

**Tittel:** Kartlegging av kuldemedier i kuldemontørers arbeidsmiljø

**Forfattere:** Dag G Ellingsen, Merete Gjølstad, Syvert Thorud, Oscar Espeland, Harald Evenseth, Karl-Christian Nordby, Yngvar Thomassen, Nils Petter Skaugset

**Prosjektansvarlig:** Dag G Ellingsen

**Dato:** 221199

**ISSN:** 0801-7794

**Serie:** 1105/99

---

**Sammendrag:**

Statens arbeidsmiljøinstitutt har i samarbeid med Yrkes -og miljømedisinsk avdeling ved Telemark Sentralsjukehus, Norske Kuldemaskinister og Kuldemontørers Forening og Kuldeentreprenørenes landsforening gjennomført en kartlegging av kuldemontørers eksponering for kuldemedier og nedbrytningsprodukter. Kartleggingen ble gjort ved regulært servicearbeid som innbefattet åpning av innendørs plasserte kjøleanlegg, og ved termisk arbeid i arbeidsatmosfære forurenset med kuldemedier.

Eksponeringen til kuldemontørene ble målt i 12 arbeidssituasjoner med HKFK 22 (difluor-klorometan) tilstede i kjøleanlegget, 8 situasjoner med HFK 134a (tetrafluoretan) og 10 situasjoner med R 404A (blanding av 52% tri-, 4% tetra- og 44% pentafluoretan). I tillegg ble målt mulige nedbrytningsprodukter som gassformig fluorid (HF) og klorid (HCl), fosgen og andre potensielle nedbrytningsprodukter etter termisk arbeid.

Av 30 utførte målinger ble 16 foretatt ved oljeskift på én eller flere kompressorer, mens 12 målinger omfattet montering og/eller utskifting av komponenter. Ved 6 målinger ble det foretatt både oljeskift og utskifting/montering av komponenter. I 5 tilfeller ble målingene foretatt ved utskifting av kompressor mens 4 målinger ble tatt ved omlegging/flytting av anlegg.

Varigheten av eksponeringen i arbeidssituasjonene som ble målt varierte fra 6 til 390 minutter. Konsentrasjonene målt over tidsrommet for eksponering varierte betydelig, fra 0.3 ppm HFK143a (enkeltkomponent i R404A) til 614 ppm HKFK 22. Gjennomgående var konsentrasjonene moderate. I geometrisk gjennomsnitt ble det målt 66.6 ppm HKFK 22, mens det målte gjennomsnittet for de andre kuldemediene var lavere.

Eksponeringen var typisk preget av kortvarige perioder med tildels høye konsentrasjoner. Ved 25% av de målte kortvarige periodene var konsentrasjonen av HKFK 22 høyere enn 2915 ppm. Ved å legge Arbeidstilsynets overskridelsesfaktor til grunn slik de fremkommer i de administrative normer, ble denne overskredet i 5 av de 12 situasjonene hvor HKFK 22 ble målt. Konsentrasjonene i kortvarige perioder hvor HFK 134a og R 404A ble målt var lavere enn for HKFK 22. De fleste kortvarige periodene hadde en varighet under 10 minutter ved denne typen arbeid. De kortvarige periodene med høye konsentrasjoner av kuldemedier i arbeidsluften var relatert til endel typiske arbeidsrutiner, f.eks. tapping av brukt olje fra kompressor og ved vakuumering.

Kuldemontørene i denne undersøkelsen anga å sveise/lotde i luft forurenset med kuldemedier forholdsvis sjeldent, i gjennomsnitt 3.4 ganger siste måned eller 0.9 ganger siste uke. Arbeidet var også vanligvis av kort varighet (gjennomsnitt 11.5 min/gang). Det ble ikke påvist fosgen under termisk arbeid med HKFK 22 tilstede. Det ble påvist gassformig fluorider ved 9 av 15 arbeidssituasjoner med termisk arbeid, både i luft forurenset med HKFK 22, HFK 134a og R 404A. Gassformig klorid ble påvist ved 3 av 5 arbeidssituasjoner med termisk arbeid i luft forurenset med HKFK 22. I gjennomsnitt ble det påvist 0.40 mg/m<sup>3</sup> (minimum 0.03; maksimum 1.59) fluorider i de 9 arbeidssituasjonene, mens tilsvarende var 5.0 mg/m<sup>3</sup> for klorid (minimum 0.7; maksimum 11.5).

---

**Stikkord: kuldemedier, kuldemontører, eksponering, termisk arbeid**

## INNHALDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING	s.4
2.	BAKGRUNN	s.5
2.1	Kjøleprosessen	s.5
2.2	Kjølekompressoroljer	s.5
2.3	Historisk utvikling	s.6
2.4	Kjølebransjen og kjemisk arbeidsmiljø	s.7
3.	UNDERSØKELSENS MÅLSETNING	s.7
4.	DESIGN	s.8
4.1	Populasjon	s.8
4.2	Overordnet design	s.8
5.	METODER	s.9
5.1	Bestemmelse av kuldemedier i luft ved hjelp av direktevisende fotoakustisk spektroskopi	s.9
5.2	Bestemmelse av kuldemedier i luft ved hjelp av adsorbenttrør	s.10
5.3	Bestemmelse av flyktige organiske forbindelser ved hjelp av adsorbenttrør og automatisk termodesorpsjon-gasskromatografi-massespektrometri.	s.11
5.4	Bestemmelse av fosgen i luft ved hjelp av fargeindikatorrør.	s.12
5.5	Bestemmelse av gassformig fluorid (HF) og klorid (HCl).	s.12
5.6	Bestemmelse av trifluoreddiksyre (TFA) i urin med ionekromatografi	s.12
6.	RESULTATER	s.13
7.	VURDERING	s.19
8.	REFERANSER	s.24
9.	VEDLEGG	s.26

## 1. INNLEDNING

På slutten av 1995 ble Statens arbeidsmiljøinstitutt (Stami) kontaktet av Norske Kulde-maskinister og Kuldemontørers Forening (NKKF) vedrørende mulige helseskader hos kuldemontører forårsaket av eksponeringer i deres arbeidsmiljø. Bakgrunnen for henvendelsen var beretninger fra mange kuldemontører om subjektive helseplager, spesielt fra lunger, nervesystem, hud og muskulatur, som de satte i mulig forbindelse med eksponering for kulde-medier. NKKF ønsket at Stami skulle igangsette undersøkelser rundt kuldemontørers arbeidsmiljø. Stami inviterte til et møte som fant sted 21. mars 1996 i Stami's lokaler. Tilstede var representanter for Kuldeentreprenørenes landsforening (KELF), NKKF og Stami.

Det ble på møtet gitt en orientering fra bransjen. KELF representerte dengang 120 medlemsbedrifter med tilsammen 650 ansatte og omlag 70% av bransjens omsetning. Det syntes klart at dokumentasjon om mulige arbeidsrelaterte helseskader blant kuldemontører var begrenset. På samme tid kom det også rapporter fra Sverige om mulige helseskader relatert til bruken av de nyere ikke-klorerte kuldemediene. Disse rapportene refererte i hovedsak til hud-, lunge- og leddplager hos kuldemontører.

På møtet ble det enighet om at Stami skulle innhente eksisterende kunnskap om kuldemontørenes arbeidsmiljø. Generelt viste det seg at kunnskapen om den kjemiske eksponeringen for kuldemontører var mangelfull. Vi fant ingen tidligere undersøkelser fra Norge som dokumenterer eksponeringsnivå ved regulært servicearbeid, som er det dominerende innen bransjen. Heller ikke eksponering for kuldemedier ved mer spesielle typer arbeid, eksempelvis reparasjoner på fiskebåter eller akuttsituasjoner ved store lekkasjer i stasjonære anlegg, var dokumentert. Også internasjonalt har yrkeseksponering for kuldemedier vært lite undersøkt, slik at det etterhvert ble klart at man først systematisk skulle studere eksponeringsforholdene til kuldemontører nærmere. Denne rapporten oppsummerer de erfaringene som ble gjort, og beskriver deler av det kjemiske arbeidsmiljøet til kuldemontører som utfører regulært servicearbeide på innendørs kjøleanlegg.

Stami fikk tilsagn om økonomisk støtte til prosjektet fra Stiftelsen ReturGass (SRG) i første halvår 1997, og undersøkelsen kunne ikke blitt gjennomført uten dette. Deretter startet detaljplanleggingen. Det ble tidlig klart at kuldemontørenes arbeidsmiljø ikke er enkelt å undersøke, fordi mange av de brukte målemetodene i prosjektet har vært lite tilgjengelige. Således tok planleggingen av undersøkelsen noe lenger tid enn forutsatt. Det var også nødvendig å søke faglige samarbeidspartnere, og et samarbeid med Yrkes- og miljømedisinsk avdeling ved Telemark Sentralsjukehus ble innledet. Feltundersøkelsene startet i januar 1999.

Vi takker firmaene Electrolux Professional AS (Oslo, Sarpsborg og Tyristrand), Buskerud Kulde (Hokksund), Norild (Askim), Eidsvaag & Co (Fredrikstad), Bernt J. Nilssen AS (Skien), Telefrost AS (Skien) og Kuldeteknikk AS (Oslo), som velvillig stilte seg til disposisjon for prosjektet. Videre takker vi deres ansatte som tålmodig stilte opp til målingene. Firmaer som ikke nevnes, men som hadde kjøleanleggene i sine lokaler, takkes for at vi fikk foreta målinger der. SRG takkes for deres økonomiske støtte til undersøkelsene. Videre har samarbeidet med NKKF, KELF og SRG vært godt, noe de takkes for.

## **2. BAKGRUNN**

Kjøling forekommer innenfor en rekke områder i samfunnet, bl.a. for nedkjøling av matvarer, klimaregulering, komfortkjøling og kjøling i industrielle prosesser. Ved kjøling i prosess-industrien og av ishaller brukes oftest ammoniakk som kuldemedium. Klorerte og fluorerte hydrokarboner brukes derimot i mindre anlegg, slik som kjøleskap, frysedisker, fryserom, stasjonær luftkondisjonering, mobil luftkondisjonering og lignende installasjoner. Denne undersøkelsen fokuserer på de klorerte og fluorerte hydrokarboner brukt i disse mindre kjøle-anleggene, mens ammoniakk ikke har vært gjenstand for undersøkelsen.

