IVL rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

# Effektiva åtgärder mot exponering för isocyanater i bilverkstäder

Ann-Beth Antonsson  Bengt Christensson  Klas Ancker

B 1501

Stockholm,  augusti 2002

IVL

**Organisation/Organization**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.

**Adress/address**

Box 21060
100 31 Stockholm

**Telefonnr/Telephone**

08-598 563 00

**RAPPORTSAMMANFATTNING**
**Report Summary**

**Projekttitel/Project title**

Effektiva åtgärder mot exponering för isocyanater och aminer i bilverkstäder

**Anslagsgivare för projektet/**
**Project sponsor**

Project sponsor AFA

**Rapportförfattare/author**

Bengt Christensson Ann-Beth Antonsson Klas Ancker

**Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report**

Isocyanater, bilverkstäder, isocyansyra, monoisocyanater, di-isocyanater, åtgärder, avskilt utrymme, integrerat utsug, mätningar

Effektiva åtgärder mot exponering för isocyanater i bilverkstäder

**Sammanfattning/Summary**

Isocyanater är en grupp ämnen som är allergiframkallande också i mycket låga halter. Isocyanater är den vanligaste orsaken till yrkesallergier och det är därför viktigt att skydda sig mot exponering för isocyanater.

Mot bakgrund av mätningar av exponering för isocyanater och aminer vid olika typarbeten i bilverkstäder samt tester och utvärderingar av olika åtgärder, rekommenderas ett antal effektiva åtgärder mot exponering för isocyanater. Följande åtgärder föreslås:

- Vid MIG-svetsning ska svetspistol med integrerat utsug, anslutet till högvakuum användas i kombination med punktutsug och renslipning av plåt 3-5 cm. Vid motståndspunktsvetsning har ett integrerat utsug visats fungera bra, men något sådant finns ännu inte kommersiellt tillgängligt. Därför behöver andningsskydd användas vid motståndspunktsvetsning.
- Kapning och slipning bör göras med verktyg som inte alstrar så mycket värme, cirkelsåg med roterande klinga eller sticksåg (kapning) och planslipmaskin med integrerat utsug, bandslipmaskin eller roterande slipmaskin med Scotch Brite (slipning).
- Vid värmeriktning, krympning och hårdlödning ska ytorna renslipas och punktutsug användas. Avskärmning med svetsduk och extra utsug minskar spridningen av isocyanater ytterligare. Andningsskydd (helst tryckluftsmatat) behöver användas.

I rapporten diskuteras även andra åtgärder som avskilda utrymmen, allmänventilation, användning av punktutsug mm.

**Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords**

Isocyanates, exposure, ventilation, car body workshop, welding, grinding, control measures

**Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data**

IVL Rapport/report B1501

**Beställningsadress för rapporten/Ordering address**

IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm
fax: 08-598 563 90, e-mail: publicationservice@ivl.se

**Innehållsförteckning**

Summary ... 3

1 Inledning ... 4

2 Isocyanater; kemi, bildning, hälsoeffekter, mätning och utvärdering ... 5
2.1 Olika typer av isocyanater ... 5
2.2 Hälsoeffekter ... 6
2.3 Mätningar och utvärdering ... 7

3 Var i bilar finns isocyanater? ... 8

4 Emissioner av och exponering för isocyanater ... 10
4.1 Arbete med ohärdade produkter ... 10
4.2 Heta arbeten i härdade produkter ... 10
4.2.1 Slutsatser av tidigare mätningar - arbeten i lackerad bilplåt och andra PUR-haltiga material ... 11
4.3 Spridning av isocyanater till andra arbetsplatser i samma lokal ... 13

5 Åtgärder för att skydda sig mot isocyanater ... 14
5.1 Integrerade utsug ... 16
5.2 Punktutsug ... 17
5.3 Renslipning av plåt ... 19
5.4 Övriga åtgärder ... 20
5.5 Andningsskydd ... 21
5.6 Fungerande åtgärder vid olika arbetsmoment ... 23
5.6.1 Sömsvetsning, pluggsvetsning och motståndspunktsvetsning ... 23
5.6.2 Kapning ... 24
5.6.3 Slipning ... 24
5.6.4 Hårdlödning, krympning och värmeriktning ... 25
5.6.5 Tennspackling ... 26
5.6.6 Borttagning av svetspunkter ... 26
5.6.7 Plastarbeten ... 26

6 Åtgärder som hindrar föroreningarna att spridas till andra arbetsplatser i arbetslokalen ... 27
6.1 Allmänventilation ... 27
6.2 Avskärmning av arbetsplatsen och avskilda utrymmen ... 33
6.2.1 Avskärmade och avskilda utrymmen ... 34
6.2.2 Draghuv för borttransport av föroreningar ... 39

7 Övriga åtgärder ... 40

8 Kostnader för åtgärder ... 41

9 Diskussion ... 42

10 Slutsatser ... 45

11 Litteratur ... 47

Bilaga 1. Mätning av isocyanater ... 48

Bilaga 2. Mätningar för att kontrollera effekten av olika åtgärder ... 51

Bilaga 3. Exponering för isocyanater vid byte av PUR-fylld tröskellåda ... 60

Bilaga 4. Formulär för arbetsmiljöutvärdering av avskilda utrymmen ... 66

Bilaga 5. Resultat av utvärdering av avskilda utrymmen och avskärmningar ... 69

Bilaga 6. Utvärdering av en takhuvs effekt på spridning av isocyanater från hett arbete i en bilverkstad ... 77

# Summary

Isocyanates are chemical substances that may cause respiratory allergies even at very low concentrations. They are the most common cause of work-related allergies. Therefore it is important to avoid exposure to isocyanates and undertake control measures in such environments where exposure may occur.

A series of effective control measures to avoid exposure to isocyanates are recommended. They are based on measurements of exposure to isocyanates and amines (which frequently occur together with isocyanates) during typical operations in car body workshops. Measurements, tests and evaluations have also been made of different control measures.

The following measures are suggested;

- During MIG-welding, a welding gun with an integrated exhaust, attached to a high vacuum device should be used in combination with a local exhaust. The topcoat should be removed from the area within 3-5cm of the welding area. During resistance spot welding an exhaust tube opening was fixed to the electrode yoke and this has proved to be effective. An integrated exhaust for resistance spot welding is not yet available on the market. Thus a respirator is needed during resistance spot welding.
- Cutting, grinding and sanding should be done using tools that do not generate too much heat. Examples of such cutting tools are rotating blade saws and reciprocating saws. Sanding machines with an integrated exhaust or a rotating tool with Scotch Brite disk are other examples of cold methods.
- Before thermal straightening, shrinking and brazing, the surfaces should be grinded so they are as free as possible from car paint. Additionally a local exhaust should be used. An extra exhaust will reduce the spreading of air contaminants especially from the back side. Respirators should be used.

In the report, other control measures such as separated rooms, ventilation, use of local exhausts etc are discussed.

# 1 Inledning

Hälsoriskerna vid exponering för isocyanater uppmärksammades första gången i större skala under 70-talet och har sedan dess varit föremål för diskussion. En anledning till att isocyanater diskuterats under lång tid är att analysmetoderna har förbättrats. Gamla resultat måste därför revideras. Nya isocyanater har också upptäckts i arbetsplatsluft. Fortfarande finns det osäkerheter om vilka isocyanater som bildas vid heta arbeten och alla isocyanaters hälsopåverkan är inte fullständigt utredd.

När hälsoriskerna med isocyanater började uppmärksammas, studerades till en början enbart hälsoeffekterna av isocyanater inom tillverkningsindustrin. Arbetet fortsatte men i mer begränsad omfattning med kartläggning av exponeringen vid användning av ohärdade isocyanatprodukter utanför tillverkningsindustrin. Vid mitten av 1990-talet uppmärksammades att polyuretan (PUR) som utsatts för hög temperatur kan orsaka ohälsa. Att PUR kan sönderfalla till isocyanater var känt sedan länge, men tidigare mätningar hade normalt visat låga halter. Det visade sig nu att nya typer av isocyanater kan bildas när polyuretan sönderdelas vid temperaturer över ca 150-200 $^{o}$C. Arbeten, där dessa temperaturer kan uppnås, kallas i denna rapport för heta arbeten. Arbeten med lägre bearbetningstemperaturer kallas i rapporten för varma (80 - >150 $^{o}$C) eller kalla arbeten (<80 $^{o}$C) [15]. Tidigare har Enheten för arbetsmiljökemi vid Lunds Universitet (7, 16) och senare IVL (1) påvisat att mycket höga isocyanathalter kan bildas vid svetsning, kapning m fl heta arbeten i lackerad bilplåt på bilverkstäder.

Vid heta arbeten ska enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om "Härdplaster" [2] ”Kemiska ämnen” [3] samt ”Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar” [4] åtgärder vidtas för att skydda arbetstagaren mot exponering för luftföroreningar. De uppmätta höga halterna vid heta arbeten på bilverkstäder medförde en oro för att föroreningarna kunde spridas till andra arbetsplatser i samma lokal och där orsaka alltför hög exponering.

Syftet med det nuvarande projektet är att

- utvärdera tänkbara åtgärder mot exponering för isocyanater och aminer från heta arbeten,
- mäta spridningen av isocyanater i bilverkstäder från en arbetsplats till andra arbetsplatser i samma lokal,
- beskriva ekonomin för olika åtgärder.

Projektet har styrts av en referensgrupp som har träffats ca 4 gånger/år. Gruppen har varit synnerligen aktiv och tillfört många synpunkter och goda råd under projektet. De flesta av gruppmedlemmarna har dessutom utfört arbete inom olika delar av projektet till stor nytta för slutrapporten. I projektgruppen har följande medlemmar ingått förutom rapportförfattarna från IVL:

| | |
|---|---|
| Alf Berglund | Motorbranschens Arbetsgivarförbund |
| Hans Eriksson | Folksam |
| Lars-Erik Folkesson | Svenska Metallindustriarbetarförbundet |
| Sven Híven | Bilskadecenter i Enköping AB |
| Bernt Jonasson | Folksam Auto |
| Jan Olof Norén | Arbetsmiljöverket |
| Gunnar Skarping | Enheten för arbetsmiljökemi, Lunds Universitet |
| Monica Störch | SAAB Automobile AB |
| Torgny Veibäck | Assist.nu Produktionsutvecklarna |

# 2 Isocyanater; kemi, bildning, hälsoeffekter, mätning och utvärdering

## 2.1 Olika typer av isocyanater

Isocyanater är en grupp av organiska mycket reaktiva ämnen som används för framställning av polyuretanplast. Färdigpolymeriserad (uthärdad) polyuretan (PUR) är ofarlig. De risker som finns, är förknippade med isocyanaterna innan de härdat och bildat PUR, men även med andra ämnen som kan ingå, t ex aminer.

Isocyanaterna kan delas upp i fyra olika typer; monoisocyanater, diisocyanater, prepolymeriserade isocyanater samt blockerade isocyanater. Monoisocyanaterna men även diisocyanater bildas i bilverkstäder då polyuretanhaltigt material (PUR) sönderfaller i samband med heta arbeten (temperaturer över 150-200 $^{o}$C). Diisocyanater men även prepolymeriserade och blockerade isocyanater ingår i råvaror som används vid tillverkning av polyuretanhaltiga material, t ex billack, lim etc.

De flesta monoisocyanater är vätskor vid rumstemperatur, men vid ökad temperatur blir de lätt gasformiga. Vid provtagning av arbetsplatsluft måste man därför provta både isocyanater i gas- och partikelform. Exempel på monoisocyanater som rutinmässigt provtas och analyseras är isocyansyra (ICA), metylisocyanat (MIC), etylisocyanat (EIC), propylisocyanat (PIC) och fenylisocyanat (PhI ibland även förkortad FI).

Tidigare förekom isocyanater normalt som diisocyanater i råvarorna till PUR. Vid rumstemperatur förekommer diisocyanaterna som vätska eller i fast form. Vid förhöjd temperatur kan några diisocyanater förekomma i gasform medan andra sönderfaller i mindre molekyler. Exempel på diisocyanater som rutinmässigt provtas och analyseras är hexametylendiisocyanat (HDI), toluendiisocyanat (TDI), isoforondiisocyanat (IPDI) och metylenbisfenyldiisocyanat (MDI)

Idag levereras ohärdade isocyanater i allt större utsträckning som prepolymerer. Med ökad molekylstorlek minskar ämnenas hälsopåverkan. Det är viktigt att det finns så låg resthalt som möjligt av diisocyanater i prepolymeriserade isocyanater.

Hälsoriskerna med ohärdade isocyanater kan också minskas genom användning av blockerade isocyanater. Dessa isocyanaters isocyanatgrupp är kemiskt blockerad. När materialet ska härdas, upphettas det så mycket att den blockerade isocyanaten sönderfaller till fri isocyanat. I samband med härdningen finns därför risk för exponering för isocyanater. I många fall är härdningen av blockerade isocyanater en sluten process. Om härdningen görs på ett sådant sätt att ångor kan spridas till arbetsmiljön, är det viktigt att välja produkter som bara innehåller svårflyktiga isocyanater.

## 2.2 Hälsoeffekter

Isocyanater kan orsaka allergi vid hudexponering och inandning. Vid inandning blir slemhinnorna lätt irriterade. Isocyanater orsakar även astma. På senare tid har nya fakta framkommit som tyder på att även hudkontakt med isocyanater kan orsaka astma. Om man blir allergisk mot isocyanater måste man byta till ett arbete där man inte kommer i kontakt med isocyanater. Allergin kvarstår för resten av livet. I en del länder har man valt att ha olika gränsvärden för olika isocyanater [5]. En isocyanat, TDI (toluendiisocyanat), är även listad som cancerframkallande i grupp C i Arbetsmiljöverkets föreskrift om hygieniska gränsvärden [4].

Vid heta arbeten i PUR bildas bland annat isocyanater i både gasform och som partiklar. De bildade partiklarna är mycket små och kan vid inandning nå alla delar av andningsvägarna inklusive lungans finaste förgreningar och lungblåsorna (alveolerna där blodet syresätts). Betydelsen av partikelstorleken för de hälsoeffekter som isocyanater ger är inte klarlagt.

I Sverige har Arbetsmiljöverket valt att ha samma gränsvärde för samtliga isocyanater. Det innebär att gränsvärdet gäller för summan av alla luftburna isocyanater i en arbetstagares andningszon. De gäller oavsett om isocyanaterna är i gasfas eller partiklar. Gränsvärdet i Sverige för isocyanater är mycket lågt, 0,005 ppm (5 ppb) som nivågränsvärde (medelvärde för hel arbetsdags exponering) och 0,01 ppm (10 ppb) som takvärde (medelvärde för 5 minuters exponering) [4].

Arbetsskadestatistiken för isocyanater är osäker eftersom det inte är säkert att arbetstagaren som söker för allergiska besvär och utredande personal inom hälsovården kopplar allergin till exponering för isocyanater. Debatten under senare år bör dock ha medfört en minskad underrapportering. Enligt Arbetsmiljöverket [6] anmälde år 2000 105 personer yrkessjukdom där isocyanater kan vara en tänkbar orsak. Man kan också notera att det tar tid att utveckla en allergi mot isocyanater. Gällande föreskrifter kräver regelbundna läkarundersökningar av dem som arbetar med isocyanater. Om man vid en sådan läkarundersökning visar tecken på påverkan på luftvägarna som kan antas bero på isocyanater, ska man avstängas från arbetsuppgifter där man kommer i kontakt med isocyanater. I de fall förskriften följs, innebär det sannolikt att allergin mot isocyanater inte utvecklas. För att få en korrekt bild av läget, borde man således också redovisa hur många som avstängts från isocyanatarbete. Även om de som avstängs, inte utvecklar en allergi, bör de ändå anmäla arbetsskada.

## 2.3 Mätningar och utvärdering

De mätningar som gjorts inom detta projekt, har gjorts för att komplettera de mätningar av isocyanater och aminer som gjorts inom tidigare etapper av detta projekt. Framför allt har mätningar gjorts vid användning av verktyg som vi trodde inte skulle alstra så mycket isocyanater samt vid användning av utsug som integrerats i verktygen, se Bilaga 2. De mätmetoder som använts beskrivs i Bilaga 1. Vi har även gjort en mätning för att kontrollera spridning av isocyanater från hett arbete i en tröskel som är fylld med PUR, se bilaga 3. Sådana fyllda balkar, trösklar etc blir allt vanligare.

Inom ett uppdrag som IVL utfört på uppdrag av Arbetsmiljöverket har mätningar gjorts för att studera omfattningen av spridning av isocyanater från heta arbeten till andra arbetsplatser i lokalen. Spridningsmätningarna beskrivs närmare i en separat rapport [8].

De erhållna mätvärdena har huvudsakligen utvärderats genom jämförelse med de i Arbetsmiljöverkets gränsvärdeslista angivna gränsvärdena [4] för isocyanater. Med huvudsakligen avses att vi vill ha marginal till gränsvärdena av följande tre skäl

- Vi vet inte om analyserna är fullständiga med avseende på isocyanater.
- Betydelsen av samtidig exponering via luft och hud, där mätningarna endast omfattar exponeringen via luft. För de flesta ämnen brukar upptaget via hud ha liten betydelse jämfört med exponering via luft. Sannolikt har hudexponeringen störst betydelse i de fall man får en isocyanathaltig produkt direkt på huden. Nedan menas med exponering enbart exponering via andningsvägarna.

- Vid den typ av hantverksmässiga arbeten som utförs vid plåtreparation, är det normalt en stor variation i exponeringen för isocyanater. Man kan därför inte utesluta att halten vid enstaka tillfällen kan bli klart högre än de halter som uppmäts.

De luftföroreningar som bildas vid heta arbeten består till en mycket liten del av isocyanater. I mycket begränsad omfattning utfördes parallella mätningar av total dammhalt för att i viss mån beskriva den totala emissionen. Mätmetoden beskrivs i bilaga 1.

Tidigare mätningar har visat att det tillsammans med isocyanater även bildas aminer. Vid de mätningar som gjorts inom detta projekt och där åtgärder utvärderats, har även förekomst av aminer analyserats. Vår slutsats är att om en åtgärd effektivt reducerar halten av isocyanater så att gränsvärdet klaras, så reduceras även halten av aminer tillräckligt mycket för att inte heller aminerna ska utgöra en risk.

***I praktiken innebär dessa förutsättningar att vi bedömt åtgärder där halten isocyanater i plymen är omätbar eller låg (vilket vi tolkat som samma storleksordning som takgränsvärdet) som effektiva åtgärder. Normalt sett späds halterna i plymen ut kraftigt innan de når andningszonen, varför så låga värden i plymen intill källan är en garant för att personalens exponering blir låg. För verktyg som inte alstrar hetta, har vi kombinerat detta med en kontroll av dammbildningen vid verktyget. Om det bildas mycket damm (flera tiotals mg/m$^3$ i plymen) har vi rekommenderat att sådana verktyg inte används alternativt att de förses med integrerat utsug.***

# 3 Var i bilar finns isocyanater?

Många material i bilar kan helt eller delvis bestå av polyuretaninnehållande produkter. Dessa produkter tillverkas av isocyanater. Det gäller alla typer av

- lack,
- styv skumplast,
- mjuk skumplast.

Följande material tillverkas ibland (men inte alltid) av isocyanater

- lim,
- falsförsegling (fogkitt),
- rostskyddsmassa
- dämpmassa.
- isoleringsmattor
- en del gummiliknande material,

I dessa produkter är isocyanaterna uthärdade och därför ofarliga. Det är endast vid tillverkning av bilar, vid reparation som innefattar heta arbeten och vid brand som exponering för isocyanater kan förekomma.

Ett problem är att varuinformationsblad / säkerhetsdatablad kan vara svårtillgängliga, ofullständiga eller i vissa fall t o m felaktiga. Till exempel kan det stå polyeter eller polyester när det är polyuretan (17).

Nästan alla bilar som tillverkats de senaste 20 åren är lackerade med polyuretan-lack (PUR-lack). Det är idag så få fordon, som inte är lackerade med PUR-lack, att man kan utgå från att alla bilar har PUR-lack och vid heta arbeten krävs skyddsåtgärder [1]. Endast om man vet att modellen inte innehåller PUR-lack kan arbetet ske utan den särskilda skyddsutrustningen. Även lastbilar och entreprenadmaskiner är i stor utsträckning PUR-lackade.

Idag är många stötfångare tillverkade i termoplast, men lackerade med PUR-lack. Vissa stötfångare kan ha dämpmassa som innehåller PUR på baksidan [1].

I några bilmärken finns PUR i karossens hålrum för att styva upp karossen och/eller få ljuddämpning. Massor som innehåller PUR finns även som rostskydd och fogmassor.

PUR förekommer även i bilglaslim där högre prestande krävs hos limmet. Detta gäller idag för de flesta moderna bilarna. PUR-lim är även vanligt på bussar och lastbilar. Bilglaslimning redovisas i en särskild rapport från IVL [9] och broschyr från Prevent [10].

Idag ökar andelen plast i bilarna för att spara vikt och därigenom minska bränsleförbrukningen. Åtskilliga delar som tidigare var tillverkad i metall är ersatta med termoplaster, d v s plaster som smälter när den upphettas. PUR är en härdplast och sönderdelas därför när den upphettas. Biltillverkarna försöker öka andelen termoplast och minska andelen härdplast, eftersom termoplast är mycket lättare att materialåtervinna. En extra bonus är att arbetsmiljön förbättras vid både tillverkning och reparation. Det är inte alltid lätt och se om ett material är härdplast eller termoplast. Dessutom innehåller bilarna även andra härdplaster än PUR. En vanlig härdplast är glasfiberförstärkt polyester som bland annat ingår i SMC (Sheet Moulding Compound) och används till karossdetaljer som fronter, huvar och andra mer komplexa karossformer. Polyesterplast förekommer ibland även i större inredningsdetaljer som dörrinnersidor. Eftersom PUR kan förekomma i så många olika applikationer bör tillverkaren tillfrågas innan ett misstänkt materialet appliceras eller utsätts för hög temperatur. Om man inte hinner eller kan ta reda på om ett misstänkt material i en bil är PUR-haltigt bör det hanteras som om det kan innehålla PUR.

# 4 Emissioner av och exponering för isocyanater

## 4.1 Arbete med ohärdade produkter

Exponering via hud och genom inandning kan ske om åtgärder inte vidtas när ohärdade polyuretanprodukter hanteras. Sprayning (t ex sprutmålning) av ohärdade produkter som innehåller isocyanter, kan ge höga exponeringar, betydligt över det hygieniska gränsvärdet. Arbetet kan inte bedrivas utan andningsskydd som skyddar mot isocyanater både i gas- och partikelform. Dessutom behövs skyddskläder för att minimera hudkontakten. Inom detta projekt har inte dessa arbetsmoment ingått.

