

Arbeidsomstandigheden in de rubberverwerkende industrie

H. Kromhout¹
P.H.J.J. Swuste²

Summary

Work conditions were surveyed in 10 rubber manufacturing plants. Personal exposures to dust, volatile pollutants (rubber fumes), solvents and noise were measured. Working postures were evaluated by using the Ovako Working Posture Analysing System. The results of the measurements and information about performed tasks, ventilation and production variables were used in statistical multiple linear models in order to find determinants of the different exposures. The variation in exposure levels was in general very high. The level of exposure was to a great extent determined by the specific combination of plant and department. Determinants for high exposures turned out to be different for each exposure.

Seventy percent of the workers was exposed to noise levels above 85 dB (A). Only one percent of the workers was exposed to dust levels above 10 mg/m³, while fifteen percent of the workers had a relatively high exposure to dust. Rubber fumes concentrations above 750 µg/m³ were present for 10% of the workers. In this study the skin exposure to cyclohexane soluble substances was evaluated for the first time. Thirty-five percent of the workforce had an exposure above 100 µg/cm², an arbitrarily chosen limit. A skin exposure of 100 µg/cm² is equivalent to an exposure by inhalation of almost 17 times the English rubber fumes limit of 750 µg/m³. Forty percent of the workers had working postures in action category 3 and 4, which are respectively postures which need consideration in the near future and postures which need immediate consideration. Combining the results of exposure measurements with information about performed tasks,

ventilation, etc. throughout a branch of industry in multiple linear models, enables the occupational hygienist to discover determinants of exposure.

Inleiding

In het onderzoek naar arbeidsomstandigheden in de rubberverwerkende industrie is met name voor de blootstelling aan chemische stoffen altijd veel aandacht geweest. Zo zijn er uitgebreide arbeidshygiënische studies verricht in het Verenigd Koninkrijk (Parkes et al. 1975, Nutt 1976, HSE 1981). In de Verenigde Staten is gericht arbeidshygiënische werkplekonderzoek uitgevoerd in aanvulling op epidemiologische studies. In dit arbeidshygiënisch onderzoek is de blootstelling aan stof en oplosmiddelen gekwantificeerd (Williams et al. 1980, Ert van et al. 1980). Het National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) verrichtte uitgebreid onderzoek naar de werking en invloed van beheersmaatregelen op de persoonlijke blootstelling aan stof, dampen en gassen (McKinney & Heitbrink 1984). In Duitsland is op vrij grote schaal onderzoek gedaan naar de blootstelling aan N-nitrosaminen in de rubberverwerkende industrie (Spiegelhalder & Preussmann 1983, Wolf 1989).

In het recente verleden zijn door de Nederlandse arbeidsinspectie metingen van de blootstelling aan N-nitrosaminen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen, stof en de benzeen oplosbare fractie van het stof verricht in een zevental rubberverwerkende bedrijven (van de Riet 1985). Verder heeft de Landbouw Universiteit Wageningen voorafgaand aan het hier beschreven bedrijfstakgewijze onderzoek een tweetal arbeidshygiënische studies verricht (Ruepert et al. 1985, de Haan et al. 1988). De meeste aandacht in deze

studies is uitgegaan naar de blootstelling aan chemische stoffen. Tevens is aandacht besteed aan de blootstelling aan geluid.

In bijna al het onderzoek is gebruik gemaakt van een zowel in het arbeidshygiënische als in het epidemiologische onderzoek gehanteerde methode van indeling van werknemers. Deze door Gamble et al. (1976) ontwikkelde methode deelt werknemers van de rubberindustrie in beroepsgroepen in. Deze beroepsgroepen kunnen afhankelijk van de specifieke blootstelling gegroepeerd worden in blootstellingsgroepen.

In al deze onderzoeken zijn zowel plaatsgebonden als persoonsgebonden metingen verricht. In tabel 1 zijn de resultaten kort samengevat.

