



Rapport nr. 02.2002

Yrkeshygieniske målinger ved påføring av epoksy- og polyuretanbaserte industrimalinger

Olve Rømyhr ¹, Morten Berntsen ², Marianne Dalene ³, Daniel Karlson ³, Roger Lindahl ⁴, Gunnar Skarping ³, Hans Thore Smedbold ¹, Håkon Lasse Leira ¹

1. Arbeidsmedisinsk avdeling, St. Olavs hospital, Universitetssykehuset i Trondheim
2. Teknologisk Institutt, Oslo
3. Arbeidsmiljøkemi, Lunds Universitet, Hässleholm
4. Arbeidslivsinstituttet, Umeå

Trondheim, januar 2002

Arbeidsmedisinsk avdeling,
St. Olavs hospital HF
Universitetssykehuset i Trondheim
7006 Trondheim
Tlf 73 86 75 15
E-mail: olve.romyhr@medisin.ntnu.no

ISSN: 0805-5688

INNHold:

Definisjoner og ordforklaringer.....	3
1 Innledning	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Organisering og finansiering	4
1.3 Malingstyper.....	5
1.3.1 Epoksybaserte malinger	5
1.3.2 Polyuretanbaserte malingstyper	6
1.4 Relevante eksponeringsmålinger.....	7
1.4.1 Relevante eksponeringsmålinger ved påføring av epoksybaserte malinger.....	7
1.4.2 Relevante eksponeringsmålinger ved påføring av polyuretanbaserte malinger.	8
2 Metoder.	9
2.1 Malingspåføring i sprøytelakkeringskammer.....	9
2.1.1 Epoksybaserte malinger	9
2.1.2 Polyuretanbaserte malinger	10
2.2 Malingspåføring i felt.....	10
2.2.1 Malingspåføring av skipside	10
2.2.2 Malingspåføring i maskinrom.....	11
2.3 Aminkonsentrasjoner i bruksferdig epoksymaling.....	12
2.4 Måle og analysemetoder og normer for eksponering.....	12
2.4.1 Prøvetakning og analyse av aminer og normer for eksponering.....	12
2.4.2 Prøvetakning og analyse av isocyanater i luft og normer for eksponering	12
2.4.3 Målinger og analyse av isocyanatrelaterte aminer i blod og urin, og normer for eksponering	14
3 Resultater.	15
3.1 Malingspåføring i sprøytelakkeringskammer.....	15
3.1.1 Epoksybaserte malinger i kammer	15
3.1.2 Polyuretanbaserte malinger i kammer.....	15
3.2 Malingspåføring i felt.....	17
3.2.1 Sprøytemaling av skipsside i tørrdokk	17
3.2.2 Sprøytemaling i maskinrom.....	19
3.3 Aminkonsentrasjoner i bruksferdig epoksymaling.....	20
4 Diskusjon	21
4.1 Eksponering for aminer ved påføring av epoksybaserte malinger	21
4.2 Påviste isocyanatforbindelser ved malingspåføring	21
4.3 Isocyanateksponering ved rull- og sprøytepåføring	22
4.4 Sammenligninger mellom ulike isocyanatholdige malinger	23
4.5 Blod- og urinprøver av isocyanateksponerte	23
4.6 Isocyanateksponering ved bruk av åndedrettsvern	25
5 Sammendrag og hovedkonklusjoner	26
6 Referanser	28
7 Vedlegg	31

Definisjoner og ordforklaringer

Isocyanatforbindelser: Stoffer som inneholder en eller flere NCO-grupper (isocyanatgrupper)

Diisocyanat (monomer): Stoffer med to funksjonelle isocyanatgrupper og som danner utgangspunkt for dannelse av polyuretaner. Vanlige eksempler er 1,6 heksametylendiisocyanat (HDI), 2,4 og 2,6 toluendiisocyanat (TDI) 4,4' difenylmetandiisocyanat (MDI) og isoforondiisocyanat (IPDI).

Monoisocyanat: Stoffer med en funksjonell isocyanatgruppe og som kan finnes som forurensning i diisocyanater (kommersielle) og/eller dannes ved termisk dekomponering av polyuretaner. Vanlige eksempler er fenylisocyanat (PhI), metylisocyanat (MIC) og isocyanasyre (ICA).

Prepolymer: Kommersielle produkter som dannes ved sammenbinding av isocyanater ved reaksjon med di- eller polyfunksjonelle alkoholer eller aminer. Det finnes to typer. En type består av en sammenbinding av isocyanater og alkoholer/aminer hvor isocyanatene er i overskudd (dvs at isocyanater finnes i produktet). Polyuretanplast dannes ved ytterligere tilsetning av alkohol/amin. Den andre typen består av en sammenbinding av isocyanater med alkohol/amin hvor isocyanatene er i underskudd. Polyuretan dannes ytterligere tilsetning av isocyanat. Prepolymerer brukes for å redusere håndtering av flyktige isocyanater. Prepolymerer har ingen enhetlig struktur, men består av ulike stoffer i blanding.

Isocyanat-addukter: Stoffer med funksjonelle isocyanatgrupper og som dannes ved at isocyanater danner stoffer med mindre flyktighet. Begrepet er brukt om biuret, isocyanurat, diisocyanurat, uretidon, uretion-isocyanurat. Isocyanataddukter er stoffer med en kjent kjemisk sammensetning.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Arbeidstakere i overflatebehandlingsbransjen har en økt risiko for å utvikle allergisk kontakteksem og yrkesastma. Risikoen er i første rekke knyttet til arbeid med påføring av epoksy- og polyuretanbaserte malinger.

Bransjen hadde et ønske om å få evaluert den helserisiko som er knyttet til eksponering for epoksy- og polyuretanbaserte produkter. Det ble derfor i nært samarbeid med representanter for bransjen i 1997 etablert et prosjekt med følgende formål:

1. Framskaffe data som omfanget av hud- og luftveissykdommer blant operatørene i overflatebransjen, og spesielt hud- og luftveisallergi som kan knyttes til bruk av epoksy- og/eller polyuretanbaserte produkter. (Resultater etter halve prosjektperioden fra denne del av undersøkelsen finnes i rapporten ”Omfang av hud- og luftveissykdommer blant overflatebehandlere – rapport etter 2 år” (Rømyhr 2000)).
2. Karakterisere arbeidsprosesser som medfører risiko for utvikling av hud- og luftveissykdommer gjennom yrkeshygieniske målinger og kartlegginger. Foreliggende rapport redegjør for resultater fra denne del av undersøkelsen.

1.2 Organisering og finansiering

Prosjektet har vært gjennomført i regi av Arbeidsmedisinsk avdeling, Regionsykehuset i Trondheim (RIT) med yrkeshygieniker Olve Rømyhr som prosjektleder. Undersøkelsene er utført i samarbeid med Teknologisk Institutt, Oslo, Arbeidsmiljøkemi, Lunds Universitet, Hässleholm og Arbetslivsinstituttet, Umeå.

Parallellt med målingene som omtales i denne rapporten, ble det i regi av Teknologisk Institutt utført supplerende målinger av løsemidler mm. Resultatene fra disse målingene vil bli rapportert fra Teknologisk Institutt.

For å bistå prosjektledelsen med bransjekunnskap under planlegging og gjennomføring av prosjektet, ble det etablert en prosjektgruppe. Denne har bestått av Torstein Røssland (Statoil), Hans Jørgen Hegg (Norsk Hydro), Anita Østensen (Mediteam, inntil januar 1998), Morten Berntsen (Kokstad Bedriftshelsetjeneste/Teknologisk Institutt) og Arild Brensdal (Dalseide og Fløysand group) og Helge Wiig (Oljedirektoratet, fra oktober 1997).

Det ble også etablert en styringsgruppe med representanter fra sentrale myndigheter, bransjeorganisasjoner og parter som har bistått med finansiering. I denne gruppa har Oljedirektoratet, Korrosjonentreprenørenes forening, Maling- og lakkfabrikkenes forening, Oljeindustriens landsforening, Oljearbeidernes fellessammenslutning (OFS), Fellesforbundet, Teknologibedriftenes landsforening (TBL), Frosio, Statoil, Norsk Hydro/Saga Petroleum vært representert.

Prosjektet ble finansiert gjennom bevilgninger fra NHO's arbeidsmiljøfond, bidrag fra de to (tidligere tre) norske oljeselskapene Norsk Hydro/Saga Petroleum og Statoil, samt Maling og lakkfabrikkenes forening.

1.3 Malingstyper

Korrosjonsbeskyttende maling benyttes i stor utstrekning på stålstrukturer både i industrien og på skips- og offshoreinstallasjoner. Det benyttes malingsystemer som ofte består av flere malingslag fra grunning (primer) til toppstrøk (topcoat).

Amco, Carboline, Hempel, International, og Jotun er de største malingsleverandørene til overflatebehandlingsbransjen. Fra hver enkelt av disse har vi fått oppgitt totalvolumet av malingsprodukter levert til seks større bedrifter som inngikk i undersøkelsen: Dalseide og Fløysand group AS, Bjørge-Norcoat AS, Rheinhold & Mahla isolering AS, ABB offshore systems AS (Haugesund), Aker Maritim (Aker Stord) og Kværner oil & gas (Rosenberg veft). Malingsvolumene ble oppgitt for årene 1997 til og med 2000 og fordelt i tre hovedgrupper (isocyanatbaserte-, epoksybaserte- og andre malingstyper).

Tabell 1. Malingsvolumer i perioden 1997-2000

Årstall	Totalvolum (liter)	Epoksybaserte (%)	Polyuretanbaserte (%)	Andre (%)
1997	816.000	66	15	19
1998	1.029.000	67	12	21
1999	665.979	66	9	25
2000	412.978	61	9	30

Basert på en gjennomgang av store deler av produktspekteret i bransjen våren 1997, gis en kortfattet omtale av malingstypene med hovedvekt på de allergifremkallende stoffene som inngår.

1.3.1 Epoksybaserte malinger

Som det framgår av tabell 1 er en vesentlig del av malingsproduktene som benyttes i bransjen epoksybaserte. I disse inngår hovedsaklig epoksyresin basert på diglysidyleter av bisfenol A (DGEBA) (cas.nr 25068-38-6). Det benyttes både høy- og lavmolekylære resiner. Noen få spesialprodukter er basert på en blanding av epoksyresinene DGEBA og DGEBF (diglysidyleter av bisfenol A/F).

Reaktive løsemidler inngår i liten grad i produktspekteret, men kresyl glysidyleter (cas.nr 26447-14-3), glysidyleter av C13-15 alkoholer (cas.nr 68081-84-5), og glysidyl neodecanester (cas.nr 26761-45-5) forekommer i spesialprodukter.

De fleste malingene herdes med polyaminer, polyamider eller amin-epoksyaddukter. De aminene som hyppigst er angitt i sikkerhetsdatabladene for epoksybaserte malinger som benyttes til overflatebehandling er gjengitt i tabell 2.

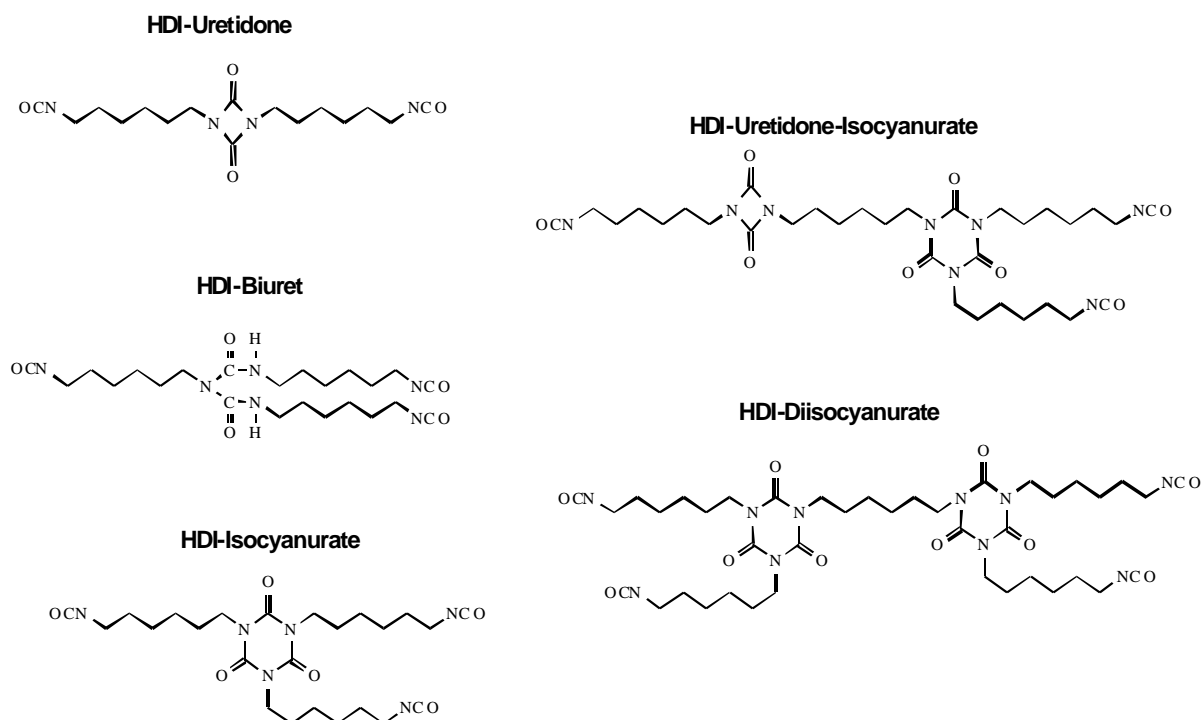
Tabell 2. Aminer som inngår i epoksybaserte malinger til overflatebehandling

Stoffnavn	Cas.nr
Dietyltriemin (DETA)	111-40-0
Trietyltetramin (TETA)	112-24-3
Tetraetylpentamin (TEPA)	112-57-2
2,4,6 tris (dimetylaminometyl)fenol	90-72-2
m-xylene α,α diamin (XDA)	1477-55-0
Isoforondiamin (IPDA)	2855-13-2
1,2 cykloheksandiamin	694-83-7
n-aminoetylpipezazin	140-31-8
3-cykloheksylamin propylamin	3312-60-5
Benzyl dimetylamin	103-83-3
3-dimetylaminopropylamin	109-55-7
n,n-dietyl-1,3-diaminopropan	104-78-9

1.3.2 Polyuretanbaserte malingstyper

De fleste polyuretanbaserte malingene i produktspekteret er basert på heksametylendiisocyanat (HDI). Isocyanatadduktene kan være både av biuret- og av isocyanuratype, og produktene inneholder normalt < 0,5 vektprosent monomer HDI. Malingene kan inneholde andre isocyanatforbindelser som HDI-uretidon, HDI-uretidon-isocyanurat og HDI-diisocyanurat.