### **2.1. Kjøleprosessen**

De fleste kjøleanlegg består av fire hovedkomponenter: a) Fordamper; b) Kompressor; c) Kondensator; d) Strupeventil. I tillegg strømmer et kuldemedium rundt i anlegget.

Kuldemediet kommer som væske inn i fordamperen. Fordi trykket her er lavt, vil varmen som tilføres fra romluften føre til at kuldemediet i fordamperen begynner å koke. I kompressoren komprimeres dampen som ble dannet i fordamperen. Dampen kommer således inn i kompressoren under lavt trykk, og sendes ut med et høyere trykk. Dampen, som nå har et høyere trykk, vil så ledes inn i kondensatoren. Fordi temperaturen på dampen er høyere enn lufttemperaturen på utsiden av kondensatoren, nedkjøles dampen. Når dampen er tilstrekkelig nedkjølt, vil den gå over i væskefasen igjen, dvs. at den kondenserer.

Målet med kuldeprosessen er at den væsken en nå får dannet i kondensatoren skal kunne sendes tilbake til fordamperen. Problemet er at man i kondensatoren har høyt trykk på grunn av kompressoren, mens man i fordamperen ønsker lavt trykk. For å løse dette setter man inn en strupeventil i røret mellom kondensatoren og fordamperen. Strupeventilen er en ventil med liten åpning slik at bare litt væske kan strømme gjennom og over til fordamperen. Fordi ventilen «holder igjen» for den væsken som kommer fra kondensatoren, vil trykket etter ventilen være lavere enn foran ventilen.

### **2.2. Kjølekompressoroljer**

Det benyttes ulike kjølekompressoroljer avhengig av kuldemedium og kompressortype. Oljene kan inndeles i 3 hovedtyper: a) mineraloljer; b) syntetiske oljer; c) polyol-esteroljer. Enkelte oljer er halvsyntetiske, og ofte en blanding av en mineralolje og en syntetisk olje (f.eks. alkylbenzen).

Dagens mineraloljer er høyraffinerte, naftenbaserte mineraloljer som brukes mest i forbindelse med HKFK 22, samt eldre kuldemedier som KFK 12.

De syntetiske oljene kan inndeles i ulike grupper basert på deres kjemiske sammensetning. Følgende typer er mest vanlige: alkylbenzen-baserte og polyalfaolefin-baserte. Syntetiske oljer brukes mye i forbindelse med HKFK 22, men også ved bruk av andre klorholdige kuldemedier.

Polyol-esteroljer anvendes i forbindelse med nyere klorfrie fluorholdige kuldemedier som HFK 134a og R 404A. Informasjon om den kjemiske sammensetningen av polyol-esteroljene

er sparsom, fordi produktene ikke anses som merkepliktige. Dette medfører at produktdatabladene inneholder begrenset informasjon om oljenes kjemiske sammensetning. Opplysninger fra leverandørene viser at flere av de eksisterende polyol-esteroljene er basert på pentaerytritol/dipentaerytritol-estere av C<sub>5</sub>-C<sub>9</sub> karboksylsyrer. I tillegg inneholder produktene mindre mengder ulike additiver, som vi ikke har informasjon om, for å bedre bruksegenskapene.

### 2.3. Historisk utvikling

Utviklingen i bruk av kuldemedier styres bl.a. av hensyn til det ytre miljø og energiøkonomiske betraktninger. Hensynet til det ytre miljø har til nå vært bestemt av stoffenes ozonskadelig potensiale. Kuldemediene antas også å ha et potensiale for å bidra til global oppvarming. Dette kan bli viktig for valg av fremtidens kuldemedier. Det er innført restriksjoner på bruk av endel klorerte forbindelser. Dette kan medføre at nye kuldemedier, der potensielle helseeffekter på mennesker er dårligere dokumentert, introduseres i arbeidslivet.

Klorfluorkarboner kom på markedet som kuldemedier rundt 1930. I prinsippet dreier dette seg om metan og etanderivater. I første generasjons klorfluorkarboner var alle hydrogenatomer i molekylene erstattet med fluor- og kloratomer i varierende antall, dvs. fullstendig halogenerte klorfluorkarboner (KFK, f.eks. KFK 11; fluortriklormetan og KFK 12; difluordiklormetan). På grunn av disse forbindelsenes effekt på ozonlaget i atmosfæren, er de idag forbudt importert til Norge. Dette er regulert i den såkalte Montreal-protokollen. Eldre kuldemontører vil for en stor del ha vært eksponert for disse forbindelsene tidligere. Vi har idag bare begrensede muligheter til å vurdere hvor høye konsentrasjoner av disse forbindelsene kuldemontører historisk har vært eksponert for. De mest brukte kuldemediene idag av den halogenerte typen er de delvis (partiell) halogenerte klorfluorkarbonene (HKFK). Basert på metan eller etan, inneholder disse både fluor og kloratomer, men også hydrogenatomer. En typisk representant for HKFK er difluorklormetan (HKFK 22), som har blitt gjenstand for undersøkelser i prosjektet. Denne forbindelsen hadde det høyeste importvolumet til kjøleformål til Norge i 1996 og 1997 (tabell 1). HKFK er planlagt utfaset i henhold til Montreal-protokollen, og blir kanskje erstattet med 3. generasjons kuldemedier, hvor fluor, men ikke klor, inngår (HFK). HFK kom på markedet til kjøleformål rundt 1990. En slik forbindelse (HFK134a; 1,1,1,2-tetrafluoretan) har vært gjenstand for undersøkelse i prosjektet. Videre har vi undersøkt R 404A, som er et blandingsprodukt av tre forskjellige HFK (44% HFK 125, pentafluoretan; 52% HFK 143a, 1,1,1-trifluoretan; 4% HFK 134a, 1,1,1,2-tetrafluoretan). Importtallene for de vanligst brukte hydrokarboner til kjøling vises i tabell 1.

Tabell 1 De mest brukte klorfluorkarboner og fluorkarboner (i tonn) som kuldemedier i Norge\*. Kilde: Statens Forurensningstilsyn.

Kjølemedium	Kjemisk navn	Kjemisk formel	import	
			1996	1997
KFK 12	Difluordiklormetan	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0	0
KFK 115	Pentafluorkloretan	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> Cl	0	0
HKFK 22	Difluorklormetan	CHF <sub>2</sub> Cl	670	770
HKFK 124	Klortetrafluoretan	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> Cl	7	9
HFK 125	Pentafluoretan	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	37.6	\
HFK 134a	1,1,1,2-tetrafluoretan	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	49.5	> sum 171
HFK 143a	1,1,1-trifluoretan	CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	25.5	/

\*I tillegg til oppgitte mengder kommer en liten mengde diverse mindre brukte fluorkarboner (HFK 32, HFK 152ab, HFK 23, HKFK 141b, HKFK 142b m.fl.)

## 2.4. Kjølebransjen og kjemisk arbeidsmiljø

Omlag 2500 kuldemontører er utdannet i Norge siden 1953, men en del av disse har ikke vært eller er ikke lenger i arbeid som innebærer risiko for eksponering. Det finnes også mange personer uten kjøleteknisk utdanning som arbeider med tilsyn og drift av kjøleanlegg. Det er derfor vanskelig å vite nøyaktig hvor mange kuldemontører som arbeider i Norge i dag.

Norsk kjølebransje består i hovedsak av et stort antall mindre bedrifter. Disse kan være spesialiserte i forhold til de arbeidsoppgavene de utfører, noe som kan resultere i store individuelle forskjeller i kjemisk arbeidsmiljø mellom kuldemontører. De importerte mengder kuldemedier (tabell 1) gjenspeiler forskjellene i stoffene som brukes. Andre kjemiske forbindelser som kan være en risiko for effekter på menneskers helse er nedbrytningsprodukter av kuldemedier dannet under drift eller ved termisk arbeid (bl.a. lodding, sveising), oljer som brukes på anleggene, eller støv/gass frigjort ved lodding med sølv/kobberlegeringer. Flussmidler brukes lite ved termisk arbeid.

Andelen HFK antas å øke i fremtiden pga. restriksjoner på bruk av HKFK i nye anlegg. HKFK 22 brukes mest til påfylling i gamle anlegg som erstatning ved lekkasjer. HFK 134a brukes mest i kjøleanlegg og til luftkondisjonering. HFK 125 og HFK 143a inngår hovedsakelig i kuldeblandinger, bl.a. i R 404A. Disse brukes til kjøling og dypfrysing samt til luftkondisjonering i bygg og transportmidler. Det finnes fremdeles mange gamle anlegg der hovedsakelig KFK 12, KFK 11 og R 502 (blandingsprodukt av difluorklorometan (HKFK 22) og klorpentafluoretan (KFK 115)) er i bruk. Dessuten finnes enkelte anlegg til ultradypfrysing som drives med bromerte fluorkarboner.

I kjøleanlegg brukes smøremidler (oljer) som kan utgjøre et potensielt hudproblem ved kontakt. Mens klorerte fluorkarboner brukes på kompressoranlegg som smøres med mineraloljer eller syntetiske oljer, er de nyere fluorkarboner uten klor avhengige av polyol-esteroljer. Disse kan spaltes til de respektive karboksylsyrer ved kontakt med vann. Mange kuldemontører mener at esteroljer gir mer hudproblemer enn mineraloljer som brukes i eldre anlegg med klorerte kuldemedier.

Kartlegging av eksponering for KFK 12 og R 502 har tidligere vært gjort i Sverige (Andersson og Johansson, 1984). De fant luftkonsentrasjoner i nivået 3000-15000 ppm. Det er betydelig høyere enn nåværende administrative norm for KFK 12 i Norge (500 ppm, 8 timer), og også betydelig høyere enn korttidsverdien på 625 ppm som ikke skal overskrides. HKFK 22, som ble undersøkt i dette prosjektet, har en administrativ norm på 500 ppm (1996) med korttidsverdi som ikke må overskrides på 625 ppm. De andre kuldemediene som ble kartlagt har ingen administrativ norm idag. Blant annet har servicepersonell som reparerer og har tilsyn med kjøle- og frysedisker i dagligvarehandelen vært ansett som en potensielt utsatt gruppe kuldemontører.