Applicering av ohärdad produkt med spackelspade eller pensel ger låga eller omätbara halter isocyanater i luften om de isocyanater som ingår är svårflyktiga. Innehåller den ohärdade produkten inga mono- eller diisocyanater och om appliceringen sker vid rumstemperatur behöver enbart de hudpartier som kan komma i kontakt med produkten skyddas. Många produkter innehåller idag prepolymeriserade eller blockerade isocyanater med mycket små resthalter av mono- och diisocyanater. Man skall dock inte utgå från att produkterna är fria från isocyanater förrän man läst i innehållsdeklarationen. Resthalten av isocyanater (s k restmonomerer) kan ibland vara tillräckligt hög för att utgöra en risk.

***Undvik om möjligt att använda isocyanathaltiga produkter där inte biltillverkarna föreskriver det av t ex tekniska skäl.***

***Välj lim och underredsmassor mm som inte innehåller flyktiga isocyanater. TDI och HDI är exempel på flyktiga diisocyanater. Om isocyanathaltiga produkter måste användas välj om möjligt produkter med prepolymeriserade isocyanater. Halten isocyanater (bland annat halten IPDI eller MDI) bör vara så låg som möjligt och under 1%. FI kan ibland förekomma som förorening. Halten FI bör vara så låg som möjligt och klart under 0,1 %.***

## 4.2 Heta arbeten i härdade produkter

Huvuddelen av mätningarna på isocyanater vid olika arbetsmoment och verktyg och i olika PUR-material redovisas i rapporten från ett tidigare IVL-projekt (1). I detta projekt har kompletterande mätningar gjorts. De kompletterande mätningarna har främst inriktats mot att studera olika tänkbara åtgärder. Dessa mätningar redovisas i detalj i bilaga 4. En kompletterande mätning där hett arbete utfördes på bilplåt fylld med PUR-haltigt material redovisas i bilaga 5.

### 4.2.1 Slutsatser av tidigare mätningar - arbeten i lackerad bilplåt och andra PUR-haltiga material

Vid heta arbeten i lackerad bilplåt eller annat PUR-innehållande material bildas isocyanater och halterna i rökplymen intill det heta arbetet kan vara flera 100 gånger över takgränsvärdet. Lutar arbetstagaren sig över arbetsstycket, vilket ibland sker t ex för att bättre se svetsförloppet, kan halten i andningszon bli åtskilliga gånger över takgränsvärdet [1]. De arbetsmoment som ger upphov till högst halter isocyanater är svetsning, lödning, krympning samt kapning med högvarvig kapmaskin. Andra heta arbeten alstrar också isocyanater, men oftast i lägre halter, t ex slipning, tennspackling, värmeriktning, hårdlödning. Huvuddelen av IVL:s tidigare isocyanatmätningar [1] från heta arbeten i lackerad plåt har sammanställts med avseende på åtgärder i två tabeller, en för de heta arbeten som gav högst halter isocyanater (tabell 1) och en för övriga heta arbeten (tabell 2). Mätningarna i tabell 1 och 2 är till stor del gjorda vid dåliga förhållanden, t ex dåliga arbetsställningar med kraftig exponering för rökplymen, ingen eller dålig renslipning av lack före det heta arbetet och ingen användning av punktutsug. Syftet med en stor del av dessa mätningar var att identifiera vid vilka arbeten som höga halter isocyanat kan bildas om arbetsförhållandena är mer eller mindre ogynnsamma.

Tabell 1. Sammanställning av tidigare IVL-mätningar av isocyanathalten vid så kallade heta arbeten på skadereparationsverkstäder. De heta arbetena är olika former av svetsning, lödning, krympning, tennspackling och kapning med höghastighetsrondell. I tabellen har antalet mätvärden över takgränsvärdet 10 ppb markerats med fet stil. Med renslipning avses att minst 1 cm lack har slipats bort på minst en sida före det heta arbetet. Maximalt slipades 5 cm lack bort. Med annan åtgärd avses vakuumutsug i arbetshandsken. Enstaka prov är ej utvärderade med DBA-metoden. Många av mätningarna är gjorda under arrangerat dåliga förhållanden.

| Mätpunkt | | Antal mätningar i andningszon med isocyanathalt i intervallet | | | | Antal mätningar i plymen med isocyanathalt i intervallet | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Åtgärd | | <1 ppb | 1-10 ppb | 10-50 ppb | >50 ppb | <10 ppb | 10-100 ppb | 100-1000 ppb | >1000 ppb |
| Ingen | Ej renslipad | 6 | 3 | **7** | **5** | 0 | **4** | **12** | **5** |
| | Renslipad | 4 | 0 | **5** | **5** | 0 | **5** | **6** | **3** |
| Punktutsug | Ej renslipad | 1 | 0 | **3** | 0 | 0 | 0 | **3** | **1** |
| | Renslipad | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | **5** | **4** | **1** |
| Annan åtgärd | | 4 | 1 | **2** | 0 | 3 | **3** | **1** | 0 |

Enligt tabell 1 har fler än 70% av mätningarna utan åtgärd (Inget punktutsug och ej renslipat) resulterat i isocyanatexponeringar över takgränsvärdet. Använder man

däremot både punktutsuget och renslipar från lack före det heta arbetet ligger samtliga tio mätningar med god marginal under takgränsvärdet. Halterna i plymen visar dock att det kan bildas höga halter (fem prov av tio var över 100 ppb), vilket utgör en risk, t ex vid en arbetsställning som innebär att man exponeras kraftigt för plymen. Resultatet från ”Annan åtgärd” tyder på att den testade åtgärden inte är tillräcklig. Eftersom en del av mätningarna utförts under dåliga förhållanden är det intressant att kombinationen av renslipning och punktutsug i samtliga tio fall räckte för att komma under både tak - och nivågränsvärden för isocyanater.

Enligt tabell 2 överskred ca 15% av mätvärdena (4 av 29) utan åtgärd takgränsvärdet i andningszonen. I samtliga fall då takgränsvärdet överskreds var det fråga om slipning. Antalet mätvärden med åtgärder är få, men erfarenheterna från åtgärderna vid heta arbeten tyder på att exponering över takgränsvärdet inte skall behöva förekomma vid slipning. Sågning i lackerad plåt gav genomgående värden <1 ppb.

Tabell 2. Sammanställning av tidigare IVL-mätningar av isocyanathalten vid slipning med olika verktyg och sågning, d v s övriga heta arbeten. I tabellen har antalet mätvärden över takgränsvärdet 10 ppb markerats med fet stil. Med annan åtgärd avses vakuumutsug i arbetshandsken. Enstaka prov är ej utvärderade med DBA-metoden. Många av mätningarna är gjorda under arrangerat dåliga förhållanden.

| Mätpunkt | Antal mätningar i andningszon med isocyanathalt i intervallet | | | | Antal mätningar i plymen med isocyanathalt i intervallet | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Åtgärd | <1 ppb | 1-10 ppb | 10-50 ppb | >50 ppb | <10 ppb | 10-100 ppb | 100-1000 ppb | >1000 ppb |
| Ingen | 23 | 2 | **4** | 0 | 12 | **17** | 0 | 0 |
| Punktutsug | 1 | 0 | **1** | 0 | 1 | **1** | 0 | 0 |
| Annan åtgärd | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | **3** | 0 | 0 |

I samband med mätning av spridning av isocyanater mellan arbetsplatser på bilverkstäder mättes isocyanathalten i plymen från hett arbete på 19 verkstäder [8]. Halterna i plymen var i genomsnitt betydligt lägre på de 19 verkstäderna än vid tidigare IVL-mätningar. Vid 7 av verkstäderna var halten i plymen under 10 ppb. Vid heta arbeten enligt tabell 1 var motsvarande siffra 3 av 56 mätningar. Skillnaden kan förklaras av att mätningarna som redovisas i tabell 1 har gjorts under dåliga förhållanden.

Mätningar som gjorts av Enheten för arbetsmiljökemi vid Lunds Universitet visar ibland mycket höga isocyanathalter (7, 16).

Transportgruppen/Motorbranschens Arbetsgivareförbund har sammanställt isocyanatmätningar på bilverkstäder [11]. Merparten av dessa mätningar har gjorts av företags-

hälsovårdscentraler. Totalt redovisas 85 prover varav 34 är tagna med personburen provtagningsutrustning (dvs speglar exponeringen). I tolv av de 34 proverna kunde isocyanater detekteras. De arbeten vid vilka isocyanater detekterades var svetsning (fem prov), slipning (tre), slipning och svetsning (två), samt ett prov vardera vid kapning samt vid kapning och svetsning. I nio av proverna redovisades de analyserade isocyanaterna. I alla utom ett svarade ICA för mer än 50% av de analyserade isocyanaterna. Den högsta halten isocyanat i ett prov var 54 $\mu g/m^3$ (30 ppb). Bland de tolv proverna med detekterbara halter fanns arbetsplatser både med och utan åtgärder.

## 4.3 Spridning av isocyanater till andra arbetsplatser i samma lokal

De höga värdena som redovisas i tabell 1 och 2 och höga värden uppmätta av andra [11, 12] har medfört en oro för att arbetstagare på andra arbetsplatser i den lokal där det heta arbetet pågår, också ska bli exponerade för isocyanater. För att minska risken för spridning av isocyanater har en del arbetsplatser på eget initiativ monterat upp väggar för avskärmning mellan arbetsplatserna. Ibland har Arbetsmiljöinspektionen ställt krav på avskilda utrymmen för att undvika spridning. Byggandet av avskilda utrymmen har även ökat inom tillverkningsindustrin [13].

IVL utförde på uppdrag av Arbetsmiljöverket en kartläggningen av spridningen av isocyanater från heta arbeten på bilverkstäder till andra arbetsplatser i samma lokal [8]. Mätningar gjordes på nitton verkstäder där ett hett arbete utfördes. Det heta arbetet var i de flesta fallen svetsning (MIG- och motståndsvetsning). På varje verkstad uppmättes isocyanathalten i plymen (se bild 1) och på tre - fyra andra arbetsplatser där inget hett arbete pågick (se bild 2). Dessa andra arbetsplatser valdes för att plymen efter röktester bedömdes kunna spridas till dessa arbetsplatser. På tre av de nitton verkstäderna var halten i plymen så låg att även om den spreds, skulle halten i spridningspunkterna vara så låg att den inte var mätbar. På fyra av de sexton andra verkstäderna kunde isocyanater återfinnas i spridningsmätpunkterna. På en verkstad återfanns isocyanater på två arbetsplatser. Överraskande återfanns på tre andra verkstäder isocyanater från okända källor. Den låga andelen arbetsplatser dit spridning hade förekommit överraskade många och resultaten har diskuterats livligt [14].

Bild 1. Plymmätning. Vid värmeriktning* värms den krockade delen med gaslåga, utan att först renslipas. Halten i plymen var 10,2 ppb. Förmodligen förbränns isocyanaterna i gaslågan, vilket förklarar de låga halterna.

Bild 2. Spridningsmätning. Svetsning pågår bakom dörren till vänster samtidigt som en annan person arbetar på angränsande bil. Spridningsmätpunkten närmast det heta arbetet ses mellan bilarna.

I avsnittet om allmänventilation beskrivs slutsatser av studier av de nitton verkstädernas ventilation och ventilationens betydelse för spridning av föroreningar.

***Isocyanater kan spridas mellan arbetsplatserna, men halterna på angränsande arbetsplatserna blir i normalfallet under både tak- och nivågränsvärden.***

# 5 Åtgärder för att skydda sig mot isocyanater

## Om utsug

I resultatredovisningen nedan nämns ibland åtgärder som vidtagits på den aktuella arbetsplatsen. För att undvika missförstånd har följande tre benämningar använts på utsugen:

- Punktutsug (bild 3). Lokalt och flexibelt utsug som är avsett för punktutsug från olika dammande moment. Den förorenade luften transporteras bort ur lokalen. Punktutsugen är monterade på armar som gör att de når runt bilen. För att punktutsug ska fungera bra, krävs att hastigheten i utsugsöppningen är minst 3 m/s. Utsugets öppning ska vara minst 25 cm i diameter.

* Anm: Det är tveksamt om det visade arbetet är tillåtet, eftersom hållfastheten sjunker vid värmepåverkan, d v s bilen kan förlora i krocksäkerhet vid felaktig värmebehandling. I rapporten har vi valt att visa de arbeten som påträffades under projektet oavsett man arbetar rätt eller fel

- integrerat utsug (bild 4) som antingen är inbyggt i ett verktyg eller som monteras på verktyg i form av små utsugsslangar (med en diameter kring 5 cm) som ansluts till ett högvakuumsystem. Högvakuumet ska ge ett undertryck på minst 20 kPa för att utsuget ska bli tillräckligt effektivt.
- avgasutsug (bild 5). Små utsug med öppningen anpassad för bilarnas avgasrör. Utsugen sitter normalt på långa små mycket flexibla slangar och är därför mycket lätta att flytta. Avgasutsug används ibland som punktutsug framför allt på verkstäder som saknar andra former av utsug på arbetsplatsen.

Bild 3. Punktutsug. På bilden är utsuget placerat ovanför svetsstället.

Bild 4. Integrerat utsug Oscillerande slipmaskin med integrerat utsug

Bild 5. Avgasutsug. På bilden används utsuget som punktutsug.

På arbetsplatserna kunde det även finnas andra utsug, normalt fast monterade draghuvar och dragskåp där spackel, färger och andra kemiska produkter förvarades och hanterades.

De slutsatser om åtgärder som redovisas nedan, bygger på

- Tidigare mätningar som utförts av IVL och som redovisas i en IVL-rapport (1). Dessa mätningar har gjorts vid olika arbetsmoment och vid användning av olika verktyg. Merparten av mätningarna har gjorts parallellt i andningszonen och i rökplymen, så nära källan som möjligt. En slutsats av dessa tidigare mätningar var att vid heta arbeten erhölls ibland halter över eller t om mycket över gränsvärdet för isocyanater i andningszonen. En kombination av åtgärder, t ex punktutsug och renslipning krävs för att exponeringen ska hållas under gränsvärdet. Inget hett arbete kan bedrivas utan att åtgärder vidtas. Ibland är det svårt att bedöma om ett arbete är hett eller ej, t e x slipning.
- Mätningar som gjorts på uppdrag av Arbetsmiljöverket för att studera omfattningen av spridning av isocyanater till angränsande arbetsplatser [8].
- Mätningar vid användning av verktyg som vi hoppades skulle generera så lite isocyanater så att de kan användas som alternativ till andra verktyg. Mätningarna redovisas i detalj i bilaga 2.

- Mätningar för att studera effekten av åtgärder, främst utsug som integrerats i verktyg. Mätningarna redovisas i detalj i bilaga 2.
- Mätningar för att studera emission av isocyanater från heta arbeten där arbetet utförs på balk el dyl. som innehåller PUR som dämpmassa, fogmassa el liknande. Mätningarna redovisas i detalj i bilaga 3.

Nedan diskuteras först olika typer av tekniska åtgärder. Därefter ges mer detaljerade rekommendationer om åtgärder för olika arbetsmoment.

## 5.1 Integrerade utsug

Mer än tjugo mätningar har gjorts vid användning av integrerade utsug i kombination med andra åtgärder. Integrerade utsug har utvärderats för

- Oscillerande slipmaskin
- Högvarvig kaprondell med integrerat utsug
- MIG-svets för söm- och punktsvets, se bild 6
- Motståndspunktsvets

Bild 6. MIG-svetsning med integrerat utsug. På bilden pågår även mätning av isocyanater

Vid användning av integrerade utsug i kombination med punktutsug erhölls inga detekterbara halter isocyanater i andningszon, utom i ett fall. Endast vid en mätning vid motståndspunktsvetsning uppmättes 4 ppb i andningszon. Vid den mätningen användes inte punktutsuget. Dessa mätningar redovisas i detalj i bilaga 2.

De integrerade utsugen har varit kopplade till högvakuumanläggningar med undantag för två mätningar med oscillerande slipmaskin. Samtliga testade kommersiella integrerade utsug var dessutom avsedda för anslutning till högvakuumanläggningar.

Med högvakuumanläggningar (oftast s k Root-pump eller sidokanalfläkt) menas anläggningar som kan hålla ett undertryck på minst 20 kPa. Ett billigare alternativ till högvakuumanläggningar är lågvakuumanläggningar, d v s anläggningar med mindre undertryck än 20 kPa. I lågvakuumanläggningar skapas i regel undertryck med en eller flera kraftiga industridammsugare. Verktyg anpassade för lågvakuum finns bland annat inom byggnadsindustrin.

Vid de flesta mätningarna med oscillerande slipmaskinen, var den kopplad till högvakuum. Isocyanater kunde inte detekteras i plymen vid någon av mätningarna.

Däremot fanns skillnader i totala dammhalten i plymen. Med högvakuum erhölls som lägst 1,1 och som högst 3,8 mg/m$^3$ och med lågvakuum erhölls 7,3 respektive 10 mg/m$^3$. Högvakuum är alltså betydligt effektivare, vilket återspeglas i att det fångar in dammet betydligt bättre än lågvakuum.

Fördelen med högvakuum är att det integrerade utsuget kan göras mindre och slangen som luften sugs ut genom kan göras i klenare dimensioner jämfört med utsug anpassade för lågvakuum. Eftersom verktygen blir mindre blir även åtkomligheten större. Den största nackdelen är priset, en högvakuumanläggning är betydligt dyrare än en lågvakuumanläggning (t ex en industridammsugare).

***I många fall är integrerat utsug en mycket effektiv åtgärd. Det finns dock en viss risk för läckage av isocyanater förbi utsuget. Vid heta arbeten räcker det därför inte enbart integrerat utsug för att förhindra att isocyanater når andningszon. Integrerat utsug måste kombineras med andra åtgärder för att förhindra att isocyanater når andningszonen eller sprids i lokalen.***

***Det är viktigt att verktyg med integrerade utsug ansluts till en anläggning som har tillräckligt undertryck, d v s högvakuum, annars finns en risk att den förväntade reduktionen av föroreningar och speciellt av damm inte uppnås.***

***Ett problem idag är att det saknas integrerade utsug till många verktyg. Tillverkare av verktyg är tveksamma om efterfrågan är tillräckligt stor. Det är dock möjligt att montera ett integrerat utsug på många befintliga verktyg.***

## 5.2 Punktutsug

Punktutsuget är en åtgärd som rätt använd har stor betydelse för att kraftigt begränsa spridningen av isocyanater och andra luftföroreningar till andra arbetsplatser. Punktutsugets betydelse framgår bland annat av tabellerna 1 och 2.

Att använda punktutsug är dock inte okomplicerat. I studien av spridning av isocyanater från heta arbeten till angränsande arbetsplatser [8] noterades bl a om punktutsug fanns och användes. På fyra av 19 verkstäder saknades punktutsug. Där utsug fanns var tre punktutsug trasiga eller hade för lågt flöde. På en arbetsplats användes punktutsuget inte trots att man MIG-svetsade och på en annan var punktutsugets slang för kort för att nå svetsstället.

Med tanke på punktutsugens infångningsradie gjorde mätpersonalen en subjektiv bedömning av placeringen av punktutsugen vid heta arbeten på tolv verkstäder. Endast på tre av verkstäderna var punktutsuget bra - relativt bra placerat. Ofta började man arbetet med punktutsuget relativt bra placerat, men flyttade inte med sig punktutsuget

allt eftersom arbetet på bilen fortskred. På en verkstad hade man två utsug eftersom rök kan följa hålrum i bilen och komma ut i lokalen på andra ställen än där punkt-utsuget är placerat.

I samband med mätningarna då bl a integrerade utsug utvärderades, gjordes några försök för att beskriva ett punktutsugs effektivitet, bild 7). Ett punktutsug placerades intill långsidan på en bil i höjd med framflygelns överkant. Lufthastigheten i punkt-utsugets öppning var 3 m/s. Rök spreds på olika avstånd från utsuget. Sedan upprepades försöket med rök som släpptes ovanför ett kraftigt paraffinljus för att se värmerörelsens betydelse för infångningsförmågan. Resultatet redovisas bland annat i tabell 3. Observera att termiken från svetsning är betydligt kraftigare än termiken från paraffinljuset. Infångningsförmågan beror på flera omgivande faktorer. De redovisade exemplen ger dock en bild av storleksordningen på infångningsförmågan.

Bild 7. Test av ett punktutsugs infångnings-förmåga. En mörk skiva tejpades fast för att röken tydligare skulle kunna ses. På bilden släpps röken ut ca 30 cm vid sidan om utsuget och 30-50 cm under utsugets kant.

Tabell 3. Exempel på punktutsugets infångningsförmåga.

| | ENBART RÖK | RÖK OCH VÄRME |
|---|---|---|
| Rök utsläppt på olika avstånd rakt under punktutsuget | Röken infångas ned t o m 50 cm under utsuget. | Röken infångas ned t o m 50 cm under utsuget. |
| Rök utsläppt på olika avstånd under punktutsuget, men för-skjutet 30cm vid sidan om punkt-utsuget (se bild 15) | Nästan all rök fångades in ned till 30 cm nedanför utsuget. | Mycket lite rök fångades in av utsuget. |

Slutligen kontrollerades påverkan på infångningsförmågan från tryckluftsdrivna verktyg genom att en bandfil kördes i luften intill bilen på olika avstånd från punktutsuget. Punktutsuget måste i detta fall placeras maximalt 20 cm från arbetsstället för att huvuddelen av röken skall fångas in. Inte bara luftdraget från verktyg kan störa infång-ningen. Även korsdrag i lokalen kan störa.

Det är tyvärr inte helt ovanligt att bilplåtslagaren till viss del har huvudet mellan svetsställe och punktutsug. Det innebär att den del av plymen som eventuellt rör sig mot punktutsuget kan passera andningszon på vägen till punktutsuget. Placeras punktutsuget rätt är det svårt att få huvudet mellan verktyg och punktutsug.

Ett annat problem är att ofta är flera punktutsug anslutna till samma fläkt. Flödet blir olika beroende på antalet punktutsug som användes. Det finns verkstäder där flödet blir för lågt om alla punktutsugen används. Ett sätt att kontrollera att flödet inte blir för lågt, är att installera en s k vacuumvakt i utsugen. Vacuumvakten larmar om flödet (egentligen undertrycket) blir för lågt.