Figur 1. Strukturformler for noen HDI-addukter



Noen polyuretanprodukter er basert på 4.4' metylendifenyl-diisocyanat (MDI) og den vanligste brukte formen som består av oligomerer av MDI som kalles p-MDI (ppolimeric MDI). Polyuretanprodukter basert på andre isocyanater (som TDI, IPDI) inngår ikke i særlig stor grad i produktspekteret.

1.4 Relevante eksponeringsmålinger

I undersøkelsen ønsket vi å gjøre eksponeringsmålinger av reaktive enkeltstoffer som inngår i epoksy- og polyuretanmalinger og som kan være viktige for utvikling av de allergiske hud- og luftveissykdommene som arbeidstakere i overflatebehandlingsbransjen kan få.

Ved malingspåføring blir arbeidstakere eksponert for helsefarlige stoffer i malingen både via luftveier og hud. Dermed er både målinger av hud- og luftveiseksponering relevant. Mangel på egnede måle- og analysemetoder setter imidlertid begrensninger for hva som har vært mulig å få gjennomført av relevante målinger.

1.4.1 Relevante eksponeringsmålinger ved påføring av epoksybaserte malinger

Den kanskje viktigste helserisiko ved påføring av epoksybaserte malinger er allergisk kontakteksem. Risikoen er knyttet til direkte hudkontakt med komponenter i malingen. Målinger av hudeksponering for DGEBA, aminer og andre allergifremkallende stoffer i epoksymalinger ville derfor være ønskelig. Egnede målemetoder for allergifremkallende komponenter i epoksybaserte malinger er imidlertid ikke etablert.

Målinger av luftbåren eksponering for allergifremkallede komponenter i epoksybaserte malinger er relevant fordi luftbåren eksponering også er en viktig kilde til hudkontakt. Luftveiseksponering for komponenter i epoksymalinger kan også være viktige for utvikling av yrkesastma blant epoksyeksponerte arbeidstakere. I Finland er det beskrevet at 16 % av alle yrkesastmatilfellene blant sprøytemalere er knyttet til eksponering for epoksyprodukter (Karjalainen 2000). Sprøytepåføring av epoksymaling resulterer i en malingsaerosol som er en blanding av både ureagert og delvis polymerisert epoksyresin og herder, i tillegg til løsemidler, pigmenter osv. Hvilke enkeltstoffer som har størst betydning for utvikling av astma ved arbeid med epoksymalinger er usikkert. Syreanhydrider og aminer kan være viktige, men også eksponering for epoksyresin er vist å kunne gi astma (Bray 1999; Kanerva 2000). Syreanhydrider inngår ikke i de typer epoksymalinger som benyttes i overflatebransjen, men aminer inngår i stor grad. Noen av aminene (DETA, IPDA m.fl) er tidligere vist å kunne forårsake astma (Ng 1995; Aleva 1992). Vi er ikke kjent med at det tidligere er publisert målinger av amineksponering ved påføring av epoksybaserte malinger. Målinger av amineksponering ble derfor inkludert i prosjektet.

Det er tidligere gjort målinger av eksponering for frie epoksidgrupper (den reaktive funksjonelle gruppen i epoksyforbindelser) ved sprøytepåføring av epoksybaserte malinger (Herrick 1987a; Herrick 1987b; Herrick 1988). Andelen reaktive epoksidgrupper i aerosolen kan i tillegg til aminer, syreanhydrider m.m. ha betydning for, eller være en eksponeringsmarkør for de helseeffekter som ses som følge av epoksyeksponering. I prosjektet tok vi derfor sikte på å gjøre slike målinger under påføring av epoksymalinger. Arbeidslivsintitutet i UMEÅ tok på seg å sette opp metoden, og å analysere prøvene. Etter at prøvene var tatt viste det seg å være vesentlige problemer knyttet til analysemetoden. Det

framkom derfor ingen analysedata fra målingene, og metoden er dermed ikke nærmere omtalt i rapporten.

1.4.2 Relevante eksponeringsmålinger ved påføring av polyuretanbaserte malinger

Luftveiseksponering for isocyanater er trolig den viktigste årsak til utvikling av yrkesastma blant isocyanateksponerte. Sprøytepåføring av polyuretanmaling resulterer i en malingsaerosol som er en blanding av mange ulike isocyanatforbindelser i tillegg til løsemidler, pigmenter osv. Hvilke isocyanatforbindelsene som har størst betydning for utvikling av astma er usikkert. I undersøkelsen er det lagt vekt på å inkludere analyser av flest mulig isocyanatforbindelser som forekommer i malingsaerosolen.

Målinger av hudeksponering for isocyanater i forbindelse med påføring av polyuretanbaserte malinger er ønskelig, fordi hudeksponering i noen tilfeller kan resultere i allergisk kontaktallergi (Estlander 1992). Det finnes også noen undersøkelser som antyder at isocyanater gjennom hudeksponering kan ha effekter på luftveiene (Kimber 1996). Det er etablert metoder for måling av isocyanater på hud og andre overflater (El Ayouby 1999; Liu 2000). I undersøkelsen ble disse teknikkene utprøvd. Metodene hadde viktige begrensninger, og resultater fra disse undersøkelsene presenteres ikke i rapporten.

Ved malingspåføring blir personlig verneutstyr (åndedrettsvern, overalls, hansker osv) ofte benyttet for å redusere eksponering. Det er usikkert hvor effektiv denne beskyttelsen er. Biologisk monitoring har potensiale til å kunne måle arbeidstakers eksponering, uavhengig av eksponeringsvei (hud, luftveier, oralt). Det er i flere undersøkelser vist sammenheng mellom luftbåren isocyanateksponering og konsentrasjoner av korresponderende amin i urin. Dette gjelder både for TDI-eksponering (Kaaria 2001b; Maitre 1993; Rosenberg 1986b) og HDI-eksponering (Maitre 1996; Brorson 1990). Analyser av postskift urin for isocyanatrelaterte aminer har vært foreslått som en praktisk metode for overvåking av eksponering av isocyanateksponering (Kaaria 2001a; Kaaria 2001b) men brukes foreløpig ikke i særlig stor utstrekning. For å belyse eventuell isocyanateksponering når åndedrettsvern benyttes, ble det i denne undersøkelsen inkludert målinger av luftveiseksponering innenfor åndedrettsvern, og målinger av isocyanatrelaterte aminer i blod og urin.

2 Metoder.

2.1 Malingspåføring i sprøytelakkeringskammer

Målinger ble gjennomført under malingspåføring i et sprøytelakkeringskammer på Teknologisk Institutt sommeren 1999. Kammeret var ca 3 x 3 x 2,5 meter, og all ventilasjon var avslått under malingspåføringen. Malingen ble påført et "veggareal" (gråpapir) på ca 2 m². Etter hver måleserie ble det påførte "veggarealet" fjernet, og kammeret ventilt.

Målingene ble gjort under påføring av malingene både med rull og høytrykksprøyte. Ved rullpåføring ble det påført to liter maling i løpet av ca 20 minutter (= prøvetakningstida). Ved sprøytepåføring ble det påført tre liter maling i løpet av ca 25 minutter (= prøvetakningstida). Prøvetakningsutstyret var stasjonært plassert midt i lakkeringskammeret. Målinger ble gjennomført ved påføring av både epoksy- og polyuretanbaserte malinger.

Malingsoperatør benyttet trykkluftforsynt åndedrettsvern (Kemira Safety Sari Sil) under malingsoperasjonene. Luftstrømmen ble regulert til > 120 liter pr minutt.

2.1.1 Epoksybaserte malinger

Fra det store antallet epoksybaserte malinger som er i bruk ble det gjort et utvalg på åtte malinger. Utvalget ble gjort for om mulig å kvantifisere eksponering for alle de aminene som hyppigst forekommer i epoksymalinger (jfr tabell 2). Det ble videre valgt malinger hvor disse aminene inngikk i høye konsentrasjoner.

På grunn av de lave aminkonsentrasjonene som ble funnet i analysene (jfr kap 3.3.), ble det bare gjort analyser av dietyltri-amin (DETA) og isoforondiamin (IPDA) i seks malinger. Blant disse var malinger med høyt innhold av disse aminene, og malinger uten angitt innhold av aminene. Malingene ble levert fra tre ulike malingsleverandører. Amininnhold i herderen (i hht HMS-datablad) og angitt blandingsforhold mellom base og herder er gitt i tabell 3. I tabell 14 (vedlegg) er det gitt noen supplerende data om malingene.

Tabell 3. Epoksybaserte malingsprodukter med angitt innhold av aminer i herder (vekt %) og angitt blandingsforhold mellom base og herder.

Maling	Dietyltri-amin (DETA)	Isoforondiamin (IPDA)	Blandingforhold base/herder
E 1	2,5-10	-	4:1
E 2	-	-	3:1
E 3	-	10-30	4:1
E 4	-	10-25	6:1
E 5	-	-	4:1
E 6	-	1-5	1:1

Under påføringen ble det benyttet dysestørrelser og dysetrykk som beskrevet for den aktuelle malingen. Det ble tatt tre parallelle prøver stasjonært i sentrum av sprøytelakkeringskammeret.

2.1.2 Polyuretanbaserte malinger

Det ble gjort målinger under påføring av seks polyuretanbaserte malinger som har vært og er i vanlig bruk i bransjen. Malingene ble levert fra tre ulike malingsleverandører. Innhold av isocyanater i herderen (i hht HMS-datablad) og blandingsforholdet mellom base og herder er angitt i tabell 4. I tabell 14 (vedlegg) er det gitt noen supplerende data om malingene.

Tabell 4. Malingsprodukter med angitt isocyanatinnhold i herder (vekt %) og angitt blandingsforhold mellom base og herder.

Malingsprodukt	Isocyanater angitt i HMS-datablad	Blandingsforhold base/herder
P 1 *	0-1 % 2.4 TDI 0-1 % 2.6 TDI	17:3
P2	0-1 % 4-toluensulfonylisocyanat (base) 30-60 % MDI 60-100 % aromatisk polyisocyanat	4:1
P 3	< 0,5 % HDI 50-100 % alifatisk polyisocyanat (biuret)	4:1
P 4	0-1 % HDI 60-100% polyisocyanat (biuret)	6:1
P 5	< 0,2 % HDI 60-100 % alifatisk polyisocyanat (isocyanurat)	4:1
P 6	< 0,2 % HDI 60-100 % alifatisk polyisocyanat (isocyanurat)	5:1

* Malingen blir primært brukt i shopprimeranlegg.

Det ble tatt to parallelle prøver stasjonært plassert i sentrum av sprøytelakkeringskammeret, samt en prøve innenfor åndedrettsvernet. Trykkluftmasken ble modifisert ved at det ble tatt ut et lite hull (diameter ca 5 mm) i maskekroppen nær utåndingsventilen. I åpningen ble det montert en "nippel" for tilkobling av pumpe slang (teflon) og pumpe. Under sprøyte påføring ble det brukt dyse størrelser og dysetrykk som spesifisert for de enkelte malingene (jfr tabell 14, vedlegg). Malings påføringen ble gjennomført over en firedagersperiode.