## 3. UNDERSØKELSENS MÅLSETNING

Undersøkelsens målsetning var å kartlegge eksponering for kuldemedier og nedbrytningsprodukter. Kartleggingen ble gjort ved regulært servicearbeid som innbefatter åpning av

anlegg og ved termisk arbeid i arbeidsatmosfære forurenset med kuldemedier. Følgende aktiviteter inngikk:

- a) Undersøke eksponeringsnivåer for HKFK 22 (difluorklormetan), HFK 134a (tetrafluor-etan) og R 404A (blanding av 52% tri-, 4% tetra- og 44% pentafluoretan) i arbeidsatmosfæren ved service og reparasjoner som medførte åpning av tidligere fylte anlegg i innendørs plasserte kjøleinstallasjoner.
- b) Undersøke mulige nedbrytningsprodukter som gassformig fluorid (HF) og klorid (HCl) samt fosgen i arbeidsatmosfæren.
- c) Undersøke andre potensielle nedbrytningsprodukter i arbeidsatmosfæren.
- d) Måle trifluoreddiksyre (TFA) i urinen til kuldemontører eksponert for HFK.
- e) Registrere subjektive symptomer hos kuldemontører som deltok i eksponeringskartleggingen.

## **4. DESIGN**

### **4.1. Populasjon**

Kuldemontører fra bedrifter i Oslo- og Grenlands-området ble invitert til å delta i undersøkelser. Prosjektet ble forelagt de ansatte i de involverte bedriftene før oppstart. Alle deltagerne underskrev et informert samtykke om at de deltok frivillig.

### **4.2. Overordnet design**

Undersøkelsen tok sikte på å måle konsentrasjonen av HKFK 22, HFK 134a og R 404A i arbeidsatmosfæren ved 30 ulike arbeidsoperasjoner med åpning av fylte anlegg og service på anlegg. Femten av disse arbeidsoperasjonene innbefattet varmebehandling.

Av de 30 utførte målingene ble 16 foretatt ved oljeskift på én eller flere kompressorer (1 - 5 stk.), mens 12 målinger omfattet montering og/eller utskifting av deler som f.eks. tørrefiltre, sugefiltre og vibrasjonsdempere. Ved 6 av disse målingene ble det foretatt både oljeskift og utskifting/montering av deler. I 5 tilfeller ble målingene foretatt ved utskifting av kompressor (ett av disse omfattet også utskifting av filter), mens 4 målinger ble tatt ved omlegging/flytting av deler av anlegg.

Femten av de 30 målingene ble foretatt under arbeid i egne kompressorrom o.l. tilknyttet kjøle/fryseskap/disker i matvareforretninger. Én måling ble gjort inne på en bensinstasjon (reparasjon av fryseskap), én er tatt inne i et kjølerom (helseinstitusjon) og i ett tilfelle var kompressoren til kjøledisk i en kantine plassert midt inne i et parkeringshus. Én måling ble foretatt i et slakteri (ombygging) og 4 ble utført i industribedrifter. I tre tilfeller ble det gjort målinger på helt nye anlegg hvor kompressorene var plassert i «vanlige» oppholdsrom med god tilgjengelighet. Dessuten ble 4 målinger utført under arbeid på egne verksteder (3 forskjellige) hvor arbeidsforholdene virket bedre enn flere steder «ute i felten».

Arbeidsoppgaver innen service/reparasjoner med åpning av kjøleanlegg fylt med HKFK 22, HFK 134a eller R 404A ble kartlagt. Anlegg som var avtappet og deretter eventuelt vakuumbet var også aktuelle, fordi fluorkarbonrester kan finnes løst i kompressoroljen i anlegget



(Harry Ulriksen, personlig meddelelse). Halvparten av arbeidsoperasjonene som ble kartlagt med yrkeshygieniske målinger innbefattet termisk arbeid i arbeidsatmosfære potensielt forenset med kuldemedier.

#### 4.2.1. Måling av uendret kuldemedium

HKFK 22 (12 arbeidsoperasjoner), HFK 134a (8 arbeidsoperasjoner) og R 404A (10 arbeidsoperasjoner) ble målt under servicearbeid på luftkjølingsanlegg (kjølerom/fryserom/luftkondisjonering)

#### 4.2.2. Måling av nedbrytningsprodukter ved termisk arbeid.

Gassformig fluorid (HF), klorid (HCl) og fosgen ( $\text{COCl}_2$ ) dannet ved termisk arbeid med HKFK 22 i luften ble målt (5 arbeidssituasjoner). Gassformig fluorid (HF) dannet ved termisk arbeid med HFK 404A eller HFK 134a i luften ble målt (10 arbeidssituasjoner, 5 på hvert kuldemedium). Andre nedbrytningsprodukter av HKFK 22/HFK 134a/R 404A ble målt i 9 arbeidssituasjoner ved termisk arbeid.

#### 4.2.3. Biologisk monitorering

Urinprøver ble samlet inn fra 3 ulike dager etter eksponering for måling av trifluoreddiksyre (TFA) utskilt i urin. Første urinprøve ble tatt samme kvelden luftmålingene fant sted, den 2. prøven neste morgen og 3. prøve morgenen deretter.

#### 4.2.4 Spørreskjema

Symptomer ble registrert gjennom spørreskjema (Q16 (Ørebroskjemaet) og tilleggs-spørsmål vedrørende bl.a. ledd-, muskel- og hudsymptomer som kuldemontøren selv fylte ut. Skjemaene ble returnert i lukket konvolutt til Stami. Med spørreskjema ble videre kartlagt arbeidsoppgaver og faktorer som antas å kunne påvirke resultatet av aktuelle målinger. Disse ble administrert av personene som utførte arbeidsmiljømålingene.

## 5. METODER

### 5.1. Bestemmelse av kuldemedier i luft ved hjelp av direktevisende fotoakustisk spektroskopi

Det ble benyttet en direktevisende Brüel & Kjær 1302 fotoakustisk IR gassanalysator til eksponeringsmålinger av kuldemedier ved denne undersøkelsen.

Instrumentet fungerer ved at luften som skal analyseres blir sugd inn i et målekammer hvor den bestråles med IR-lys. Lyset sendes først gjennom en chopper som roterer 120 omdreining/sek. Dette gjør at lyset pulserer, dvs. «tennes og slukkes» 240 ganger pr. sekund. Lysstrålene ledes videre gjennom et filter, og deretter inn i målekammeret. Kammeret er  $7.5 \text{ cm}^3$  med 2 mikrofoner montert i veggen. På grunn av resonans vil IR-lyset som belyser gassen forårsake en temperaturøkning og derved en trykkøkning. Pulseringen av lyset fører til en trykkvariasjon med frekvens 240 Hz, og amplitude som varierer med gasskonsentrasjonen. Dermed oppstår et lydsignal som kan måles med mikrofonene. Gassanalysatoren kan måle inntil 5 ulike komponenter i samme gassblanding og korrigere for eventuell interferens mellom de ulike komponentene (krysskompensasjon). I våre undersøkelser var instrumentet

kalibrert for måling av HKFK 22, HFK 134a, HFK 125 og HFK 143a. Krysskompensasjon ble kun benyttet ved måling av R 404A (blanding av HFK 134a, HFK 125 og HFK 143a). Hver måling tok fra 30 til 110 sek. avhengig av hvor komplisert beregningsmatrisen var, og hvor lang prøvetakingslange som ble brukt.

Instrumentet ble kalibrert ved bruk av industrielle kuldemedier som først ble overført fra gassylindere til gasstette poser med volum 1 liter (SKC serie 232). Selve kalibreringen ble utført i en såkalt «lukket sløyfe» ved at en glassflaske med kjent volum (5.71 liter) ble koplet til instrumentets inn- og utganger. Gjennom et septum i korken ble flasken tilført en kjent mengde kuldemedium (tilsvarende en konsentrasjon på 1745 ppm i sløyfen) ved hjelp av en gasstett sprøyte. En magnetrører sørget for homogen gassblanding. De ulike kuldemediene ble kalibrert hver for seg, og det ble foretatt full krysskompensasjon mellom alle gassene. Det medfører at instrumentet registrerer alle interferenser fra den enkelte gass på de andre filterne som er montert. Dermed er instrumentet i stand til å korrigere for slik interferens under målingen. Instrumentet måler spenningssignalet som den tilførte gassen forårsaker på det aktuelle filteret, samt interferenssignalet som den forårsaker på de andre filterne. Kalibreringen aksepteres når instrumentet har registrert 4-6 avlesninger hvor variasjonen er mindre enn +/-0.5%. Det ble benyttet følgende filteroppstilling under målingene:

Kuldemedium	Filterposisjon	Filter nr	Bølgelengde ( $\mu\text{m}$ )
HKFK 22	A	UA0973	9.1
HFK134a	A	UA0973	9.1
HFK125	B	UA0972	8.8
HFK143a	C	UA0969	8.0

Målingene ble gjennomført ved at prøvetakingsslangen ble holdt så nær kjølemontørens pustesone som praktisk mulig under arbeidet. Det ble benyttet 10 m eller 20 m prøvetakingslange. Målingene ble gjort hele perioden for de aktuelle arbeidsoperasjonene.

## 5.2. Bestemmelse av kuldemedier i luft ved hjelp av adsorbenttrør

De klor- og fluorholdige kuldemediene ble samlet opp på adsorbenttrør av glass fylt med Carboxen 1000, 400 mg i hoveddelen og 200 mg i kontrolldelen (leverandør Supelco). Carboxen 1000 er en karbonbasert molekylær sieve som er spesielt beregnet på oppsamling av meget flyktige organiske forbindelser. Prøvene ble tatt ved hjelp av batteridrevne pumper (type Cassella SP 2, SKC serie 224 eller SKC Pocket Pump) med en prøvetakingshastighet på ca. 50 ml/min. Bærbare prøver ble tatt i montørens innåndingssone over den perioden arbeidet foregikk, dvs. parallelt med målinger med den fotoakustiske IR-analysatoren. Prøvene ble oppbevart i fryser ved  $-20^{\circ}\text{C}$  frem til analysen.