***Enbart punktutsug räcker inte för att förhindra isocyanater från att nå andningszon vid heta arbeten. Punktutsug i kombination med andra åtgärder kan förhindra att isocyanater från heta arbeten når andningszonen. Punktutsuget är också viktigt för att hindra att isocyanater och andra luftföroreningar sprids i lokalen.***

***För att punktutsug ska fungera bra, krävs att;***

- ***Punktutsuget underhålls och kontrolleras, så att lufthastigheten är minst 3 m/s. Vacuumvakt är ett enkelt sätt att alltid ha kontroll på lufthastigheten.***
- ***Punktutsugets öppning ska vara tillräckligt stor för att fånga in plymen, Insugningsöppningen skall vara minst 25 cm i diameter.***
- ***Punktutsuget når till alla de arbetsplatser där det kan behövas.***
- ***Punktutsuget alltid används och att det används på rätt sätt.***
- ***Punktutsugets infångning av luftföroreningar inte störs av korsdrag, drag från portar eller aerotemprar.***

***För att punktutsuget ska fungera bra, bör avståndet mellan källan (dvs svetsning, kapning etc) och arbetsplatsutsuget inte överstiga 30 cm, helst max 20 cm. Arbetsplatsutsuget skall om möjligt vara placerat ovanför källan eller i den riktning som luftföroreningarna kastas ut t ex från en slipmaskin. Observera att små osynliga partiklarna inte kastas ut lika långt som stora synliga.***

## 5.3 Renslipning av plåt

En mycket viktig åtgärd är renslipning från PUR-lack eller andra PUR-haltiga produkter före det heta arbetet. Hur stor plåtyta som skall renslipas för att undvika att isocyanater bildas beror på flera fysikaliska parametrar. Erfarenheterna från nu genomförda mätningar och tidigare projekt är att minst 3 och helst 5 cm bör renslipas på vardera sidan

om det heta arbetet. Vid vissa arbeten t ex stora värmeriktningsarbeten kan större ytor behöva renslipas. I praktiken är det svårt att komma åt att slipa alla ytor. Det praktiska rådet blir att renslipa de ytor som är åtkomliga. Varje renslipad yta minskar givetvis rökbildningen och att vissa ytor inte är åtkomliga är inget skäl till att inte renslipa de ytor som är lätt åtkomliga.

***Renslipning av minst 3 och helst 5 cm på var sida om det heta arbetet i kombination med andra åtgärder krävs för att minska bildningen av isocyanater. Är plåten tjock (t ex på lastbilar och entrepenadmaskiner) måste man slipa bort mer. Renslipa de ytor som är åtkomliga. Enbart renslipning före heta arbeten räcker inte för att förhindra att isocyanater når andningszonen.***

## 5.4 Övriga åtgärder

De åtgärder som beskrivits ovan fungerar bra för vissa arbetsmoment, men sämre för andra. För t ex hårdlödning, värmeriktning och krympning finns idag inte några integrerade utsug. Enbart punktutsug och renslipning räcker inte som åtgärd. En åtgärd som testats och som visats fungera bra, är att renslipa och använda punktutsuget på ena sidan av bilplåten samt att komplettera punktutsuget med avskärmning med svetsduk på baksidan av plåten och placera vakuumslangen från högvakuumanläggningen innanför svetsduken för att suga ut röken.

Att kombinera avskärmning med svetsduk, vakuumslang från högvakuumanläggning, punktutsug och renslipning är en effektiv åtgärd, men kräver förberedelser innan det heta arbetet kan påbörjas. Merarbetet är inte så omfattande. Det handlar mest om att komma ihåg att använda svetsduken och vakuumslangen samt att arrangera dem på ett sätt som fungerar för det aktuella arbetsmomentet. Renslipning ska alltid göras och punktutsug ska alltid användas. Eftersom t ex hårdlödning, värmeriktning och krympning är ovanliga, är vi övertygade om att det går att använda sig av denna åtgärd. Totalt sett borde merarbetet bli acceptabelt för reparatörerna.

Vid heta arbeten sprids ofta rök i bilens hålrum och röken kan spridas ut i lokalen. I spridningsmätningarna [8] inträffade på en verkstad att sidoröken från ett svetsarbete inte fångades in av punktutsuget (som var bra placerat för huvudplymen) och spridning till en annan arbetsplats kunde konstateras. I samband med verkstadsbesök har vi ofta sett denna sidorök vid främst större heta arbeten. Även om sidoröken inte innebär att gränsvärden överskrids rekommenderar vi att man försöker begränsa sidoröken. Detta kan ske på flera sätt. Ett utsug kan anslutas till ett hålrum nära det heta arbetet. Det räcker med ett mycket litet luftflöde för att hindra att röken läcker ut i lokalluften. I försöken användes en slang med diametern ca 3 cm, se bild 8, som var ansluten till en lågvakuumutrustning (industridammsugare). Observera att industridammsugarens frånluft

inte ska släppas ut i arbetslokalen. Det skulle vara bra om de som tillverkar utsug kunde ha ett uttag med snabbkoppling för en mindre slang.

Svetsskynket kan även användas för att begränsa rökspridning från hålrum / baksidor etc genom att begränsa utrymmet för röken och/eller till viss del styra röken mot punkt-utsuget.

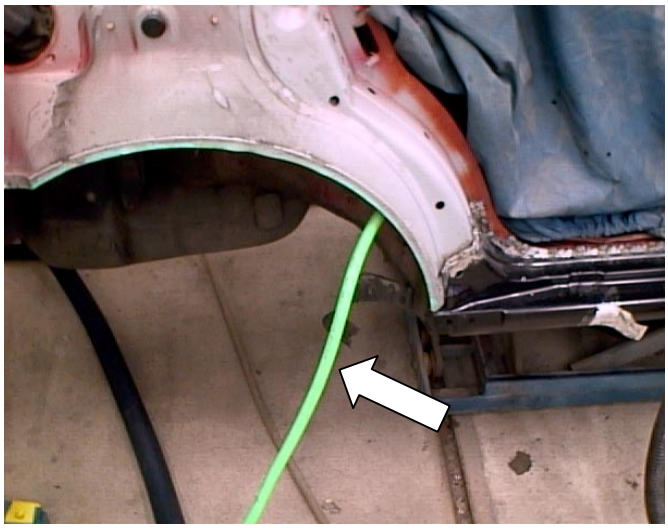


Bild 8. Borttransport av rök ur balkar vid motståndspunktsvetsning. Vakuumslangen som var ansluten till en balk är markerad med pil på bilden. Undertrycket skapades med en lågvakuumutrustning.

***Vid hårdlödning, krympning och värmeriktning är en effektiv åtgärd att i kombination med renslipning och användning av punktutsug också skärma av det heta arbetet med en svetsduk, som hjälper till att styra luftföroreningarna mot punktutsuget.***

***Vid arbetsmoment där man kan befara att rök sprids via hålrum eller från baksidor etc av plåtar, bör svetsduk användas i kombination med slang från högvakuum som placeras innanför / under svetsduken. Denna enkla åtgärd förhindrar nästan helt spridning av isocyanater till lokalen.***

***Om röken enbart sprids via hålrum kan en mindre slang från ett utsug anslutas till hålrummet för att hålla undertryck i detta. Rök sprids då inte via hålrum. Idag finns inte denna anslutningsmöjlighet på utsugen.***

## 5.5 Andningsskydd

Vid heta arbeten ska åtgärder vidtas för att minska exponeringen för isocyanater. Om arbetet inte kan utföras med integrerat utsug (i kombination med punktutsug mm) eller kall metod måste andningsskydd användas.

Som skydd mot exponering för isocyanater har andningsskydd en del begränsningar. Begränsningarna ligger främst i användningen av andningsskyddet. I samband med

spridningsmätningarna [8] utfördes 21 heta arbete på 19 verkstäder. Åtta utfördes helt utan andningsskydd och vid ett sattes andningsskydd på efter en stunds hett arbete. Anledningen till att skydd inte användes var flera. Exempel på skäl varför man inte använde friskluftsmasken är att det drar så kallt att ögonen tåras och man ser dåligt, svårt att se, svetstiden kort och att friskluftsmask inte fanns tillgänglig. Dragbesvären gällde en arbetsplats där friskluften inte kunde värmas. Vid samtal med anställda framkom att vid mycket korta svetstider (under en minut) är det vanligt att man inte använder friskluftsmasken.

Det säkraste andningsskyddet är tryckluftsmatad mask och som tidigare ansågs som enda säkra andningsskyddet för isocyanater. Numera har man kunnat visa att även andningsskydd med partikel- och kolfilter kan skydda mot samtliga isocyanater inkl MIC (metylisocyanat) och ICA (isocyansyra). Denna typ av andningsskydd gör att man inte är behöver vara bunden av friskluftsmaskens slang. Samtidigt skall man vara medveten om att ett andningsskydd med filter som inte är fläktmatat, har undertryck innanför masken. Är masken inte tät mot ansiktet kommer förorenad luft att läcka in den vägen. Andningsskydd med batteridriven fläkt som matar filtrerad luft framför ansiktet är säkrare under förutsättning att fläktkapaciteten är tillräcklig och filter byts innan de börjar släppa igenom flyktiga isocyanater eller partikelfiltret blir så tätt att flödet blir för lågt. När flödet är för lågt kan förorenad luft inandas. Fläktmatat andningsskydd är ett säkrare alternativ än andningsskydd som saknar tillförd luft. Används tryckluftsmatad tillförd luft istället för fläktmatad luft slipper man dessutom risken för läckage av föroreningar och igensatta filter.

***I vissa fall kan man behöva använda andningsskydd som skydd mot isocyanater, när andra åtgärder inte är tillräckliga. Tryckluftsmatad mask kan användas och fungerar bra, förutsatt att slangen är tillräckligt lång, att masken finns tillgänglig när den behövs och att tilluften är värmd. Ett alternativ är att använda ett fläktmatat andningsskydd med kombinationsfilter med aktivt kol och partikelfilter. Filtren måste bytas regelbundet, enligt tillverkarens anvisning, för att fläktmatade andningsskydd ska ge gott skydd. Tryckluftsmatat andningsskydd är det säkraste alternativet, eftersom man inte behöver tänka på att den tätar mot ansiktet eller om filtret börjar släppa igenom isocyanater och behöver bytas. Tryckluftsmatad mask rekommenderas därför i första hand. Fläktmatat andningsskydd är ett komplement som ska användas i de fall då tryckluftsmatad mask inte kan användas. Det är även viktigt att det fläktmatade andningskyddet uppfyller standardiserade krav för luftflödet.***

***För både tryckluftsmatat och fläktmatat andningsskydd gäller att de är personliga och ska provas ut av varje person som ska använda dem. De ska förvaras så att de är lättillgängliga men utan att de smutsas ner. Eftersom filtret i fläktmatade andningsskydd förbrukas om de kommer i kontakt med luftföroreningar, är det viktigt att förvara dem i en ren miljö, t ex genom att lägga dem i plastpåse när de inte används.***

## 5.6 Fungerande åtgärder vid olika arbetsmoment

### 5.6.1 Sömsvetsning, pluggsvetsning och motståndspunktsvetsning

Vid normal svetsning, kan exponering för isocyanater undvikas om verktyg med integrerade utsug används i kombination med punktutsug och renslipad plåt. Även om inte alla ytor är renslipade kan normala svetsarbeten ske utan risk för exponering. Kombinationen av dessa åtgärder är så effektiv att det t o m går att arbeta utan andningsskydd, eftersom exponeringen ligger väl under gränsvärdet. Om man t ex inte kan använda punktutsug på ett bra sätt under hela arbetsmomentet, krävs dock andningsskydd.

De svetsmunstycken med integrerat utsug för MIG-svets som finns på marknaden idag är betydligt smidigare än äldre modeller. Den modell som testades är ett svetsmunstycke från ESAB, se bild 6 i avsnitt 5.1. Svetsmunstycket med det integrerade utsuget är något tyngre och styvare att hantera än munstycken utan utsug, eftersom man även har vakuumslangen fram till munstycket. Bilreparatören som utförde svetsarbetet behövde mindre än 15 minuters träning för att kunna använda det nya svetsmunstycket. För att kunna svetsa fick man minska något på det integrerade utsugets flöde (reglerventil finns på slangen) och skyddsgasflödet fick ökas från 8 till 12 l/min. Även svetseffekten fick ökas något (till c:a 115 A). Längst in i hörn kunde svetsresultatet bli sämre på grund av att utsugsflödet där kunde störa skyddsgasen.

Tyvärr finns inte motståndspunktsvets med integrerat utsug. Här är det nödvändigt att verktygstillverkarna tar sitt ansvar för en säker arbetsmiljö. I väntan på kommersiella lösningar för motståndspunktsvetsning gäller det att placera punktutsuget optimalt (se avsnittet om punktventilation) och renslipa minst 3 cm eller att använda MIG-svetsutrustningen med integrerat utsug. Försöken med integrerat utsug på motståndspunktsvetsen utfördes med ett provisoriskt utsug. Det provisoriska utsuget består av högvakuumslangen som monteras på motståndspunktsvetsen, intill elektroderna (se bild, bilaga 4, avsnittet om motståndspunktsvetsning).

***För MIG-svetsning finns ett nyutvecklat och smidigt integrerat utsug som säljs av ESAB. Utsuget ansluts till högvakuum. Det utsuget i kombination med renslipning och användning av punktutsug ger ett så bra skydd mot isocyanater att andningsskydd inte behöver användas vid normala svetsarbeten. Om punktutsug inte kan användas på ett bra sätt, bör andningsskydd användas.***

***För motståndspunktsvetsning har ett provisoriskt integrerat utsug testats med gott resultat. Det går att konstruera liknande lösningar, men för att säkerställa en bra funktion, är det önskvärt att tillverkare av motståndspunktsvetsar vidareutvecklar dem så att integrerade utsug för anslutning till högvakuum alltid ingår.***

### 5.6.2 Kapning

Tidigare har visats att kapning med sticksåg och tigersåg inte alstrar några isocyanater vid sågning av lackerad plåt. Test har också gjorts med ett annat verktyg, som antogs också vara ”kallt”, en cirkelsåg med roterande blad, se bild 9. Cirkelsåg med roterande blad ger ingen emission av isocyanater. Eftersom isocyanater inte bildas vid kapning av bilplåt med cirkelsåg och sticksåg rekommenderas dessa metoder. En fördel med dessa verktyg är att isocyanater inte bildas även om plåten inte är renslipad. Cirkelsågen har testats vid Bilskadecenter i Enköping och den anses fungera bra och ersätter i stort sett den högvarviga kapmaskinen som användes tidigare. Cirkelsågen bullrar något mindre än tigersågen och rekommenderas därför i första hand.

Bild 9. Cirkelsåg med roterande blad, Atlas Copco, modell LCS10 (max 10 mm sågdjup)

Kapning med högvarviga maskiner ger ofta hög exponering för isocyanater. Med integrerat utsug på en högvarvig liten rak maskin kopplat till högvakuumanläggning och användning av punktutsug erhålls värden i andningszon som inte är mätbara.

***I första hand ska verktyg som inte alstrar isocyanater användas, dvs cirkelsåg med roterande blad eller i andra hand de något bullrigare sticksågen eller tigersågen. Används dessa verktyg krävs inte renslipning eller andningsskydd. Punktutsug bör användas för att fånga in det damm som bildas.***

***Högvarviga kapmaskiner med integrerat utsug bör fortsättningsvis endast användas där det inte går att kapa med sticksåg och cirkelsåg med roterande blad. Om högvarvig maskin används, ska plåten renslipas först och punktutsug användas.***

### 5.6.3 Slipning

Genom att välja rätt verktyg till de olika slipningarna kan isocyanatexponering helt eller nästan helt undvikas. I åtgärdsförsöken utfördes planslipning av lackerad yta med oscillerande planslipmaskin med integrerat utsug, renslipning med Scotch Brite och fogslipning efter punkt och sömsvetsning med en bandslipmaskin. Punktutsuget användes vid renslipning och fogslipning. Inga isocyanater kunde detekteras i plym och andningszon med något av dessa verktyg. Tidigare har låga halter isocyanater uppmätts i andningszon vid slipning med både Scotch Brite och bandslip.

Vid slipning bildas mycket damm. Vid renslipning med Scotch Brite uppmättes vid ett tillfälle 750 mg/m$^3$ i plymen. I andningszonen är nivågränsvärdet för härplastdamm 3 mg/m$^3$. Eftersom avståndet från källan till andningszon är kort är risken stor för hög exponering om inte punktutsuget används och är rätt placerat. Punktutsuget skall användas oberoende om verktyget har integrerat utsug eller ej. Planslipmaskinen skall vara

ansluten till högvakuumsystem. Idag finns inte integrerade utsug till verktyg med plastsliptrissa typ Scotch Brite och den handhållen bandslipmaskin på bilplåtverkstäder. Det har tidigare utvecklats integrerade utsug till liknande verktyg. Om efterfrågan finns kan integrerade utsug utvecklas som är anpassade för dessa arbetsmoment. På en industri där man använde liknande verktyg och bearbetade kraftigt dammande material höll man högvakuumslangen intill verktyget under bearbetningen och reducerade dammhalten betydligt. I detta projekt har den lösningen inte testats.

***Om stora relativt plana ytor skall renslipas rekommenderas planslipmaskin med integrerat utsug ansluten till högvakuum.***

***För bortslipning av lack före svetsning d v s renslipning av betydligt mindre ytor och vid fogslipning efter svetsning rekommenderas en mindre bandslipmaskin eller en mindre roterande slipmaskin med "Scotch Brite" och att slangen från vakuum-anläggningen hålls intill verktyget.***

***Vid all slipning skall punktutsuget användas.***

***Större rondellslipmaskiner utan integrerat utsug är inte lämpligt att använda, eftersom de ofta har högre periferihastighet som innebär ökad risk för bildning av höga halter luftföroreningar.***

### 5.6.4 Hårdlödning, krympning och värmeriktning

Vid hårdlödning har betydande halter isocyanater mätts upp vid samtliga mätningar. Exponering kan undvikas om punktutsuget placeras optimalt (se avsnittet om punktventilation) och renslipning sker minst 5 cm runt lödstället. Se efter så att all rök fångas in av punktutsuget och vakuumslangen (om även den behövs). Observera att tillfälligt drag, t ex att någon öppnar porten, kan påverka rökens riktning. De svetsdukar (svetsskynken) som används för att skydda mot stänk kan ofta användas för minska plymens spridning. Dessa åtgärder behöver kompletteras med användning av andningsskydd, se avsnitt 5.5, eftersom övriga åtgärder minskar exponeringen kraftigt men inte är tillräckligt effektiva för att garantera en låg exponering. Renslipning och punktutsug i kombination med andra åtgärder behövs också för att hindra rök från att sprida i resten av lokalen. Exempel på andra åtgärder är
-svetsduk
-vakuumslangen som extra punktutsug
-eventuellt mindre utsug för att hålla undertryck i balkar och hålrum

Krympning har vid flera mätningar gett låga halter isocyanayter. Eftersom bilplåten upphettas till över 200$^{o}$C kan isocyanater friges. Vi rekommenderar att arbetet sker efter renslipning minst 5 cm runt krympzonen, att punktutsug används och att svetsskynke

används för att avskärma för att begränsa och/eller styra rökplymen mot punktutsuget på framsidan (arbetssidan) eller vakuumslangen (monterat innanför svetsduken på plåtens baksida).

Vid induktionsvärme erhölls mycket höga värden i plymen. Här är det extra viktigt att punktutsuget används optimalt och stor yta renslipas. Är riktarbetet av den omfattning och genomförs på det sätt som visas på bild 6 finns det idag inga realistiska metoder för att säkerställa halter i andningszon som ligger under takgränsvärdet. Ett arbete som det på bild 6 föreslås ske när ingen annan verksamhet pågår i lokalen och inte sker innan föroreningarna vädrats ut. Andningsskydd måste användas under detta arbete.

***För hårdlödning, krympning och riktning finns inga verktyg med integrerade utsug. Avskärmning av det heta arbetet med svetsduk i kombination med renslipning minst 5 cm från arbetsområdet och användning av punktutsug samt vakuumslangen på baksidan vid behov som extra utsug. Dessa åtgärder minskar spridningen av rök till lokalen. Den som utför arbetet måste använda andningsskydd. Större arbeten som inte kan avskärmas tillräckligt bra bör göras på tid då ingen annan vistas i lokalen och så att rök hinner vädras ut.***

### 5.6.5 Tennspackling

I tennspackel ingår bly. Enligt EU-direktivet (2000/53/EU) som antogs den 29 oktober 2000 får fordon som släpps ut på marknaden efter den 1 juli 2003 inte innehålla bly.

Bly får därför inte längre användas vid reparation av bilar och därför får heller inte tennspackling förekomma.

***Tennspackling får inte förekomma i bilverkstäder, eftersom tennspacklet innehåller bly.***

### 5.6.6 Borttagning av svetspunkter

***Svetspunkter för pluggsvetsning ska i första hand borras bort. Är det svårt att borra bort, gör ett körnslag mitt i svetspunkten, så är det lättare att få grepp med borren. Även vid borrning bör punktutsuget användas.***

### 5.6.7 Plastarbeten

***Använd aldrig varmluftspistol vid arbete i PUR-plast.***

***Såga aldrig i stötfångare som innehåller dämpelement av PUR. Byt istället till ny stötfångare med färdig öppning för dragkrok.***

***Om IR-lampa används, torka av rören innan den sätts på, om rören ser dammiga ut.***

# 6 Åtgärder som hindrar föroreningarna att spridas till andra arbetsplatser i arbetslokalen

Isocyanaterna som bildas vid heta arbeten och inte fångas upp vid källan och med punktutsug kan spridas till andra arbetsplatser. Sådan spridning kan förekomma;

- Om de åtgärder som rekommenderas i avsnitt 5 för olika arbetsmoment inte används.
- Vid värmeriktning, krympning, hårdlödning och speciellt i de fall då punktutsuget inte kan placeras på ett sådant sätt att det fångar in plymen under hela arbetsmomentet och svetsduk mm inte används för att hindra att plymen sprids.

Principiellt krävs åtgärder för att hindra spridning endast i de fall då risk för spridning finns. Om de åtgärder som rekommenderas i avsnitt 5.6 används för svetsning (exkl. motståndspunktsvetsning), kapning och slipning, krävs inga ytterligare åtgärder för att hindra spridning vid dessa arbetsmoment. Risk för spridning av isocyanater till andra arbetsplatser finns främst vid motståndspunktsvetsning, värmeriktning, krympning och hårdlödning.