In het overzicht van de arbeidsomstandigheden in de Nederlandse rubberverwerkende industrie bleven na het literatuuronderzoek aanmerkelijke hiaten aanwezig. Het werkplekonderzoek heeft daarom als eerste doelstelling gehad, inzicht te krijgen in de aard en de omvang van knelpunten in de arbeidsomstandigheden en de effectiviteit van aange troffen beheersmaatregelen. Daarnaast moest duidelijk worden welke factoren determinanten van de knelpunten zijn, teneinde over te kunnen gaan tot arbeidsplaatsverbetering in de derde fase van het arbeidsplaatsverbetering (APV) project. Vooraf is besloten het werkplekonderzoek te beperken tot de factoren: chemische stoffen, lawaai en werkhoudingen. Deze factoren zijn gekozen op grond van de literatuur en reeds eerder verricht werkplekonderzoek. Andere factoren zijn vanwege een verwachte geringe omvang en verspreiding van de knelpunten niet onderzocht. Bijvoorbeeld de blootstelling aan trillingen (mengplatform en transportfuncties) en warmte (vulcanisatie) zijn buiten het werkplekonderzoek gebleven.

Methode

Uit het eerder genoemde 'pilot'-onderzoek in een bandenvernieuwingsbedrijf (de Haan et al. 1988) was duidelijk geworden, dat de dag tot dag variatie van de blootstelling binnen een beroepsgroep aanzienlijk kon zijn. In de gehanteerde meetstrategie zijn dan ook herhaalde waarnemingen per persoon uitgevoerd, teneinde een redelijke schatting te krijgen van de gemiddelde blootstelling. Om te komen tot een overzicht van de knelpunten zijn alle productie- en ondersteunende afdelingen bij het werkplekonderzoek betrokken. In tabel 2 staan de meetstrategische kenmerken per factor

1. Vakgroep Luchthygiëne en -verontreiniging, Landbouw Universiteit Wageningen, Postbus 8129, 6700 EV Wageningen, tel. 08370-84147.

2. Vakgroep Veiligheidskunde, Technische Universiteit Delft.

Tabel 1. Resultaten van in literatuur beschreven werkplekonderzoek naar blootstelling aan chemische stoffen en geluid in rubberverwerkende industrie

totaalstof

- hoge concentraties (> 10 mg/m³) in UK bij het samenstellen, mengen en namengen in de niet-banden sector
- concentraties van 2 à 3 mg/m³ bij deze groepen in de banden sector
- concentraties rond 1 mg/m³ bij spuiten, kalanderen, en vulcaniseren
- hoge concentraties in NL bij afwerken/repareren in de bandenvernieuwing en banden sector (6-42 mg/m³) en bij het walsen/kalanderen in de niet-banden sector (0,5-28 mg/m³)
- geen onderzoek bij het afwegen en mengen in NL

respirabelstof

- geen onderzoek in NL
- concentraties in het algemeen lager dan 5 mg/m³
- blootstellingen het hoogst bij de beroepsgroepen samenstellen, mengen en namengen
- verschillen in blootstelling tussen de beroepsgroepen minder groot dan bij totaalstof
- gemiddelde concentraties in Italië zijn hoger (2-3 mg/m³) dan in de andere studies

deeltjesgrootteverhouding

- voorin het productieproces vooral totaalstof (samenstellen en mengen)
- achterin het productieproces stofblootstelling van respirabele aard (o.a. bij het vulcaniseren)
- resultaten van NL onderzoek gelijkloidend

oplosmiddelen

- geen relatie tussen persoonlijke en ruimte metingen in USA
- hexaan en heptaan komen in de USA in hogere concentraties voor dan pentaan, benzeen en toluene; hangt samen met het wijd verbreide gebruik van petroleum nafta in de banden sector
- hoogste blootstellingen in de USA gemeten bij menger van rubbersolutie (> 1600 mg/m³)
- gemiddelde blootstelling aan totaaloplosmiddel in solutieafdelingen in vier fabrieken in USA 137 mg/m³