2.2 Malingspåføring i felt

2.2.1 Malingspåføring av skipside

En måleserie ble gjennomført ved et norsk skipsverft en dag vinteren 2000. Arbeidet omfattet sprøytemaling av baugpartiet på en nybygd kjemikalietanker på 14.000 tonn, og ble utført i en overbygd tørrdokk.

Det var fire arbeidstakere som deltok i malingsarbeidet. De utførte henholdsvis følgende arbeidsoperasjoner:

- Sprøytemaling av båtens baugparti fra kurv
- Sprøytemaling av båtens baugparti fra lift
- Blanding av maling og pass av pumper for malingsprøyter
- Tilrettelegging av slanger med mer for sprøytemalerne

Det ble tatt personbårne målinger av hver av de to sprøytemalerne og under blanding av maling. Det ble videre tatt stasjonære målinger i det området hvor arbeidstakeren som tilrettela arbeidet for sprøytemalerne oppholdt seg. Hele arbeidsoperasjonen varte i ca tre timer, og det totale malingsforbruket var ca 150 liter. Sprøytemalerne brukte helmaske med kullfilter (A2) under arbeidsoperasjonen. Under blanding av maling ble halvmaske med kullfilter (A2) sporadisk benyttet. Ved tilrettelegging ble det ikke benyttet åndedrettsvern.

Malingen som ble benyttet var en spesialversjon av "P 3" (jfr tabell 4). ved at basen i hht HMS-databladet inneholdt 10-25 % blykromat. Base og herder ble blandet i forholdet 4:1, og det ble benyttet høytrykks sprøyteutstyr med anbefalt trykk-og dysestørrelse (jfr tabell 14, vedlegg).

2.2.2 Malingspåføring i maskinrom

En ny måleserie ble gjennomført ved det samme skipsverftet en dag tre uker senere. Målingene ble gjennomført under arbeid med sprøytemaling inne i maskinrommet på den samme kjemikalietankeren. Arbeidet ble utført etter at båten var sjøsatt.

Åtte arbeidstakere deltok i dette malingsarbeidet. Arbeidet omfattet i hovedsak følgende arbeidsoperasjoner:

- Sprøytemaling inne i maskinrom
- Tilrettelegging av slanger for sprøytemalerne inne i maskinrom
- Blanding av maling og pass av pumper for malesprøyteutstyr ute på akterdekk

To arbeidstakere hadde ansvar for blanding av maling og pass av pumper. De oppholdt seg i hovedsak ute på akterdekket. De øvrige seks arbeidstakerne oppholdt seg inne i maskinrommet under hele arbeidsoperasjonen. Halvparten av disse sprøytemalte og halvparten tilrettela slanger osv. for sprøytemalerne. Den del av maskinrommet som ble sprøytemalt var i størrelsesorden ca 720 m³, og var avgrenset fra resten av maskinrommet (totalt ca 2600 m³), med plast. Maskinrommet var uten mekanisk ventilasjon og med naturlig ventilasjon begrenset til 3-4 luker som sto "på gløtt".

Det ble tatt personbårne målinger under sprøytemaling og tilrettelegging inne i maskinrommet, og under blanding av maling ute på akterdekk. Hele arbeidsoperasjonens varighet var på ca to timer (aktiv sprøyting), og det totale malingsforbruket var ca 200 liter. Både sprøytemalerne og tilretteleggerne brukte helmaske med kullfilter (A2) under arbeidet i maskinrommet. Under blanding av maling ute på akterdekk ble det sporadisk benyttet halvmaske med kullfilter (A2).

Malingen som ble benyttet var "P3" (jfr tabell 4), denne gang uten blykromat. Base og herder ble blandet i forholdet 4:1, og det ble benyttet høytrykks sprøyteutstyr med anbefalt trykk- og dysestørrelse.

2.3 Aminkonsentrasjoner i bruksferdig epoksymaling

I bruksferdig maling (etter at base og herder er blandet) finnes aminene i blanding med epoksider. Aminene forbrukes i herdeprosessen, og aminkonsentrasjonene avtar. Hvor fort denne prosessen går er av interesse for å belyse i hvor stor grad eksponering for aminer kan forventes i påføringssituasjonen.

For å undersøke dette ble det gjort analyser av konsentrasjonen av dietyltriemin (DETA) i herderen til maling "E1" (i HMS-databladet angitt til 2,5-10 vekt % DETA). Base og herder ble deretter blandet som beskrevet for malingen (i forholdet 4:1). Fra blanding ble det tatt prøver (med pipette) på ulike tidspunkt som ble blandet med løsemiddel og reagens (1-naftylisothiocyant). Prøvene ble analysert for tilstedeværelse av DETA med LC-UV.

2.4 Måle og analysemetoder og normer for eksponering

2.4.1 Prøvetakning og analyse av aminer og normer for eksponering

Prøvetakning og analyse av aminer ble utført etter en metode utviklet ved Arbeidslivsinstituttet i UMEÅ (Levin 1989). Metoden har ikke tidligere vært anvendt ved prøvetakning av aminer i blanding med epoksider. Prøvetakning ble utført ved hjelp av pumper (SKC 222), slik at en luftmengde på 0,2 l/min passerte påmonterte filtere og absorpsjonsrør. Adsorpsjonsrørene (XAD-2) og påmonterte glassfiberfiltere var impregnert med 1-naftylisothiocyant. Analysene ble utført ved Arbeidslivsinstituttet i UMEÅ, dels ved LC-UV og dels med LC-MS. Prøvene ble analysert for innhold av aminene dietyltriemin (DETA) og isoforondiamin (IPDA).

DETA har i Norge en administrativ norm på 4 mg/m³, men slik norm er ikke etablert for IPDA. Det er heller ikke etablert administrative normer for mange av de øvrige aminene som er aktuelle i epoksymalinger. Administrativ norm for m-xylene- α,α -diamin (XDA) er satt til 0,1 mg/m³ (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001a)

2.4.2 Prøvetakning og analyse av isocyanater i luft og normer for eksponering

Mange metoder er i bruk for målinger og analyser av luftbåren isocyanateksponering. Det er ikke etablert noen generell konsensus om at en bestemt metode gir mest pålitelige resultater. Arbeidslivsinstituttet i Sverige anbefaler DBA-metoden utviklet ved Universitetet i Lund (Arbeidslivsinstituttet 1997). Denne metoden ble brukt i undersøkelsen.

Med en pumpe (SKC 224) ble luft (1 liter/minutt) dratt inn i en impingerflaske fylt med 10 ml løsning av dibutylamin (DBA) i toluen. Bak impingerflasken var det montert et filter for oppsamling av aerosoler som ikke fanges opp i impingerløsningen. Isocyanater i luften reagerer med DBA til en stabil ureaforbindelse. Prøvene ble analysert (LC-MC) ved Arbeidsmiljøkemi, Lunds Universitet for innhold av ulike isocyanatforbindelser (Karlsson 2000; Karlsson 2001) Deteksjonsgrense for målemetoden med en prøvetakningstid på ca 5 minutter er angitt til ca 1/100 av administrativ norm for diisocyanatene.

Tabell 5. Isocyanatforbindelser som omfattes av analysene

Isocyanatforbindelse	Antall isocyanatgrupper	Molekylvekt
Fenylisocyanat (PhI)	1	119
Metylisocyanat (MIC)	1	57
Propylisocyanat (PIC)	1	85
Etylisocyanat (EIC)	1	71
1,6-heksametylendiisocyanat (HDI)	2	168
2,4-toluendiisocyanat (TDI)	2	174
2,6-toluendiisocyanat (TDI)	2	174
4,4-metylendifenyldiisocyanat (MDI)	2	250
Isoforondiisocyanat (IPDI)	2	222
HDI-biuret	3	478
HDI-isocyanurat	3	505
HDI-uretidon	2	336
HDI-uretidon-isocyanurat	3	673
HDI-diisocyanurat	4	841

I Norge er det etablert administrative normer for høyest akseptable konsentrasjoner i arbeidsatmosfære for noen mono- og diisocyanatforbindelser (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001a) Det finnes ingen tilsvarende normer for prepolymere eller isocyanataddukter.

Health and Safety Executive i England (HSE) har i sine normer for isocyanateksponering angitt en maksimal konsentrasjon av NCO-grupper til hhv på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 8-timers middel og $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som maksimal konsentrasjon over 15 minutter (Health and Safety Executive 2001). I England benyttes en prøvetaknings- og analysemetode for isocyanater som ikke kvantifiserer de enkelte isocyanatforbindelsene, men som angir sum NCO-grupper uavhengig av hvilken isocyanatforbindelse NCO-gruppene sitter på (Health and Safety Executive 1987; Streicher 1995).

For å kunne gjøre sammenligninger mot den engelske normen, basert på våre kvantitative analyser av de enkelte isocyanatforbindelsene, er det i rapporten beregnet en samlet konsentrasjon av NCO-grupper etter følgende formel:

$$\sum_{NCO} = \frac{K(ICF^1) \times MV(NCO) \times \text{antall } NCO(ICF^1)}{MV(ICF^1)} + \frac{K(ICF^n) \times MV(NCO) \times \text{antall } NCO(ICF^n)}{MV(ICF^n)}$$

K= konsentrasjon

MV = molekylvekt

NCO = isocyanatgruppe

ICF = isocyanatforbindelse

2.4.3 Målinger og analyse av isocyanatrelaterte aminer i blod og urin, og normer for eksponering

Det ble tatt urinprøver og blodprøver av den malingsoperatøren som over en firedagersperiode gjennomførte all rull- og sprøytepåføring av malingene P1-P2 i sprøytelakkeringskammeret (kap.2.1). I løpet av perioden ble det tatt i alt seks urinprøver og tre blodprøver. De to første dagene ble urinprøve tatt både før og etter malingspåføring, tredje dag bare etter malingspåføring og siste dag bare før malingspåføring. Det ble tatt to blodprøver før og etter malingspåføring andre dag og en prøve fjerde dag.

Det ble også tatt urinprøver av fire arbeidstakere under arbeidet med ved malingspåføring av skipsside (kap 2.2.1), og av åtte arbeidstakere under arbeidet med malingspåføring i maskinrom (kap 2.2.2). Urinprøve ble tatt før arbeidet ble påbegynt, og etter at det var avsluttet.

Urinprøver ble avlevert i plastrør (a 15 ml). Blodprøver ble tatt av offentlig godkjent sykepleier. Fullblod fra hver prøve ble oppsamlet i to Na-hepariniserte rør (a 10 ml), og deretter sentrifugert for å skille plasma- og blodcellefraksjonen. Urinprøvene og plasmafraksjonen av blodprøvene ble analysert ved Arbeidsmiljøkemi, Lunds Universitet. Alle blod- og urinprøver ble analysert for innhold av MDA, NDA, 2.4 TDA og 2.6 TDA. Urinprøvene fra feltundersøkelsene (kap 2.2) ble også analysert for HDA. I resultatene angis konsentrasjonene som $\mu\text{g}/\text{mmol}$ kreatinin. Deteksjonsgrensen for metoden er oppgitt til 0,2 $\mu\text{g}/\text{liter}$ urin eller plasma (Lind 1997).

Det er i Norge ikke etablert administrative normer for isocyanatrelaterte aminer i blod eller urin. Tyskland har imidlertid en biologisk grenseverdi (BAT-werte) for 4,4 diaminodiphenylmetan i urin på 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ kreatinin (tilsvarende 5,7 nmol/mmol kreatinin eller 1,13 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ kreatinin) (Deutsche Forschungsgemeinschaft 1999). I enkelte undersøkelser er det foreslått en biologisk eksponeringsindeks på 21 μg TDA/g kreatinin (tilsvarende 19,5 nmol/mmol kreatinin eller 2,38 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ kreatinin) (Maitre 1993) og 19 μg HDA/g kreatinin (tilsvarende 18,5 nmol/mmol kreatinin eller 2,15 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ kreatinin) (Maitre 1996). Slike eksponeringsindikatorer danner likevel ikke grunnlag for å vurdere risikoen for arbeidsrelaterte sykdommer (Littorin 2000).

3 Resultater.

3.1 Malingspåføring i sprøytelakkeringskammer

3.1.1 Epoksybaserte malinger i kammer

I tabell 6 er resultatene fra stasjonære målinger i kammeret under påføring av seks epoksybaserte malinger gjengitt. Tabellen viser gjennomsnittet av tre parallelle målinger, og representerer summen av aminer fanget opp på filter og på XAD-rør.

Tabell 6. Eksponering for dietyltriamin og isoforondiamin ved rull- og sprøytepåføring av epoksybaserte malinger i kammer, mg/m³.

