

Kjølle Arne: ”Oljehydraulikk”, Tapir forlag 1995, ISBN 82-519-1197-4

Mackerer C.R., Barth M.L., Krueger A.J., Chawla B., Roy T.A. (1999): Comparison of neurotoxic effects and potential risks from oral administration or ingestion of tricresyl phosphate and jet engine oil containing tricresyl phosphate. Journal of Toxicology and Environmental Health, 56:293-328.

Mang T., Dresel W. (2001): Lubricants and Lubrication, Wiley-VCH, ISBN 3-527-29536-4.

Norsk Petroleumsinstitutt (2004): Resultat av oljeselskapenes kartlegging av organofosfater i smøreoljer. 27. mai 2004.

Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry, sixth edition, vol.16, Wiley-VCH 2003.

Øvrebø S., Kirkereit J., Kristensen P., Molander P., Thorud S.: Vurdering av helseeffekter ved eksponering for hydraulikkoljer/-væsker og turbinoljer. Statens arbeidsmiljøinstitutt, 2003.

VEDLEGG 1: EKSPONERING FOR HYDRAULIKKOLJER PÅ OFFSHORE INSTALLASJONER

Stilling/Arbeidstitel:

Utfylt dato:

INNÅNDING

Blir du eksponert for

1) Damp: Ja/Nei

Timer pr mnd:

2) Aerosoler: Ja/Nei

Timer pr mnd:

Er det foretatt måling av
forurensningsnivået på dine
arbeidsplasser? Ja/Nei

TILSØLING AV KLÆR

Blir klærne tilsølt av olje under
vanlig arbeid? Ja/Nei

Hvor ofte?

Hvor på kroppen, og hvor stor
del tilsøles?

Bryst:

Rygg:

Venstre arm:

Høyre arm:

Bein foran:

Bein bak:

Har oljesøl trengt gjennom
klærne? Ja/Nei

HUDKONTAKT

Får du olje i ansikt/hals
under vanlig arbeid?

Ja/Nei

Hvor ofte?

Får du olje på hendene under
vanlig arbeid?

Ja/Nei

Hvor ofte?

VERNEUTSTYR

Benytter du:

- Åndedrettsvern: Ja/Nei

- Hansker: Ja/Nei

- Overtrekksklær: Ja/Nei

Har det alltid vært vanlig å
benytte verneutstyr?

Ja/Nei

HVOR LENGE HAR DU ARBEIDET MED HYDRAULIKKOLJER?

Har du helseplager som du
tror skyldes arbeid med
hydraulikkoljer? Ja/Nei

Hvis ja, hvilke plager?

GIR ENKELTE ARBEIDSPERASJONER MYE FORURENSNING MED HYDRAULIKKOLJE?

Hvilke operasjoner?

Hvor ofte?

HVILKE OLJER ER DU MEST I KONTAKT MED?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Returner skjemaet til: SINTEF Energiforskning AS,
v/Bjarne Malvik, 7054 Trondheim.
bjarne.malvik@sintef.no

VEDLEGG 2: EKSEMPLER PÅ BRANNRESISTENTE HYDRAULIKKVÆSKER

Skydrol MCS®-2361 Fire resistant hydraulic fluid

2-ethylhexyl diphenyl phosphate	1241-94-7	> 90%
bis(2-ethylhexyl) phenyl phosphate	16368-97-1	< 5,0%
triphenyl phosphate	115-86-6	< 5,0%

Skydrol® 5 Hydraulic fluid

triisobutyl phosphate	126-71-6	60 – 100%
triphenyl phosphate	115-86-6	1,0 – 5,0%
2-ethylhexyl 7 oxabicyclo[4.1.0]heptane-3-carboxylate	62256-00-2	<= 10,0%

Skydrol® 500B4 Fire resistant hydraulic fluid

tributyl phosphate	126-73-8	19,8%
dibutyl phenyl phosphate	2528-36-1	40-70%
butyl diphenyl phosphate	2752-95-6	10-30%
2-ethylhexyl 7 oxabicyclo[4.1.0]heptane-3-carboxylate	62256-00-2	<= 10,0%

Skydrol® LD4 Fire resistant hydraulic fluid

tributyl phosphate	126-73-8	58,2%
dibutyl phenyl phosphate	2528-36-1	30-60%
butyl diphenyl phosphate	2752-95-6	5-10%
2,6-di-tert-butyl-p-cresol	128-37-0	1,0-5,0%
2-ethylhexyl 7 oxabicyclo[4.1.0]heptane-3-carboxylate	62256-00-2	<= 10,0%

ATSM: D4293-83(2003); Standard specification for phosphate ester based fluids for turbine lubrication.

SINTEF Energiforskning AS
Adresse: 7465 Trondheim
Telefon: 73 59 72 00

SINTEF Energy Research
Address: NO 7465 Trondheim
Phone: + 47 73 59 72 00