N-nitrosaminen

- meest voorkomende N-nitrosamine NMOR in USA
- hoogste concentraties bij processen waar het rubbermengsel wordt verwarmd: mengen, namengen, spuiten, kalanderen en vulcaniseren en met name daar waar secundaire aminen gebruikt worden
- blootstelling te beperken door bij het samenstellen van het rubbermengsel de mogelijkheid van het ontstaan van N-nitrosaminen in overweging te nemen
- in NL concentraties NMOR en NDMA < 2 µg/m³

cyclohexaan oplosbare fractie (cof)

- gemiddelde concentratie bij vulcaniseren 2000 µg/m³ in UK
- gemiddelde concentratie in NL varieert van 30-1000 µg/m³; hoogste blootstellingen bij het afwerken in de loopvlakvernieuwing en mengen en vulcaniseren van accubakken in de niet-banden sector

geluid

- equivalente geluidniveau in NL in bandenvernieuwing > 90 dB(A) bij het ruwen en schillen; > 100 dB(A) bij schuren in de afwerking; > 85 dB(A) bij het solutioneren
- equivalente geluidniveau in UK eveneens hoog bij ruwen/schillen 85-97 dB(A); vulcanisatiepersen 83-97 dB(A)
- Miller (1980) noemt granulatoren, lossen met perslucht, walsen en spuitgieten als de grootste probleemhaarden

globaal weergegeven. De totale veldwerkperiode in tien bedrijven duurde van februari t/m juni 1988. Per bedrijf zijn de metingen en observaties gedurende vier dagen van een week (dinsdag t/m vrijdag) uitgevoerd. De metingen zijn aselekt verdeeld over de werknemers, die gestratificeerd waren naar productiefunctie en taak. De metingen per persoon zijn aselekt verdeeld over de meetweek. Na afloop van elke

meting is de desbetreffende werknemer geïnterviewd over zijn tijdsbesteding aan afzonderlijke taken, het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, ventilatie (algemeen en gericht) en proceskenmerken (soort polymeer, hardheid, aantal geproduceerde eenheden). Deze informatie is gebruikt in statistische lineaire modellen teneinde de determinanten van de blootstelling te bepalen. In de gebruikte lineaire

modellen is zowel met continue variabelen (bijv. druk en temperatuur bij het persen) als zgn. 'dummy' variabelen (taken, beschermingsmiddelen, ventilatie) gewerkt. De algemene vergelijking was als volgt:

$$\ln[\text{concentratie}] = C + b_1 \text{var}_1 + b_2 \text{var}_2 + \dots + b_n \text{var}_n$$

waarin ln[concentratie] de gelogarithmiseerde* blootstellingsconcentratie is, C het intercept is, b_n de regressiecoëfficiënten zijn en var_n de variabelen zijn. De regressiecoëfficiënten geven in het geval van continue variabelen de bijdrage aan de blootstellingsconcentratie per eenheid van de variabele (bijvoorbeeld de toename van de concentratie vulcanisatie-damp per °C temperatuursverhoging bij de vulcanisatie). De coëfficiënt van de dichotome 'dummy' variabele geeft de bijdrage aan de blootstellingsconcentratie van een bepaalde taak, ventilatie of het gebruik van een persoonlijke beschermingsmiddel. Per factor zijn de determinanten met een significante verlagende dan wel verhogende invloed op de blootstellingsconcentraties aangegeven met het 95% betrouwbaarheidsinterval van de geschatte gemiddelde blootstellingsconcentratie.

De statistische analyses zijn uitgevoerd met behulp van het statistische pakket SAS (SAS 1983) op een VAX-computer.

Resultaten

Stof

Per bedrijf varieert de geometrisch gemiddelde 8-uurs stofconcentratie van 0,8 tot 1,9 mg/m³ en per productiefunctie van 0,2 tot 1,9 mg/m³. De blootstelling wordt niet alleen bepaald door de factoren bedrijf en productiefunctie, maar wordt ook sterk bepaald door de specifieke combinatie van bedrijf en productiefunctie (figuur 1). In statistische termen is sprake van een significante interactie. De statistische analyse met taakinhoud en de aanwezigheid van gerichte ventilatie als verklarende variabelen levert een model dat bijna 30% van de variatie verklaart. Taken en gerichte ventilatie, die een significant hogere dan wel lagere stofblootstelling veroorzaken, zijn weergegeven in tabel 3. In deze tabel is eveneens per taak het 95% be- ▶

* Bij de geluidblootstelling is gemodelleerd met de niet-getransformeerde 8-uurs equivalente geluidsniveaus (L_{eq,8u}).