Maling	Dietyltriamin (DETA) mg/m ³		Isoforondiamin (IPDA) mg/m ³			
			Rullpåføring		Sprøytepåføring	
	LC-UV	LC-UV	LC-UV	LC-MS	LC-UV	LC-MS
E1	< 0,05	< 0,05	i.a.	< 0,02	i.a.	< 0,02
E2	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,02
E3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	i.a.	0,08	i.a.
E4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,06 *	< 0,02
E5	i.a.	i.a.	i.a.	< 0,02	i.a.	< 0,02
E6	i.a.	i.a.	i.a.	< 0,02	i.a.	0,13

i.a.: ikke analysert

* En (av tre) prøver over deteksjonsgrensen

En av malingene (E1) hadde et oppgitt innhold av DETA i herderen på 2,5-10 % og tilsettes basen i forholdet 1:4. Det ble likevel ikke funnet DETA i konsentrasjoner over deteksjonsgrensen hverken under rull- eller sprøytepåføring.

I de tre malingene (E3, E4 og E6) som hadde et oppgitt innhold av IPDA i herderen (jfr tabell 3) ble det funnet lave konsentrasjoner av IPDA ved sprøytepåføring. Ved rullpåføring ble det ikke funnet IPDA over deteksjonsgrensen.

3.1.2 Polyuretanbaserte malinger i kammer

I tabell 7 og 8 er resultatene fra stasjonære målinger i kammeret under hhv rull- og sprøytepåføring av seks isocyanatbaserte malinger (P1-P6) gjengitt. Tabellene viser gjennomsnittet av to parallelle målinger og representerer summen av isocyanatforbindelser fanget opp i impingerløsning og på filter. Det var god overensstemmelse mellom de to parallelle målingene, og bare en liten andel av de påviste isocyanatkonsentrasjonene er oppfanget på filter. Supplerende data til tabell 7 og 8 er gitt i vedlegg.

Tabell 7. Isocyanateksponering ved rullpåføring i kammer, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Malingsprodukt						
	Adm norm	P1 TDI	P2 MDI	P3 HDI-bt	P4 HDI-bt	P5 HDI-ic	P6 HDI-ic
2.4 TDI	35	0,7	-	-	-	0,5	-
2.6 TDI	35	1,0	-	-	-	0,2	-
PHI	25	-	0,6	-	-	-	-
HDI	35	-	-	2,6	1,7	0,7	0,2
HDI-isocyanurat	-	0,4	10,2	-	4,0	0,2	-
HDI-biuret	-	-	-	17	-	-	-
HDI-diisocyanurat	-	-	2,0	0,4	0,6	-	-
NCO-grupper	20	1,0	3,2	5,8	2,0	0,8	0,1

For ingen av malingene ble det under rullpåføring påvist høyere konsentrasjon av mono- og diisocyanater enn 7-8 % av norm (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001a). Dersom isocyanateksponeringen uttrykkes som NCO-grupper, gav enkelte malinger (P3) konsentrasjoner nær 30 % av den engelske normen (P3) (Health and Safety Executive 2001).

Tabell 8. Isocyanateksponering ved sprøytepåføring i kammer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Malingsprodukt						
	Adm. norm	P1 TDI	P2 MDI	P3 HDI-bt	P4 HDI-bt	P5 HDI-ic	P6 HDI-ic
2.4 TDI	35	66	-	-	-	0,3	-
2.6 TDI	35	51	-	-	-	-	-
MDI	50	4,0	55	0,8	0,4	-	-
PHI	25	0,1	1,0	-	-	-	-
HDI	35	0,1	-	241	105	9,4	18
HDI-uretidon	-	-	-	312	288	4,8	7,6
HDI-isocyanurat	-	1,0	1,0	442	105	1078	2174
HDI-biuret	-	-	-	4563	2244	12	52
HDI-uretidon-isocyanurat	-	-	-	-	-	7,2	20
HDI-diisocyanurat	-	0,5	-	7,2	1,0	309	1003
NCO-grupper	20	58	19	1511	742	342	771

Under sprøytepåføring ble normene for mono- og diisocyanater (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001a) overskredet for fire av malingene (P1, P2, P3 og P4). For en av de HDI-biuretbaserte malingene (P3) ble normene overskredet med en faktor på nesten syv. Sprøytepåføring av HDI-isocyanuratbaserte malinger (P5 og P6) gav ingen overskridelse av normene. Dersom isocyanatkonsentrasjonene uttrykkes som NCO-grupper, ble den engelske normen (HSE 1999) overskredet ved sprøytepåføring av alle HDI-baserte malinger. Normen ble overskredet fra 17 til 75 ganger.

Både under rull- og sprøytepåføring ble det for flere av malingene påvist små konsentrasjoner av isocyanater som ikke var forventet ut fra angitt innhold av i aktuelle sikkerhetsdatabladene. Det ble f.eks under rullpåføring (tabell 7) påvist HDI-isocyanurat og HDI-diisocyanurat i

maling P1 og P2 og TDI i maling P5. Under sprøytepåføring (tabell 8) ble det også påvist HDI-isocyanurat og HDI-diisocyanurat i maling P1 og P2. Det ble videre påvist små mengder MDI i maling P3 og P4 og TDI i maling P5.

Fire av malingene var HDI-baserte; to av biuret-type (P3 og P4) og to av isocyanurat-type (P5 og P6). Tabell 7 og 8 viser at konsentrasjonene av HDI-monomer både ved rull- og sprøytepåføring var betydelig høyere ved påføring av HDI-biuretmalinger i forhold til HDI-isocyanuratmalinger. Det ses ikke tydelige forskjeller når isocyanatkonsentrasjonene uttrykkes som NCO-grupper.

Det ble gjort målinger av isocyanateksponering inne i operatørens trykkluftmaske under rull- og sprøytepåføring, parallellt med de stasjonære målingene i kammeret (tabell 9).

Tabell 9. Påviste isocyanatkonsentrasjoner innenfor trykkluftmaske, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maling	Rullpåføring	Sprøytepåføring
P1	6,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HDI-isocyanurat 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HDI-diisocyanurat	Ikke detektert
P2	1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HDI-isocyanurat	Ikke detektert
P3	0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HDI-biuret	1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HDI-biuret
P4	Ikke detektert	Ikke detektert
P5	Ikke detektert	Ikke detektert
P6	Ingen prøvetakning	3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HDI-isocyanurat 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HDI-diisocyanurat

Tabellen viser at det ble påvist lave konsentrasjoner av enkelte isocyanatforbindelser i disse prøvene under rullpåføring av tre av fem malinger, og under sprøytepåføring av to av seks malinger.

I fire av seks urinprøver fra malingsoperatør i denne firedagersperioden, ble det påvist lave konsentrasjoner av isocyanatrelaterte aminer. Første dag med rull- og sprøytepåføring av en HDI-basert maling (P6) ble det påvist 0,30 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ 4,4-MDA i urin både før og etter arbeidet. Neste dag ble en TDI-, en MDI- og en HDI-basert maling (P1, P2 og P5) påført. Det ble da påvist 0,08 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ 4,4-MDA og 0,08 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ 2,4 TDA før malingspåføring og 0,46 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ 2,4-TDA etter påføring. Det ble ikke påvist isocyanatrelaterte aminer i operatørs urin de to neste dagene med rull- og sprøytepåføring av HDI-baserte malinger (P4 og P3).

Det ble ikke påvist isocyanatrelaterte aminer i noen av de tre blodprøvene fra malingsoperatør.

3.2 Malingspåføring i felt

3.2.1 Sprøytemaling av skipsside i tørrdøkk

Tabell 10 viser resultatene av to personbårne målinger fra hver av sprøytemalerne. Prøvetakningstida for hver av prøvene er angitt i parentes. Supplerende data til tabell 10 er gitt i vedlegg.

Tabell 10. Isocyanateksponering ved sprøytemaling av baugparti på kjemikalietanker i tørrdøkk ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Adm norm	Sprøyting fra korg		Sprøyting fra lift	
		(35 min.)	(45 min.)	(19 min.)	(44min)
HDI	35	2,7	1,1	12	0,9
2,6 TDI	35	-	-	1,4	-
4,4 MDI	50	-	-	1,3	-
HDI-biuret	-	51	32	306	28
HDI-isocyanurat	-	1,1	0,2	4,2	3,2
HDI-diisocyanurat	-	0,9	-	1,8	-
NCO-grupper	20	15	10	89	8,5

Ingen av prøvene viste overskridelser av normene for mono- og diisocyanater (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001a). Isocyanatkonsentrasjonene uttrykt som NCO-grupper viste overskridelser av engelsk norm med en faktor på inntil 4-5 (Health and Safety Executive 2001).

Tabell 11 viser resultatene fra to personbårne målinger av arbeidstaker under blanding av maling og pass av pumper for sprøyteutstyr. I løpet av de to prøvetakningsperiodene ble det blandet hhv to og tre ganger 20 liter maling. Tabellen viser også resultatet av en stasjonær måling på beddingen i det området hvor arbeidstaker tilrettela slanger osv for sprøytemalerne. Supplerende data til tabell 11 er gitt i vedlegg.

Tabell 11. Isocyanateksponering ved blanding av maling og ved tilrettelegging på bedding ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Adm norm	Blanding		Tilrettelegging
		(9 min)	(35 min)	(35 min)
HDI	35	-	1,0	0,8
HDI-biuret		1,1	15	19
NCO-grupper	20	0,3	4,5	3,3

Konsentrasjonene av HDI og isocyanatkonsentrasjonene uttrykt som total-NCO var lave i forhold til etablerte normer.

Det ble også gjort målinger av isocyanatrelaterte aminer i urinprøver hos de overnevnte fire før arbeidet ble påbegynt (ca kl 17.45), og mindre enn 20 minutter etter at arbeidet var avsluttet (ca kl.20.55). HDA ble påvist i urinprøver fra to av arbeidstakerne; sprøytemaler i korg og tilrettelegger. HDA ble hos begge disse påvist både før arbeidsoperasjonene ble påbegynt (hhv 0,167 $\mu\text{g}/\text{mmol}$ og 0,410 $\mu\text{g}/\text{mmol}$) og etter at arbeidet ble utført (hhv 0,310 og 0,230 $\mu\text{g}/\text{mmol}$). Hos tilrettelegger var den påviste konsentrasjonen høyere før arbeidet ble påbegynt enn etter (hhv 0,410-0,230 $\mu\text{g}/\text{mmol}$). Hos de to øvrige arbeidstakerne (blander og sprøytemaling fra lift) ble det ikke påvist HDA i urin hverken før eller etter at arbeidet var utført.

3.2.2 Sprøytemaling i maskinrom

Tabell 12 viser resultatet av personbårne målinger for en sprøytemaler og en arbeidstaker som tilrettela slanger osv under sprøytemaling i maskinrommet. For sprøytemaler viser tabellen gjennomsnittet av tre prøvetakningsperiode på hhv 21, 25 og 30 minutter. For tilrettelegger viser tabellen gjennomsnittet av fire prøvetakningsperioder på hhv 25, 28, 27, og 21 minutter. Spredningen av resultatene er angitt i parentes. Supplerende data til tabell 12 er gitt i vedlegg.

Tabell 12. Isocyanatkonsentrasjoner ved sprøytemaling og tilrettelegging av slanger i maskinrom ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Adm norm	Sprøytemaling, n=3 gj.snitt (min-maks)		Tilrettelegging, n=4 gj.snitt (min-maks)	
HDI	35	113	(26-182)	138	(110-201)
4,4 MDI	50	2,0 *		-	
HDI-biuret		1541	(680-1991)	1799	(1597-2052)
HDI-isocyanurat		36	(9,0-60)	43	(33-68)
HDI-uretidon		37	(22-46)	54	(25-104)
HDI-diisocyanurat		1,0	(0,8-1,3)	1,0	(0,7-1,4)
NCO-grupper	20	457	(200-641)	567	(499-645)

* MDI påvist i en av tre prøver

Konsentrasjonene av HDI-monomer var både for sprøytemalerne og tilretteleggerne i maskinrommet i størrelsesorden 3-4 ganger Arbeidstilsynets norm (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001a) Isocyanatkonsentrasjonene uttrykt som NCO-grupper var inntil 28 ganger den engelske normen (Health and Safety Executive 2001)

Det ble tatt tre personbårne målinger av en arbeidstaker under blanding av maling og pass av pumper for sprøyteutstyret ute på akterdekk, med en prøvetakningstid på hhv 30, 23 og 26 minutter.

Tabell 13: Isocyanateksponering ved blanding av maling på akterdekk, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Blanding av maling ute på akterdekk		
	1 (30 min)	2 (23 min)	3 (26 min)
HDI-uretidon	nd	nd	1,5
HDI-biuret	nd	4,3	3,5

Det ble ikke funnet målbare konsentrasjoner av HDI eller andre mono- eller diisocyanater i noen av prøvene. I to av prøvene ble det funnet lave konsentrasjoner av HDI-biuret og HDI-uretidon. Supplerende data til tabell 13 er gitt i vedlegg.