Carboxen-prøvene ble desorbent med 3.0 ml karbondisulfid i 2 timer og analysert på en gaskromatograf utstyrt med kapillærkolonne og flammeionisasjonsdetektor (GC-FID). Standardkurve for de respektive kuldemedier ble laget ved at ueksponerte Carboxen-rør ble påsatt kjente mengder kuldemedier i gassform ved hjelp av gasstett sprøyte. Standardrørene ble, etter 1-2 timer, desorbent og analysert på samme måte som prøvene. I tillegg ble det i alle serier kjørt en kjent standard av etanol som kontroll. Prøvene ble analysert på en kapillar PLOT-kolonne som er velegnet for separasjon av kuldemedier.

#### Analysebetingelser:

Gasskromatograf: HP 5890 Series 2 med HP 7673A prøveveksler  
Kolonne: CP Poraplot Q-HT (l = 30 m, id = 0.32 mm, df = 10 µm)  
(Chrompack cat. no. 7557)  
Temperaturprogram: 35 °C i 5 min., 10 °C/min. til 200 °C, 200 °C i 10 min.  
Kolonnestrykk: 16 psi  
Kolonneflow: 1.6 ml/min.  
Injektor: Splitless  
Injektortemperatur: 250 °C  
Detektor: Flammeionisasjon (FID)  
Detektortemperatur: 250 °C  
Data/integratorsyst.: HP 3396 Series II Integrator/PE Turbochrom ver. 4.1.2

Under de gitte betingelser har kuldemedier følgende retensjonstider: HFK 143a (6.63 min.); HFK 125 (7.32 min.); HFK 134a (8.87 min.); HKFK 22 (9.30 min.); Etanol (13.63 min.).

### 5.3. Bestemmelse av flyktige organiske forbindelser ved hjelp av adsorbentrør og automatisk termodesorpsjon-gasskromatografi-massespektrometri.

Potensielle flyktige/semiflyktige organiske forbindelser (VOC/SVOC) fra nedbrytning av kuldemedier og/eller kompressorolje ble samlet opp på Perkin Elmer ATD-rør pakket med Tenax TA seriekoplet med et "back-up" rør pakket med Carbosieve eller Spherocarb for svært flyktige VOC. Tenax TA- og Spherocarbrørene var pakket ved laboratoriet ved YMA, mens Carbosieverørene var av typen «ultra-clean» forkondisjonert fra Hewlett Packard. Prøvene ble tatt med batteridrevne pumper (type Casella SP 2, SKC serie 224 eller Ametek) med prøvetakingshastighet ca. 50 ml/min. Prøvetakingen ble utført så nær kuldemontøren som mulig i perioder med termisk arbeid. Etter prøvetaking ble rørene forseglet med Swagelok end-caps med teflonferruler og oppbevart i kjøleskap (+4 °C) til analyse. Metoden gjør det mulig å fange opp VOC/SVOC over et stort flyktighetsområde.

ATD-rørene ble analysert ved hjelp av termodesorpsjon og gasskromatograf med massespektrometrisk detektor, (ATD-GC/MS). Metoden gjør det mulig å separere og identifisere forbindelser som damper av eller blir dannet ved nedbrytning og/eller kjemiske reaksjoner under termisk arbeid. De identifiserte forbindelsene kan deretter bestemmes semikvantitativt som toluenekvivalenter. Svært tungtflyktige stoffer som eventuelt fanges opp under prøvetakingen, vil ikke kunne bestemmes med denne metoden.

#### Analysebetingelser:

Gasskromatograf/massespektrometer: Fisons MD800  
Termodesorpsjonsenhet: Perkin Elmer ATD-400

#### ATD-betingelser:

Desorpsjonstemperatur: 250 °C  
Desorpsjonstid: 5 min.  
Desorpsjons-flow: 40 ml/min.  
Outsplit: 70 ml/min.  
Kjølefelletemperatur, lav: -30 °C  
Kjølefelletemperatur, høy: 275 °C  
Valve temperatur: 200 °C

Line temperatur:	200 °C
Bæregasstrykk:	11 psi
GC-betingelser:	
Kolonne:	SGE BPX 5 (l = 25 m, id = 0.22 mm, df = 0.25 µm)
Kolonneløp:	ca. 0.6 ml/min.
Temperaturprogram:	
1. Tenax TA:	35 °C i 5 min., 2 °C/min. til 80 °C, 80 °C i 2 min., 20 °C/min. til 300 °C, 300 °C i 5 min.
2. Carbosieve/Spherocarb:	35 °C i 5 min., 2 °C/min. til 40 °C, 40 °C i 2 min
MS-betingelser:	Fullscan m/z 40 - 350

#### 5.4. Bestemmelse av fosgen i luft ved hjelp av fargeindikatorrør.

Fosgen i luft ble bestemt med fargeindikatorrør for fosgen (Dräger 8101521 Phosgen 0.02/a). Indikatorrørene har en deteksjonsgrense på 0.02 ppm (20 pumpeslag). Metoden er basert på at fosgen reagerer med et aromatisk amin under dannelse av reaksjonsprodukt som gir fargeomslag fra hvit til rød.

#### 5.5. Bestemmelse av gassformig fluorid (HF) og klorid (HCl).

Gassformig fluorid og klorid ble samlet opp ved bruk av 37 mm cellulosefiltre impregnert med 10% KOH-løsning. Analysene ble utført av SINTEF Kjemi, Uorganisk prosesskjemi og analysert i Trondheim.

Fluorid ble bestemt med ioneselektiv F<sup>-</sup>-elektrode på SINTALYZER etter SINTEF's internprosedyre KS 66-23-A-500.7.

Klorid ble bestemt med en Dionex DX 500 ionekromatograf utstyrt med en AS9 HC kolonne, etter SINTEF's internprosedyre KS 66-23-L-009.

De rapporterte verdiene er gjennomsnittsverdier av to parallelle uttak av hvert filterekstrakt. Kravet til spredningen på disse parallelle prøvene ved analysen var  $\leq \pm 5\%$ .

Den rapporterte deteksjonsgrensen for fluoridbestemmelsen er 2 µg F<sup>-</sup>/filter. For klorid er ikke deteksjonsgrensen oppgitt.

#### 5.6. Bestemmelse av trifluoreddiksyre (TFA) i urin med ionekromatografi

Urinprøvene (i NUNC-rør) ble frosset ned til -20°C umiddelbart etter ankomst STAMI. Etter opptining ble det tatt ut 200 µl urin og tilsatt 400 µl av 50 µg Br/ml-internstandardløsning samt 1400 µl ionebyttet vann (> 17.8 MΩ). Prøvene ble sentrifugert gjennom 0.22 µm Durapore membranfilter (Millipore Ultrafree-CL GVPP Low Binding Durapore 0.22 µm, Cat.no. UFC40GV00) før prøvene ble overført til prøveveksler. Vandige kalibreringsløsninger ble laget med samme konsentrasjon av internstandard (10 µg Br/ml).

Analysebetingelser:

Ionekromatograf: Dionex DX-500 HPLC-IC med Dionex GP40 gradientpumpe og

Prøveveksler: Dionex ED40 elektrokjemisk detektor.  
 Kolonner: Gilson 231 XL med Gilson 402 sprøytepumpe  
 Forkolonne: Dionex AG11 (4x50mm)  
 Analytisk: Dionex Ion-Pac AS11 (4x250mm)  
 Suppressor: Dionex ASRS-11 anion selv-regenererende  
 Eluentflow: 1.5 ml/min  
 Eluent: A: 10 mM NaOH  
           B: Ionebyttet vann  
           C: 76 mM NaOH  
 Gradientprogramm: 0 - 5 min 50% A og 50% B  
                       5 - 9 min Lin. forandring til 100% A  
                       9 - 25 min 100% A  
                       25 - 27 min Lin. forandring til 100% C  
                       27 - 40 min 100% C  
                       40 - 42 min Lin. forandring til 50% A og 50% B  
                       42 - 50 min 50% A og 50% B  
 Databehandling: Dionex PeakNet<sup>®</sup>, versjon 4.30  
 Retensjonstider: TFA 12.92 min; Bromid 14.78 min.

Bestemmelsesgrensen ble beregnet ut fra integrasjon av grunnlinjen for 19 urinprøver uten identifiserbar TFA. Bestemmelsesgrensen er 6.4 µg TFA/ml urin angitt ved 3x standardavviket av disse bestemmelsene. Repeterbarheten ble bestemt til å være ± 6% (RSD) for kalibreringsløsningene. Gjenfinning ble funnet til å være 98 ± 3% ved analyse av standard urin (Seronom, Trace elements) tilsatt kjente nivåer med TFA. Kalibreringskurven ble testet lineært innenfor 0 - 180 µg TFA/ml urin.

## 6. RESULTATER

Ialt ble det målt forurensninger i arbeidsatmosfæren ved 30 ulike arbeidsoperasjoner. Ved tre anledninger ble målinger utført på samme person og dag, men i to ulike arbeidsoperasjoner. I noen tilfeller ble samme person også målt ved forskjellige arbeidsoperasjoner, men målingene lå over en måned fra hverandre i tid. I alt deltok 22 kuldemontører i undersøkelsene. De var i gjennomsnitt 37.7 år gamle (spredning 24 - 64).

Tabell 2 viser at kuldemontørene i hovedsak anga å ha vært i kontakt med HKFK 22. Dette er i samsvar med importtallene fra 1996 og 1997 (tabell 1). Overraskende mange anga også å ha arbeidet med KFK12 siste måned. Sannsynligvis foreligger dette i gamle anlegg, hvor nyere kuldemedier fylles på etter tapping av anlegget for KFK 12. Av de rent fluorerte kuldemediene anga montørene å ha vært i kontakt med blandingsproduktet R 404A, og i noe mindre grad HFK134a. Dessuten anga endel personer å ha arbeidet med R401A og R402A. Dette er også blandingsprodukter, i hovedsak av HKFK 22 og HFK (R401A: 53% HKFK 22, 13% HFK 152a, 34% HKFK 124; R402A: 38% HKFK 22, 60% HFK 125, 2% propan), som ofte brukes som erstatning for KFK 12.

Tabell 2 Andel personer av 27 (antall og prosent) som oppga å ha arbeidet med de angitte kuldemedier og oljetyper, og antall ganger man har sveiset siste måned og siste fem arbeidsdager.