Tabel 2. Meetstrategische kenmerken per factor

Factor	Monstername methode	Analyse methode	Aantal bedrijven	Productie functies	Personen * metingen p.p.	Bruikbare metingen ¹
stof	pas6 ²	wegen	10	allen	269 * 3	667
vulc.damp	pas6	wegen/ cof ³	10	vulc.	75 * 3	162
gas	koolbuis ⁴	gc ⁵	9	allen	79 * 2	138
huidblootst.	pad ⁶	cof	10	allen	260 * 3	670
geluid	dosimetrie	mk3 ⁷	10	allen	128 * 2	189
werkhouding	observaties	owas ⁸	10	allen	97 * 1	97

¹ totaal aantal metingen/observaties uitgezonderd de mislukte metingen

² inspirabele monsternamekop, beschreven in ter Kuile (1984)

³ gebaseerd op NIOSH-methode P&CAM 217

⁴ gebaseerd op NIOSH-methode P&CAM 127

⁵ gaschromatografie

⁶ 24 lagen chirurgisch gaas (katoen) met een oppervlakte van 9 cm² gedragen aan de onderkant van de pols van de voorkeurshand

⁷ continu registrerende dosimeter van Dupont

⁸ methode beschreven in Kahru et al. (1977 & 1981)

Tabel 3. Significante* determinanten van de stofblootstelling per productiefunctie

Productiefunctie	Determinanten hoge blootst.	95% btbhi geschatte GM**, mg/m ³	Determinanten lage blootst.	95% btbhi geschatte GM, mg/m ³
Algemeen	schoonmaken	1,0- 1,8		
Mengen	storten	1,2- 4,5		
	afwegen	1,7- 5,0		
	oliewegen	0,9-10,7		
	open mengwals	1,1- 3,7		
Voorbewerken	wondbehandelen	1,2- 3,7		
Vormgeven	spuiten-gv***	1,1- 2,5	spuiten + gv	0,2-1,0
	lassen (eindloos maken)	5,2-19,1	kalanderen	0,3-0,6
	voorwarmwals	1,8- 4,8	spuithakken	0,1-0,7
			bekleden handmatig	0,2-0,6
		wikkelautoomaat	0,1-0,9	
		loodextrusie	0,1-1,0	
Vulcaniseren	autoclaaf-gv	2,8-10,7	autoclaaf + gv	0,1-0,5
			uhf	0,1-0,8
			vormen wisselen	0,4-0,9
Afwerken			knippen	0,0-0,5
			rubber snijden	0,5-0,9
			afwegen produkt	0,1-0,8
Expeditie	verpakken	1,0- 2,3		
TD	bankwerken	1,1- 4,0	storingswerk	0,4-0,9
Laboratorium			lab.werk	0,1-0,5

* significantieniveau van de coëfficiënten < 0,05, behalve loodextrusie (p < 0,10)

** geometrisch gemiddelde

*** gv: gerichte ventilatie

trouwbaarheidsinterval van de geschatte gemiddelde blootstelling op basis van het lineaire model vermeld. Dit is de gemiddelde blootstelling, die een werknemer oploopt bij het uitvoeren van een bepaalde taak. Voert een werknemer meerdere taken uit, dan wordt zijn blootstelling bepaald door de combinatie van taken. Een werknemer die bijvoorbeeld zowel de taken grondstoffen afwegen als storten uitvoert, loopt volgens het model een gemiddelde blootstellingsconcentratie van 7,0 mg/m³ op.