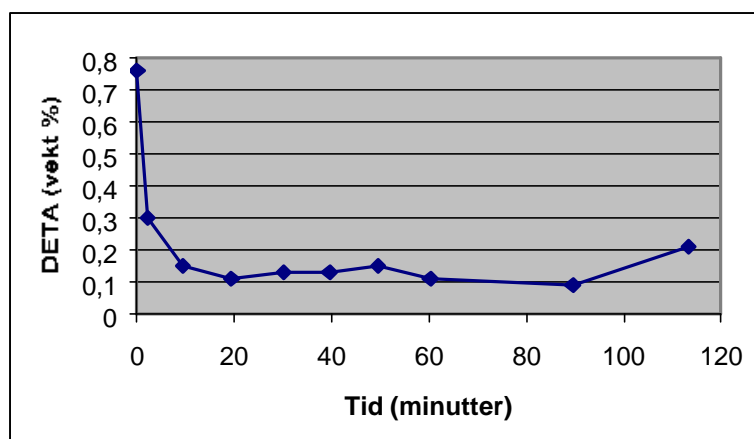
Det ble også gjort målinger av HDA i urin hos åtte av arbeidstakere som deltok i dette malingsarbeidet. Målingene ble gjort både før arbeidet ble påbegynt (ca kl.14.00) og etter at det var avsluttet (ca kl. 18.15). Hos fire av seks arbeidstakere som arbeidet inne i maskinrommet (sprøytemaling eller tilrettelegging), ble det påvist 1,6 HDA i urinen etter at arbeidet var avsluttet (hhv $0,02\mu\text{g}/\text{mmol}$, $1,02\mu\text{g}/\text{mmol}$, $0,03\mu\text{g}/\text{mmol}$ og $0,19\mu\text{g}/\text{mmol}$). Hos

tre av disse ble det ikke påvist 1,6 HDA i urinen før arbeidsoperasjonen ble påbegynt. Hos den fjerde arbeidstakeren ble det påvist høyere konsentrasjon av 1,6 HDA i urin før arbeidet ble påbegynt (0,366 vs 0,193 $\mu\text{g}/\text{mmol}$). Hos en femte arbeidstaker ble det påvist både 2,4-TDA (0,347 $\mu\text{g}/\text{mmol}$), 2,6-TDA (0,099 $\mu\text{g}/\text{mmol}$) og 4,4-MDA (0,02 $\mu\text{g}/\text{mmol}$), men ikke 1,6 HDA) etter at arbeidet var avsluttet. Hos denne arbeidstakeren ble det ikke påvist noen isocyanatrelaterte aminer før arbeidet ble påbegynt. Hos en sjettede arbeidstaker ble det ikke påvist isocyanatrelaterte aminer i urin hverken før eller etter at arbeidet var utført. Hos de to arbeidstakerne som blandet maling ute på akterdekk ble det ikke påvist 1,6 HDA i urin hverken før eller etter arbeidet.

3.3 Aminkonsentrasjoner i bruksferdig epoksymaling

Det ble gjort analyser av dietyltriemin (DETA) i maling (E1) som i henhold til HMS-datablad innholdt 2,5 – 10 % DETA i herderen. Den aktuelle herderen ble analysert til å inneholde 3,78 vekt % DETA. Base og herder ble blandet i normalt blandingsforhold (4:1). Hvordan konsentrasjonene av DETA endres i blandingen framgår av figur 2:

Figur 2. Konsentrasjon av dietyltriemin (vekt %) i maling E1 i minuttene etter at base og herder er blandet sammen.



Figur 2 viser at konsentrasjonen av DETA faller raskt i løpet av de 10 første minuttene etter at base og herder blandes sammen. Etter denne første perioden opprettholdes en relativt stabil konsentrasjon på mellom 0,10 - 0,15 % DETA.

4 Diskusjon

4.1 Eksponering for aminer ved påføring av epoksybaserte malinger

Målingene av dietyltriemin (DETA) og isoforondiamin (IPDA) viser konsentrasjoner under eller nær deteksjonsgrensen for de benyttede analysemetodene. På slike lave nivåer blir kvantifisering og identifisering svært usikker pga andre komponenter i malingen som kan forstyrre analysene.

Konsentrasjoner over metodens deteksjonsgrense kunne bare påvises for IPDA under sprøytepåføring av de tre malingene hvor IFDA inngår i herderen. For IPDA er det ikke fastsatt noen administrativ norm. For DETA er den administrative normen på 4 mg/m³ (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001a). Hverken ved rull- og sprøytepåføring ble det påvist konsentrasjoner over deteksjonsgrensen, som er i størrelsesordenen 1/100 eller mindre av normen.

Figur 2 viser at konsentrasjonen av DETA avtok raskt etter at base og herder var blandet. Herderen i den undersøkte malingen er et aminaddukt hvor DETA er forreagert med en høymolekylær epoksy. Restene av ureagert DETA i malingen er i hht figuren falt til ca 0.10 – 0,15 % etter de første 10 minutter etter sammenblanding. Under malingspåføring i sprøytekammeret (tabell 6) ble arbeidet påbegynt > 10 minutter etter blanding, noe som trolig er medvirkende årsak til de lave aminkonsentrasjonene under påføring. Også ved malingspåføring i felt vil det ofte gå mer enn 10 minutter før malingspåføring påbegynnes.

Selv om det i undersøkelsen er gjennomført målinger og analyser for noen få aminer og under påføring av et begrenset antall epoksymalinger, tyder resultatene på at luftkonsentrasjoner av ureagert amin ikke blir særlig høye ved påføring av aminherdede epoksymalinger. Ved bruk av utstyr hvor base og herder blandes i sprøytepistol, vil aminkonsentrasjonene trolig bli høyere.

4.2 Påviste isocyanatforbindelser ved malingspåføring

I undersøkelsen har vi påvist og kvantifisert eksponering for en rekke ulike isocyanatforbindelser ved malingspåføring. Spesielt i forbindelse med påføring av HDI-baserte malinger er ulike isocyanataddukter i sprøytetåka kartlagt bedre en noen gang tidligere. Eksponering for HDI-adduktene uretidon, uretidon-isocyanurat og diisocyanurat er for første gang, i denne type industri, påvist og kvantifisert i denne undersøkelsen.

Mest kunnskap om helseeffekter ved isocyanateksponering er knyttet til eksponering for diisocyanater, og de norske normene for isocyanateksponering er i første rekke basert på dette. Mindre er kjent om helseeffekter av eksponering for monoisocyanater og isocyanataddukter og prepolymere isocyanatforbindelser. Det er likevel klart at også isocyanataddukter og prepolymere isocyanatforbindelser kan forårsake astma (Seguin 1987). Basert på en antagelse om at en NCO-gruppe vil ha samme biologisk effekt uavhengig om denne sitter på en monoisocyanat, diisocyanat eller en annen isocyanatforbindelse har man i

England etablert en norm for konsentrasjon av NCO-grupper. Denne normen er direkte avledet fra normen for TDI (Silk 1983).

I rapporten redegjør vi for beregninger av NCO-grupper basert på kvantitative analyser av de enkelte identifiserte isocyanatforbindelsene. I beregningene inkluderes med andre ord bare den andel av de isocyanatforbindelsene som reelt er til stede i arbeidsatmosfæren og som er kvantifisert. Den engelske målemetoden for isocyanater inkluderer derimot alle NCO-grupper uavhengig av hvilke isocyanatforbindelser de sitter på (Streicher 1995). Dette gir noen viktige begrensninger når våre beregninger av total-NCO sammenlignes med HSE-normen for isocyanateksponering. Spesielt misvisende blir resultatene for de TDI- og MDI-baserte malinger hvor det ikke er inkludert analyser for andre isocyanatforbindelser enn monomerene (2.4- og 2.6-TDI og 4.4'-MDI).

4.3 Isocyanateksponering ved rull- og sprøytepåføring

I overflatebehandlingsbransjen påføres maling med ulike teknikker og under svært ulike arbeidsforhold, og isocyanateksponeringen må forventes å variere sterkt fra arbeidsoperasjon til arbeidsoperasjon. Fordi helserisiko knyttet til bruk av isocyanater er konsentrasjonsavhengig, vil tiltak som reduserer eksponeringen være det viktigste bidraget for å redusere helserisikoen. Ved praktiske risikovurderinger og vurdering av behov for risikoreduserende tiltak, står vurderinger av eksponering opp mot gjeldene administrative normer sentralt. Slike vurderinger må ofte gjøres uten at eksponeringsgraden kan bestemmes kvantitativt gjennom målinger. For å lette eksponeringsvurderingen i slike tilfeller er kunnskap om eksponeringsnivåer ved tilsvarende arbeidsprosesser viktig. I undersøkelsen er det gjort eksponeringsmålinger både under standardiserte betingelser i kammer og i felt. Betingelsene under malingspåføring i kammeret (lite og uventilert), antas å kunne representere noen av de mest belastende eksponeringssituasjonene i felt.

Resultatene fra undersøkelsene i kammeret tyder på at isocyanateksponeringen ved rullpåføring av polyuretanmalinger i reelle eksponeringssituasjoner svært sjelden vil overskride de etablerte normene (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001a; Health and Safety Executive 2001) for monoisocyanater, diisocyanater eller NCO-grupper. Ved sprøytepåføring i kammeret ble det derimot påvist store overskridelser av normene, noe som også kan forventes under sprøytepåføring i reelle eksponeringssituasjoner.

Målingene under sprøytemaling av skipsside i tørrdøkk (tabell 10) viste ingen diisocyanatkonsentrasjoner over etablerte normer. Normen for NCO-grupper ble imidlertid overskredet i en prøve. Ved de øvrige arbeidsoperasjonene (blanding og tilrettelegging) ble hverken normene for monoisocyanater, diisocyanater eller NCO-grupper overskredet. Ved sprøytemaling og tilrettelegging i maskinrom (tabell 12) ble det derimot påvist store overskridelser av både normene for HDI og NCO-grupper. De påviste konsentrasjonene av HDI-monomer (inntil $201 \mu\text{g}/\text{m}^3$) er nær de konsentrasjonene som ble funnet i kammeret ved bruk av denne malingen ($241 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Resultatene understreker at isocyanateksponeringen og dermed risikoen for isocyanatrelaterte helseeffekter først og fremst er knyttet til sprøytepåføringsoppgaver. Dette er også i samsvar med tidligere publiserte undersøkelser. En av de hittil mest omfattende rapportene med data for isocyanateksponering ved påføring av HDI-baserte malinger sammenfatter i alt

> 450 målinger fra perioden 1979 til 1987. Den inneholder bl.a data fra 115 personbårne målinger ved sprøytemaling og 85 personbårne målinger fra ”ikke-sprøyting” (kost- og rullpåføring med mer). Selv om konsentrasjoner av HDI > 5 ppb ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ble funnet i noen få prøver, var den geometrisk middelverdien likevel < 1/3 av norm i alle industrisegmentene som ble undersøkt. Konsentrasjonene av HDI-addukter (HDI-biuret eller HDI-isocyanurat) var i denne undersøkelsen alle < 3,5 % av normen på $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Myer 1993). I en annen undersøkelse oppsummeres 562 målinger vesentlig fra sprøytemaling, men også fra andre sprøytemalingsrelaterte oppgaver (blanding, miksing, maskering osv) fra perioden 1980-1990. I denne undersøkelsen overskred konsentrasjonene av HDI 20 ppb ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i 6 % av alle målingene, og konsentrasjonene av HDI-addukter $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ i 42 % av prøvene. Overskridelsene var også her knyttet til sprøytemaling av store objekter (Janko 1992).

Ved sprøytepåføring domineres eksponeringen i stor grad av isocyanataddukter. Det er viktig med mer kunnskap om helseeffekter av eksponering for slike isocyanatforbindelser. En forutsetning for mer kunnskap, er at de enkelte isocyanatforbindelsene i malingsaerosolen kan identifiseres og kvantifiseres. Analysene av fem ulike HDI-addukter hvorav tre ikke tidligere er kvantifisert i denne industri, representerer derfor et viktig bidrag i denne forbindelse. Bruk av norske eller engelske normer ved sprøytepåføring gir svært forskjellige vurderingskriterier for isocyanateksponeringen.

4.4 Sammenligninger mellom ulike isocyanatholdige malinger

Selv om betingelsene i kammeret i stor grad ble standardisert, har det likevel ikke vært kontroll på at forholdene var fullstendig reproducerbare fra maling til maling. Sammenligninger av resultatene fra de ulike malingene må derfor gjøres med forsiktighet.

Resultatene fra de fire HDI-baserte malingene viser både ved rull- og sprøytepåføring betydelige høyere HDI-konsentrasjoner for de to HDI-biuretbaserte malingene i forhold til de to HDI-isocyanuratbaserte (jfr tabell 7 og 8). Disse forskjellene kan delvis forklares av at andelen monomer i HDI-isocyanurat vanligvis er < 0,2 %, mens andelen i HDI-biuret kan være inntil 1,6 % (Myer 1993). Resultatene antyder at bruk av HDI-isocyanuratbaserte malinger er et bedre valg med hensyn på HDI-eksponering enn de HDI-biuretbaserte malingene. Det er imidlertid ikke tydelige forskjeller i konsentrasjon av HDI-addukter under sprøytepåføring mellom de isocyanat- og biuret-baserte malingene.