I projektet har följande åtgärder mot spridning till andra arbetsplatser studerats

- borttransport eller utspädning med effektiv allmänventilation
- kapsla in arbetsplatserna (avskilda utrymmen).
- placering av arbetsplatserna under draghuv

## 6.1 Allmänventilation

Allmänventilationen studerades i begränsad omfattning på 19 verkstäder i delprojektet om spridning av isocyanater från heta arbeten [8]. Mätning utfördes av till- och frånluftsflöden samt punktventilation i samband med isocyanatmätningarna eller vid ett efterbesök. I några av verkstäderna kunde flödesmätningar inte utföras av olika skäl (svåråtkomligt, verksamheten hann upphöra, etc). I dessa verkstäder skattades luftflöden och luftomsättning baserat på de uppgifter som kunde erhållas vid besöket. Med luftomsättning avses i denna rapport genom det specifika luftflödet där inget annat framgår av texten.

I större lokaler med hög takhöjd fanns ett till tre tilluftsdon, medan lokaler med låg takhöjd normalt hade flera mindre ofta 5 - 15 don beroende på lokalens storlek. De minsta verkstäderna hade normalt mindre än fem tilluftsdon. Luften togs normalt ut vid 1 - 15

don huvudsakligen placerade vid tak. I flera verkstäder fanns kompletterande don med låga flöden nära golv, s k deplacerande (undanträngande) tilluft.

Allmänventilationen i bilverkstäder är normalt omblandande (se bild 10 och 11). Vid omblandande ventilation skall tilluften tillföras med så hög hastighet att det skapas en ejektorverkan som gör att förorenad luft i lokalen dras mot tilluften och den rena tilluften blandas med gammal förorenad luft. På så sätt får föroreningarna längre uppehållstid i lokalen, men halten minskar på grund av utspädning med tilluften. I femton av de nitton besökta verkstäderna var ventilationen omblandande. För några av de femton verkstäderna var tilluftens hastighet så låg att det är tveksamt om ventilationen fungerade omblandande. I andra var tilluftens hastighet betydligt högre men tilluftsdonen var så placerade att den omblandande effekten blev obetydlig.

Bild 10 och 11. Exempel på tilluftsdon för omblandande ventilation. Få stora centralt placerade eller flera små (vid pilarna).

I två verkstäder fanns deplacerande ventilation. Vid deplacerande ventilation tillförs luften via don med stor area normalt placerade i golvnivå. Luften tillförs med låg hastighet för att undvika omblandning med lokalluft. Temperaturen i tilluften skall vara lägre än lokalluften. Den kallare tilluften trycker undan den varmare förorenade lokalluften, som stiger uppåt och tas ut genom don nära taket. I en verkstad fanns deplacerande tilluftsdon som var avskärmade med en bildörr för att de som arbetade närmast skulle slippa kalldrag från tilluftsdonet (bild 12). Minskas ett deplacerande dons yta

betydligt ökar flödet genom resterande tilluftsdons ytor. Detta kan göra att andra upplever drag o s v. Täckning eller blockering av deplacerande tilluftdon är inte lämpligt.

I samma verkstad som den med bildörren fanns en aerotemper vid porten för in- och uttransport av bilar. Aerotempern hade ett stort snett nedåtriktat varmluftsflöde som medförde att luften till stor del blandades, som om man haft omblandande ventilation.

Bild 12. Tillförsel av undertempererad luft. Eftersom luften är kallare än lokalluften upplever arbetstagarna ofta luften som "dragig" nära donen. Här ses en vanlig form av "åtgärd" mot draget – en slags skärm (i detta fall bildörr) blockerar luftflödet från tilluftsdonet. I värsta fall skapar denna typ av åtgärd ännu mer dragproblem.

Bild 13. Tilluft genom strumpa av textil, som ses till höger på bilden. Eftersom ytan är stor blir hastigheten på den tillförda luften låg, vilket minskar risken för drag. Här var luften för varm och steg uppåt längs strumpan istället för att tillföra tilluft till arbetsplatsen intill strumpan.

I den andra verkstaden fanns en variant på deplacerande ventilation, där luften tillfördes via långa rör av textil (bild 13). Eftersom arean är stor blir lufthastigheten låg och ventilationen blir inte omblandande. Tanken med deplacerande ventilation är att den tillförda luften ska vara undertempererad och tränga undan varmare förorenad luft. På den aktuella verkstaden var tilluften för varm och steg direkt upp längs "strumporna" för att senare sugas ut genom frånluftsdon placerade under tak utan att tilluften effektivt hade bidragit till borttransport av luftföroreningar. Tilluften var för varm för att kunna an-

vändas till deplacerande ventilation. Tilluften var varm eftersom lokalen värmdes med tilluften. Deplacerande ventilation går inte att förena med att lokalen värms med tilluften.

På en av verkstäderna hade man ett system som var något av både omblandande och pluggventilation (pluggventilation innebär att tilluften går som en kolv genom lokalen och den förorenade luften ventileras ut på motsatt sida). Luften tillfördes längs ena väggen och blandades med luften som fanns i den del av lokalen som var närmast tilluftsdonen för att sedan tas ut längs motsatta väggen. På grund av balkar i taket tvärs det tänkta luftrörelsen, "fastnade" en stor del av den förorenade luften bakom balkarna och följde dessa mot en av lokalens kortsidor till dess luften kallnat och börjat sjunka. Detta exempel visar på vikten av att inte nöja sig med att notera flöden och omsättningar. Lokalens utformning kan påverka luftens rörelse och föroreningstransport med risk för exponering för isocyanater på helt oväntade platser. Vanliga ventilationskontroller kan ofta behöva kompletteras med kontroll av luftrörelser med rökampull.

I två verkstäder fanns ingen mekanisk allmänventilation, i det ena fallet på grund av ombyggnad. Den andra verkstaden var en liten verkstad som inte hade någon mekanisk allmänventilation Det fanns ett svetsutsug men det var trasigt.

Aerotemprar fanns på nästan varje bilverkstad vid port för in- och utkörning av bilar (bild 14). Aerotemprarna har precis som portarna en stor effekt på lokalernas luftrörelser och måste tas med i planeringen av ventilationen eller avskärmas så att deras effekt på lokalens ventilation minimeras.

Bild 14. Aerotemper (se vit pil). Aerotempern tar luft från rummet värmer den och blåser ut den vid porten. På bilden ses en liten del av porten nere till höger på bild.

I de två verkstäderna med deplacerande ventilation kunde ingen spridning mellan arbetsplatserna konstateras. I en av verkstäderna kunde inga isocyanater detekteras i plymen och kunde således inte heller återfinnas på andra arbetsplatser. I lokalen med försök till pluggventilation kunde inte isocyanater återfinnas på någon annan arbetsplats. I en av de två verkstäderna utan ventilation kunde ingen isocyanat detekteras i plymen och i det andra fallet var halten ca 1 ppb i plymen, d v s mycket låg. När halten i

plymen är låg kan man inte förvänta sig att mätningarna ska visa mätbara halter av isocyanater i andra mätpunkter.

Allmänventilationens betydelse för spridningen av isocyanater på bilverkstäderna framgår av diagram 1. I diagrammet har verkstäderna grupperats efter storleken på luftomsättningen. För varje grupp redovisas antal verkstäder där isocyanater kunde återfinnas på andra arbetsplatser än där det heta arbetet utfördes. De sexton verkstäder som diagrammet omfattar har som lägst <1 och som högst c:a 10 luftomsättningar/-timme. I redovisningen har punktutsugens eventuella bidrag till luftomsättningen räknats in. (Den sanna luftomsättningen är egentligen lägre eftersom luftutbytet inte är 100%-igt.) I varje verkstad har ett arbete utförts som normalt emitterar höga isocyanathalter. Därefter mättes halten på tre till fyra andra arbetsplatser i lokalen där sannolikheten var störst att återfinna isocyanater från källan. På vissa verkstäder återfanns andra isocyanater i spridningsmätpunkterna än i plymen, d v s isocyanater som kom från en annan okänd källa trots att inga andra isocyanatarbeten pågick i lokalen under mätningarna. På tre av verkstäderna var isocyanathalten så låg i plymen att det inte skulle vara möjligt att återfinna dem i en spridningspunkt. I plymen var medelvärdet 39 ppb (median 27, range 1,4 - 104 ppb) för de sexton verkstäder som ingår i figur 1. Medelvärdet av isocyanater från plymen i spridningsmätpunkterna blev <0,1 ppb (median 0, intervall 0-1,5 ppb). Tar man med även andra isocyanater uppmätta i spridningsmätpunkterna är medelvärdet fortfarande <0,1 ppb och även medianvärdet och intervallet är oförändrat.

På två verkstäder kunde isocyanater återfinnas på två arbetsplatser. Vid övriga återfanns isocyanater endast i en spridningsmätpunkt.

Enligt spridningsmätningarna ökar spridningen av isocyanater från det heta arbetet med ökad luftomsättning medan isocyanater från andra källor minskar med ökad luftomsättning. Inga säkra statistiska samband finns dock eftersom spridning endast kunde konstateras i 4 av 16 verkstäder.

För- och nackdelar med olika ventilationssystem redovisas i tabell 4.

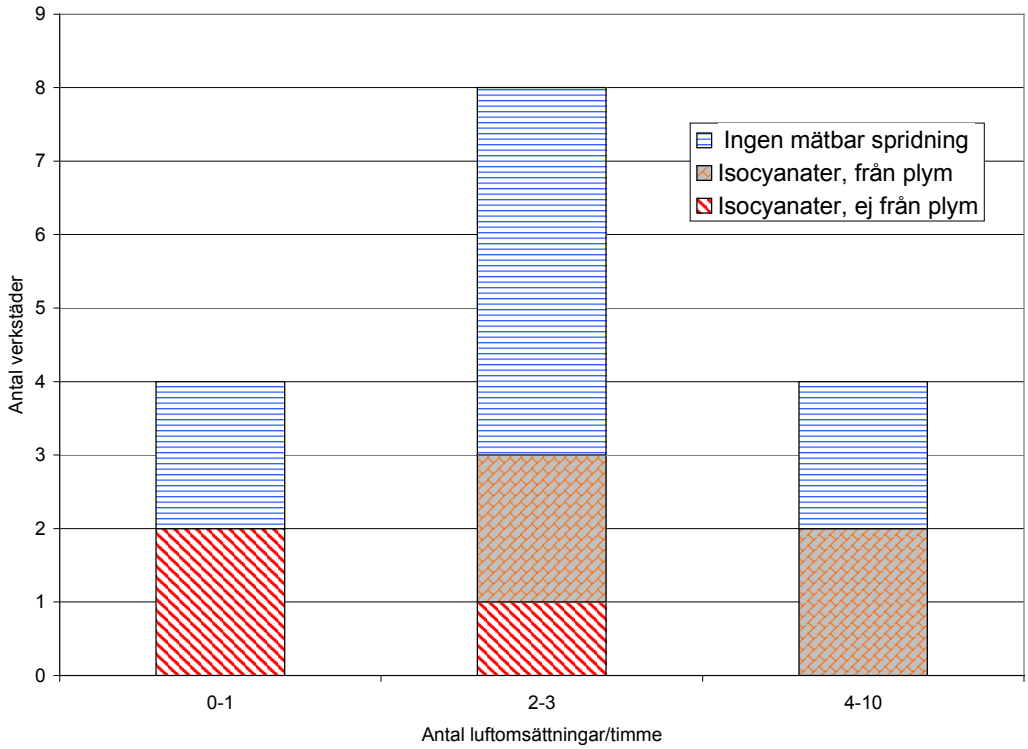



Diagram 1. Antal verkstäder uppdelat efter antal luftomsättningar/timme. Antalet verkstäder har delats upp på verkstäder där isocyanater från plymen kunde detekteras i minst en spridningsmätpunkt, isocyanater från en annan källa kunde detekteras i minst en spridningsmätpunkt och verkstäder där ingen isocyanat kunde detekteras i en spridningsmätpunkt. Verkstäder med mindre än 1 ppb i plymen är inte med i figuren.

Tabell 4. För och nackdelar med tre olika former av allmän ventilation.

| | **Omblandande** | **Deplacerande** | **Pluggflöde som allmänventilation** |
|---|---|---|---|
| **Fördelar** | Robust och påverkas mindre av omgivande händelser | Bra, om det är rätt utformat. Bortför föroreningar effektivare | Transporter bort föroreningar från arbetsplatsen |
| **Nackdelar** | Föroreningarna har längre uppehållstid i lokalen. Temperaturvariationer kan påverka omblandning och räckvidd. Föroreningar sprids till andra arbetsplatser i lokalen om än i låga halter. | Går inte att kombinera med uppvärmning av lokalen via tilluften. Ger lätt dragproblem, speciellt vintertid. Ytterportar måste ha dragskydd. | Kan exponera andra på vägen till frånluftsdonen och halten kan vara hög hela transportsträckan. |

Oavsett vilken typ av ventilation som väljs, är det viktigt att kombinera allmänventilationen med punktutsug nära de platser där luftföroreningar alstras. Studierna av spridning av isocyanater visar att omblandande ventilation kan sprida föroreningar till andra arbetsplatser, om isocyanaterna inte fångas in nära källan och ventileras bort, t ex med punktutsug.

- ***Allmänventilationen löser inte några problem med isocyanater i bilverkstäder. Isocyanatproblemen löses med åtgärder vid källan (t ex integrerade utsug). Däremot är en väl fungerande allmänventilation viktig för att övriga föroreningar ska ventileras bort och för att upprätthålla ett bra klimat.***

- ***Omblandande ventilation är ett mer robust system som är mindre känsligt för störningar av andra ventilationspåverkande åtgärder och aktiviteter t ex aerotemprar, takfläktar, portar mm. Det är dock viktigt att effektiv omblandning sker och tilluftens utspädningseffekt även når arbetsplatsluften. Fler små tilluftsdon nära arbetsplatserna är bättre än färre stora uppe under tak.***

- ***Hög luftomsättning behöver inte alltid betyda att föroreningarna blir utspädda. Viktigast är att man har en effektiv omblandning eller föroreningstransport bort från arbetsplatserna och att luftomsättningen är minst 2 ggr/timme.***

- ***Deplacerande ventilation är svår att tillämpa på bilverkstäder. Skall lokalerna värmas via varm tilluft avråder vi från deplacerande. Vid deplacerande ventilation är det viktigt att installera ett tillräckligt antal don för att undvika kalldrag på arbetsplatserna nära donen. Deplacerande ventilation störs av korsdrag. Vintertid uppstår lätt golvdrag p g a kalluft från öppna portar. Takfläktar och aerotemprar får ej blåsa ner luft under 3 m över golv.***

- ***Aerotemper vid port för in- och uttransport av bilar stör ofta övrig ventilation. Det är viktigt att aerotempern tas med när en verkstads ventilation planeras. Aerotempern kan behöva avskärmas för att inte störa effekten av andra ventilationstekniska åtgärder.***

- ***Utvecklingsarbete behövs för att ge verkstäderna och ventilationskonsulter klara besked om optimal utformning av verkstadsventilationen. Idag finns ingen självklar bästa lösning på utformningen av ventilationen.***

## 6.2 Avskärmning av arbetsplatsen och avskilda utrymmen

Avskilda utrymmen, t ex separata rum krävs för arbete med ohärdad isocyanat . All lackering ska göras i sprutboxar. Avskilda utrymmen har också diskuterats som en

åtgärd för att hindra spridning av isocyanater till andra arbetsplatser vid heta arbeten, då isocyanater bildas.

I avsnitt 4.3 har vi diskuterat spridning av isocyanater mellan arbetsplatserna. Hittills har avskilda utrymmen varit en åtgärd som flera företag infört. Ett betydligt billigare alternativ till avskilt utrymme är en stor draghuv som täcker en hel arbetsplats. Ett inledande försök som gjordes med en draghuv i projektet redovisas kortfattat här och i detalj som bilaga 3. Utvärdering av dessa åtgärder i samband med heta arbeten redovisas nedan.

### 6.2.1 Avskärmade och avskilda utrymmen

Avskärmade och avskilda utrymmen har studerats på åtta bilplåtverkstäder. Av praktiska skäl har vi i första hand valt företag i Stockholmstrakten, företag vi har kunskap om sedan tidigare mätningar eller genom förslag från referensgruppen. Vi har försökt få med både stora och små företag. Dessa åtta verkstäder speglar de flesta av de olika typer av avskilda utrymmen som finns. På varje verkstad har ett utrymme valts slumpvis. Den tekniska utformningen och ventilationen har studerats, arbetsmiljön har granskats och arbetstagarna som arbetar i de avskärmade / avskilda utrymmena har intervjuats. Frågefomuläret återfinns i bilaga 4.

De avskilda utrymmena som studerats kan delas upp i fyra huvudtyper,

- Aluminiuminramade genomsynliga plastväggar med nerrullningsbar öppning utvärderades på tre bilverkstäder (bild 20). Dessa var oftast täta eller nästan täta mot golv och tak. Det fanns dock mindre öppningar främst i och ovanför den nerrullningsbara porten(ca 1 $m^2$). Denna typ av utrymme kallas nedan avskilt utrymme
- Nerrullningsbara plastskynken eller gardiner (bild 21). Dessa hade en större eller mindre spalt mot taket.
- Draperier på skena (bild 22) och
- Plastpresenningar (bild 23). Dessa var tämligen otäta även utmed väggar.

De tre sistnämnda varianterna hade öppningar och spalter huvudsakligen mot tak. Öppningarna var ca 10 $m^2$. Mer sällan har det varit större glapp ner mot golvet Denna typ av utrymmen kallas nedan för avskärmade, eftersom de inte är lika avskilda från övriga lokalen som de avskilda utrymmena. Fem verkstäder med avskärmade utrymmen utvärderades.

Bild 15. Övre raden vänster. Aluminiuminramade genomsynliga plastväggar med nerrullningsbar öppning.
Bild 16. Övre raden, höger. Nerrullningsbara plastskynken.
Bild 17. Nedre raden, vänster. Draperier på skena.
Bild 18. Nedre raden, höger. Plastpresenningar.

Antalet avskärmade och avskilda utrymmen per verkstad varierade mellan ett och sex. Ingen verkstad fick färre arbetsplatser p.g.a. att skärmar installerades. Man använde utrymmena till de flesta arbetsmoment, alltså även till "kalla" arbeten. Det förekom även att mindre heta arbeten sker utanför utrymmena. Arbetsmetoderna har inte påverkats och samma utrustning används.

Det kortaste avståndet mellan en bil placerad i utrymmet och en vägg (arbetsutrymmet runt bilen) varierade mellan 0,6-1,5 meter i olika verkstäder.

***Förhindrar de avskärmade och avskilda utrymmena spridning av isocyanater?***

De avskärmade utrymmena hade så stora öppningar mot omgivande lokal, att det förekom ett stort luftutbyte mellan det avskärmade utrymmet och lokalen. Vid de mätningar av luftomsättningen som gjorts, är i flera fall att den uppmätta luftomsättningen högre än den som kan beräknas ur uppmätta luftflöden. Det beror på att läckaget genom de stora öppningarna bidrar till ventilationen av dessa utrymmen. Avskärmningar är ingen effektiv åtgärd för att hindra spridning av luftföroreningar.

De avskilda utrymmena har betydligt mindre öppningar mot den omgivande lokalen och läckaget av förorenad luft i samband med heta arbeten i det avskilda utrymmet blir också mindre. Ett visst litet läckage kan dock förekomma.

***Ventilation***

Ventilationens utformning var mycket olika i utrymmena. Ventilationen var oberoende av typ av utrymme och styrdes mer av lokala förhållanden på bilverkstäderna. Alla åtta utrymmena hade frånluft och sex även tilluft. Inte sällan stördes luftströmmarna genom att omblandningsfläktar var igång i taket utanför utrymmet, genom drag eller genom att tilluften var kraftigt omblandande och koncentrerad till en eller två utblåsningsdon med hög utblåshastighet och hög impuls.

Luftväxlingen uppmättes med luftflödesmätare i respektive don i görligaste mån. I vissa fall har t ex tilluften eller frånluften betjänat två utrymmen. Med luftflödesmätare erhölls 2 - 20 luftväxlingar/timme i de avskärmade och avskilda utrymmena.

Samtliga åtta utrymmen var försedda med punktutsug. Punktutsugens kapacitet var i genomsnitt 460 $m^3$/tim vilket motsvarar ett flöde på 2,6 m/s om punktutsugets diameter är 25 cm, d v s något mindre än de 3 m/s som vi rekommenderar. I tre av utrymmena fanns avgasutsug.

***Personalens synpunkter***

Alla fem som arbetade i avskärmade utrymmen var positiva eller mycket positiva till avskärmningen. Avskärmningarna upplevdes som en förbättring av arbetsmiljön. Av tre som arbetade i avskilda utrymmen var en positiv och två mer tveksamma och såg både för- och nackdelar. Sex personer tyckte att det går bra att arbeta i utrymmet medan en som arbetade i ett avskilt utrymme och en som arbetade i avskärmat tyckte att det blivit mer ensamt.

Avskärmningarna upplevdes som en förbättring av arbetsmiljön. En person tyckte dock att det bullrade mer. Belysningen upplevdes som lika bra eller möjligen något bättre.

Det avskilda utrymmet upplevdes som en förbättring av två personer t ex för att det blev tystare och fungerade som gnist- och stänkskydd mot grannen. En som arbetade i ett avskilt utrymme tyckte att det blivit dammigare. Belysningen hade blivit bättre tyckte en reparatör och sämre tyckte en annan.

Produktiviteten upplevs som lika av sex reparatörer medan två tycker att den har ökat.

På frågan om vad som blivit *bättre* med utrymmena svarar alla tre som arbetar i avskilda utrymmen buller. Av dem som arbetar i avskärmade utrymmen tycker en att bullret minskat, en att luften blivit bättre och en att arbetsmiljön allmänt blivit bättre.

Det som upplevs som *sämre* med avskilda utrymmen anger två reparatörer är rökigare luft och en tycker att det blivit ensammare. Av dem som arbetar i avskärmade utrymmen tycker två att det är sämre med plats och en tycker att det är ensammare.

***Användning av andningsskydd i avskärmade och avskilda utrymmen***

De avskärmade och avskilda utrymmena är till för att förhindra spridning av isocyanater till omgivningen. Den person som arbetar inuti det avskilda utrymmet exponeras lika mycket (eller mer) för isocyanater från heta arbeten. Därför måste andningsskydd användas under hela det heta arbetet och tills man går ut eller tills röken från det heta arbetet ventilerats ut.

Två av tre som arbetade i avskilda utrymmen och fyra av fem i avskärmade utrymmen använde alltid eller nästan alltid tryckluftmatat andningsskydd vid heta arbeten. Andningsskyddet var inte inkopplad i en verkstad med avskärmning. Sex av reparatörerna tog av masken inne i utrymmet när arbetet avslutats medan en behöll den på eftersom den var smidig och inte hindrade arbetet.

***Slutsatser***

Det som är gemensamt för avskärmade och avskilda utrymmen är att de har någon form av väggar eller draperier som skärmar av mot omgivningen. I övrigt finns skillnader när det gäller utformning av ventilationen, avgasutsug, belysning och utrymme.