De significant hogere gemiddelde stofblootstellingen zijn voor het merendeel terug te voeren op het omgaan met poedervormige grondstoffen (afwegen, storten en bedienen open mengwals) en het toepassen van poedervormige antiplakmiddelen als talk en zinkstearaat (voorwarmwals, spuiten, lassen, autoclaaf en verpakken). Wanneer de stofblootstelling per productiefunctie wordt gemodelleerd ontstaat een meer gedetailleerd beeld. Ook in productiefuncties met een gemiddeld lage stofblootstelling (bijv. de vulcanisatie), blijken zowel taken met een relatief hogere als lagere blootstelling aanwezig te zijn. De resultaten van deze analyses zijn vermeld in het DGA rapport (Kromhout et al. 1989). De invloed van de gerichte ventilatie is gering, slechts bij de autoclaaf en de spuitmachines lijkt sprake van een blootstelling verlagende invloed. Bij de autoclaaf is dit echter een schijn effect. De hogere blootstelling bij de autoclaven zonder gerichte ventilatie is terug te voeren op het overmatig gebruik van poedervormige antiplakmiddelen bij een van de autoclaven zonder afzuiging. Bij de autoclaven met gerichte ventilatie hebben dergelijke tot een hoge stofblootstelling leidende activiteiten niet plaatsgevonden. Omdat deze informatie niet systematisch bij alle autoclaven is verzameld kon hiervoor in het statistisch model niet worden gecorrigeerd.

Vulcanisatiedamp

De vulcanisatiedampmetingen hebben zich beperkt tot de productiefunctie vulcaniseren. In figuur 2 staan de geometrisch gemiddelde vulcanisatiedampconcentraties per bedrijf. In twee bedrijven wordt de Engelse richtwaarde van 750 µg/m³ overschreden. De vulcanisatiedampconcentratie varieert per bedrijf van 96 tot 980 µg/m³.

De perstempatuur, de persdruk, het aantal persopeningen, het aantal bediende persen en het gebruikte rubbermengsel spelen naar alle waarschijnlijkheid een rol bij de vorming

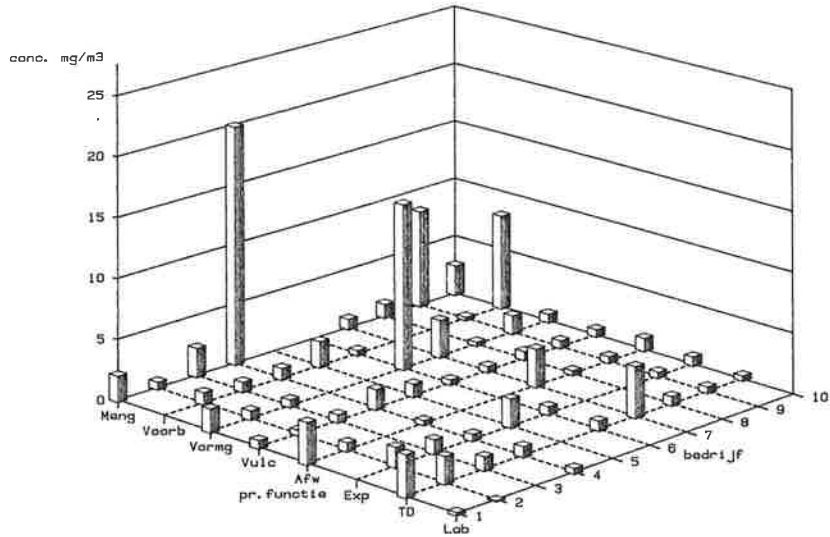
van vulcanisatiedamp. Een eerste verkennende analyse met een deel van de gegevens bevestigt dit vermoeden voor wat betreft de pers-temperatuur en -druk. Deze blijken een significant verhogend effect te hebben op de blootstelling. Het effect van de perstemperatuur verdwijnt echter wanneer het werken met een injectiepers als factor in het model wordt opgenomen. De injectiepersen werken meestal met hoge perstemperaturen. Het effect van de persdruk blijft echter ook na opname van werken aan injectiepersen in het model bestaan.