	Siste måned		Siste 5 arbeidsdager	
	antall	prosent	antall	prosent
KFK 12	19	70.4	5	18.5
HKFK 22	26	96.3	17	63.0
HFK 134a	15	55.6	10	37.0
R401A	15	55.6	0	0
R402A	18	66.7	5	18.5
R404A	24	88.9	16	59.3
R407C	2	7.4	0	0
R502	16	59.3	7	25.9
R507	5	18.5	1	3.7
Mineraloljer	22	81.5	-	
Syntetiske oljer	17	63.0	-	
Esteroljer	25	92.6	-	
	gj.sn.	min.-maks.	gj.sn.	min.-maks.
Antall ganger sveiset	3.4	0-10	0.9	0-3

- ikke spurt

Kuldemontørene anga å ha vært eksponert for alle typer kompressoroljer i anleggene siste måned. Ingen av oljetyperne ble angitt særlig oftere enn andre. Eksponering for tradisjonelle mineraloljer siste måned ble angitt av 81.5%, mens de nyere esteroljene ble angitt av 92.6% av montørene i samme periode. Hyppigheten av eksponering for de forskjellige oljetyper ble ikke kartlagt.

Montørene anga i gjennomsnitt å ha sveiset 3.4 ganger siste måned i luft forurenset med kuldemedier eller i gjennomsnitt 0.9 ganger siste uke. Episodene med termisk arbeid var også av kort varighet (gjennomsnitt 11.5 min/gang; spredning 4 - 24 min.) (ikke tabellert). Dette må vurderes som et maksimalestimat, fordi det i mange tilfeller av registreringer var kortere avbrudd i den oppgitte perioden med termisk arbeid.

Tabell 3 Konsentrasjoner av kuldemedier i arbeidsatmosfæren oppsamlet ved hjelp av batteridrevet løsemiddelpumpe og adsorbentrør.

	Måletid (min)		Konsentrasjon (ppm)	
	gjennomsnitt <sup>#</sup>	lavest - høyest	gjennomsnitt <sup>*</sup>	lavest - høyest
HKFK 22 (n=12)	98	6 - 390	66.6	3 - 614
HFK 134a (n=8)	54	20 - 120	20.5	3 - 106
R404A	117	20 - 210		
HFK 125 (n=10)	-	-	10.8	1 - 37
HFK 134a (n=10)	-	-	3.2	0.3 - 123
HFK 143a (n=10)	-	-	13.1	0.3 - 61

<sup>#</sup> aritmetisk gjennomsnitt; <sup>\*</sup> geometrisk gjennomsnitt

Tabell 3 viser samlet eksponering for de respektive kuldemedier over den tiden montørene ble eksponert. Varigheten av arbeidene som medførte eksponering varierte fra 6 til 390 minutter. Tidene gjenspeiler ikke varigheten av hele arbeidet, men den tiden montørene arbeidet i et

område hvor luften var forurenset med kuldemedier. Konsentrasjonene målt over tidsrommet varierte fra 0.3 ppm HFK143a (enkeltkomponent i R 404A) til 614 ppm HKFK 22. Gjennomgående var konsentrasjonene lave, med geometrisk gjennomsnitt på 66.6 ppm HKFK 22 som det høyeste. For R 404A presenteres konsentrasjonene for enkeltkomponentene.

De målte konsentrasjonene presentert i tabell 3 er integrert over hele tidsrommet eksponering for kuldemedier fant sted. Realiteten i eksponeringssituasjonen er derimot at den tidsoppløste eksponeringen varierte betydelig. Dette ble undersøkt ved hjelp av en direktevisende fotoakustisk IR-analysator og viste kortvarige perioder med høyere eksponering. En slik periode med høyere eksponering ble definert til at konsentrasjonen i perioden oversteg nivået før perioden med minst faktoren 3. Det innebærer at en slik periode kan ha en lav konsentrasjon, når eksponeringen forøvrig er lav. En slik definert periode hadde en varighet i gjennomsnitt på ca. 5 til 8 minutter, avhengig av hvilket kuldemedium som ble målt (tabell 4). Den maksimale varigheten på en slik periode var ca. 20 min., mens den 50. percentilen viser tiden i minutter hvor halvparten av periodene hadde en lenger varighet og halvparten av periodene hadde en kortere varighet. HKFK 22 ble målt i 12 arbeidssituasjoner, og i gjennomsnitt forekom det ca. 2.7 perioder hvor HKFK 22 var kuldemedium, ca. 2.8 perioder ved bruk av HFK 134a, og ca. 3.6 perioder ved bruk av R404A, det vil si at antallet perioder var forholdsvis likt uavhengig av kuldemedium.

Tabell 4 Varigheten (i minutter) av perioder med høye eksponeringer for HKFK 22, HFK 134a eller R404A (blanding) ved 30 eksponeringssituasjoner.

	gj.sn.*	min	max	25.percentil	50.percentil	75.percentil
HKFK 22 (n=32)	4.9	1	21	3	4	5
HFK 134a (n=22)	5.0	1	11	2	3.5	9
R404A						
HFK 125 (n=36)	8.3	3	18	5.25	8	10
HFK 134a (n=31)	5.7	1	16	4	4	7
HFK 143a (n=36)	8.3	3	18	5.25	8	10

\* aritmetisk gjennomsnitt

Den maksimale konsentrasjonen som ble målt ved slike perioder er vist i tabell 5. I gjennomsnitt var den maksimale konsentrasjonen 460 ppm HKFK 22. 25% av de maksimale konsentrasjonene var høyere enn 2915 ppm, med høyeste påviste konsentrasjon 12000 ppm. Gjennomsnittlig maksimale konsentrasjon for HFK 134a var 308 ppm, og 25% av de målte maksimale konsentrasjonene var over 848 ppm. Tallene for R 404A deles i tre grupper etter substansene som inngår i blandingsproduktet.

Tabell 5 Maksimal konsentrasjon (i ppm) målt i perioder med høye eksponeringer av HKFK 22, HFK 134a eller R404A (blanding) ved 30 eksponeringssituasjoner.

	gj.sn.*	min	max	25.percentil	50.percentil	75.percentil
HKFK 22 (n=32)	460	11	12000	74	410	2915
HFK 134a (n=22)	308	32	1400	125	400	848
R404A						
HFK 125 (n=36)	157	13	1200	82	181	299
HFK 134a (n=31)	11	1,5	347	5	11	18
HFK 143a (n=36)	188	11	1440	107	217	378

\* geometrisk gjennomsnitt

For å illustrere dette typiske eksponeringsmønsteret vises til figurene 1 - 6 i rapportens vedlegg. Det fremgår der at perioder med høye eksponeringer var assosiert med noen typiske arbeidsoperasjoner. Mellom disse periodene var de påviste konsentrasjonene av kuldemedier i arbeidsluften betydelig lavere, og i mange tilfeller nesten ikke målbare.

Det ble ikke påvist fosgen under termisk arbeid med HKFK 22 tilstede i luften. Den brukte metoden har en deteksjonsgrense på 0.02 ppm. Filtre impregnert med kaliumhydroksyd (KOH) for påvisning av gassformig fluorid (15 filtre) og klorid (5 filtre) ble eksponert ved termisk arbeid. Det ble påvist fluorider på 9 av 15 filtre, både i luft forurenset med HKFK 22, HFK 134a og R 404A. Klorider ble påvist på 3 av 5 filtre eksponert ved termisk arbeid i luft forurenset med HKFK 22. I gjennomsnitt ble det påvist 0.40 mg/m<sup>3</sup> (minimum 0.03; maksimum 1.59) fluorider på de 9 filterne som inneholdt dette. Tilsvarende var gjennomsnittet for de 3 filterne som inneholdt klorider 5.0 mg/m<sup>3</sup> (minimum 0.7; maksimum 11.5).

Luftprøver tatt ved termisk arbeid inneholdt et stort antall ulike flyktige forbindelser i noe varierende konsentrasjoner. Analysen av Carbosieve-rør ble delvis mislykket på grunn av en flyktig forurensning som overlappet/maskerte flere av de aktuelle kuldemediene. De påviste komponentene kan grovt inndeles i følgende grupper:

- halogenerte forbindelser (kuldemedier samt enkelte klorerte løsemidler)
- alifatiske hydrokarboner (alkaner/alkener)
- aromatiske hydrokarboner (toluen, xylener)
- andre organiske forbindelser

De halogenerte forbindelsene omfattet de anvendte kuldemedier, bortsett fra HFK 125 og HFK 134a ved bruk av R 404A (tabell 6). I en enkelt prøve kunne man i tillegg til det benyttede kuldemedium også påvise enkelte andre klorfluorkarboner som KFK 11 (triklorfluormetan), HKFK 124 (1-klor-1,1,2,2-tetrafluoretan), HKFK 123 (1,2-diklor-1,1,2-trifluoretan) og KFK 113 (1,1,2-triklor-1,2,2-trifluoretan). Denne prøven ble imidlertid tatt under arbeid i et verksted hvor det muligens ble oppbevart utstyr med andre kuldemedier, mens KFK 113 har blitt mye benyttet som rensevæske i bl. a. verksteder. I tilsammen 4 prøver ble det også påvist klorerte løsemidler som diklormetan, trikloreten og tetrakloreten. Det er mest sannsynlig at dette er bakgrunnsforurensninger og ikke nedbrytningsprodukter. I en av prøvene var konsentrasjonen av tetrakloreten 4.2 mg/m<sup>3</sup> (som toluenekvivalenter), mens de øvrige konsentrasjonene av klorerte løsemidler var < 10 µg/m<sup>3</sup> (tabell 7). I en prøve ble det påvist 3-(klormetyl)-heptan i små mengder, en forbindelse som kan tenkes å være et reaksjonsprodukt fra termisk nedbrytning.

Mange av de alifatiske og aromatiske hydrokarbonene som ble påvist (tabell 7), finner man overalt i innemiljø sammenheng. Disse forbindelsene er sannsynligvis en indikator på det generelle bakgrunnsnivået. Kun de litt tyngre alifatiske hydrokarbonene kan tenkes å stamme fra mineraloljer som brukes som kompressoroljer.

Av andre mer spesielle forbindelser ble eddiksyre, ftalsyreanhydrid og benzothiazol påvist i 2 prøver (tabell 7). Eddiksyre og ftalsyreanhydrid kan tenkes å være nedbrytningsprodukter fra visse materialer, men kan vanskelig knyttes til nedbrytning av kuldemedier.