***De avskärmade utrymmena (d v s utrymmen med draperier eller presenningar som har stora öppningar mot omgivningen, t ex vid taket) hindrar inte spridning av isocyanater till omgivningen, vilket var syftet med installationen av dem. Däremot upplevs de som bra av personalen. Avskärmade utrymmen kan användas t ex för att hindra stänk- och gnistspridning och reducera buller. För att minska exponeringen för isocyanater behöver de dock kombineras med andra åtgärder, t ex val av verktyg som inte alstrar isocyanater eller verktyg med integrerade utsug.***

***De avskilda utrymmena minskar spridningen av isocyanater till den angränsande lokalen. I två av de tre utrymmen som utvärderats, tycker dock reparatören att luften inuti utrymmet blivit sämre. Det finns dock också fördelar med avskilda utrymmen och om luftkvalitén i dem blir bättre, är avskilda utrymmen en tänkbar åtgärd. Om avskilda utrymmen ska installeras, är det viktigt att vara klar på varför de installeras. Några motiv är att förbättra miljön för de enskilda reparatörerna, att minska buller, svetsblänk etc eller att använda dem för plastarbete. Avskilda utrymmen behöver kombineras med andra åtgärder för att minska reparatörens exponering för isocyanater.***

***Om avskilda utrymmen ska installeras, är det viktigt att tänka på följande;***

- ***Ventilationen måste ses över så att luftomsättningen blir god (betydligt mer än 2 ggr/timme) så att rök ventileras ut snabbt. Ventilationen får inte skapa luftströmmar som bidrar till att sprida rök genom otätheter i väggar / port. Avskilda utrymmen ska ha ett undertryck mot övriga verkstaden. Deplacerande ventilation fungerar bra i avskilda utrymmen, men då måste luften tillföras undertemperera-rad, med låg hastighet över en stor yta och frånluften måste tas ut vid taket.***

- ***Punktutsug och högvakuumanslutning ska finnas och användas inuti det avskilda utrymmet.***

- ***De avskilda utrymmena ska vara så täta som möjligt mot angränsande lokaler, för att minimera spridning av luftföroreningar.***

- ***Om inga andra åtgärder vidtas, ska andningsskydd användas vid heta arbeten i det avskilda utrymmet. Andningsskyddet ska användas under alla heta arbeten och en tid efter avslutat arbete, tills föroreningarna hunnit ventileras ut ur lokalen. En skattning är ca 10 minuter.***

- ***Det avskilda utrymmet ska vara tillräckligt stort för att arbetet ska kunna göras på ett smidigt sätt. Plats ska finnas t ex för svetsutrustning. Belysningen bör anpassas till utrymmet.***

***Om de åtgärder som beskrivits tidigare (integrerade utsug, verktygsval, punktutsug, renslipning samt användning av svetsduk vid vissa heta arbeten) används, finns inget behov av avskilda utrymmen för att hindra spridning av isocyanater. Om dessa åtgärder inte kan användas, kan ett väl utformat avskilt utrymme vara ett sätt att förhindra spridning av isocyanater. I sådana fall, är det dock viktigt att följa de råd som ges ovan om utformning av det avskilda utrymmet och om användning av andningsskydd.***

### 6.2.2 Draghuv för borttransport av föroreningar

En draghuv kan användas för att fånga in uppåtstigande varm luft från en arbetsplats, innan den hinner spridas vidare ut i lokalen. På det sättet utnyttjas att varm luft stiger uppåt och den förorenade luften fångas in på ett ställe dit den förflyttar sig av sig själv.

För att en draghuv (bild 19) ska fungera måste det finnas frånluft i taket som transporterar bort den varma förorenade luften innan den kallnar och börjar sjunka under huvens kant. Huven fungerar så att varm förorenad luft stiger upp mot huven och samlas där för att sedan ventileras ut. Huvens kant måste vara tillräckligt hög för att luftrörelser i lokalen inte ska kunna sprida den förorenade luften som finns uppe i huven ut i lokalen. Även om frånluftsflödena på arbetsplatsen med draghuv är betydligt högre än vad som är normalt för en verkstad, blir lufthastigheten i draghuvens gränsskikt (d v s i draghuvens öppning) maximalt några cm/s. För att förstå denna låga hastighet kan det nämnas att för stillasittande arbete anses det inte dragigt förrän luftens hastighet når 20 cm/s.

En takhuv av den typ som skissas ovan har installerats på ett företag och en utvärdering av takhuven har gjorts. Utvärderingen visar att lufthastigheterna i de flesta verkstäder normalt är högre än den medelhastighet uppåt som krävs i draghuvens gränsskikt. De luftföroreningar som kommit in i huven måste dessutom transporteras till frånluftsdonet innan de kallnat och börjar sjunka nedåt och ut ur huven. För att förhindra detta måste draghuvens frånluftsflöde betydligt överskrida plymens flöde. För att plymen inte ska spridas utanför huven under stigningen uppåt t ex p.g.a. sidodrag måste huven vara betydligt bredare än den area inom vilket det heta arbetet utförs. I projektet utvärderades en huv där luftomsättningen av den inneslutna volymen var ca 30 gånger/h. Trots denna höga luftomsättnings förekom mindre läckage av förorenad luft till angränsande arbetsplatser (bild 20). Sådana läckage kan t ex förekomma p g a drag från intilliggande portar eller aerotemprar. Takhuven minskade dock spridningen mellan arbetsplatserna, även om all spridning inte kunde stoppas. Huven i sig kostar inte särskilt mycket, men kostnaden för ombyggnad av ventilationen, ökade drifts- och värmekostnader måste även vägas in i kalkylen. En annan nackdel är att med huven transporteras föroreningarna uppåt förbi arbetstagarens andningszon.

Bild 19. Exempel på en draghuv byggd i plastfolie.

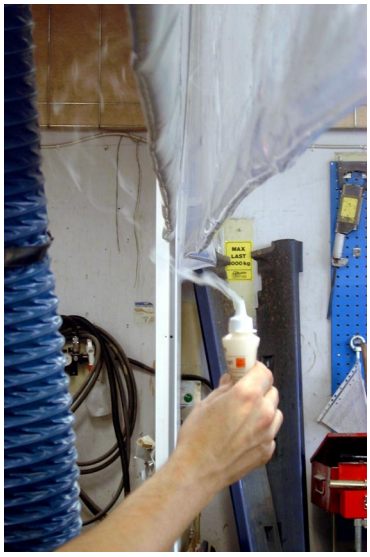


Bild 20. Test med rök som visar att luft kan läcka ut från draghuven.

***Takhuven fångar in varma luftföroreningar som stiger uppåt, även om ett visst läckage förbi huven förekommer. Takhuven kräver ombyggnad av ventilationen, eftersom mycket stora luftflöden krävs för attakhuven skall vara effektiv. En sådan ombyggnad är dyr och de pengarna ger betydligt bättre effekt om de investeras i en högvakuumanläggning samt MIG-svets med integrerat utsug i svetspistolen och andra integrerade utsug. Vår slutsats är därför att en takhuv inte rekommenderas som en åtgärd mot spridning av isocyanater. Däremot är det en fördel om frånluftsdon kan placeras nära arbetsplatserna, för att så snabbt som möjligt föra bort bildade föroreningar. Inom andra verksamheter än bilverkstäder kan takhuvar vara en bra åtgärd.***

# 7 Övriga åtgärder

Det finns även ett stort behov av andra åtgärder än de tekniska åtgärder som beskrivs ovan.

Den stora bristen i hanteringen av punktutsug och bristande användning av andningsskydd visar på ett stort behov av både information och utbildning. Kunskap om risker och ett säkert arbetssätt är av stor vikt för att riskerna med isocyanater ska minska i bilverkstäder.

Bra underlag om risker och skyddsåtgärder är bl a

- Jobbet, kroppen, livet i motorbranschen– en cd-ROM som tagits fram i samverkan mellan Motorbranschens arbetsgivarförbund, Metall och Målarförbundet.
- Utbildningsmaterialet Härdplaster som ges ut av Prevent.
- Populärbroschyrer om isocyanater som Prevent gett ut. Dessa finns på Prevents hemsida, www.prevent.se och kan skrivas ut gratis. En av dessa broschyrer är en ny broschyr om bilverkstäder, som bygger på denna rapport. En annan broschyr rör bilglasarbete.

Förutom dessa skrifter är det viktigt att känna till de regler som gäller för arbete med isocyanater. Reglerna finns i tre föreskrifter, Härdplaster, Kemiska arbetsmiljörisker och Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar (2, 3, 4). Arbetsmiljöverket har även en ämnessida om isocyanater på sin hemsida, www.av.se och har även gett ut en ADI-broschyr Isocyanater är farliga.

# 8 Kostnader för åtgärder

De åtgärder som rekommenderas kräver viss utrustning. Nedan beskrivs kortfattat vilken utrustning som krävs och en grov kostnadsuppskattning redovisas.

En central åtgärd är användning av integrerade utsug vid främst svetsning. Dessa utsug behöver kopplas till ett högvakuumsystem. Många verkstäder (speciellt större verkstäder) har redan ett sådant system. Kostnaden för ett högvakuumsystem beror på hur stor verkstaden är, hur många som ska kunna använda det samtidigt och hur många arbetsplatser som ska kunna ansluta sig till högvakuumsystemet. Investeringskostnaden kan variera mellan 125-150 kkr, för en verkstad med anslutningar för högvakuum, framdraget till 3-4 arbetsplatser.

De verktyg som ska anslutas till högvakuumsystemet ska vara försedda med integrerade utsug.

Kostnaden för svetsmunstycke med integrerat utsug är i storleksordningen 5 000:-, och något dyrare än ett vanligt svetsmunstycke. Man måste alltså köpa ett nytt svetsmunstycke med slangpaket.

För motståndspunktsvets finns idag inga kommersiellt tillgängliga verktyg med integrerade utsug. Ett sätt att påverka de företag som säljer utrustning för motståndspunktsvets är att fråga efter utrustningar med integrerade utsug. Vid testerna i detta projekt, gjordes en provisorisk lösning, där en högvakuumlang drogs fram och monterades på tången.

För kapning, är cirkelsåg med roterande blad eller sticksåg de bästa alternativen. Sticksåg finns ofta på arbetsplatserna. Cirkelsågen med roterande blad är ovanlig på plåtverkstäder och behöver i många fall köpas in. Den kostar i storleksordningen 4 000:-. Om man måste använda en högvarvig kapmaskin ska den förses med integrerat utsug. Nästan alla befintliga kapmaskiner kan förses med ett sådant utsug. Det kostar några hundralappar, men förutsätter att man har tillgång till högvakuum.

Oscillerande planslipmaskiner är idag normalt sett försedda med integrerat utsug. Bandslipmaskin och roterande maskin med Scotch Brite finns på de flesta plåtverkstäder. Sannolikt kommer det att tas fram integrerade utsug till dessa maskiner. En skattning av merkostnaden för det integrerade utsuget är ca 2 000:-/verktyg om det går att applicera utsuget på befintliga verktyg, annars tillkommer en merkostnad för nyanskaffning av verktyg.

Punktutsug finns på de flesta plåtverkstäder. Många verkstäder kan dock behöva se över att de är hela och har ett flöde på minst 600 $m^3$/timme även när flera punktutsug används samtidigt. Även allmänventilationen kan behöva kontrolleras och förbättras. Kostnaden för det varierar kraftigt, beroende på förhållandena på de enskilda verkstäderna.

# 9 Diskussion

I Arbetsmiljöverkets föreskrift om kemiska ämnen, AFS 200:4, beskrivs en s k åtgärdshierarki för kemiska risker, där en inbördes rangordning mellan olika typer av åtgärder anges.

1. Farliga kemiska ämnen byts ut mot ämnen som i avsedd hantering medför mindre risk för hälsa och säkerhet.

2. Arbetsmetoder, processer och tekniska anordningar väljs och utformas så att risken i hanteringen reduceras.

3. Skyddsåtgärder vidtas vid riskkällan så att ingen utsätts för de risker som är förknippade med hanteringen.

4. Arbetet förläggs till särskild tid eller plats. Endast personal som behövs för detta arbete är närvarande.

5. Personlig skyddsutrustning används.

De förstnämnda åtgärderna ska prioriteras medan de sistnämnda tillgrips när det inte finns någon annan lösning.

Nedan diskuteras vilka olika typer av åtgärder inom respektive kategori som är möjlig att använda mot isocyanater i bilverkstäder. Vid valet av vilka åtgärder som ska vidtas, är det viktigt att tänka på att det kan finnas andra arbetsmiljöaspekter än de kemiska som är viktiga att tänka på. Det kan handla om t ex olycksfallsrisk, buller och vibrationer. Allt detta ska vägas samman när man bedömer riskerna och väljer åtgärd.

## 1. Utbyte av kemikalier. Måste man använda PUR och PUR-haltiga produkter?

De tekniska fördelarna med PUR är ofta så stora att vi inte kan förvänta oss någon betydande minskning de närmaste åren. När det gäller arbete med produkter som innehåller isocyanater, sker en utveckling mot alternativa produkter i några produktgrupper. Det sker också en utveckling mot prepolymeriserade och blockerade isocyanater . Genom ökad prepolymerisering / blockering av isocyanaterna minskar risken för hälsopåverkan vid arbete med den ohärdade produkten. Risken vid heta arbeten förändras dock inte.

Välj lim och underredsmassor mm som inte innehåller flyktiga isocyanater. TDI och HDI är flyktiga isocyanater. Om isocyanathaltiga produkter måste användas välj om möjligt produkter med prepolymeriserade isocyanater. Halten mono- och diisocyanater (t ex IPDI eller MDI) bör vara så låg som möjligt och under 1%. FI kan förekomma som förorening och halten bör vara så låg som möjligt och minst under 0,1 %.

För heta arbeten är utbyte av PUR-haltiga material inte möjligt, åtminstone inte på kort sikt.

## 2. Arbetsmetoder, processer och tekniska anordningar väljs och utformas så att risken i hanteringen reduceras.

För att minska risken med isocyanater från heta arbeten, kan man välja metoder som alstrar mindre värme, d v s kalla eller varma metoder. I flera fall fungerar detta, vilket beskrivits ovan i avsnitt 5. Exempel på sådana metoder är

- Kapning med cirkelsåg med roterande klinga eller med sticksåg istället för kaprondeller. Sticksåg bullrar mer än cirkelsåg, varför cirkelsågen bör väljas i första hand.
- Slipning av lack med Scotch Brite (istället för rondellslipmaskin). Eftersom Scotch Brite alstrar rätt mycket damm, bör den antingen förses med integrerat utsug alternativt används oscillerande slipmaskin med integrerat utsug.
- Slipning av punktsvetsar och sömsvetsar med bandslipmaskin.
- Urborrning av punktsvetspunkter.
- Arbetsområdet renslipas innan det heta arbetet påbörjas. Renslipning behövs också av kvalitetsskäl.

- Användning av billyft för att få upp bilen på en nivå som gör det lätt att arbeta i en bra arbetsställning. Då minskar också risken att arbeta böjd över arbetsområdet och därmed också risken att andas in rökplymen från det heta arbetet.

### 3. Skyddsåtgärder vidtas vid riskkällan så att ingen utsätts för de risker som är förknippade med hanteringen.

Vid svetsning, kapning och slipning finns åtgärder som kan vidtas vid källan (integrerade utsug eller vid avsaknad av detta hålla högvakuumslangen intill verktyget) som avsevärt minskar risken för spridning av isocyanater. Vi rekommenderar att man kombinerar dessa åtgärder vid källan med punktutsug och renslipning (före heta arbeten)för att öka säkerheten i arbetet. Exempel på denna typ av åtgärd är:

- Svetspistol för MIG-svets med integrerat utsug.
- Slipning med oscillerande slipmaskin.
- Kapning med högvarvig kapmaskin försedd med integrerat utsug. Kapning med cirkelsåg är dock en bättre åtgärd (se ovan).

### 4. Arbetet förläggs till särskild tid eller plats. Endast personal som behövs för detta arbete är närvarande.

Avskilda utrymmen är en typ av åtgärd som innebär att arbetet görs på särskild plats. Avskilda utrymmen är avsedda att hindra spridning av föroreningar till andra arbetsplatser i lokalen. Som åtgärd mot isocyanat**exponering** är inte de avskilda utrymmen som studerats speciellt effektiva. Personlig skyddsutrustning måste användas vid arbete i dem. För att de avskilda utrymmena ska förhindra spridning av isocyanater, får det inte finnas stora öppningar mot omgivningen och undertryck ska råda mot omgivningen. Avskilda utrymmen har dock andra fördelar, t ex genom att de hindrar bullerspridning. Personalen som arbetar i avskilda utrymmen uppskattar ofta denna åtgärd.

### 5. Personlig skyddsutrustning används.

Denna åtgärd får man ta till vid de moment där andra åtgärder inte fungerar. Det gäller t ex hårdlödning, värmeriktning och krympning då andningsskydd ska användas. För att minska spridningen till omgivningen, föreslår vi att man också försöker fånga in röken så nära källan som möjligt genom att använda punktutsug, slangen från högvakuumanläggningen och avskärma det heta arbetet t ex med svetsduk.

Personlig skyddsutrustning måste även användas vid motståndspunktsvets eftersom integrerat utsug ännu inte har utvecklats för denna svetsmetod.

# 10 Slutsatser

Isocyanater är en grupp ämnen med kraftig hälsopåverkan även i låga halter. Det kan inte uteslutas att enstaka kortvariga men mycket höga exponeringar kan utlösa astma. Sådana kortvariga exponeringar kan förekomma på bilverkstäder, t ex vid arbete i dåliga arbetsställningar och om inte åtgärderna som beskrivs i denna rapport används. Det är därför viktigt att åtgärderna används och att den tekniska utrustningen underhålls, så att den fungerar väl även efter lång tids användning.

Arbetet på en bilverkstad är ett hantverk, där reparatören själv till stor del väljer hur arbetet ska göras och även vilken skyddsutrustning som används och hur den används. Ett säkert arbetssätt underlättas av att det finns tillgång till bra utrustning, men det räcker inte. Reparatören måste också ha kunskap om hur utrustningen ska användas och ha tid och möjlighet att använda den. Vid de besök som vi gjort på bilverkstäder har vi sett att trots att det finns en medvetenhet om riskerna med isocyanater, används inte alltid den skyddsutrustning som finns tillgänglig. Andningsskydd användes t ex inte, eftersom arbetsmomenten bedömdes som korta (minuter). Punktutsug användes inte på rätt sätt, t ex flyttades de inte när svetspunkten förflyttades bort från utsuget.

För att reparatören inte ska utsättas för isocyanater, är det viktigt att anpassa och utforma åtgärderna, så att det är möjligt för reparatörerna att använda dem utan något större merarbete eller ansträngning. Den bästa typen av åtgärder är sådana åtgärder som fungerar automatiskt, utan att man behöver tänka på det eller göra något särskilt. I det perspektivet är verktyg som inte alstrar mycket värme att föredra. De mätningar som gjorts visar att det finns flera sådana verktyg t ex för kapning och slipning. Användning av sådana verktyg är därför en bra lösning på isocyanatproblemet i bilverkstäder.

Det finns arbetsmoment för vilka det inte går att hitta verktyg som inte alstrar isocyanater. Ett bra alternativ för dessa moment (t ex svetsning, viss slipning och kapning med högvarvig kapmaskin) är att använda verktyg med integrerade utsug anslutna till högvakuum. Sådana utsug finns alltid på plats och fungerar när verktyget används (förutsatt att man anslutit verktyget till högvakuumsystemet)och fångar in en mycket stor del av de isocyanater som bildas. De tester vi gjort visar att verktyg med sådana integrerade utsug fungerar bra för reparatören att arbeta med.

Även om åtgärderna ovan används, är det i många fall viktigt att slipa rent runt arbetsområdet innan arbetet påbörjas. Sådan renslipning krävs ofta av kvalitetsskäl, men minskar också bildningen av isocyanater.

Vi har rekommenderat att punktutsug används, även om man använder verktyg som inte ger isocyanater eller om verktyget har integrerat utsug. Punktutsuget är bra, eftersom det fångar in ev isocyanater som trots allt bildas eller som det integrerade utsuget inte

fångar in. Dessutom bildas det i många fall andra ämnen och ofta höga halter damm, som punktutsuget kan fånga in, om det används på rätt sätt. Punktutsuget bidrar till att fånga in luftföroreningar innan de sprids till resten av lokalen och gör på det sättet att andra som arbetar i samma lokal får en ännu lägre exponering. Om man inte vill använda kombinationen av ”kalla” verktyg som inte alstrar isocyanater, integrerade utsug och punktutsug, är ett annat alternativ att använda andningssskydd och att arbeta i avskilda utrymmen som är täta mot omgivningen.

För vissa arbetsmoment, finns idag inga riktigt bra lösningar. Det gäller motståndspunktsvetsning, hårdlödning, krympning och värmeriktning. De åtgärder vi rekommenderar är renslipning innan arbetet påbörjas, användning av punktutsug, eventuellt använda högvakuumslangen som extra utsug samt inkapsling eller avskärmning så att ev luftföroreningar inte sprids ut i lokalen. Dessutom bör reparatören använda friskluftsmask eller fläktmatat andningsskydd med kol- och partikelfilter.

Från besöken på bilverkstäder vet vi att ventilationen ofta inte fungerar riktigt som det var tänkt. Många bilverkstäder skulle behöva se över sin ventilation, t ex så att luftflödena är de avsedda. Dessutom är en kontroll av luftströmmar och hur ev föroreningar sprids i lokalen viktigt, för att förstå vad ventilationen betyder för luftkvalitén.

Även om projektet visat på flera effektiva och användarvänliga åtgärder för att minska exponeringen inte bara för isocyanater utan också för andra luftföroreningar, återstår en del behov och problem.

Det är viktigt att bilverkstäderna får kunskap om vilka åtgärder som visat sig vara effektiva och skaffar den utrustning som de inte har tillgång till.

Det är viktigt att reparatörerna får utbildning i säkra arbetsmetoder och hur de kan arbeta för att undvika att isocyanater bildas och förhindras att spridas.

Det behövs ett utvecklingsarbete för att utveckla effektivare allmänventilation i bilverkstäder.

Integrerat utsug behöver utvecklas för flera olika verktyg, bl a motståndspunktsvets, slipmaskin med Scotch Brite och bandslipmaskin.

I främst större verkstäder kan fläktkapaciteten tillfälligt bli för liten om många samtidigt använder punktutsuget och detsamma kan ske med högvakuumanläggningen. Någon form av indikering behövs som informerar om att utsugsflödena kan vara för låga.