4.5 Blod- og urinprøver av isocyanateksponerte

Analyser av isocyanatenes korresponderende aminer i blodplasma eller urin har potensial for å belyse arbeidstakeres eksponering for isocyanater uavhengig av eksponeringsvei. Ved HDI-, MDI- og TDI-eksponering gjøres analyser av hhv HDA, MDA og TDA i hydrolyserte blod- eller urinprøver. Fordi halveringstida for disse aminene i urin er kort (noen timer) må urinprøver tas umiddelbart etter at eksponeringen er avsluttet for at aminnivåene skal reflektere denne arbeidsdagens isocyanateksponering. I blodprøver har aminene lengre halveringstid, og reflekterer i større grad siste ukers eksponering (Lind 1997).

De høyeste konsentrasjonene av isocyanatrelaterte aminer som ble påvist i denne undersøkelsen var hhv $1,01 \mu\text{g HDA}/\text{mmol kreatinin}$ ($8,8 \text{ nmol}/\text{mmol kreatinin}$), $0,08 \mu\text{g}$

MDA/mmol kreatinin (0,4 nmol/mmol kreatinin) og 0,46 µg TDA/mmol kreatinin (3,8 nmol/mmol kreatinin). Den tyske grenseverdien for MDA er til sammenligning 5,7 nmol/mmol kreatinin (Deutsche Forschungsgemeinschaft 1999). For HDA og TDA er det ikke etablert noen tilsvarende grenseverdi, men det er foreslått en eksponeringsindeks for HDA på 18,5 nmol/mmol kreatinin (Maitre 1996) og for TDA på 19,5 nmol/mmol kreatinin (Maitre 1993). Til tross for at arbeidstakerne brukte åndedrettsvern under påføringen, kunne det altså påvises isocyanatrelaterte aminer i urin, men i relativt lave konsentrasjoner.

I en tidligere undersøkelse blant billakkerere ble det funnet urinkonsentrasjoner av HDA på inntil 110 nmol/mmol kreatinin hos flere arbeidstakere uten åndrettsbeskyttelse, men HDA i urin kunne ikke påvises hos en arbeidstaker som brukte trykkluftforsynt åndedrettsvern under sprøytelakkingen (Rosenberg 1986a). I en senere undersøkelse blant billakkere ble det imidlertid påvist HDA i urin i konsentrasjoner inntil 12 nmol/mmol kreatinin hos flere sprøytelakkerer som hadde benyttet trykkluftforsynt åndedrettsvern under arbeidet (Williams 1999).

Vår luftmålinger ble i de fleste tilfellene ble tatt utenfor åndedrettsvernet. Undersøkelsene i felt (kap.3.2) viste dårlig samsvar mellom disse målingene og eksponering målt som HDA i urin. Hos de mest eksponerte arbeidstakerne ved sprøytemaling av skipsside (sprøyting fra korg og lift) ble det f.eks bare påvist HDA i urin hos den ene. Samtidig ble det påvist HDA i urin hos en lavt eksponert tilrettelegger. Hos denne var konsentrasjonene også høyere *før* arbeidet ble påbegynt enn *etter* at det var avsluttet. Likeledes ble det bare påvist 1,6 HDA i urin hos fire av de seks mest eksponerte arbeidstakerne ved sprøytemaling i maskinrom (kap.3.2.2). Også her viste en av arbeidstakerne høyere konsentrasjoner av 1,6 HDA i urin før arbeidet ble utført enn etter.

Størst betydning for det dårlige samsvar mellom luftmålinger utenfor åndedrettsvernet og målinger av 1,6 HDA-konsentrasjoner i urin har trolig forskjeller i reell beskyttelse av luftveiene under arbeidet. Graden av beskyttelse er bl.a. avhengig av hvor godt åndedrettsvernet i seg selv beskytter mot isocyanateksponering, hvor godt det er tilpasset aktuell arbeidstaker, og ikke minst i hvor stor grad åndedrettsvernet benyttes under hele arbeidsperioden. Målinger av HDA i urin gjenspeiler HDI-eksponering uavhengig av eksponeringsvei. Det finnes i dag svært lite kunnskap om i hvor stor grad HDI tas opp gjennom hud, men hudopptak som eksponeringsvei kan ikke utelukkes (Williams 1999).

HDA ble hos noen arbeidstakere påvist i urin før arbeidet ble igangsatt, uten at disse kunne angi noen kjent HDI-eksponering forut for arbeidet. Halveringstida for HDA i urin er på ca 2,5 timer (Tinnerberg 1995) og urinprøvene burde dermed gjenspeile HDI-eksponeringen i timene forut. Andre undersøkelser har vist at lave verdier av HDA i urin kan påvises 15-20 timer etter en (oral) eksponering (Maitre 1996). Det er derfor mulig at HDA i noen grad kan akkumuleres i kroppen gjennom en arbeidsuke. For andre isocyanater er det rapportert at eventuelle isocyanat-addukter i blod gradvis brytes ned og frigjør diamin-metabolitten til urin over en lenger periode etter at eksponeringen har opphørt (Lind 1997). Det er mulig at dette også gjelder ved nedbryting av eventuelle HDA-addukter i blod, og at slike forhold også medvirker til de påviste HDA-konsentrasjonene i "før"- prøver.

Ved undersøkelsene i kammeret (kap.3.1) ble det dessverre ikke analysert for HDA i urin til tross for at HDI-baserte malinger ble påført både første, tredje og fjerde dag, og at HDI dermed utgjorde den viktigste isocyanateksponeringen. Påføringen av de to TDI-og MDI-

baserte malingene (P1 og P2) ble påført andre dag. Hos malingsoperatøren ble det denne dagen påvist både 4,4 MDA og 2,4 TDA i urin før malingspåføring, og en økt konsentrasjon av 2,4 TDA etter påføring. MDA har en relativ lang halveringstid i urin på 60-80 timer (Dalene 1997; Kaaria 2001a). MDI-eksponering flere døgn forut for urinprøven kan derfor i noe grad medvirke til påvisningen av MDA i urin før malingspåføring. Halveringstida for TDA i urin er kortere og eliminasjonen følger et bifasisk mønster, med en halveringstid på < 2 timer i første fase og ca 5 timer i andre fase (Skarping 1991). TDA i operatørs urin før malingspåføring forventes derfor i større grad påvirkes av TDI-eksponering de siste timene forut for urinprøvene. Operatøren kunne ikke huske noen TDI- og MDI-eksponering i timene og dagene forut for urinprøvene som kan forklare MDA og TDA i urin før malingspåføring. Det er på samme måte vanskelig å peke på konkrete kilder til den påviste konsentrasjonen av MDA og TDA i urin hos en av arbeidstakerne etter sprøytemaling med HDI-basert maling i maskinrommet (kap.3.2.2).

4.6 Isocyanateksponering ved bruk av åndedrettsvern.

Under sprøytemaling med isocyanatholdig maling skal det alltid benyttes trykkluftforsynt åndedrettsvern (Direktoratet for Arbeidstilsynet 2001b), fordi dette anses å gi den beste beskyttelsen mot isocyanateksponering under slike betingelser. Undersøkelser under kontrollerte forhold har vist at åndedrettsvern med kombinasjon av kullfilter og partikkelfilter (som ble benyttet under feltmålingene), kan gi beskyttelse både overfor diisocyanater og isocyanataddukter (Dharmarajan 2001). Når denne type åndedrettsvern likevel ikke anbefales, er det normalt på grunn av manglende "varslingsegenskaper" (isocyanater har svært mye høyere luktgrense enn deres administrative normer), og risiko for lekkasjer rundt maska.

Ved undersøkelsene i kammeret hvor trykkluftmaske ble brukt, ble det påvist lave konsentrasjoner av HDI-addukter ved prøvetakning på innsiden av åndedrettsvernet både under rull- og sprøytepåføring i flere prøver. Selv lave isocyanatkonsentrasjoner innenfor trykkluftmasken var et uventet resultat, som det er vanskelig å finne rimelige forklaringer på. Det kan tenkes utettheter rundt maskekroppen kombinert med utilstrekkelig overtrykk i åndedrettsvernet og det kan tenkes lekkasjer i forbindelse med tilkobling av prøvetakningsutstyret. Det ble lagt vekt på at åndedrettsvernet i prøvetakningsperioden ikke skulle tas av eller på eller reguleres på annen måte, slik at prøvene skulle reflektere reell eksponering ved bruk av åndedrettsvernet. Slike forhold kan likevel ikke utelukkes som bidragene årsak.

Det ble ikke gjort forsøk på å måle isocyanateksponering innenfor åndedrettsvernet under de feltbetingelsene hvor kombinasjonen av kullfilter og partikkelfilter ble benyttet. Tidligere undersøkelser har imidlertid vist målbare konsentrasjoner av isocyanater innenfor åndedrettsvernet når filtrerende utstyr har vært benyttet (Rosenberg 1984). Resultatene (kap.3.2.1 og 3.2.2) viser at hos en stor del av arbeidstakerne under feltbetingelser ble det påvist HDA i postskift urinprøver. Isocyanatrelaterte aminer i postskift urin hos malingsoperatører som bruker åndedrettsvern er også vist tidligere (Williams 1999). Samlet kan resultatene tyde på at fullstendig beskyttelse mot isocyanateksponering er vanskelig å oppnå. Undersøkelsene antyder samtidig at noen arbeidstakere kan påføre polyuretanbasert maling med bruk av samme type åndedrettsvern, men uten at isocyanatrelaterte aminer kan påvises urin. Behovet for gode rutiner for masketilpassning og tetthetskontroll også ved bruk av åndedrettsvern bør understrekes.

5 Sammendrag og hovedkonklusjoner

Arbeidsmedisinsk avdeling ved Regionsykehuset i Trondheim har i samarbeid med Teknologisk Institutt, Oslo, Arbeidslivsinstituttet, Umeå og Institutet för kemisk analys, Hässleholm gjennomført yrkeshygieniske målinger ved påføring av epoksy- og polyuretanbaserte industrimalinger. Målinger er gjennomført under standardiserte betingelser i lakkeringskammer, og under reelle betingelser i felt.

Under standardiserte betingelser i lakkeringskammer ble det gjort målinger under rull- og sprøytepåføring av seks polyuretanbaserte og seks epoksybaserte malinger. Betingelsene i kammeret tilsvarer trolig noen de mest belastende eksponeringforholdene under feltarbeid. Ved rullpåføring av polyuretanbaserte malingsprodukter i kammeret ble det ikke for noen av malingene påvist høyere konsentrasjoner enn 7-8 % av de administrative normer for mono- og diisocyanater.

Ved sprøytepåføring ble det for fire av seks malinger påvist mono- og diisocyanatkonsentrasjoner over de norske administrative normene. For en av de HDI-biuretbaserte malingene ble normene overskredet med en faktor på nesten syv. Ingen av de to HDI-isocyanuratbaserte malingene gav overskridelser av normene for mono- og diisocyanater. Dersom isocyanateksponeringen ved sprøytepåføring uttrykkes som NCO-grupper og sammenlignes med de engelske normene, viser resultatene betydelige overskridelser (faktor fra 17 til 75) for alle HDI-baserte malinger.

Ved sprøytepåføring av polyuretanmalinger domineres eksponeringen av tungtflyktige isocyanatforbindelser. Disse forbindelsene er dårlig kartlagt. I undersøkelsen er det identifisert og kvantifisert fem ulike tungtflyktige isocyanatforbindelser ved sprøytepåføring av HDI-baserte malinger (uretidon, isocyanurat, biuret, uretidon-isocyanurat og diisocyanurat). Tre av disse (uretidon, uretidon-isocyanurat og diisocyanurat) er tidligere ikke kvantifisert.

Målinger utført under sprøytepåføring av en HDI-basert maling på skipsside i tørrdokk viste HDI-konsentrasjoner opp inntil 1/3 av norm. Under sprøytepåføring og tilrettelegging av slanger osv i maskinrom ble det målt HDI-konsentrasjonene opptil 5-6 ganger norm. Ved blanding av maling og lignende oppgaver i tørrdokk og på akterdekk (friluft), ble det knapt påvist HDI-eksponering.

Det ble ved målinger innvendig i åndedrettsvern påvist lave konsentrasjoner av isocyanater, og isocyanatrelaterte aminer ble påvist i urin hos flere malingsoperatører som brukte åndedrettsvern. Resultatene er vanskelig tolkbare men kan tyde på at fullstendig beskyttelse mot isocyanateksponering er vanskelig å oppnå, og de understreker behovet for gode rutiner for masketilpasning og tetthetskontroll ved bruk av åndedrettsvern.