Tabell 6 Kvalitativ påvisning av halogenerte forbindelser i luftprøver tatt under termisk arbeid på kjøleanlegg.

Prøve	5	11	14	4	16	17	9	10	15
Kuldemedium	HKFK 22	HKFK 22	HKFK 22	HFK 134a	HFK 134a	HFK 134a	R404A	R404A	R404A
Komponent									
Klordifluormetan	x	x	x			x			
1,1,1,2-Tetrafluor- etan				x					
1,1,1-Trifluoretan								x	x
Triklorfluormetan	x		x				x		
Diklorometan		x	x				x		
Trikloreten		x	x						
Tetrakloreten		x			x				

Tabell 7 Semikvantitativ (som toluenekvivalenter) bestemmelse av flyktige organiske forbindelser i luftprøver tatt med Tenax ATD-rør tatt under termisk arbeid på kjøleanlegg. Konsentrasjon er angitt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Prøve	5	11	14	4	16	17	9	10	15
Kuldemedium	HKFK 22	HKFK 22	HKFK 22	HFK 134a	HFK 134a	HFK 134a	R404A	R404A	R404A
Komponent									
Trikloreten		5	6						
Tetrakloreten		4203			6				
Andre klorerte forb.					8				10
Dekan			40	17	46				
Undekan			115		38				
Dodekan			103	16					
Alifater C10-C15	<20	<20	300	33	92	<20	<20	1473	<20
Alifater >C15	312	34	52		242		164	41	16
Andre alkaner/alkener					136				22
Toluen	12	34	15	27	135	<5	10	<5	6
Andre aromater					283				
Benzothiazol	2					6			
Eddiksyre	99			143					
Ftalsyreanhydrid	6								2
Andre ident. Forb.					26				18
Uidentifiserte VOC	846	878	369	58	411	17	876	37	32

TFA i urinen ble målt hos de 9 kuldemontørene med høyest eksponering for HFK 134a eller R 404A. Personene avla tre urinprøver, slik at sammenlagt 30 urinprøver ble analysert. Det ble i kun en urinprøve funnet en svært lav konsentrasjon av TFA ( $7.1 \mu\text{g}/\text{ml}$  urin). TFA i konsentrasjoner over deteksjonsgrensen ( $< 6.4 \mu\text{g}/\text{ml}$ ) ble ikke påvist i de andre urinprøvene.

Undersøkelsen kartla hyppigheten av forskjellige subjektive symptomer hos kuldemontørene. Kun 22 personer var med i kartleggingene av de 30 arbeidsoperasjonene. Tolkningen av svarene på spørreskjemaene må gjøres med stor forsiktighet på grunn av gruppens størrelse og fraværet av en kontrollgruppe til sammenligning. Svarene kan derfor bare gi en mulig indikasjon på spor man kan følge videre. Montørene anga forholdsvis mange symptomer på det såkalte Ørebro-skjemaet (Q16) (tabell 8). Som vanlig ved slike undersøkelser anga en stor andel at de var glemske, at familien mente de var glemske og videre at de hadde konsentrasjonsvansker. Montørene anga i gjennomsnitt 4.5 ja-svar på Q16 (minimum 0, maksimum 10). I en undersøkelse av ansatte i prosessindustrien anga kontrollpersonene som ikke var eksponert for nevrotoksiner (median alder 40.5 år) 2.0 ja-svar i gjennomsnitt (Ellingsen og Efskind, 1999). Gruppen av kuldemontører synes mer symptombelastet enn de industrielt ansatte.

Tabell 8 Andel personer blant 22 kuldemontører som anga subjektive symptomer på Ørebroskjemat (q16).

Spørsmål	Antall personer med ja-svar (n)	Andel personer med ja-svar (%)
Er du unormalt trøtt?	7	31.8
Får du hjerteklapp uten at du anstrenger deg?	7	31.8
Er du ofte følelsesløs i noen del av kroppen, eller har kriblende eller stikkende smerter?	6	27.3
Bli du ofte irritert uten grunn?	4	18.2
Er du ofte deprimert eller nedfor uten direkte årsak?	2	9.1
Har du vanskelig for å konsentrere deg?	10	45.5
Er du glemsk?	14	63.6
Svette du uten rimelig grunn?	4	18.2
Har du vanskelig for å kneppe knapper?	1	4.5
Har du vanligvis vanskelig for å lese aviser og bøker med utbytte?	4	18.2
Sier familien at du er glemsk?	11	50
Føler du av og til trykk for brystet?	8	36.4
Må du skrive huskelapper unormalt ofte?	5	22.7
Må du ofte gå tilbake og kontrollere ting, f.eks. om du har slått av komfyren, låst døren o.s.v.?	9	40.9
Har du hodepine minst en gang i uken?	6	27.3
Er du unormalt lite seksuelt interessert?	3	13.6

Kuldemontørene fylte ut et spørreskjema med direkte fokusering på plager relatert til arbeidsmiljøet (tabell 9). Omtrent halvparten av montørene anga symptomer av irritativ karakter i øyne og øvre luftveier. Fire personer anga åndenød/kortpustethet, mens tørr, kløende hud på hender ble angitt av 50%. Én person anga å være plaget med hovne ledd. Ingen personer anga på det åpne spørsmålet om andre arbeidsmiljørelaterte plager, å ha sår som grodde langsomt.

Tabell 9 Andel personer blant 22 kuldemontører som angir utvalgte subjektive symptomer de siste tre måneder.

Har du i løpet av de siste 3 måneder hatt følgende plager:	Antall personer med ja-svar (n)	Andel personer med ja-svar (%)
-kløe, svie eller irritasjon i øynene?	9	40.9
-kløe/svie i nesene, nesetetthet eller rennende nese?	14	63.6
-heshet eller tørrhet i halsen?	11	50
-åndenød eller kortpustethet?	4	18.2
-tørr, kløende hud på hendene?	11	50
-fortykket hud på hendene?	3	13.6
-rød hud i ansiktet som ikke går over?	3	13.6
-muskelsmerter i lår/legg eller overarm/underarm?	8	36.4
-muskelsmerter i andre kroppsdeler?	3	13.6
-kraftig opphovnede ledd?	1	4.5
-stivhet i ledd i mer enn 15 minutter om morgenen?	5	22.7
-stivhet i ledd i mer enn 1 time om morgenen?	2	9.1
-andre plager du tror har med arbeidet å gjøre?	9	40.9

## 7. VURDERING

Basert på spørreskjema synes kuldemontørene overveiende å være eksponert for de kulde-mediene som også ble kartlagt; HKFK 22, HFK134a og blandingsproduktet R 404A. R 401A, R 402A og R 502 (48.8% HKFK 22, 51.2% KFK 115) synes også å være produkter som de kommer endel i kontakt med. Det synes som om montørene kommer i kontakt med alle forskjellige typer kompressoroljer, men undersøkelsen hadde ikke som formål å kartlegge hyppigheten av slik eksponering.

Undersøkelsen viser at samlet eksponering for kuldemedier var moderat. Montørene var eksponert for 66.6 ppm HKFK 22 i geometrisk gjennomsnitt i gjennomsnittelig 98 min. Vi har ingen tidsstudie av en montørs arbeidsdag, men med kjøring til og fra arbeidssted og rigging av utstyr, må det antas at samlet eksponeringstid for kuldemedier i løpet av arbeidsdagen er kortere enn de 8 timene som legges til grunn for de administrative normer (500 ppm for HKFK 22). Hvis vi regner de påviste konsentrasjoner om til en 8 timers arbeidsdag, blir geometrisk gjennomsnitt 9.1 ppm for HKFK 22 (minimum 0, maksimum 128), altså betydelig under administrativ norm for HKFK 22. Eksponeringen for HFK 134a og R 404A var lavere enn for HKFK 22, men det er ingen administrative normer for disse kuldemediene (1996).

Et karakteristisk trekk er den store andelen av eksponeringen assosiert med perioder med forholdsvis høye eksponeringer. Disse periodene har en typisk varighet på rundt 5 min, med spredning fra 1 til over 20 minutter. Den høyeste påviste toppeksponeringen var 12000 ppm HKFK 22. Samlet var 25% av de målte episodene for HKFK 22 over 2915 ppm. Korttidsverdien i de administrative normer for HKFK 22 er 625 ppm, en konsentrasjon som ble overskredet i 5 av de 12 arbeidssituasjoner hvor dette kuldemediet ble målt.

Forholdsvis lite termisk arbeid ble gjort i gruppen som ble undersøkt, anslagsvis 1 gang i uken i noe over 10 minutter i gjennomsnitt. Undersøkelsen påviste ikke fosgen i noen situasjon med termisk arbeid i nærvær av det klorholdige HKFK 22. Dette utelukker ikke at fosgen kan oppstå i slike situasjoner, men fordi sveisetiden var kort antas at lite fosgen oppstår. Det kan da være vanskelig å påvise. Derimot ble det påvist gassformige fluorider på 9 av 15 filtre samlet inn ved termisk arbeid i luft forurenset med fluorholdige kuldemedier. Klorider ble også påvist på 3 av 5 filtre samlet inn ved termisk arbeid i luft forurenset med HKFK 22. Gassformige fluorider (beregnet som hydrogenfluorid) og klorider (beregnet som saltsyre) er indikasjoner på at nedbrytning av kuldemedier sannsynligvis finner sted ved termisk arbeid. Det kan dog ikke helt utelukkes at små mengder kuldemedier kan reagere med tørrfilteret som er impregnert med kaliumhydroksid, noe som i såfall kan resultere i falske høye verdier. Gassformig fluorid (beregnet som HF) har en administrativ norm på  $0.6 \text{ mg/m}^3$  over en 8 timers arbeidsdag, slik at ingen av de påviste konsentrasjonene overskred dette. Tilsvarende har hydrogenklorid en administrativ norm på  $7 \text{ mg/m}^3$  over en 8 timers arbeidsdag.