Som idégivare för andra bilverkstäder skulle det vara intressant att bygga upp en bilverkstad som referensarbetsplats, där en god arbetsmiljö (inkluderande även god ergo-

nomi, låg olycksfallsrisk, god arbetsorganisation mm) kan kombineras med en effektiv och lönsam verksamhet.

# 11 Litteratur


1. Antonsson A-B, Ancker K, Veibäck T. Isocyanater från heta arbeten i skadereparationsverkstäder. IVL-rapport B1389. IVL Stockholm september 2000.
2. Härdplaster. Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1996:4. Arbetsmiljöverket. Solna december 2000.
3. Kemiska arbetsmiljörisker. Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2000:4. Arbetsmiljöverket. Solna mars 2000
4. Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2000:3. Arbetsmiljöverket. Solna juli 2000
5. Bakke J V, Norén J O, Thorud S, Aasen T B (Editors). International Consensus Report on Isocyanates - Risk assessment and management. The Norwegian Labour Inspection. Furnes, november 2001.
6. Bengtsson B, Sollenberg M. Korta sifferfakta Nr 5.2002. Isocyanater. Arbetsmiljöverket aug 2002.
7. Karlsson D. Airborne Isocyanates, Aminoisocyanates and Amines. Analytical Chemistry, Work Environment Chemistry, Lund University. Lund 2001. (Doktorsavhandling)
8. Christensson B, Antonsson A-B. Bilplåtverkstäder - mätning av isocyanaters spridning från hett arbete till närliggande arbetsplatser, IVL-rapport A21162, Stockholm 2001. (se www.av.se, ämnessida om isocyanater under länkar)
9. Antonsson A-B, Ancker K, Christensson B. Isocyanater och bilglasarbete. Vilka är problemen och hur skyddar man sig. IVL-rapport B1440. IVL Stockholm 2002.
10. Arbetar du med bilglasarbete? Prevent, Stockholm 2001 (broschyr).
11. Berglund A. Sammanställning av isocyanatmätningar utförda 2000/2001 på bilverkstäder i samband med heta arbeten. Transportgruppen/Motorbranschens Arbetsgivareförbund. Stockholm maj 2001.
12. Skarping G. Personligt meddelande hösten 2001.
13. Folkesson L-E. Personligt meddelande vintern 2002.
14. Artiklar i Arbetarskydd nr 11, Arbetsmiljöverket Solna, oktober 2001.
15. Norén J O. Arbetarskyddsstyrelsens mätprojekt 1997-1999. Isocyanater. Rapport 2000:9. Arbetsmiljöverket, Solna 2000.Jönsson P-G, Bylund J, Forsberg J, Friström M, Hammarström L-G, Jansson A, Rittfeldt L, Thorpsten J. Skyddar gasfilter mot isocyanater? FOI-R-00222-SE. Totalförsvarets Forskningsinstitut, Umeå 2001.
16. Skarping G., Dalene M., Lind P., Karlsson D., Adamsson M., Spanne M. Rapport isocyanater Enheten för arbetsmiljö och kemi, Lunds Universitet, 1998
17. Isocyanat 2001 – ett gemensamt tillsynsprojekt. Rapport 2002:8 Arbetsmiljöverket 2002.

# Bilaga 1. Mätning av isocyanater

Inom detta projekt har mätningar gjorts av arbetstagarnas exponering och halten i plymen, d v s så nära källan (det heta arbetet, svetsning, kapning slipning etc) som möjligt. Vid mätningen hölls provtagningsutrustning samtidigt i andningszon och i plymen, se bild 2 respektive 3 nedan. Om arbetstagaren använde andningsskydd togs provet utanför skyddet. Mätningarna beskriver i de fallen arbetstagares exponering om de inte använt andningsskydd.

Vid mätning av spridning av isocyanater från en arbetsplats till andra arbetsplatser monterades utrustningen på ett laboratoriestativ och placerades på den arbetsplats där det heta arbetet utfördes samt på platser dit plymen kunde tänkas spridas, se bild 4. Dessa punkter hade identifierats i förväg med hjälp av röktester. Mätningen i spridningsmätpunkten startades med tidsfördröjning eftersom det tog viss tid för plymen att förflyttas från det heta arbetet till andra arbetsplatser.

Provtagning i Sverige sker numera oftast enligt den så kallade DBA-metoden [1]. Metodens namn "DBA-metoden" syftar på provlösningen som består av 0,01 M **di**butyl**a**min löst i toluen. Lösningen används vid provtagningen för att derivatisera isocyanaterna (d v s omvandla dem kemiskt till en form som är stabil). Provtagning sker genom att luft sugs först genom en impingerflaska med lösning och sedan genom ett provtagningsfilter. Efter filtret ska alla partiklar och gasformiga isocyanater ha avskilts. Provluften sugs vidare genom kolfilter för att minska toluenhalten i luften innan den når den batteridrivna pumpen. I impingerflaskan avskiljs större partiklar och större delen av gasfasen. Små partiklar fångas upp av filtret. Mätutrustningen visas på bild 1.

Proverna analyseras på laboratorium med vätskekromatografi i kombination med masspektrometri efter ett eller flera provbehandlingssteg [1].

Om inget annat skrivs i rapporten har DBA-metoden använts vid de mätningar som gjorts i detta projekt. Institutionen för Kemisk Analys i Norden AB har tillhandahållit provlösning, provtagningsflaska (impinger) och provtagningsfilter monterade i hållare inför mätningarna och analyserat insamlade prover med avseende på tidigare nämnda isocyanater.

Bild 1 (övre bilden till vänster). Mätutrustningen. Impingerflaskan med inloppet för provluften riktad uppåt. Efter impingerflaskan sitter på slangen en liten gråvit filterhållare med provtagningsfiltret. Efter filtret går slangen i en cirkel för att sedan vara kopplat till ett kolfilter. Andra delen av kolfiltret syns inte på bilden. Från kolfiltret går luftslangen till pumpen som på bilden visas omonterad.
Bild 2 (övre bilden till höger). Mätning av exponering vid demontering av bilglasruta.
Bild 3 (nedre bilden till vänster). Mätning av plymen vid MIG-svetsning.
Bild 4 (nedre bilden till höger). Mätning av spridning av isocyanater från en arbetsplats med hett arbete (t ex arbete som pågår på bild 3) till en annan arbetsplats. Bilden visar en av de andra arbetsplatserna där eventuellt nedslag av isocyanater kontrollerades.

Parallellt med mätningen av isocyanater utfördes också mätning av dammhalten när effekten av olika åtgärder utvärderades. Det utfördes inga analyser av det uppsamlade totaldammet med undantag för massbestämning genom vägning av filtren före och efter provtagningen. Beroende på dammets sammansättning finns flera gränsvärden. Den totala dammhalten skall dock aldrig överskrida 10 mg/m$^3$ som nivågränsvärde [2]. För härdplastdamm är nivågränsvärdet 3 mg/m$^3$ som totaldamm. Damm från polyuretan är en typ av härdplastdamm. Vägningarna utfördes av Arbetslivsinstitutet. Provtagningssondens utseende när även totaldamm uppmättes visas på bild 5.

Bild 5. Samtidig provtagning av både isocyanater och totaldamm. Totaldammfiltret ses nere till höger. Vid ett fåtal mätningar användes även direktvisande instrument för bestämning av dammhalten. Den mörka slangen var kopplad till det direktvisande instrumentet.

## *Referenser*

1. Karlsson D. Airborne Isocyanates, Aminoisocyanates and Amines. Analytical Chemistry, Work Environment Chemistry, Lund University. Lund 2001. (Doktorsavhandling)

2. Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2000:3. Arbetsmiljöverket. Solna juli 2000

# Bilaga 2. Mätningar för att kontrollera effekten av olika åtgärder

I denna bilaga presenteras i detalj de åtgärdsmätningar som utförts i detta projekt. Mätningarna utfördes under vecka 6 vid Bilskadecenter i Enköping. Mätmetoder, utvärderingskriterier, slutsatser mm från mätningarna är presenterade i rapporten samt i bilaga 1.

Eftersom det finns en oro för att även andra föroreningar kan spridas vid heta arbeten utfördes utöver isocyanatmätningar även mätning vid verktyget av totala dammhalten, vilket är ett mått på all partikelemission från processen.

Mätningarna av isocyanater utfördes i andningszon och i plym. I andningszon och plym utfördes parallellt med isocyanatmätningarna en mätning av dammhalten med ett direktvisande instrument RAM-1 från MIE. Tyvärr blev det fel på instrumenten och vi är osäkra på vilka värden som är riktiga. Vi har därför valt att utelämna värdena uppmätta med RAM-1. Mätning av dammhalten i bakgrunden utfördes med D-RAM från samma tillverkare som RAM-1. Mätpunkten var placerad ca 10 m från arbetsplatsen och ca 1,7 m över golv med syftet att mäta bakgrundshalten. Mätningen av bakgrundshalten utfördes som kontroll för att se om det förelåg risk för påverkan på mätresultaten från arbeten vid annan aktivitet i verkstaden eller om höga föroreningshalter från åtgärdsmätningarna riskerade att spridas till andra arbetsplatser.

Samtliga mätningar i andningszon och plym utfördes på en och samma arbetsplats. Under mätningarna användes nästan genomgående ett punktutsug (hastighet 2 m/s) och vid heta arbeten användes friskluftsmask. Arbetsplatsen var inte avskärmad från övriga arbetsplatser. De arbeten som för övrigt pågick i lokalen har inte stört de genomförda mätningarna. Luftomsättningen uppmättes i tillufts- och frånluftskanaler till ca 3 gånger/timme. Verktyg med integrerat utsug var anslutet till en högvakuumanläggning med ca 23 kPa:s undertryck. Heta arbeten utfördes på ytor där minst en sida var renslipad, men ofta var både två och fyra ytor renslipade. Under någon enstaka mätning hände det att man tillfälligt svetsade i en yta som där det inte var renslipat. Arbetet utfördes med undantag för planslipning på en rödmetallic-lackad Audi A4 från 1996. Planslipning utfördes på en mörkblå ej metallic-lackad Audi A3. Bilmodellerna valdes eftersom även karossplåtarnas baksidor är lackerade.

Följande förkortningar har används i tabellerna för att beskriva vidtagna åtgärder:

| | |
|---|---|
| R | Renslipning av minst en yta |
| P | Punktutsug |
| I | Integrerat utsug kopplad till högvakuumanläggningen om inget annat anges |
| S | Svetsskynket används för begränsning av plym på baksidan av plåt |
| E | Mindre utsug för att skapa undertryck i hålrum och förhindra att rök spreds i karossen och läckte ut vid sidan om punktutsuget |
| H | Montering av högvakuumslang som extra utsug |

### *Planslipning med oscillerande maskin försedd med integrerat utsug*

**Verktyg:** Dynabrade inc M57229, ∅=15 cm. Tre sandpapper (120 papper) i varje försök
**Utfört arbete:** Enbart slipning av lackerad motorhuv på mörkblå Audi A3.

| Försök | Åt-gärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm, mg/m$^3$ | Dammhalt, mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| OH-1 | I | 600 | 0 | - | 0 | - | 2,3 | 0,27 | Anslutet till högvakuum |
| OH-2 | I | 600 | 0 | - | 0 | - | 3,8 | 0,29 | Anslutet till högvakuum |
| OH-3 | I | 600 | 0 | - | 0 | - | 1,1 | 0,13 | Anslutet till högvakuum 1) |
| OL-1 | I | 600 | 0 | - | 0 | - | 7,3 | 0,10 | Anslutet till lågvakuum 1) |
| OL-2 | I | 600 | 0 | - | 0 | - | 10,4 | 0,10 | Anslutet till lågvakuum 1) |

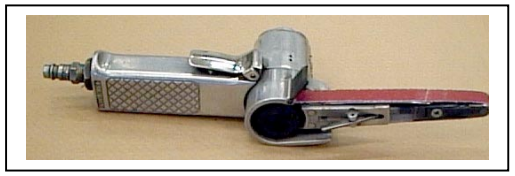
### *Renslipning före hett arbete med rak slipmaskin med slipskiva från 3 M (Scotch Brite)*

**Verktyg**: Ingesoll-Rand (LA 410 EU), slipskiva 3 M (Scotch Brite nr 05815, ofylld)
**Utfört arbete**: Renslipning före främst kapning o svetsning. Slipning av metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åt-gärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm, mg/m$^3$ | Dammhalt, mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| S-1 | P | 330 | 0 | - | 0 | - | 14,5 | 0,09 | |
| S-2 | P | 645 | 0 | - | 0 | - | 40,8 | 0,18 | |
| S-3 | P | 180 | 0 | - | 0 | - | 297,1 | 0,10 | Större ytor renslipades 1) |
| S-4 | P | 180 | 0 | - | 0 | - | 750,0 | 0,15 | Större ytor renslipades 1) |
| S-5 | P | 348 | 0 | - | 0 | - | 74,3 | 0,09 | Slipning del av tiden i reservdelsplåt |

1). Punktutsuget ibland ca 0,5 m från slipstället eller mer.

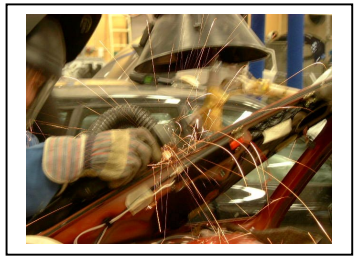
### *Fogslipning efter punkt- och sömsvetsning med bandslipmaskin*



**Verktyg** Kowada-Chigasaki model GP 7700, bandslip typ "Power fil"
Slipkorn P120
**Utfört arbete**: Renslipning av punkt- och sömsvetsar efter MIG- och motståndspunktsvetsning. Slipning av metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åt-gärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm mg/m$^3$ | Dammhalt mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| FS-1 | P, R | 301 | 0 | - | 0 | - | 61,4 | 0,09 | |
| FS-2 | P, R | 357 | 0 | - | 0 | - | 33,2 | 0,08 | |
| FS-3 | P, R | 212 | 0 | - | 0 | - | 30,0 | 0,19 | |

### *Kapning med kaprondell försedd med integrerat utsug*



**Verktyg:** Lindova S21BSK med kapskiva ∅=76 mm
**Utfört arbete:** Kapning av plåt före svetsning, mm. Onormalt långa sträckor kapades jämfört med vad som är normalt vid reparationsarbeten. detta gäller alla mätningarna utom den sista (KK-5). Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åt-gärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm, mg/m$^3$ | Dammhalt, mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| KL-1 | I, P, R | 180 | 0 | - | 0 | - | 7,0 | 0,17 | |
| KL-2 | I, P, R | 180 | 0 | - | 0 | - | 5,8 | 0,29 | |
| KL-3 | I, P, R | 180 | 0 | - | 0 | - | 27,7 | 0,23 | |
| KO-1 | I, P | 188 | 0 | - | 0 | - | 5,7 | 0,12 | Kapning i lackerad plåt |
| KO-2 | I, P | 189 | 0 | - | 0 | - | 8,2 | 0,16 | Kapning i lackerad plåt |
| KK-5 | I, P, R | 40 | 0 | - | 0 | - | 3,4 | 0,13 | |

### *Kapning med liten cirkelsåg*

**Verktyg:** Cirkelsåg Atlas Copco, modell LCS10 (cirkelsåg med roterande blad med max 10 mm sågdjup)
**Utfört arbete:** Kapning av lackerad plåt före svetsning, mm. Onormalt långa sträckor kapades jämfört med vad som är normalt vid reparationsarbeten. Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åt-gärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm mg/m$^3$ | Dammhalt mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| CS-1 | P | 140 | 0 | - | 0 | - | 5,0 | 0,08 | |
| CS-2 | P | 140 | 0 | - | 0 | - | 1,8 | 0,11 | |

### *Sömsvetsning med integrerat utsug i svetsmunstycket*

**Verktyg:** MIG-svets. Munstycke med integrerat utsug från ESAB. Svetsaggregat från Kemppi (163 S).
**Utfört arbete:** Sömsvetsning, normalt arbete Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

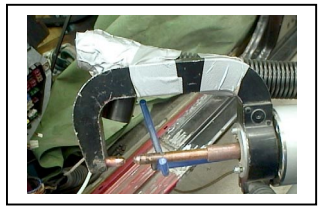
| Försök | Åtgärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm mg/m$^3$ | Dammhalt mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| MU-1 | I, P, R | 250 | 0 | - | 0 | - | 2,4 | 0,15 | |
| MU-2 | I, P, R | 140 | 0 | - | 0 | - | 3,1 | 0,07 | |
| MU-3 | I, P, R | 110 | 0 | - | 1 | TDI 0,8 | 48,5 | 0,11 | 40 s i början utan punktutsug |
| MU-4 | I, P, R | 297 | 0 | - | 12 | TDI 0,4; ICA 11,7 | 6,7 | 0,18 | |
| MU-5 | I, P, R | 183 | 0 | - | 0 | - | 3,2 | 0,08 | |
| MUU-6 | P, R | 135 | 0 | - | 73 | TDI 2,7; MDI 0,6; ICA 70,0 | 6,0 | 0,06 | OBS! Ej integrerat utsug |
| MUB-7 | I, P, R, E | 100 | 0 | - | 0 | - | 6,0 | 0,05 | Även utsug ansluten till hålrum i karossen |

## *Punktsvetsning med MIG-svets med integrerat utsug*

**Verktyg:** Samma utrustning som vid sömsvetsning MIG-svets. Svetsaggregat från Kemppi (163 S).
**Utfört arbete:** Punktsvetsning, normalt arbete Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åtgärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm, mg/m$^3$ | Dammhalt, mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| PM-1 | I, P, R | 105 | 0 | - | 2 | MDI 2,1 | 15,7 | 0,20 | |
| PM-2 | I, P, R | 249 | 0 | - | 21 | TDI 1,7; MDI 0,3; ICA 19,3 | 2,8 | 0,10 | |
| PM-3 | I, P, R | 128 | 0 | - | 0 [1)] | - | 9,9 | 0,05 | |
| PM-4 | I, P, R | 199 | 0 | - | 1 | TDI 0,8 | 6,2 | 0,08 | |
| PM-5 | I, P, R | 240 | 0 | - | 0 | - | 14,3 | 0,03 | |

1) Värdet kan vara högre, eftersom slang till provtagningssonden lossnade under provtagningen.

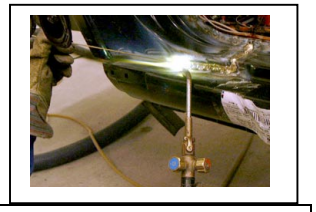


## *Motståndspunktsvetsning med integrerat utsug*

**Verktyg:** Motståndspunktsvets med hemmabyggt integrerat utsug. Utsuget var anslutet till en högvakuumanläggning från Tedak. Motstånds-punktsvets från Car-o-liner, modell PR8 med C-tång. På tången monterades en slang från högvakuumanläggningen med en öppning ca 5 cm från elektrodöppningen. **Utfört arbete:** Sömsvetsning, normalt arbete Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åtgärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm mg/m$^3$ | Dammhaltm g/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| MR-1 | I, R | 232 | 0 | - | 0 | - | 1,9 | 0,10 | Ej punktutsug |
| MR-2 | I, R | 150 | 4 | HDI 3,6 | 0 | - | 2,3 | 0,07 | Ej punktutsug |
| MR-3 | I, P, R | 414 | 0 | - | 0 | - | 3,3 | 0,10 | 1) |
| MR-4 | I, P, R | 186 | 0 | - | 0 | - | 11,6 | 0,08 | |
| MR-5 | I, P, R | 253 | 0 | - | 0 | - | 4,5 | 0,07 | |
| MRH-1 | P, R | 230 | 0 | - | 0 | - | 27,8 | 0,10 | Ej integrerat utsug |

1) Svetsen hade på en hörna dålig kontakt. Där passade även plåten dåligt. Några svetspunkter kom i ej renslipad plåt.