Det kunne ikke påvises eksponering for aminer ved rullpåføring av epoksybaserte malinger under standardiserte betingelser i lakkeringskammer. Herderne til disse malingene inneholdt i hht HMS-databladene 2,5-10 vekt % dietyltriamin (DETA) og 10-30 % isoforondiamin (IPDA). Ved sprøytepåføring av malingene ble det ikke påvist målbare konsentrasjoner av

DETA, men IPDA ble påvist konsentrasjoner inntil 0,13 mg/m³. Hvor raskt aminkonsentrasjonene i en maling avtar etter at base og herder blandes sammen ble undersøkt for en maling. Det ble påvist at konsentrasjonen av DETA falt raskt i løpet av de første 10 minutter etter blanding, noe som kan være medvirkende til at lave aminkonsentrasjoner påvises ved malingspåføring. Luftveiseeksponering for andre reaktive stoffer (epoksidforbindelser med mer) som kan ha betydning for utvikling av astma, er ikke kartlagt.

Hovedkonklusjoner

Ved rullpåføring av polyuretanbaserte malingsprodukter under feltbetingelser vil eksponeringen sjelden overstige administrative normer for isocyanater. Ved sprøytepåføring i feltbetingelser vil konsentrasjonene kunne overskride normene for eksponering betydelig. Ved sprøytepåføring består eksponeringen av en kompleks blanding av isocyanatforbindelser, og er dominert av prepolymerer og isocyanataddukter. Resultatene understreker at isocyanateksponeringen og dermed risikoen for isocyanatrelaterte helseeffekter er knyttet til sprøytepåføringsoppgaver. Eksponeringsreducerende tiltak bør dermed rettes mot disse oppgavene.

Det ble i undersøkelsen påvist eksponering for isocyanater ved målinger innvendig i personlig verneutstyr, og isocyanatrelaterte aminer ble påvist i urin hos flere malingsoperatører som brukte åndedrettsvern. Resultatene er vanskelig tolkbare men kan tyde på at fullstendig beskyttelse mot isocyanateksponering er vanskelig å oppnå. De understreker dermed behovet for gode rutiner for masketilpasning og tetthetskontroll ved bruk av åndedrettsvern.

Ved rull- og sprøytepåføring av epoksybaserte malingsprodukter kan resultatene tyde på at aminkonsentrasjonene under feltbetingelser vil være svært lave. Luftveiseeksponering for andre reaktive stoffer (epoksidforbindelser med mer) som kan ha betydning for utvikling av astma, er imidlertid lite kartlagt.

6 Referanser

- Aleva RM, Aalbers R, Koeter GH, De Monchy JG. Occupational asthma caused by a hardener containing an aliphatic and a cycloaliphatic diamine. *Am Rev Respir Dis* 1992;145(5):1217-1218
- Arbetslivsinstitutet. Prinsiper och metoder for provtagning och analyser av emnen på listan over hygieniska grensverden. *Arbete och hälsa*. ed. Levin JO, 1997:6,
- Bray PG. Epoxy resins. *Occup Med* 1999; 14(4):743-758
- Brorson T, Skarping G, Nielsen J. Biological monitoring of isocyanates and related amines. II. Test chamber exposure of humans to 1,6-hexamethylene diisocyanate (HDI). *Int Arch Occup Environ Health* 1990; 62(5):385-389
- Dalene M, Skarping G, Lind P. Workers exposed to thermal degradation products of TDI- and MDI-based polyurethane: biomonitoring of 2,4-TDA, 2,6-TDA, and 4,4'-MDA in hydrolyzed urine and plasma. *Am Ind Hyg Assoc J* 1997; 58(8):587-591
- Deutsche Forschungsgemeinschaft. List of MAK and BAT Values. Commission for the Investigation of Health Hazard of Chemical Compounds in the Work Area. Bonn: 1999:35,
- Dharmarajan V, Lingg RD, Myer HE. Evaluation of organic-vapor respirator cartridge efficiency for hexamethylene diisocyanate vapor in the presence of organic solvents. *Appl Occup Environ Hyg* 2001; 16(3): 397-404
- Direktoratet for Arbeidstilsynet. Administrative normer for forurensing i arbeidsatmosfære ; 2001a: best.nr 361.
- Direktoratet for Arbeidstilsynet. Vern mot eksponering for kjemikalier på arbeidsplassen (kjemikalieforskriften), 2001b: best.nr 566
- El Ayouby NS, Berardinelli SP, Hall RC. Evaluation of the Permea-Tec pads as new technology for the detection of chemical breakthrough in PPC. *Am J Ind Med* 1999;suppl 1:128-129
- Estlander T, Keskinen H, Jolanki R, Kanerva L. Occupational dermatitis from exposure to polyurethane chemicals. *Contact Dermatitis* 1992; 27(3):161-165
- Health and Safety Executive. Organic isocyanates in Air MDHS 25. Methods for the Determination of Hazardous Substances; HSE Books, Suffolk, 1987.
- Health and Safety Executive. Occupational exposure limits, EH 40; HSE Books; Suffolk 2001.
- Herrick RF, Smith TJ. Development of a sampling and analytical method for measuring the epoxy content of aerosols: I. Development of the analytical method. *Am Ind Hyg Assoc J* 1987a; 48(9): 766-772
- Herrick RF, Smith TJ. Development of an air sampling method based on the reactive properties of a contaminant. *Scand J Work Environ Health* 1988; 14 suppl: 131-132
- Herrick RF, Smith TJ, Ellenbecker MJ. Development of a sampling and analytical method for measuring the epoxy content of aerosols: II. Application of the method to epoxy-containing aerosols. *Am Ind Hyg Assoc J* 1987b; 48(9): 773-779
- Janko M, McCarthy K, Fajer M, van Raalte J. Occupational exposure to 1,6-hexamethylene diisocyanate-based polyisocyanates in the state of Oregon, 1980-1990. *Am Ind Hyg Assoc J* 1992; 53(5):331-338

- Kaaria K, Hirvonen A, Norppa H, Piirila P, Vainio H, Rosenberg C. Exposure to 4,4'-methylenediphenyl diisocyanate (MDI) during moulding of rigid polyurethane foam: determination of airborne MDI and urinary 4,4'-methylenedianiline (MDA). *Analyst* 2001a; 126(4): 476-479
- Kaaria K, Hirvonen A, Norppa H, Piirila P, Vainio H, Rosenberg C. Exposure to 2,4- and 2,6-toluene diisocyanate (TDI) during production of flexible foam: determination of airborne TDI and urinary 2,4- and 2,6-toluenediamine (TDA). *Analyst* 2001b; 126(7): 1025-1031
- Kanerva L, Estlander T, Keskinen H, Jolanki R. Occupational allergic airborne contact dermatitis and delayed bronchial asthma from epoxy resin revealed by bronchial provocation test. *European Journal of Dermatology* 2000; 10(6):475-477
- Karjalainen A, Kurppa K, Virtanen S, Keskinen H, Nordman H. Incidence of occupational asthma by occupation and industry in Finland. *Am J Ind Med* 2000; 37:451-458
- Karlsson D, Dalene M, Skarping G, Marand A. Determination of isocyanic acid in air. *J Environ Monit* 2001; 3(4):432-436
- Karlsson D, Spanne M, Dalene M, Skarping G. Airborne thermal degradation products of polyurethane coatings in car repair shops. *J Environ Monit* 2000;2(5):462-469
- Kimber I. The role of the skin in the development of chemical respiratory hypersensitivity. *Toxicol Lett* 1996; 86(2-3): 89-92
- Levin JO, Andersson K, Fengmark I, Hallgren C. Determination of gaseous and particulate polyamines in air using sorbent or filter coated with naphthylisothiocyanate. *Applied Industrial Hygiene* 1989; 4(4):98-100
- Lind P. Biomarkers of aromatic isocyanates in exposed workers, thesis, Department of Occupational and Environmental Medicine, Institute of Laboratory Medicine, Lund University, Lund, Sweden; 1997.
- Littorin M, Rylander L, Skarping G et al. Exposure biomarkers and risk from gluing and heating of polyurethane: a cross sectional study of respiratory symptoms. *Occup Environ Med* 2000;57(6):396-405
- Liu Y, Sparer J, Woskie SR et al. Qualitative assessment of isocyanate skin exposure in auto body shops: a pilot study. *Am J Ind Med* 2000; 37(3):265-274
- Maitre A, Berode M, Perdrix A, Romazini S, Savolainen H. Biological monitoring of occupational exposure to toluene diisocyanate. *Int Arch Occup Environ Health* 1993; 65(2):97-100
- Maitre A, Berode M, Perdrix A, Stoklov M, Mallion JM, Savolainen H. Urinary hexane diamine as an indicator of occupational exposure to hexamethylene diisocyanate. *Int Arch Occup Environ Health* 1996; 69(1):65-68
- Myer HE, O'Block ST, Dharmarajan V. A survey of airborne HDI, HDI-based polyisocyanate and solvent concentrations in the manufacture and application of polyurethane coatings. *Am Ind Hyg Assoc J* 1993; 54(11):663-670
- Ng TP, Lee HS, Malik MA, Chee CB, Cheong TH, Wang YT. Asthma in chemical workers exposed to aliphatic polyamines. *Occup Med (Lond)* 1995; 45(1): 45-48
- Rosenberg C, Savolainen H. Determination in urine of diisocyanate-derived amines from occupational exposure by gas chromatography-mass fragmentography. *Analyst* 1986a; 111(9):1069-1071
- Rosenberg C, Savolainen H. Determination of occupational exposure to toluene diisocyanate by biological monitoring. *J Chromatogr* 1986b; 367(2): 385-392
- Rosenberg C, Tuomi T. Airborne isocyanates in polyurethane spray painting: determination and respirator efficiency. *Am Ind Hyg Assoc J* 1984; 45(2): 117-121

- Rømyhr O, Nyfors A, Aasen TB, Leira HL. Hud- og luftveissykdommer hos overflatebehandlere, rapport etter 2 år. Arbeidsmedisinsk avdeling, Regionsykehuset i Trondheim, Trondheim; 2000:02, pp 1-43.
- Seguin P, Allard A, Cartier A, Malo J. Prevalence of occupational asthma in spray painters exposed to several types of isocyanates, including polymethylene polyphenylisocyanate. *J Occup Med* 1987;29(4):340-344
- Silk SJ, Hardy HL. Control limits for isocyanates. *Ann Occup Hyg* 1983; 27(4):333-339
- Skarping G, Brorson T, Sangø C. Biological monitoring of isocyanates and related amines, III. Test chamber exposure of humans to toluene diisocyanate. *Int Arch Occup Environ Health* 1991; 63:83-88
- Streicher RP, Arnold JE, Cooper CV, Fischbach TJ. Investigation of the ability of MDHS method 25 to determine urethane-bound isocyanate groups. *Am Ind Hyg Assoc J* 1995; 56(5): 437-442
- Tinnerberg H, Skarping G, Dalene M, Hagmar L. Test chamber exposure of humans to 1,6-hexamethylene diisocyanate and isophorone diisocyanate. *Int Arch Occup Environ Health* 1995; 67(6): 367-374
- Williams NR, Jones K, Cocker J. Biological monitoring to assess exposure from use of isocyanates in motor vehicle repair. *Occup Environ Med* 1999;56(9):598-601

7 Vedlegg

Supplement til tabell 6: Eksponering for isoforondiamin (mg/m³) ved rull- og sprøytepåføring, tre parallelle stasjonære målinger

Maling	Rullpåføring		Sprøytepåføring	
	LC-UV	LC-MS	LC-UV	LC-MS
E 1	i.a.	< 0,02	i.a.	< 0,02
	i.a.	< 0,02	i.a.	< 0,02
	i.a.	< 0,02	i.a.	< 0,02
E 2	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,02
	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,02
	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,02
E 3	< 0,05	i.a.	0,08	i.a.
	< 0,05	i.a.	0,07	i.a.
	i.a.	i.a.	0,10	i.a.
E 4	< 0,05	i.a.	0,06	< 0,02
	< 0,05	i.a.	< 0,05	< 0,02
	< 0,05	i.a.	< 0,05	< 0,02
E 5	i.a.	< 0,02	i.a.	< 0,02
	i.a.	< 0,02	i.a.	< 0,02
	i.a.	< 0,02	i.a.	< 0,02
E 6	i.a.	< 0,02	i.a.	0,12
	i.a.	< 0,02	i.a.	0,13
	i.a.	< 0,02	i.a.	0,15

Supplement til tabell 7. Isocyanateksponering ved rullpåføring i kammer, to parallelle stasjonære målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek.