Undersøkelsen kunne derimot ikke med sikkerhet påvise fluorholdige organiske nedbrytningsprodukter fra de anvendte kuldemediene ved termisk arbeid i forurenset arbeidsatmosfære. Vi kan likevel ikke utelukke at slike forbindelser oppstår ved sveising i nærvær av kuldemedier. I denne undersøkelsen var tiden sveising foregikk kort, og konsentrasjonen av kuldemediet var relativt lav, slik at mengden fluorholdige nedbrytningsprodukter vil være liten og følgelig vanskelig å detektere. En annen mulig forklaring kan være at den anvendte metoden, oppsamling med Tenax- og Carbosieve/Spherocarb-rør i serie og analyse ved hjelp

av ATD-GC-MS, ikke har vært egnet til å påvise de aktuelle fluorholdige nedbrytningsprodukter. Det er alltid en fare for dette når man ikke vet hvilke forbindelser som er tilstede, men utfra foreliggende kunnskap og erfaring er det lite sannsynlig at metoden ikke i det hele tatt skulle kunne påvise slike fluorholdige nedbrytningsprodukter. Det ble i undersøkelsen påvist både eddiksyre og ftalsyreanhydrid (i lave konsentrasjoner) som begge er irriterende.

TFA i urinen i konsentrasjoner over deteksjonsgrensen ble kun funnet i én prøve. Konsentrasjonen var såvidt lav at resultatet er beheftet med en viss usikkerhet. Dette kan indikere at eksponeringen har vært så lavgradig at påviselige nedbrytningsprodukter av denne typen i kroppen til kuldemontørene enten ikke oppstår eller bare oppstår i svært lave konsentrasjoner. Dette kan også indikere at TFA i urinen ikke er relevant for å overvåke eksponering hos kuldemontører som eksponeres i slike situasjoner som her har blitt kartlagt.

I en undersøkelse av frivillige mennesker, ble to grupper med tre individer eksponert i 4 timer for HKFK 22 i konsentrasjonene 92 ppm og 518 ppm. Basert på disse undersøkelsene konkluderte forfatterne med at HKFK 22 absorberes dårlig i kroppen og at det utskilles hurtig. Videre fant man ingen tegn på nedbrytning av HKFK 22 i kroppen målt ved konsentrasjonen av fluor i urinen (Woollen et al., 1992). Basert på undersøkelser av rotter kan det antas at HFK 134a brytes ned i kroppen i noen utstrekning. I hovedsak skilles stoffet uforandret ut, men TFA i urinen, karbondioksid i utåndingsluften og ukjente metabolitter i avføringen har vært påvist i lave konsentrasjoner (Dekant, 1996). Også HFK 125 har vært vist nedbrutt til TFA skilt ut i urinen i lave konsentrasjoner, og dermed dokumentert nedbrytbart i biologiske systemer (Dekant, 1996).

HKFK 22 har lav akutt toksisitet (giftighet) i dyremodeller ved inhalasjon. Konsentrasjoner av HKFK 22 i innåndingsluften i området 220000 - 365000 ppm har vist øket dødlighet i dyremodeller (rotter, mus og marsvin). Påvirkning av sentralnervesystemet har gått forut for inntrått død (WHO, 1991). Korttids inhalasjonforsøk (daglig eksponering opptil 90 dager) har vist varierende effekter. Hos rotter, marsvin, hunder og katter ble ingen effekter av eksponering for 175 g/m<sup>3</sup> HKFK 22 (50000 ppm) 3.5 timer/dag, 5 dager/uke i 4 uker funnet på kroppsvekt, organvekt, mikroskopiske undersøkelser av vev, bestemmelse av urinparametre eller ved undersøkelser av blodet (Weigand, 1971). I rotter (35 og 17.5 g/m<sup>3</sup>) og hunder (17.5 g/m<sup>3</sup>) eksponert for HKFK 22 daglig i 6 timer i 13 uker ble ingen sykliske forandringer funnet ved de brukte metodene, og undersøkelsen konkluderte med at eksponeringsnivået hvor ingen effekt kunne dokumenteres lå høyere enn 35 g/m<sup>3</sup> (10000 ppm) for rotter og 17.5 g/m<sup>3</sup> (5000 ppm) for hunder (Leuschner et al., 1983). Undersøkelser av dyr eksponert for HKFK 22 i langtids inhalasjonsstudier foreligger også. Tinston et al. (1981) eksponerte grupper av 80 hunnmus og 80 hannmus for konsentrasjonene 0, 3.5, 35 og 175 g/m<sup>3</sup> 5 timer/dag, 5 dager/uke i opptil 83 uker. Det eneste konsistente funnet var hyperaktivitet hos de høyest eksponerte musene. En tilsvarende undersøkelse på rotter påviste enkelte forandringer på vektutvikling i den høyest eksponerte gruppen (175 g/m<sup>3</sup> = 50000 ppm) (Tinston et al., 1981). Dette står i noe kontrast til undersøkelsene av Karpov (1963) som angivelig påviste effekter av eksponering for HKFK 22 ved eksponering for 50 g/m<sup>3</sup>.

Det foreligger en stor dyrestudie som evaluerer toksisiteten av HFK 134a (Collins et al., 1995). Undersøkelsene er basert på inhalasjon (innånding), i det ene tilfellet 6 timer/dag, 5 dager/uke i 13 uker, med grupper av 20 hannrotter og 20 hunnrotter eksponert for 2000 ppm, 10000 ppm eller 50000 ppm. I det andre tilfellet ble grupper av 85 hannrotter og 85 hunnrotter

eksponert for 2500 ppm, 10000 ppm eller 50000 ppm i 6 timer/dag, 5 dager/uke, gjennom 2 år. I tillegg ble ueksponerte rotter undersøkt. En rekke analyser av blod -og urinprøver ble gjort, samt undersøkelser av dyrenes organer etter avlivning. Ingen syklige forandringer ble funnet for noen av de målte parametre i studien som gikk over 13 uker. I 2-års studien ble det påvist forandringer (hyperplasi) i testiklene til dyr som hadde vært eksponert for 50000 ppm, mens intet ble funnet hos dyr eksponert for 10000 eller 2500 ppm. Disse studiene indikerer at toksisiteten for HFK 134a er lav, og at høye konsentrasjoner daglig over svært lang tid (2 år er tilnærmet rottens levetid) er nødvendig for å indusere skade. En rekke in vivo og in vitro forsøk ga ikke holdepunkter for genotoksiske (arvestoffeskader) effekter i den studien.

Forholdsvis begrenset toksikologisk informasjon er tilgjengelig for HFK 125. Det kan likevel synes som om toksisiteten er lav. I grupper av rotter eksponert for opptil 15000 ppm HFK 125 6 timer/dag, 5 dager/uke, i 4 uker fant man ingen forandringer i dødlighet, kroppsvekt, biokjemiske parametere eller forandringer i blodets sammensetning. Heller ikke indre organers vekt eller vevsstrukturer (morfologi) var forandret hos disse dyrene (Dekant, 1996). Kroniske toksisitetsundersøkelser for HFK 125 har vi ikke funnet i litteraturen.

Det synes heller ikke å være mye informasjon om toksisiteten av HFK 143a i vitenskapelig litteratur. Akutt dødlighet ved inhalasjon inntreffer først ved konsentrasjoner over 500000 ppm hos rotter. Undersøkelser av rotter eksponert for HFK 143a i 6 timer/dag, 5 dager/uke i 90 dager ved inhalasjon av konsentrasjonene 0, 2000, 10000 eller 40000 ppm viste ingen tegn til syklige forandringer hos dyrene (Brock et al., 1996).

Det har vært mye fokusert på kuldemedienes evne til å indusere hjerterytmeforstyrrelser. Dette har sin bakgrunn i påviste hjertearytmier hos personer som har misbrukt kuldemedier til rusformål (sniffing). Artikkelen til Brady et al. (1994) kan stå som eksempel for mange slike beskrivelser. Av de kuldemediene som har vært i fokus i denne undersøkelsen foreligger endel dokumentasjon av hjertepåvirkning fra HKFK 22. Hunder anses som det mest adekvate modelldyret for hjertepåvirkning fra klorfluorkarboner (Snyder et al., 1997). I hundemodeller har en påvist hjertearytmier ved luftkonsentrasjoner av HKFK 22 på 175 g/m<sup>3</sup> (50000 ppm) (Mullin, 1975; Reinhart et al., 1971) eller 490 g/m<sup>3</sup> (140000 ppm) (Clark og Tinston, 1982). Derimot fant man ingen hjerterytmeforstyrrelser ved administrerte luftkonsentrasjoner på 17.5 g/m<sup>3</sup> (Leuschner et al., 1983) eller 87.5 g/m<sup>3</sup> (25000 ppm) (Reinhart et al., 1971). Således synes de luftkonsentrasjonene som er målt hos kuldemontører som har utført servicearbeid i dette prosjektet, å være lavere enn det som er dokumentert å kunne gi hjerterytmeforstyrrelser hos hunder. Dette er i samsvar med eksperimentelle studier av 11 personer som ble eksponert for HKFK 22 i 130 minutter i konsentrasjoner på 0.71 eller 1.89 g/m<sup>3</sup> ( $\approx$ 200 ppm eller 540 ppm). Ingen forstyrrelser i hjerterytmen hos disse relatert til eksponering ble påvist (Valic et al., 1982). Heller ikke en epidemiologisk undersøkelse av 89 kuldemontører som utførte servicearbeid, i hovedsak på anlegg fylt med KFK 12 og HKFK 22, kunne påvise slike effekter (Edling et al., 1990). En finsk undersøkelse av 6 kuldemontører kunne heller ikke dokumentere forandringer i hjerterytmen som effekt av eksponering (Antti-Poika et al., 1990). Den gjennomsnittlige eksponeringen for HKFK 22 i denne undersøkelsen var mellom 170 og 815 ppm. En spørreundersøkelse om palpitasjoner ble gjennomført i et patologisk laboratorium hvor HKFK 22 ble brukt, sammen med en rekke andre kjemikalier (Speizer et al., 1975). Undersøkelsen hadde som utgangspunkt at en av de ansatte døde av hjerteinfarkt. Det ble rapportert overhyppighet av palpitasjoner, men det forelå ingen objektive målinger av hjertefunksjon, og kun 2 målinger av HKFK 22 over 2 minutter. Betydningen av en slik

undersøkelse bør derfor ikke overvurderes. I en liten svensk kohortundersøkelse av yngre mannlige kuldemontører fant man ingen overhyppighet av dødsfall forårsaket av hjerte-kar sykdommer (Szmidski et al., 1981).