### *Hårdlödning med mässingslod och gaslåga (acetylen och syrgas)*

**Verktyg:** Munstycke för 75 l/min. 1,0 mm mässingsstång
**Utfört arbete:** Hårdlödning av tröskellådor Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åtgärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm mg/m$^3$ | Dammhalt mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| HL-1 | R | 300 | 0 | - | 16 | ICA 16,3 | 46,6 | 0,10 | Ej punktutsug |
| HL-2 | P, R | 300 | 0 | - | 13 | ICA 12,8- | 102,6 | 0,07 | |
| HL-3 | P, R | 190 | 0 | - | 52 | EIC 2,3; ICA 49,6 | 42,1 | 0,10 | |
| HL-4 | P, R, H | 300 | 0 | - | 14 | EIC 1,5; ICA 12,3 | -[1)] | 0,08 | Högvakuumslangens öppning användes som extra utsug ovan och nära det heta arbetet |
| HL-5 | P, R, H | 300 | 0 | - | 58 | TDI 3,3; MDI 0,3; HDI 0,4; MIC 2,9; EIC 1,6; ICA 49,0- | 36,8 | 0,07 | Högvakuumslangens öppning användes som extra utsug bakom och nära det heta arbetet |

1) filtret sögs in i utsuget

### *Krympning med gas*

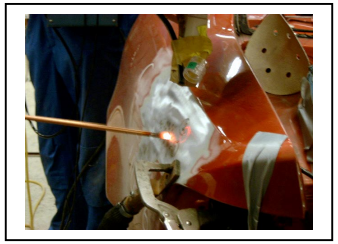
**Verktyg:** Acetylen och syrgas
**Utfört arbete:** Krympningen utfördes på koffertens utsida. Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åtgärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm mg/m$^3$ | Dammhaltm g/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| KG-1 | P, R, S H | 135 | 0 | - | 0 | - | <0,1 | 0,09 | Svetsskynke placerat för avskärmning av rök i koffert och högvakuumslangen även placerad där evakuering av rök. |

### *Krympning med elektroden ansluten till batteridriven utrustning*

**Verktyg:** Batteridriven utrustning av fabrikatet A.R.C, modell 1000-I.
**Utfört arbete:** Krympning utfördes på koffertens utsida. Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åtgärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm mg/m$^3$ | Dammhalt mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| KE-1 | P, R, S H | 120 | 0 | - | 0 | - | 0,3 | 0,10 | Svetsskynke placerat för avskärmning av rök i koffert och högvakuum-slangen även placerad där evakuering av rök. |

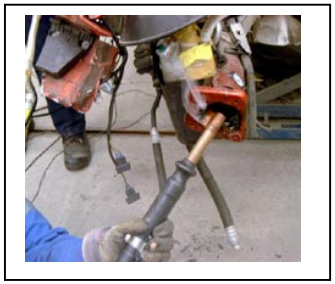


### *Krympning med elektroden ansluten till nätdriven utrustning*

**Verktyg:** Car-o-liner modell PR8.

**Utfört arbete:** Krympning utfördes på koffertens utsida. Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åtgärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm, mg/m$^3$ | Dammhalt, mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| KK-1 | P, R, S H | 130 | 0 | - | 0 | - | 0,5 | 0,09 | Svetsskynke placerat för avskärmning av rök i koffert och högvakuumslangen även placerad där evakuering av rök. |



### *Riktning med induktionsvärme*

**Verktyg:** Car-o-liner (modell PH2).
**Utfört arbete:** Riktning av frambalk. Arbetet utfört på metallic-röd Audi A3.

| Försök | Åtgärd | Mättid, sekunder | Isocyanater | | | | Totaldamm, mg/m$^3$ | Dammhalt, mg/m$^3$ | Anmärkning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Exponering | | Vid källan | | | | |
| | | | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Halt, ppb | Identifierade isocyanater | Vid källan | Bakgrund | |
| IR-1 | P | 300 | 0 | | 132 | TDI 17,6; HDI 3,6; MIC 11,4; EIC 3,0; PIC 2,8; ICA 93,3 | 38,1 | 0,08 | 1 min utan punktutsug, lackad yta |
| IR-2 | P | 245 | 0 | | 251 | TDI 20,6; HDI 3,9; MIC 19,3; EIC 4,6; PIC 4,1; ICA 198,3 | 6,6 | 0,12 | |
| IR-4 | P, R | 90 | 0 | | 442 | TDI 99,5; HDI 10,7; MIC 25,1; EIC 7,4; PIC 7,1; ICA 291,7 | 29,2 | 0,15 | Renslipad plåt |
| IR-5 | P, R, E | 150 | 0 | | 52 | TDI 10,4; ICA 42,0 | 2,2 | 0,17 | Renslipad balk, mindre utsug placerat i balken |

# Bilaga 3. Exponering för isocyanater vid byte av PUR-fylld tröskellåda

## Bakgrund

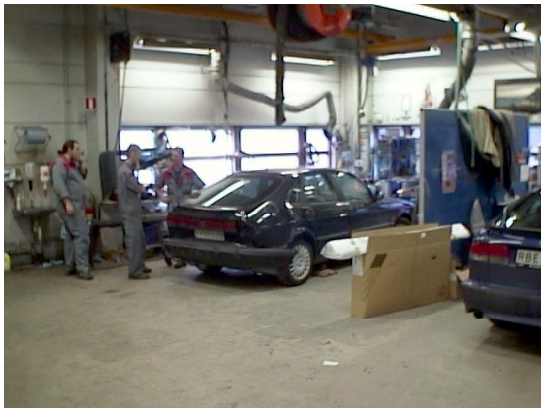
I vissa bilmodeller används PUR-haltiga produkter i större utsträckning. Det kan vara hålrum som är fyllda med PUR för att styva upp karossen eller minska buller. Det finns bilmodeller där PUR-material finns inuti balkar, trösklar etc och där PUR-materialet inte kan avlägsnas före reparation.

### Mätningarnas syfte

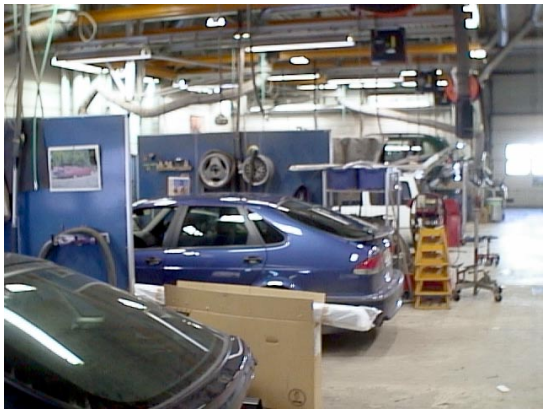
Vissa årsmodeller av SAAB 9000 har ett extra lager PUR-haltigt rostskydd i tröskellådorna. Andra bilmärkens underreden har i regel endast PUR i lacken. Syftet med mätningen är att fastställa exponeringen för isocyanater vid byte av en tröskellåda med extra lager PUR-haltig rostskydd.

### Arbetsplatsen

Mätningarna utfördes på en bilplåtverkstad och på arbetsplatserna runt om utfördes normalt arbete. Lokalens dimensioner 22x28 m (se bifogad skiss och bilder tagna utöver lokalen från respektive kortsida) och takhöjden skattas till ca 6 m. I lokalen finns ca 7 reparationsplatser. Arbetsplatserna är placerade längs lokalens båda långsidor.



Den bil som svetsades under mätningen.



Reparationsplatserna på ena sidan av mittgången. Längst ned till vänster närmast kameran ses bilen som svetsades. Övriga mätpunkter var vid två andra arbetsplatser.

***Arbetsplatsen där mätningen utfördes är inte avskärmad från någon annan mätplats i lokalen. För övrigt fanns det inte någon avskärmad arbetsplats i lokalen.***

## Ventilation

Tilluften kommer in genom både golvplacerade låghastighetsdon och ett högre placerat don i angränsande tvätthall.

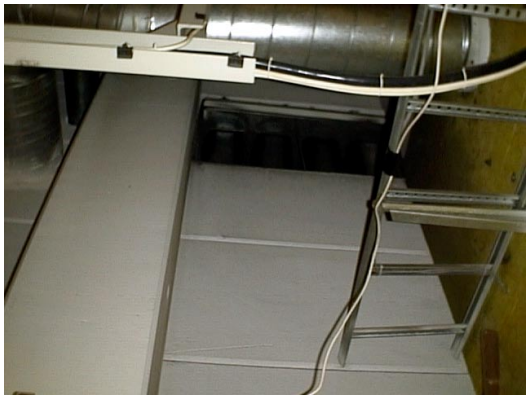
Frånluften tas ut genom ett högt placerat don i samma vägg som porten och ett i tvätthallen, draghuv skåp vid tvätthallen, avgasutsug och svetsutsug (punktutsug).

I lokalen finns även en aerotemper placerad över porten. Denna var i drift under mätningen.

Enligt en flödesmätning utförd i februari 2001 är tilluftsflödet 1800 l/s och frånluften 2300 l/s. Flöden i avgasutsug och svetsutsug är inte medräknade i det uppgivna frånluftsflödet.

Luftomsättningen skattas till något över 2 ggr/timme om man utgår från frånluftsflödena.

Under mätningarna och luftrörelsestudierna var uteporten och porten mot angränsande verkstad stängd.



Övre bilden till vänster visar ett av de golvplacerade tilluftsdonen. Övre bilden till höger visar det högt placerade frånluftsdonet i kortväggen med porten. Undre bilden till höger visar aerotempern som satt på kortväggen snett ovanför porten.

## Luftrörelser

Det heta arbetet efterliknades med ett större ljus som placerats och antänts vid bilen intill den plats där det heta arbetet senare skulle utföras. Med rökampull följdes föroreningarna från ljuset.

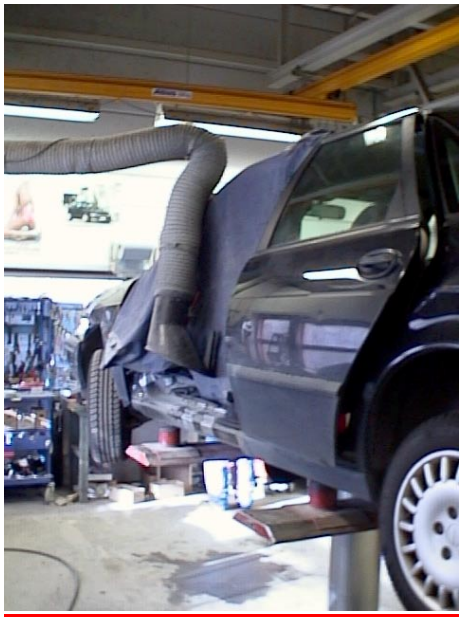
Plymen steg och drev över bilen och fortsatte över angränsande arbetsplatser Plymen drev sedan ut mot mittgången och porten. Där ”trycktes” den ned under kraftig turbulens av aerotempern till bara någon meter över golvet och fördes kraftigt omblandad till motsatta sidans arbetsplatser och inåt lokalen samtidigt som den sakta steg uppåt. Luftrörelsestudien utfördes med porten till angränsande lokal stängd.

## Bilen och utfört arbete och åtgärder under mätningarna.

Mätningarna utfördes på en krockskadad bil. Före mätningarna renslipades plåten 3-5 cm på vardera sidan den blivande skarven. Kapning med sticksåg utfördes tills man fått

fyra stycken ca 15 cm långa skarvar i tröskeln. Tröskelns undersida och insida renslipades inte. Mätning utfördes när skarvarna fylldes igen genom sömsvetsning med MIG-svets. Svetsningen varade i 15 minuter. Svetssömmen blev ojämn. Enligt bilreparatören berodde det på att det inte var renslipad på undersidan. Effekt och gasflöde testades före försöket på ren plåt och då blev svetssträngen jämn.

Svetsutsuget var placerat ovanför svetsstället och bedömdes ta större delen av plymen. Arbetstagaren använde friskluftsmask.



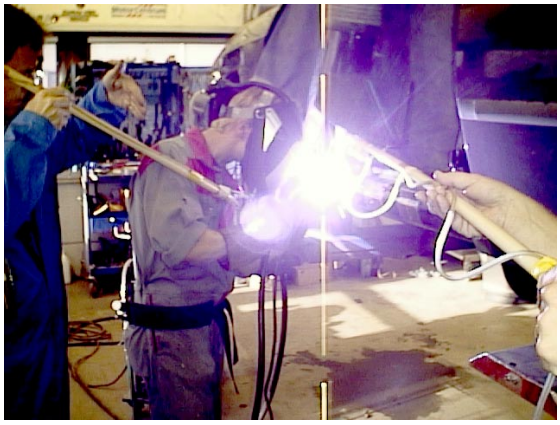
Bilden till vänster visar arbetsplatsen och bilden ovan renslipningen av svetsställen

Bilderna tagna efter avslutad svetsning. På bilden till vänster ser man att det är renslipat mellan ca 2 och ca 10 cm från skarven. På bilden till höger ser man den dåliga svetsskarven orsakad av att baksidan vid skarven inte var renslipad. Den sista bilden är tagen med kamerans makroobjektiv.

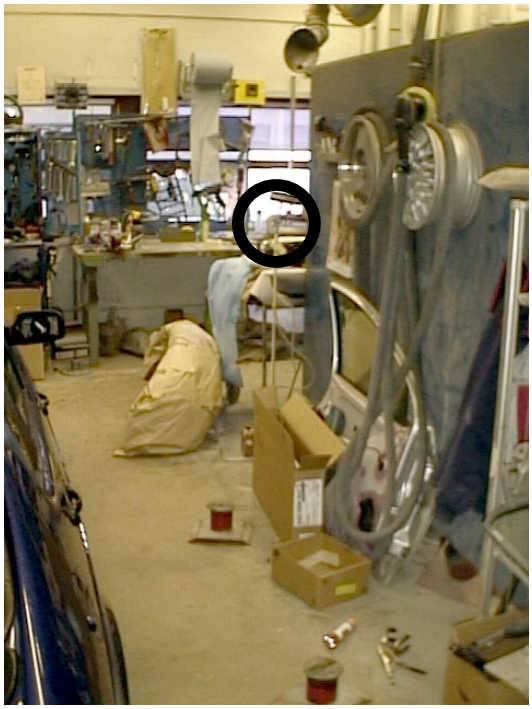
## Mätplatser

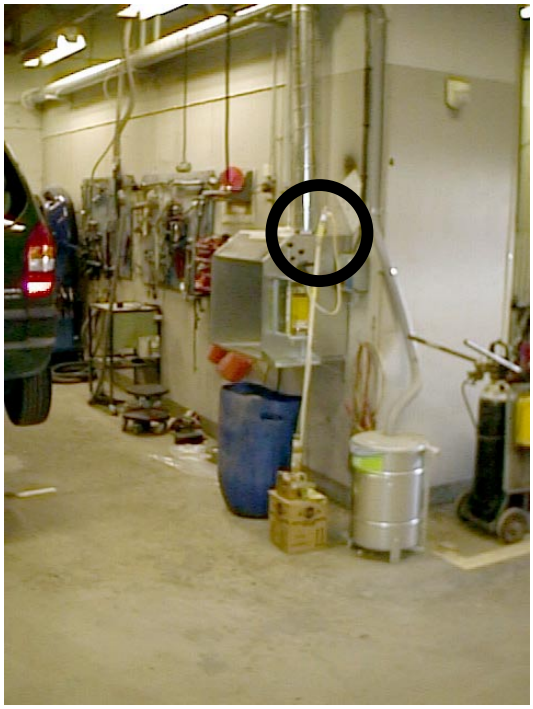
Mätningarna utfördes förmiddagen den 5oktober 2001.

Mätning utfördes i plymen, i andningszon, på närmaste arbetsplatsen och på arbetsplatsen närmast porten på samma sida om mittgången. Mätplatsernas placering framgår av bilderna. Provtagningstiderna redovisas med resultaten.



Bilden till vänster. Mätning av isocyanater i plym och andningszon





Mätning på två andra arbetsplatser för att kontrollera eventuell spridning av isocyanater. Eftersom det är svårt att se mätsonderna på bilderna har de markerats med svart ring.

## Resultat

Analysresultatet och mättiderna är sammanställda i tabellen. Av klockslagen framgår att mätstarten i spridningsmätpunkterna är förskjuten eftersom det tar tid för plymen att spridas från emissionskällan.

Isocyanater och mättider. Med ud menas under detektionsgränsen.

| Mätpunkt | Mättid, klockan | Isocyanater, ppb | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TDI | HDI | IPDI | MDI | FI | MIC | EIC | PIC | ICA |
| Plym | 10.41-10.56 | 1,5 | ud | ud | 2,2 | ud | ud | ud | ud | ud |
| Andningszon | 10.42.30-10.56 | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud |
| Arbetsplats nära det heta arbetet | 10.46-11.01 | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud |
| Arbetsplats nära port | 10.52-11.07 | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud | ud |

## Slutsats

Det är möjligt att svetsa i balkar med invändig beläggning av PUR-haltigt material om renslipning utförs före arbetet och punktutsuget används och är bra placerat.

# Bilaga 4. Formulär för arbetsmiljöutvärdering av avskilda utrymmen.

Företag: .....

Adress: .....

.....

Telefon:.....datum.....

Kontaktperson:.....

1. Vem har sålt resp tillverkat det avskilda utrymmet? (bifoga bilder och/eller broschyr)

2. Vad kostade det avskilda utrymmet?

3. Beskriv utrymmet m a p
   a. dimensioner, (l x b x h).....volym.....golvyta
   b. material,
   c. täthet / öppningar mot omgivningen,
   d. genomskinlighet i väggar,
   e. temperatur
   f. belysning,
   g. minskades antalet reparationsarbetsplatser och
   h. står dragbänken i ett slutet utrymme?
   i. står svetsutrustningen i det slutna utrymmet?
   j. underhållsbehov av inneslutningen?
   k. brandrisk, utrymningsmöjlighet?
   l. arbetsutrymme (plats runt bilen)?
4. Eventuella merkostnader för belysning och ventilation.
5. Vilka installationer i byggnaden fick göras för det avskilda utrymmet?
6. Eventuella merkostnader för dessa installationer.
7. Har företaget fått komplettera verkstadsutrustningen p g a det avskiljda utrymmet? (t ex vatten, el, arbetsbänk, trycklufturtag, gas, verktygsskåp/-tavla, telfer, belysning etc)
8. Eventuella merkostnader för verktyg etc.
9. Har det avskiljda utrymmet påverkat reparationstiden för

a. vissa jobb?
b. om ja vilka och
c. hur mycket längre.
d. Antalet reparationer har blivit färre?
e. Arbetsplaneringen?
f. Genomströmningstiden?

10. Eventuella mertidskostnader.

11. Vilka arbeten utförs i det slutna utrymmet

12. Vilka arbeten utförs inte längre utanför det slutna utrymmet?

13. Finns ett eller flera slutna utrymmen?

14. Hur stor plats tar det slutna utrymmet jämfört med en vanlig arbetsplats?

15. Vilka isocyanathalter kan förekomma/bildas i det slutna utrymmet?
    Finns mätprotokoll från tidigare mätningar.

16. Ventilationskontroll; tilluft, frånluft, risk för kvarvarande isocyanatfickor, utvädringshastighet, läckagetest (m rök), hur rör sig luften i utrymmet, luftrörelser och luftbalanser utanför det slutna utrymmet som kan påverka det slutna utrymmets effektivitet.

Frånluftsdon, antal area flöde

Punktutsug, antal area flöde

Avgasutsug, antal area flöde

Tilluftsdon, antal area flöde

Beräknad omsättning per timme.....l/s, $m^2$.....

Läckage nertill (under 1,5 m)...area.....riktning +=övertryck...

Läckage upptill.....area.....riktning +=övertryck...

Avklingningsmätning utförd ?

17. Det slutna utrymmets effekt på ventilationen till övriga arbetsplatser.

18. Kontroll av effekter på buller.

19. Påverkas ergonomin (tunga lyft, arbetsställning). finns saxlyft (bilyft, pelarlyft) i utrymmet, finns telfer (=lyftanordning).

20. Kontakt med omgivningen (möjlighet att se och prata med arbetskamrater)

21. Finns det några ekonomiska vinster med det avskiljda utrymmet?

# Intervju med personal som arbetar i och intill det slutna utrymmet

Namn:…….Arbetsuppgifter:……

1. Vad tycker du om att arbeta i ”det avskilda utrymmet”?

2. Hur använder ni rummet (till alla arbeten som en vanlig arbetsplats eller för vissa arbetsmoment)?

3. Använder du alltid friskluftsmask när du gör **heta arbeten** (t ex svetsning, hård-lödning, tennspackling, vinkelslip, roterande kap, värmeriktning ) i rummet?

4. Efter hett arbetet, när och var tas masken av? Sker något annat arbetet under tiden röken vädras ut?

5. Hur stängt är det avskilda utrymmet vid arbeten i utrymmet?

6. Hur tycker du luften är i rummet jämfört med utanför?

7. Vad tycker du om att arbeta i ett avskilt rum?

8. Har rummet påverkat något av följande, hur?

❒ Arbetsmiljö .....

❒ Buller .....

❒ Arbetsställningar .....

❒ Belysning .....

❒ Klimat / temperatur

❒ Kontakt med arbetskamrater .....

❒ Arbetsmetoder.....

❒ Verktyg / utrustning .....

❒ Produktivitet.....

9. Finns det något som blivit bättre med rummet?

Finns det något som blivit sämre med rummet?

# Bilaga 5. Resultat av utvärdering av avskilda utrymmen och avskärmningar

Avskilda utrymmen är en åtgärd som vidtas för att förhindra att luftföroreningar som bildas på en arbetsplats sprids till andra arbetsplatser. I denna utvärdering har åtta bilplåtverkstäder med avskilda utrymmen besökts. Vid utvärderingen följdes formuläret i bilaga 1.

Urvalet av avskilda utrymmen har gjorts för att spegla olika typer av avskilda utrymmen. Vi har också valt avskilda utrymmen som installerats både på stora och små verkstäder. Av praktiska skäl har vi valt att besöka verkstäder i Stockholmstrakten. Urvalet av avskilda utrymmen har gjorts mot bakgrund av diskussioner i projektets referensgrupp samt våra egna tidigare kontakter med bilverkstäder.

Vid utvärderingen av de avskilda utrymmena har ett avskilt utrymme på varje verkstad valts slumpvis eller för att störa verksamheten så litet som möjligt. Ventilationen har studerats och frågor som framgår av Frågefomuläret har ställts angående funktion och verksamhet. Dessutom har den person, som arbetar i utrymmet, intervjuats om hur han tycker det är att arbeta där.

**Beskrivning av de avskilda utrymmen som utvärderats**

I tabell 1 visas en översikt över de avskilda utrymmen som studerats.

De aluminiuminramade plastväggarna var oftast täta mot golv och tak. Mer sällan har det varit större glapp ner mot golvet. Hembygget hade sämst tätningar mot angränsande utrymmen. De nerrullbara gardinerna samt draperierna på skena hade en större eller mindre spalt mot taket. De gröna plastpresenningarna var tämligen otäta även utmed väggar.

Avskärmningarna har antingen varit nästan täta, <1 $m^2$ (3 st med aluminiuminramade plastväggar) eller med öppningar och spalter mest mot tak, ca 10 $m^2$ (5 st, d v s övriga modeller).

Tabell 1. Sammanställning av data de utvärderade avskilda utrymmena

| Utrymme nr | Utformning | Tillverkare | Yta $m^2$ | Luftoms per tim | Öppning mot omgivning $m^2$ | Ventilation (Till, Från, Punktutsug) | Övrigt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | alu-ram | Jelvings Akustik | 39 | 9 | <1 | F, T, P | |
| 2 | alu-ram | Jelvings Akustik | 39 | 2 | <1 | F, T, P | kraftigt omblandande tilluft |
| 3 | alu-ram | Jelvings Akustik | 56 | 4 | <1 | F, T, P | låg luftväxling |
| 4 | rullgardin | Paint Point | 24 | 7 | 10 | F, T, P | omblandande tilluft, drag från portar |
| 5 | draperier | | 29 | 8 | 10 | F, P | ombl fläktar i taket utanför utrymmet |
| 6 | draperier | | 36 | 20 | 11 | F, T, P | extrem mängd tilluft gav omblandande förhållanden, överströmning till angränsande lokaler |
| 7 | draperier | Innotech | 49 | | 7 | F, T, P-utsug trasigt | kraftigt omblandande tilluft |
| 8 | grön presenning | hembygge | 20 | | 14 | F, P | ingen tilluft |

Avskärmningar som vi sett har i princip fyra utformningar:

1. Aluminiuminramade genomsynliga plastväggar med nerrullningsbar öppning (Avskilt utrymme nr 1, 2 och 3),

2. Nerrullningsbara plastskynken (rullgardin), ofta med genomsynliga plastfönster (1 st) eller gardiner.

Observera öppningarna i hörnen och ovanför gardinerna

Draperier på skena (3 st). Observera öppningarna ovanför gardinerna.

- Draperier av gröna plastpresenningar (1 st).Observera att det är öppet i hörn, nertill och upptill.

Öppningar mot tak var vanliga.

Antalet avskilda utrymmen per verkstad varierade mellan 1-6. Man använde dem till de flesta arbetsmoment, alltså även till "kalla" arbeten. Det förekom även att mindre heta arbeten utfördes utanför utrymmena.

**De avskilda utrymmenas storlek**

De avskilda utrymmenas medelyta var 37 ±12 $m^2$ och hade medelvolymen 146 ±48 $m^3$. Medelhöjden i utrymmena var 4 meter.