Huidblootstelling

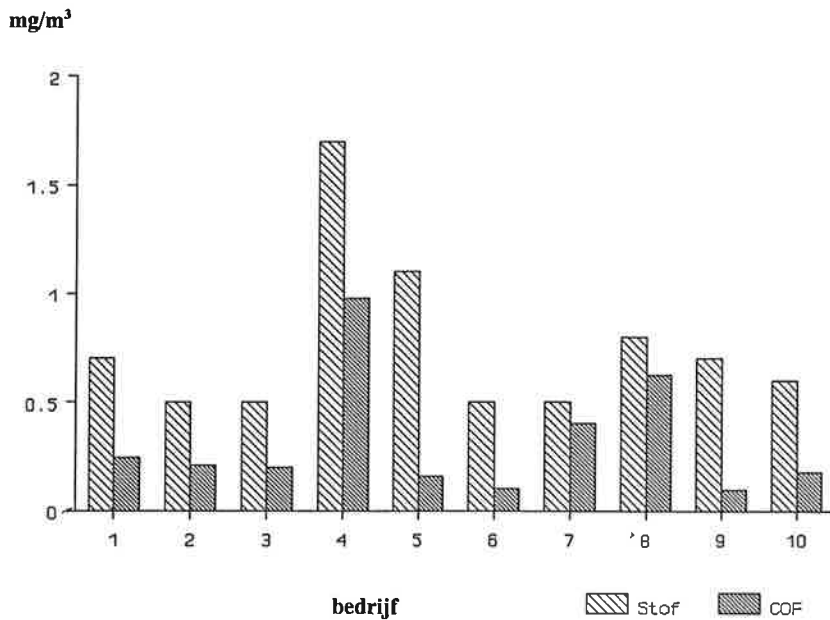
Ook bij de huidblootstelling (huidcontaminatie) is sprake van een grote variatie o.a. tengevolge van interactie tussen bedrijf en productiefunctie (figuur 3). De geometrisch gemiddelde huidblootstellingsconcentratie aan cyclohexaan oplosbare stoffen varieert per bedrijf van 52 tot 122 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ en per productiefunctie van 26 tot 176 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Op basis van een grove berekening blijkt de potentiële huidblootstelling aan cyclohexaan oplosbare stoffen vele malen hoger te zijn dan de blootstelling door inademing. Bijvoorbeeld een werknemer met een huidblootstelling van 100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ en een blootstelling aan vulcanisatiedampen van 750 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ heeft gedurende een werkdag via zijn handen en polsen een zeventien maal hoger aanbod dan via zijn ademhalingswegen.

De resultaten van de statistische analyse staan vermeld in tabel 4. Het gehanteerde model verklaart 22% van de variatie. De hoge huidblootstellingen komen met name voor op die plekken en bij die taken waar sprake is van veelvuldig contact met (warm) rubber (o.a. wikkelen van profielen, bandenpers, open mengwals, spuitmachine, slijpbank). De hoge huidblootstelling bij de technische dienst is terug te voeren op het smeren zonder handschoenen, storingswerk en bankwerken. De zeer hoge huidblootstelling bij het bedienen van de losmiddelcabine lijkt afkomstig van contact met het losmiddel, dat op de transportwagens terecht komt. Het effect van het gebruik van handschoenen en doeken komt niet eenduidig uit de analyse. Alleen het smeren met handschoenen aan leidt tot een lagere blootstelling. Ook de lage blootstellingen bij het bedienen van vulcanisatiepersen (o.a. injectiepers) is naar alle waarschijnlijkheid het gevolg van het gebruik van handschoenen, die regelmatig worden vernieuwd. Op plaatsen waar de handschoenen niet regelmatig