	P6		P2		P1	
	1		1	2	1	2
2,4 TDI					0,8 - nd	0,6 - nd
2,4 TDI (NCO-grupper)					0,4 - nd	0,3 - nd
2,6 TDI					1,0 - nd	1,0 - nd
2,6 TDI (NCO-grupper)					0,5 - nd	0,5 - nd
Phenylisocyanat (PhI)			0,6 - nd	0,6 - nd		
PhI (NCO-grupper)			0,2 - nd	0,2 - nd		
HDI	0,2 - nd	0,2 - nd				
HDI (NCO-grupper)	0,1 - nd	0,1 - nd				
HDI-isocyanurat			10,0 - nd	10,4 - nd	nd - nd	0,8 - nd
HDI-isocyanurat (NCO-grupper)			2,5 - nd	2,6 - nd		0,2 - nd
HDI-diisocyanurat			2,0 - nd	2,0 - nd		
HDI-diisocyanurat (NCO-grupper)			0,4 - nd	0,4 - nd		

Supplement til tabell 7 (forts). Isocyanateksponering ved rullpåføring i kammer, to parallelle stasjonære målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek.

	P5		P4		P3	
	1	2	1	2	1	2
2,4 TDI	0,4 - nd	0,6 - nd				
2,4 TDI (NCO-grupper)	0,2 - nd	0,3 - nd				
2,6 TDI	0,2 - nd	0,2 - nd				
2,6 TDI (NCO-grupper)	0,1 - nd	0,1 - nd				
HDI	0,7 - nd	0,6 - nd	1,7 - nd	1,7 - nd	2,6 - nd	2,5 - nd
HDI (NCO-grupper)	0,4 - nd	0,3 - nd	0,9 - nd	0,9 - nd	1,3 - nd	1,3 - nd
HDI-biuret					8,4 - nd	25,2 - nd
HDI-biuret (NCO-grupper)					2,2 - nd	6,6 - nd
HDI-isocyanurat	nd - nd	0,4 - nd	4,8 - nd	3,2 - nd	nd - nd	0,8 - nd
HDI-isocyanurat (NCO-grupper)		0,1 - nd	1,2 - nd	0,8 - nd		0,2 - nd
HDI-diisocyanurat			0,8 - nd	0,4 - nd		
HDI-diisocyanurat (NCO-grupper)			0,2 - nd	0,1 - nd		

Supplement til tabell 8. Isocyanateksponering ved sprøytepåføring i kammer, to parallelle stasjonære målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek.

	P6		P2		P1	
	1	2	1	2	1	2
2,4 TDI					59,0 - 0,9	72,0 - 0,7
2,4 TDI (NCO-grupper)					28,5 - 0,4	34,7 - 0,3
2,6 TDI					48,0 - 0,7	54,0 - nd
2,6 TDI (NCO-grupper)					23,1 - 0,3	26,0 - nd
Phenylisocyanat (PhI)			1,0 - nd	1,0 - nd		0,2 - nd
PhI (NCO-grupper)			0,4 - nd	0,4 - nd		0,1 - nd
4,4 MDI			60,0 - 0,3	50,0 - nd	4,0 - nd	4,0 - nd
4,4 MDI (NCO-grupper)			20,2 - 0,1	16,8 - nd	1,3 - nd	1,3 - nd
HDI	18,0 - nd	18,0 - nd				nd - 0,2
HDI (NCO-grupper)	9,0 - nd	9,0 - nd				nd - 0,1
Uretidon	7,1 - nd	8,1 - nd				
Uretidon (NCO-grupper)	1,8 - nd	2,0 - nd				
HDI-biuret	57,1 - nd	46,7 - nd				
HDI-biuret (NCO-grupper)	15,0 - nd	12,3 - nd				
HDI-isocyanurat	2285,7 - 7,6	2047,6 - 6,7	1,0 - nd	1,0 - nd	1,9 - nd	
HDI-isocyanurat (NCO-grupper)	570,8 - 1,9	511,3 - 1,7	0,2 - nd	0,2 - nd	0,5 - nd	
HDI-uretidon-isocyanurat	20,5 - nd	19,0 - nd				
HDI-uretidon-isocyanurat (NCO-grupper)	3,8 - nd	3,5 - nd				
HDI-diisocyanurat	1190,5 - 3,3	809,5 - 2,9			1,0 - nd	
HDI-diisocyanurat (NCO-grupper)	237,8 - 0,7	161,7 - 0,6			0,2 - nd	

Supplement til tabell 8 (forts): Isocyanateksponering ved sprøytepåføring i kammer, to parallelle stasjonære målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek.

	P5		P4		P3	
	1	2	1	2	1	2
2,4 TDI	0,3 - nd	0,2 - nd				
2,4 TDI (NCO-grupper)	0,1 - nd	0,1 - nd				
4,4 MDI			0,4 - nd	0,4 - nd	0,8 - nd	0,7 - nd
4,4 MDI (NCO-grupper)			0,1 - nd	0,1 - nd	0,3 - nd	0,2 - nd
HDI	9,1 - nd	9,7 - nd	110,0 - nd	100,0 - 0,4	250,0 - 0,5	230,0 - 1,0
HDI (NCO-grupper)	4,6 - nd	4,9 - nd	55,0 - nd	50,0 - 0,2	125,0 - 0,3	115,0 - 0,5
Uretidon	4,8 - nd	4,8 - nd	304,8 - nd	271,4 - nd	390,5 - nd	233,3 - nd
Uretidon (NCO-grupper)	1,2 - nd	1,2 - nd	76,1 - nd	67,7 - nd	97,5 - nd	58,3 - nd
HDI-biuret	9,5 - nd	15,2 - nd	2190,5 - 4,3	2285,7 - 7,1	5238,1 - 40,0	3809,5 - 37,6
HDI-biuret (NCO-grupper)	2,5 - nd	4,0 - nd	576,7 - 1,1	601,8 - 1,9	1379,1 - 10,5	1002,9 - 9,9
HDI-isocyanurat	1190,5 - 7,1	952,4 - 6,2	109,5 - nd	100,0 - nd	404,8 - 1,4	476,2 - 1,0
HDI-isocyanurat (NCO-grupper)	297,3 - 1,8	237,8 - 1,5	27,3 - nd	25,0 - nd	101,1 - 0,3	118,9 - 0,2
HDI-uretidon-isocyanurat	7,6 - nd	6,7 - nd				
HDI-uretidon-isocyanurat (NCO-grupper)	1,4 - nd	1,3 - nd				
HDI-diisocyanurat	304,8 - 1,4	309,5 - 1,4	1,0 - nd	1,0 - nd	4,8 - nd	9,5 - nd
HDI-diisocyanurat (NCO-grupper)	60,9 - 0,3	61,8 - 0,3	0,2 - nd	0,2 - nd	1,0 - nd	1,9 - nd

Supplement til tabell 10: Isocyanateksponering ved sprøyteføring av baugparti på kjemikalietanker fra korg og lift, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, personbårne målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek

	Sprøyting fra korg		Sprøyting fra lift	
	1 (35 min)	2 (44 min)	1 (19 min)	2 (44 min)
2,6 TDI			1,4 - nd	
2,6 TDI (NCO-grupper)			0,7 - nd	
4,4 MDI			nd - 1,3	
4,4 MDI (NCO-grupper)			nd - 0,4	
HDI	2,7 - nd	1,1 - nd	12 - nd	0,9 - nd
HDI (NCO-grupper)	1,4 - nd	0,6 - nd	6,0 - nd	0,5 - nd
HDI-biuret	51,4 - nd	31,8 - 1,8	295 - 10,5	25 - 2,3
HDI-biuret (NCO-grupper)	13,5 - nd	8,4 - 0,5	77,7 - 2,8	6,6 - 0,6
HDI-isocyanurat	1,1 - nd	0,2 - nd	4,2 - nd	3,2 - nd
HDI-isocyanurat (NCO-grupper)	0,3 - nd	0,1 - nd	1,0 - nd	0,8 - nd
HDI-diisocyanurat	0,9 - nd		1,6 - 1,1	
HDI-diisocyanurat (NCO-grupper)	0,2 - nd		0,3 - 0,2	

Supplement til tabell 11: Isocyanateksponering ved blanding av maling og tilrettelegging på bedding, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, personbårne målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek

	Blanding		Tilrettelegging
	1 (9 min)	2 (35min)	1 (35min)
HDI		1,0 - nd	0,8 - nd
HDI (NCO-grupper)		0,5 - nd	0,4 - nd
HDI-biuret	1,1 - nd	15,1 - nd	nd - 19,4
HDI-biuret (NCO-grupper)	0,3 - nd	4,0 - nd	nd - 2,9

Supplement til tabell 12: Isocyanateksponering ved sprøytemaling i maskinrom, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, personbårne målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek

	Sprøytemaling		
	1 (21min)	2 (25 min)	3 (30min)
4,4 MDI	1,3 - 0,7		
4,4 MDI (NCO-grupper)	0,4 - 0,2		
HDI	26,0 - nd	130,0 - 0,9	180,0 - 1,8
HDI (NCO-grupper)	13,0 - nd	65,0 - 0,5	90,0 - 0,9
Uretidon	21,9 - nd	2,0 - 44,0	43,3 - nd
Uretidon (NCO-grupper)	5,5 - nd	0,5 - 11,0	10,8 - nd
HDI-biuret	666,7 - 12,9	1,2 - 1680,0	1966,7 - 24,0
HDI-biuret (NCO-grupper)	175,5 - 3,4	0,3 - 442,3	517,8 - 6,3
HDI-isocyanurat	9,0 - nd	nd - 38,8	60,0 - 0,3
HDI-isocyanurat (NCO-grupper)	2,2 - nd	nd - 10,4	15,0 - 0,1
HDI-diisocyanurat	1,0 - nd	nd - 0,8	1,3 - nd
HDI-diisocyanurat (NCO-grupper)	0,2 - nd	nd - 0,2	0,3 - nd

Supplement til tabell 12 (forts): Isocyanateksponering ved tilrettelegging av slanger i maskinrom under sprøytemaling, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, personbårne målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek

	Tilrettelegging			
	1 (25min)	2 (28 min)	3 (27min)	4 (21min)
HDI	120,0 - 0,5	200,0 - 0,8	120,0 - 0,5	110,0 - 0,6
HDI (NCO-grupper)	60,0 - 0,3	100,0 - 0,4	60,0 - 0,3	55,0 - 0,3
Uretidon	48,0 - nd	103,6 - nd	35,9 - 1,5	25,2 - nd
Uretidon (NCO-grupper)	12,0 - nd	25,9 - nd	9,0 - 0,4	6,3 - nd
HDI-biuret	1640,0 - 3,3	1892,9 - 10,7	1592,6 - 4,8	2047,6 - 4,3
HDI-biuret (NCO-grupper)	431,8 - 0,9	498,4 - 2,8	419,3 - 1,3	539,1 - 1,1
HDI-isocyanurat	36,4 - nd	67,9 - nd	34,4 - nd	33,3 - nd
HDI-isocyanurat (NCO-grupper)	9,1 - nd	17,0 - nd	8,6 - nd	8,3 - nd
HDI-diisocyanurat	0,8 - nd	1,4 - nd	0,7 - nd	1,0 - nd
HDI-diisocyanurat (NCO-grupper)	0,2 - nd	0,3 - nd	0,1 - nd	0,2 - nd

Supplement til tabell 13: Isocyanateksponering ved blanding av maling på akterdekk, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, personbårne målinger, analyser av filter angitt etter bindestrek

	Blanding av maling ute på akterdekk		
	1 (30 min)	2 (23 min)	3 (26 min)
HDI-uretidon	nd - nd	nd - nd	1,5 - nd
HDI-uretidon (NCO-grupper)			0,4 - nd
HDI-biuret	nd - nd	3,0 - 1,3	3,5 - nd
HDI-biuret (NCO-grupper)		0,8 - 0,3	0,9 - nd

Tabell 14. Suppleende opplysninger om malingsproduktene som inngår i undersøkelsen.

Maling	Beskrivelse	Dyse ¹	Dysetrykk ²
E1	To-komponent høymolekylær epoksymaling, polyamin-herdene?	6.19	3,5 bar
E2	To-komponent epoksymaling, polyaminaddukt-herdene	8.21	3,5 Bar
E3	To-komponent overflatetolerant fleksibel epoksyprimer, herder ?	6.19	3,5 bar
E4	To-komponent rusthindrene epoksymaling, herder ?	8.21	2,5 bar
E5	To-komponent modifisert epoksymaling, herder aminaddukt	6.19	3,5 bar
E6	To-komponent modifisert aluminiumpigmentert epoksy	6.19	2,8 bar
P1	Jernoksyd epoksy shopprimer, herder TDI	6.19	2,3 bar
P2	To-komponent modifisert, aluminiumspigmentert epoksy-uretan maling	6.27	3,5 bar
P3	To-komponent polyuretan topcoat	6.15	2,5 bar
P4	To-komponent alifatisk polyuretan	6.15	2,5 bar
P5	To-komponent alifatisk polyuretan akryl	6.19	3,0 bar
P6	To-komponent fluoropolymer (uretan)	6.19	2,6 bar

1 Tallet før punktum angir dysas spredningsvinkel, tallet etter punktum angir dyseåpning.

2 Ved påføring ble det benyttet en såkalt 60:1-pumpe. Tallet angir trykk inn på pumpa.