Terskelen for induksjon av hjerterytmeforstyrrelser antas å være høyere for HFK 125 enn for HKFK 22. En terskelverdi på 75000 ppm har vært foreslått, mens ingen effekt ble sett ved 50000 ppm (Snyder et al., 1997). For HFK 134a har en tilsvarende terskelverdi på 80000 ppm vært foreslått (Snyder et al., 1997). Induksjon av hjerterytmeforstyrrelser har blitt funnet ved eksponering av hunder ved inhalasjon av 300000 ppm HFK 143a (Brock et al., 1996). Dette er konsentrasjoner betydelig høyere enn det vi har dokumentert for kuldemontørene i denne undersøkelsen. Undersøkelser av hjerterytmen til mennesker eksponert for HFK 134a, HFK 125 eller HFK 143a i arbeidslivet har vi ikke funnet.

Det er vist i dyremodeller at HKFK 22 er akutt nevrotoksisk, men svært høye konsentrasjoner må inhaleres for at effekter på nervesystemet kan observeres. Derimot har forholdet rundt nevrotoksitet av disse stoffene vært lite undersøkt hos mennesker. En rapport fokuserte på perifer polynevropati hos ansatte i kjølebransjen, men kunne ikke dokumentere økt hyppighet av slik sykdom hos 27 kuldemontører (Campbell et al., 1986). Det ble i den undersøkelsen heller ikke funnet forandringer i EKG (hjerterytmeforstyrrelser) eller lungefunksjonstester, men montørene anga å oftere ha palpitasjoner. I en gruppe på 89 kuldemontører i Sverige ble det ikke funnet forandringer i enkel reaksjonstid før og etter eksponering i jobbsituasjonen (Edling og Ohlson, 1988). En slik måling brukes ofte som et tegn på akutt påvirkning av nervesystemet. Således har disse begrensede undersøkelsene av kuldemontører ikke gitt holdepunkter for påvirkning av nervesystemet. En kasuistisk beskrivelse av tre personer med lette utfall ved nevropsykologisk testing eksponert for KFK 113 i renseri (Rasmussen, 1988), viser etter vårt skjønn ingen årsakssammenheng mellom eksponering og toksisk encefalopati. Vi kjenner ikke til epidemiologiske undersøkelser av mulige langtidseffekter av eksponering for kuldeemidier på nervesystemet.

Denne undersøkelsen har fokusert på deler av det kjemiske arbeidsmiljøet til kuldemontører som utfører regulært planlagt servicearbeid som inkluderer åpning av anlegg fylt med brukte kuldeemidier, på kjøleinstallasjoner som er plassert innendørs. Vi har ikke hatt anledning til å undersøke eksponering ved mer akuttpregede arbeidssituasjoner hvor en lekkasje har oppstått plutselig. Vi har heller ikke undersøkt eksponeringsforhold f.eks. ombord i båter, som antas i endel tilfeller å kunne føre til betydelig eksponering på grunn av de trange forholdene som kan herske der. Generelt var de påviste totale konsentrasjonene av kuldeemidier i den undersøkte arbeidsluften moderat. Imidlertid er eksponeringssituasjonen preget av perioder med tidvis betydelig eksponering som i mange tilfeller overskrider korttidsverdien slik den beskrives i de administrative normer. Disse periodene synes å være knyttet til endel typiske arbeidsoppgaver ved servicearbeide. Termisk arbeid i luft forurenset med kuldeemidier forekom forholdsvis sjelden, og da som regel i en kortere tidsperiode. Det kan derfor være vanskelig å påvise nedbrytningsprodukter av kuldeemidier relatert til termisk arbeid, både fordi tiden er kort og at konsentrasjonene av kuldeemidier er forholdsvis lave. Likevel ble irriterende stoffer (fluorid, klorid, eddiksyre, ftalsyreanhydrid) funnet i mange prøver. Man kan spekulere i at disse kan bidra til å forklare at mange kuldemontører beskriver irritasjonsfenomener i sitt arbeid relatert til øyne og øvre luftveier.

Forskjellen i konsentrasjonsnivå av kuldemedier i arbeidsatmosfæren er avhengig av både anleggets art og lokalenes beskaffenhet. Det ble også observert tydelige forskjeller i montørenes arbeidsrutiner som vi mener kan ha betydning. Omlag halvparten av målingene er foretatt ved oljeskift på kompressorer. Målingene viser at toppeksposeringene bl.a. kommer ved tapping av den brukte oljen fra kompressoren og ved vakuumering (se figur 1 - 6 i vedlegget). For å redusere eksponeringen for kuldemedier ved vakuumering anbefaler vi at gassen ledes tilbake til en beholder i et «lukket» system. Der denne metoden ble brukt, ble det observert lavere konsentrasjonstopper av kuldemedier i arbeidsatmosfæren. Den brukte kompressoroljen inneholder rester av kuldemedier, og det er derfor viktig at oljen håndteres slik at avdampingen av kuldemedier blir minst mulig. Ved noen av våre målinger er tapping av olje blitt foretatt ved at oljen er pumpet direkte over på en restekanne, enten med håndpumpe eller elektrisk. I disse tilfellene har «topputslippene» til arbeidsrommet vært lavere enn der oljen renner «åpent» ned i et kar. Noen steder er kompressorene laget og plassert slik at tapping av olje er praktisk vanskelig uten at det blir en del søl, men vi mener likevel at det flere steder hadde vært mulig å redusere eksponeringen ved å endre enkelte rutiner. Eksempelvis ble det ved flere anledninger laget provisoriske trakter av papp eller lignende som man hadde for hånden, for å lede oljen ned i åpne kar. Det bør kunne finnes praktiske løsninger som er bedre tilpasset den enkelte kompressor, og som til enhver tid er tilgjengelig på stedet.

Det kan i denne forbindelse være grunn til å innskjerpe bruken av hansker. De fleste mon-  
ørene i undersøkelsen brukte hansker for å unngå hudkontakt med esterolje. Hudkontakt med kompressoroljer bør prinsipielt unngås, og vi anbefaler at det brukes hansker uansett oljetype ved arbeidsoperasjoner som innebærer hudkontakt. Når det gjelder øvrig bruk av verneutstyr, er antagelig ikke vanlige filtermasker effektive nok i forhold til kuldemediene, og bruk av friskluftsutstyr vil i mange tilfeller være praktisk vanskelig på grunn av arbeidslokalenes beskaffenhet. Kuldemontørenes arbeidsplasser er ofte trange rom hvor kompressorer o.l. nødvendigvis blir vanskelig tilgjengelig ved service, og hvor arbeidsstillingene blir tilsvarende. Enkelte steder var det i tillegg så lavt under taket at det ikke var mulig å stå oppreist. I nyere anlegg var dette atskillig bedre. Kuldemediene er gasser, og som alle andre gasser kan de fortrenge luften i omgivelsene, noe som kan være spesielt problematisk i trange rom. Det er derfor på sin plass å presisere at betydelig eksponering for gasser kan medføre kvelingsfare.

Støyen i kompressorrommene ble ikke målt, men vår subjektive oppfatning er at den enkelte steder var sjenerende høy. Ved noen få målinger brukte kuldemontøren hørselvern. Temperaturforholdene er også varierende, og kan i kompressorrom o.l. variere fra under 10°C til over 30 °C. I mange av disse rommene var det dessuten trekkfullt, bl.a. pga. luftekanaler. Fordi mange av rommene er så små, blir det av og til vanskelig for kuldemontøren å oppholde seg noe annet sted enn «midt i trekken» hvis han skal få gjort jobben sin.

## 8. REFERANSER

- Antti-Poika M, Heikkilä J, Saarinen L. Cardiac arrhythmias during occupational exposure to fluorinated hydrocarbons. *Br J Ind Med* 1990;47:138-140.
- Brady Jr WJ, Stremski E, Eljaiek L, Aufderheide TP. Freon inhalation abuse presenting with ventricular fibrillation. *Am J Emerg Med* 1994;12:533-536.
- Brock WJ, Trochimowicz HJ, Farr CH, Millischer R-J, Risch GM. Acute, subchronic, and developmental toxicity and genotoxicity of 1,1,1-trifluoroethane (HFC-143a). *Fund Appl Toxicol* 1996;31:200-209.
- Campbell DD, Lockey JE, Petajan J, Gunter BJ, Rom WN. Health effects among refrigeration repair workers exposed to fluorocarbons. *Br J Ind Med* 1986;43:107-111.
- Clark DG, Tinston DJ. Acute inhalation toxicity of some halogenated and non-halogenated hydrocarbons. *Hum Toxicol* 1982;1:239-247.
- Collins MA, Rusch GM, Sato F, Hext PM, Millischer R-J. 1, 1, 1, 2-tetrafluoroethane: Repeat exposure inhalation toxicity in the rat, development toxicity in the rabbit, and genotoxicity in vitro and in vivo. *Fund Appl Toxicol* 1995;25:271-280.
- Dekant W. Toxicology of chlorofluorocarbon replacements. *Environ Health Perspect* 1996;104:75-83.
- Edling C, Ohlson CG. Hälsorisker vid exponering för freoner. Uppsala, Sverige, Yrkesmedisinska Kliniken, Akademiska Sjukhuset, 1988.
- Edling C, Ohlson C-G, Ljungkvist G, Oliv Å, Söderholm B. Cardiac arrhythmia in refrigerator repairmen exposed to fluorocarbons. *Br J Ind Med* 1990;47:207-212.
- Ellingsen DG, Efskind Jon. Kartlegging av helseeffekter blant kvikksølveksponerte kloralkaliarbeidere ved Borregaard fabrikker i Sarpsborg. Statens arbeidsmiljøinstitutt 1999;HD 1100/99
- Karpov BD. (The chronic toxicity of Freon-22). *Tr Leningrad Sanit Gig Med Inst* 1963;75:231-240. (På russisk).
- Leuschner F, Neumann BM, Huebschner F. Report on subacute toxicological studies with several fluorocarbons in rats and dogs by inhalation. *Arzneimittelforschung* 1983;33:1475-1476.
- Mullin LS. Cardiac sensitization. Wilmington, Delaware, Du Pont de Nemours and Co, Haskell Laboratory, Report 1975;707-75.
- Rasmussen K. Psychoorganic syndrome from exposure to CFC 113. *Eur Neurol* 1988;28:205-207.