Det kortaste avståndet mellan en bil placerad i utrymmet och en vägg (arbetsutrymmet runt bilen) varierade mellan 0,6-1,5 meter i olika verkstäder, medeltal var 1,1 ±0,5 meter.

Ingen verkstad fick färre arbetsplatser p.g.a. att utrymmena installerades.

**Ventilation**

Ventilationens utformning var mycket olika i utrymmena. Åtta utrymmen hade frånluft och sex även tilluft. Inte sällan stördes luftströmmarna genom att omblandningsfläktar var igång i taket utanför utrymmet, genom drag eller genom att tilluften var kraftigt omblandande och koncentrerad till en eller två utblåsningsdon med hög utblåshastighet och hög impuls.

Det saknas avgasutsug i fem av utrymmena, avgasfilter används i 1, och det fanns avgasutsug i 1. Punktutsugens (rökätarnas) kapacitet var i medel 460 $m^3$/tim (±240 $m^3$/tim).

Hög impuls med kraftig omblandning av luften i lokalen från vissa tilluftsdon.

Luftväxlingen uppmättes med luftflödesmätare i respektive don i görligaste mån. I vissa fall har ett tilluftsdon eller ett frånluftsdon betjänat 2 utrymmen. Från 2 till 20 luftomsättningar i timmen uppmättes.

Eftersom många avskilda utrymmen har stora öppningar mot omgivande lokaler utfördes även en grov kontroll med spårgas (aceton) och en kontinuerligt registrerande

kolvätemätare Photovac. Punktutsugen (rökätarna) var i drift när ventilationsmätningarna gjordes. Mätningen utfördes utan fullständig luftomblandning. Eftersom många utrymmen var dåligt avgränsade, gav spårgasmätningarna endast storleksordningen på luftväxlingen. Spårgasmätningen visar i flera fall en betydligt högre luftomsättning, vilket beror på läckage och utspädning.

Tilluftsdon som betjänar 2 utrymmen.

Som jämförelse kan nämnas att vid de spridningsmätningar som gjorts tidigare, har luftomsättningen varit mellan <1 och 10 per timme. Ventilationen i de avskilda utrymmena är således betydligt bättre än ventilationen i en vanlig verkstad.

**Kompletteringar vid installation av särskilda utrymmen**

På förfrågan till företagen angavs att i samband med installationen av det avskilda utrymmet behövdes oftast nya punktutsug och fläktar. I sju fall av åtta har företaget behövt komplettera verkstadsutrustningen. Ingen har haft merkostnader för verktyg. Reparationstiden har ej påverkats p.g.a. det avskilda utrymmet och inga merkostnader för utförda arbeten har tillkommit.

**Kommentarer**

Den enda typ av avskilda utrymmen som kan betraktas som helt avskilda utrymmen är de rum som byggts med hela genomsynliga skärmar. Sådana utrymmen säljs av flera företag bl a Jelvings Akustik, vars utrymmen utvärderats i detta projekt.

Övriga typer av avskilda utrymmen (rullgardin, draperi och draperi av gröna plastpresenningar) har så stora otätheter, bl a vid taket, att spridning sannolikt förekommer frekvent av luftföroreningar till angränsande utrymmen. Det är vanligt med termik i samband med heta arbeten. Termiken innebär att föroreningarna stiger uppåt, mot taket och sedan läcker ut till den omgivande lokalen.

Den funktion som eftersträvades med de avskilda utrymmena kan inte uppnås i de fall, då det är stora öppningar i de ”avskilda” utrymmena.

Ventilationen är oftast dåligt anpassad till de avskilda utrymmena. Spridning till omgivningen kvarstår, eftersom oönskade luftströmmar uppkommer genom att tilluften blåses in med kraftig impuls, drag genom lokalerna förekommer eller störande omblandningsfläktar finns i eller i anslutning till utrymmena

Arbetet har ej nämnvärt försvårats eller fördröjts. Man arbetar på samma sätt som tidigare. Många anger att man stör grannen mindre med buller och slipper täcka för mot stänk vid svetsning och slipning. De flesta är nöjda med utrymmena.

# Bilaga 6. Utvärdering av en takhuvs effekt på spridning av isocyanater från hett arbete i en bilverkstad

## 1. Bakgrund

För att minimera spridningen av isocyanater från heta arbeten har avskilda utrymmen diskuteras som en lösning på spridningsproblematiken. En annan och kanske billigare lösning än avskilt utrymme för att förhindra spridning är en stor takhuv över varje reparationsplats för de heta arbetena. En sådan takhuv har byggts vid en arbetsplats på en större bilplåtverkstad. Huven är byggd av plastfolie som tätar mot taket och når ner till huvudhöjd (bild 1).

## 2. Syfte

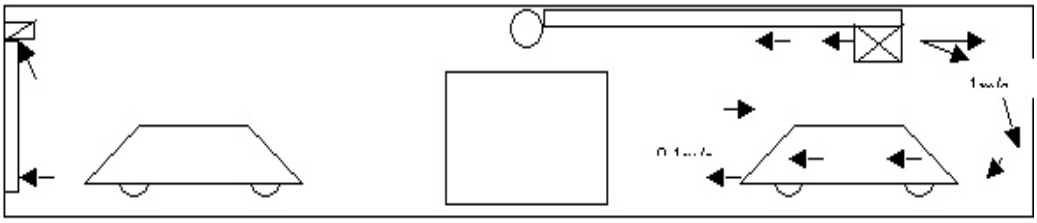
Utvärdering av hur effektivt en takhuv förhindrar spridning av isocyanater till omgivande arbetsplatser. Utvärderingen ska ge svar på frågan - är takhuv en realistisk åtgärd för att minska spridningen av isocyanater mellan arbetsplatser i samma lokal?

## 3. Hur rör sig luften in mot huven?

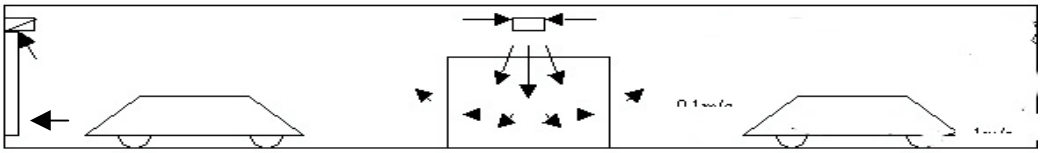
För att en huv ska fungera måste det finnas frånluft i taket som transporterar bort den varma förorenade luften innan den kallnar och börjar sjunka under huvens kant. Huvens höjd måste vara tillräcklig för att luftrörelser i lokalen inte skall kunna nå den förorenade luften och sprida den i lokalen. Även om frånluftsflödena på arbetsplatsen är betydligt högre än vad som är normalt för en verkstad, blir lufthastigheten i draghuvens gränsskikt (d v s i draghuvens öppning) maximalt några cm/s. För att förstå denna låga hastighet kan det nämnas att för stillasittande arbete anses det inte dragigt förrän luftens hastighet överstiger 20 cm/s. Lufthastigheterna i de flesta verkstäder är normalt högre än medelhastigheten uppåt i draghuvens gränsskikt. Om luftrörelserna i sidled i lokalen t ex är 0,2 m/s kommer plymen att under stigningen samtidigt förflyttas i sidled med 0,2 m för varje sekund plus den spridning som sker på grund av turbulens på vägen uppåt. Plymen rör sig dock betydligt snabbare uppåt än den uppåt gående rörelse som orsakas av huvens frånluftsdon, eftersom plymen normalt sett är varm (p.g.a. det heta arbetet) och varm luft stiger uppåt. De luftföroreningar som kommit in i huven måste transporteras till frånluftsdonet innan de kallnat och börjar sjunka nedåt. För att förhindra detta måste frånluftsdonets flöde betydligt överskrida plymens flöde. För att plymen inte ska föras utanför huven under stigningen uppåt av sidodraget måste huven vara betydligt bredare än den area inom vilken heta arbeten utförs.

## 4. Arbetsplatsen med takhuv

Huven, som skall utvärderas, har tillverkats av kraftig plastfolie som är tätt ansluten mot taket och hänger ned till 1,8 m:s höjd över golvet (se bild 1). Huven är placerad över en arbetsplats i ett hörn av lokalen. Intill arbetsplatsen finns dörr och port ut mot gården (bild 2). Eftersom det finns ytterligare minst sex reparationsarbetsplatser i lokalen öppnades dörr och port frekvent. För att något minska inverkan från dörren och porten sattes en pappskiva vid dörren (bild 2). Frånluftsdonet i taket satt nära arbetsplatsens inre kortsida (bild 3). Flödet under utvärderingen var ca 1800 $m^3$/h. För att erhålla detta flöde ändrades frånluftsflödena på de två närmaste arbetsplatserna, på en stängdes frånluftsdonet i tak helt och på den andra halverades flödet. Några decimeter över golv satt ett frånluftsdon med flödet ca 50 $m^3$/h (bild 4). Dessutom fanns ett punktutsug som användes vid arbete under huven. Punktutsuget var på under mätningarna. Flödet varierar med antalet punktutsug som är påslagna i lokalen. Ett vanligt flöde var ca 500 $m^3$/h. Totalt frånluftsflöde under huven var ca 2300 $m^3$/h. Tilluftsdonen är placerade under tak utanför huven. Vid mätningarna den 4 och 5 oktober satt de över arbetsplatserna på andra sidan lokalens mittgång (bild 6). Vid mätningen den 23 oktober var det nya tilluftsdon placerade under tak över mittgången (bild 5). Vid båda mätningarna var ventilationssystemet omblandande. I taket innanför porten sitter en aerotemper (ett värmeaggregat och fläkt som värmer upp och recirkulerar luften när porten är öppen). Under första mätningen var den placerad i en kåpa för att inte störa draghuvens funktion. Vid andra tillfället var kåpan borttagen. För att inte få störningar från aerotempern var denna avstängd under mätningarna.



Allmänventilationen i lokalen den 4 och 5 oktober. Skiss av Torgny Veibäck.



Allmänventilationen i lokalen den 23 oktober. Ursprunglig skiss av Torgny Veibäck, men med ventilationsförändringarna inritade av Bengt Christensson.

Bild 1. Arbetsplatsen med takhuv. Observera att kanalen till punktutsuget lyfter upp huven i underkant. Detta punktutsug var endast placerat under huven när spridningen studerades och när både huv och punktutsug användes.

Bild 2. Port och dörr ut och aerotempern ovan porten. Till vänster ses arbetsplatsen med draghuven.

Bild 3. Frånluftsdon i taket över arbetsplatsen

Bild 4. Frånluftsdon vid golv. Motsvarande don finns i utrymmet med takhuv.

Bild 5. Övre vänster. Tilluftsdon i kanten av mittgången. dessa hade monterats mellan mättillfällena. På bilden har väggar rullats ned för två arbetsplatser. Under utvärderingen av takhuven var dessa upprullade.

Bild 6. Övre höger. Tilluftsdon över arbetsplatser på andra sidan mittgången.

Den teoretiska luftomsättningen är 30 gånger/h räknat på den inneslutna luftvolymen. Det är betydligt högre än de 2 - 3 gånger/h [5] som är den normala luftomsättningen på en bilverkstad. Huven kan dock p g a sin låga hastighet på några cm/s i tvärsnittet vid huvkanten inte jämföras med punktventilation där flödena normalt är av storleksordningen m/s.

## 5. Försöksuppställning och metoder

En bil placerades på arbetsplatsen med fronten mot mittgången (bild 2). Bilen stod där den 4 och 5 oktober. Den 23 oktober ställdes en bil med fronten mot väggen (bild 1). Under utvärderingen var det öppet mot angränsande arbetsplats med undantag för huven uppe under tak (bild 1).

Två metoder användes för kontroll av takhuvens effektivitet, partikelalstring med ett större ljus (bild 8) i kombination med partikelräknare (bild 9) och rökampull (bild 7). Ljusets effekt är 200 - 250 watt och en MIG-svets effekt 2500 watt. Med ljuset erhölls en termik för att kunna utföra läckprovningarna under förhållanden som påminner om ett svetsarbete. I ljuset bildas även nanometerstora partiklar. Med en partikelräknare från TSI modell P-Trak kunde partiklarna indikeras och dess transport följas. En mycket grov skattning av utspädningen av partiklarna från en mätpunkt till en annan kunde även utföras.

Låga lufthastigheter skattades med hjälp av rök och klocka och höga lufthastigheter med en anemometer från TSI modell 8350.

En grov skattning av termiken baserad på plymens area och medelhastighet när den når huvens undre kant är att det uppåtstigande luftflödet är i storleksordningen 100 - 400 $m^3$/h. Osäkerheten beror på de instabila förhållandena och turbulens som råder i och omkring plymen.

Bild 7 - 9. Från vänster ses kontroll av luftrörelser med rökampull, bildande av termik och partiklar med ett större ljus samt mätning med det partikelräknande instrumentet P-Trak (bilden tagen på en annan arbetsplats).

Under mätningarna försökte mätpersonalen hela tiden stå och röra sig så att luftrörelserna påverkades minimalt.

## 6. Genomförande

Kontroll av ventilationsflöden på arbetsplatsen och i angränsande don utfördes i början och i slutet av varje mätdag.

Den 5 och 6 oktober var en bil placerad på arbetsplatsen med fronten utåt och ljuset placerat på golvet nedanför bilens front (bild 2 och 8).

Mätning av läckage av partiklar från ljuset utfördes med P-Trak i 10 mätpunkter. I varje mätpunkt utfördes mätning under 30 s - 1 min. Därefter bytte man mätpunkt och upprepade mätningen tills man erhållit 5 medelvärden för varje mätpunkt. Mätpunkternas placering var följande:

- Under huvens sidovägg mot angränsande arbetsplats och ca 1,5 m från väggen. Mätningen utförd i 3 mätpunkter placerade lodrätt med översta punkten ca 15 cm nedanför huvkanten, den mittre ca 1 m över golv och den nedre ca 15 cm över golv. Mätpunkterna har beteckningen med början uppifrån A, B och C.
- Under huvens sidovägg mot angränsande arbetsplats och ca 1,5 m från huvkantens hörna mot mittgången. Mätningen utförd i 3 mätpunkter placerade lodrätt med översta punkten ca 15 cm nedanför huvkanten, den mittre ca 1 m över golv och den nedre ca 15 cm över golv. Mätpunkterna har beteckningen med början uppifrån D, E och F
- I mittgången Ca 1,5 m över golvbrunn nära arbetsplatsen. Mätpunkt G.
- Utomhus några meter från hörnan på huset och ca 1,5 m över marken. Mätpunkt H.
- Tilluften. I ett av lokalens tilluftsdon var mätpunkt I placerad.
- 1 m ovanför bilens tak var den sista mätpunkten placerad. Mätpunkt J.

Mätningen upprepades med porten öppen. Bredvid porten finns en dörr. Även denna öppnades och stängdes. Några mätvärden finns även från denna persontrafik. Mätresultaten kontrollerades med rökampull.

Den 23 oktober var en bil placerad på arbetsplatsen med fronten in mot väggen och ljuset till en början placerat på golvet nedanför bilens bak (bild 1). Ett punktutsug placerades ca 50 cm ovanför ljuset. Luftrörelserna studerades med rökampull.

Ljuset flyttades och placerades på golvet vid bilens långsidan på den sidan mot ytterväggen d v s långt in i inkapslingen.

Mätningen med rök upprepades när ljuset flyttats till bilens långsida. Mätning utfördes med både P-Trak och rökampull. På angränsande arbetsplats förekom svetsning och slipning. Eftersom frånluften nästan helt stängts av på de två närmaste arbetsplatserna, transporterades en del av föroreningarna in under takhuven och störde partikelmätningarna med P-Trak. Endast luftrörelsestudierna redovisas.'

Mätning av lufthastigheten utfördes med anemometer i sex punkter där fyra är längs huvens långsida två nära golv och två högre upp De övriga två är placerade under huvens sidovägg mot mittgången och ca 1 m från huvkantens hörna mot mittgången. Mätningarna utfördes i mätpunkter placerade lodrätt med översta punkten ca 15 cm nedanför huvkanten och den nedre ca 15 cm över golv. Mätningen på kortsidan upprepades med port respektive dörr öppen. Instrumentet var inställt för att ta medelvärdet över 5 sekunder. Mätaren hölls dels för att mäta horisontella och dels för att mäta vertikala hastigheten. I mätpunkterna kan hastigheten vara högre om mätningen utförts i en annan vinkel. Ljuset var inte tänt under lufthastighetsmätningarna.

## 7. Resultat

Huvuddelen av resultaten från P-Trak redovisas i tabell 1 och 2.

Tabell 1. Partikelhalten (antal/cm$^3$)i de olika mätpunkterna enligt P-Trak vid mätningen den 4 oktober (när bilen stod med fronten utåt och ljuset placerat på golvet vid fronten). Observera att de redovisade värdena är skattningar av medelvärdet för mätning under ca 30 sekunder - ca 1 minut. Det fanns framför allt toppar som var betydligt högre än de redovisade medelvärdena i de mätpunkter som har höga medelvärden.

| Mät-punkt | Antal mät-ningar | Minvärde. Antal partiklar x $10^3$/cm$^3$ | Maxvärde Antal partiklar x $10^3$/cm$^3$ | Medelvärde Antal partiklar x $10^3$/cm$^3$ | Medianvärde. Antal partiklar x $10^3$/cm$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 5 | 12 | 30 | 21 | 22 |
| B | 5 | 10 | 20 | 15 | 14 |
| C | 5 | 8 | 21 | 16 | 15 |
| D | 5 | 12 | 50 | 31 | 33 |
| E | 5 | 5 | 16 | 10 | 10 |
| F | 5 | 5 | 14 | 9 | 9 |
| G | 5 | 4 | 14 | 8 | 7 |
| H | 5 | 3 | 6 | 4 | 4 |
| I | 5 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| J | 5 | 25 | 100 | 60 | 55 |

Variationerna i föroreningsspridning kunde åskådliggöras med rökampull, se bilderna 10 - 12 som är tagna den 4 oktober.

Bild 10 - 12. Till vänster ses draghuven när den fungerar som det är avsett. På mittenbilden ses röken följa med en luftström som stiger uppåt och ut från arbetsplatsen. Den högra bilden visar rök som fångats in, men som senare vänder för att sjunka och sedan följa med en luftström från arbetsplatsen.

Med porten öppen mättes vid ett tillfälle den 4 oktober spridningen av partiklar från ljuset. I mätpunkt A var värdet 12 partiklar x $10^3$/cm$^3$, B 12, C 12, D 12, E 10 och J 50. I övriga mätpunkter utfördes ingen mätning. När personal gick in och ut genom dörren kontrollerades partikelhalten i mätpunkterna A och D. Momentana värden mellan 19 - 60 uppmättes i punkt A och 20 - 70 i punkt D.

Den 23 oktober utfördes luftrörelsestudier med ljuset placerat på golvet bakom bilen (bild 1) och svetsutsuget placerat ca 50 cm ovanför ljuset (bild 13). På detta avstånd tar utsuget större delen av plymen när den stiger rakt upp och följer bilen, men när sidoluftrörelserna ökar, passerar en stor del av plymen vid sidan om utsuget. Det som missade utsuget spreds delvis utanför draghuven. Utsuget minskade dock spridningen av rök från arbetsplatsen. Detta trots större luftrörelser i mittgången på grund av flyttade tilluftdon. Avstånd mellan den punkt där röken släpptes och punktutsuget var ca 0,7 m.

Ljuset placerades på golvet mitt för och intill bilens långsida på den sidan som var vänd mot ytterväggen. Plymen steg uppåt, vidare in 0,5 m över bilens tak fortsatte till ovanför andra långsidan ca 1,5 m från huvens sida, där den sjönk och drev tillbaka nära taket för att vid biltakets mitt åter stiga osv. Det bildades en långsamt roterande virvel där plymen sedan under rotation sakta förflyttades mot det takplacerade från-luftsdonet. Vid små störningar i luftrörelserna kunde rök från virvelns periferi läcka ut från takhuven. Läckaget är dock obetydligt jämfört med det som erhålls med ljuset placerat nära mittgången. Även här kunde P-Trak inte användas p g a höga partikel-halter från den dammande verksamhet vid arbetsplatsen placerad närmast draghuven. Som kuriosa kan det nämnas att sliparbetet gav betydligt högre partikelhalter i nano-meterområdet än det använda ljuset, om mätningen utfördes på ca 3 m:s avstånd från respektive källa.

Bild 13. Bilden visar att plymen inte alltid fångas in av punktutsuget på grund av luftrörelser i lokalen.

Lufthastigheterna uppmättes till 0,05 - 0,31 horisontellt och 0,03 - 0,25 m/s vertikalt. När ytterdörren öppnades ökade hastigheten på kortsidan mot mittgången till 0,23 - 0,56 m/s och när porten öppnades uppmättes värden i intervallet 0,34 - ca 1 m/s.

## 8. Diskussion

Takhuven minskar risken för spridning av luftföroreningar från heta arbeten även om verkningsgraden inte är 100%-ig. Värdena från P-Trak och luftrörelsestudierna visar luftföroreningarna stiger upp under tak och till stor del hålls kvar innan föroreningar-na sugs ut. Huven, som komplement till punktutsug, ger en säkrare verkstad.

Huven bygger på att plymen från heta arbeten stiger upp och hålls innanför huven tills hela plymen transporterats ut genom frånluftsdonet. Tyvärr störs huvens funktion av drag. Plym, som bildas nära huvkanten, kan stiga snett uppåt och hamna utanför och små luftrörelser kan dessutom föra ut förorenad luft som tidigare fångats in av huven.

Huvens funktion påverkas även av närheten till porten. Trots viss avskärmning påverkades huvens funktion kraftigt av verkstadsporten.

Det flöde, som rekommenderats för att huven skall fungera på avsett sätt, är betydligt högre räknat per arbetsplats än det som normalt förekommer på bilverkstäder. Huven i sig kostar inte särskilt mycket, men kostnaden för ombyggnad av ventilationen, ökade drifts- och värmekostnader måste även vägas in i kalkylen.

Huven innebär ingen lösning för den arbetstagare som arbetar på arbetsplatsen. Huvens funktion är att begränsa spridningen till andra arbetsplatser i lokalen.

## 9. Litteratur

1. Antonsson A-B, Ancker K, Veibäck T. Isocyanater från heta arbeten i skadereparationsverkstäder, IVL rapport B 1389. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Stockholm 2000.

2. Christensson B, Antonsson A-B, Bilplåtverkstäder - mätning av isocyanaters spridning från hett arbete till närliggande arbetsplatser. IVL rapport A21162, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Stockholm 2001.