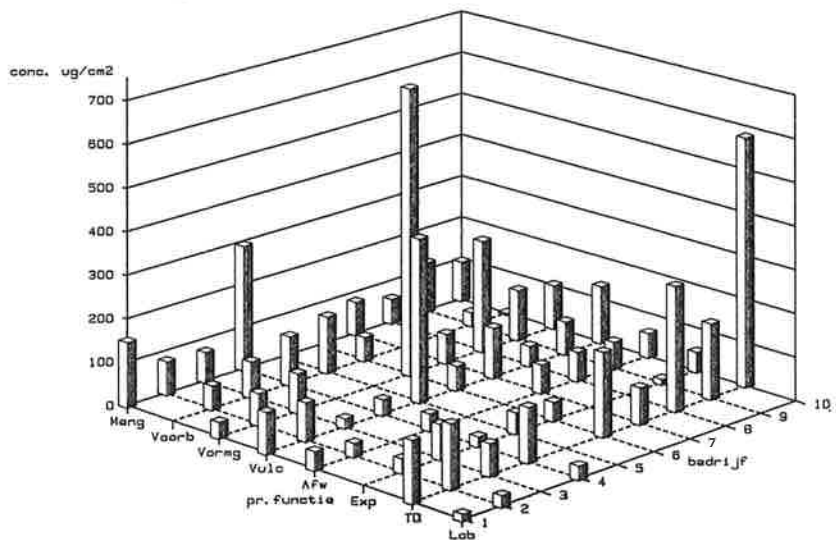
Figuur 1. Geometrische gemiddelde stofblootstelling per bedrijf en per productiefunctie



Figuur 2. Geometrische gemiddelde stof en cyclohexaan oplosbare fractie in de productiefunctie vulcanisatie per bedrijf



Figuur 3. Geometrische gemiddelde huidblootstelling aan cyclohexaan oplosbare stoffen per bedrijf en per productiefunctie



Tabel 4. Significante* determinanten van de huidblootstelling per productiefunctie

Productiefunctie	Determinanten hoge blootst.	95% btbhi geschatte GM**, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Determinanten lage blootst.	95% btbhi geschatte GM, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
Algemeen			supervisor	33-62
Mengen	olieafwegen afwegen open mengwals refiner	77- 595 71- 160 73- 212 131-1056	granuleren	6-38
Vorbewerken				
Vormgeven	sputten	89- 156		
Vulcaniseren	losmiddelcabine bandenpers opwikkelen	187- 891 118- 316 70- 144	inspecteren injectiepers	31-56 30-62
Afwerken	slijpbank	73- 176	knippen	11-68
Expeditie				
TD	smeren-handsch.*** storingswerk bankwerken	151- 756 97- 222 62- 170	smeren + handsch.	3-39
Laboratorium			lab.werk	13-61

* significantieniveau van de coëfficiënten $< 0,05$, behalve knippen en bankwerken ($p < 0,10$)

** geometrisch gemiddelde

*** handschoenen

Tabel 5. Invloed op de geluidblootstelling van het werken met perslucht en aan walsen per productiefunctie op basis van een lineair model

Productiefunctie	Factor	95% btbhi geschatte $\Delta M^* L_{eq,8h}$, dB(A)
Mengen	- wals perslucht wals + perslucht	82,4-90,2 87,3-92,0 85,1-95,0 88,1-98,7
Vorbewerken	- perslucht	84,3-94,7 89,7-96,3
Vormgeven	- wals perslucht wals + perslucht	86,5-90,8 88,1-94,8 87,2-92,8 88,5-97,0
Vulcaniseren	- perslucht	83,0-87,0 91,4-95,3
Afwerken	- perslucht	84,1-89,9 86,8-95,2
Technische Dienst	-	85,5-90,3
Expeditie	-	81,3-87,5

* rekenkundig gemiddelde

Tabel 6. Ongunstige werkhoudingen (categorie 3 en/of 4) per productiefunctie

Productiefunctie	% observaties	% observatietijd
Mengen	41%	11%
Vorbewerken	31%	19%
Vormgeven	54%	9%
Vulcaniseren	28%	6%
Afwerken/expeditie	57%	14%

worden vernieuwd lijkt het gebruik juist te leiden tot een hogere huidblootstelling (o.a. bij de open mengwals en de voorwarmwals).

Oplosmiddelen

De kwantitatieve bepaling van de blootstelling aan oplosmiddelen heeft zich beperkt tot representatieve verbindingen uit de groepen alkanen, aromaten, gechloroerde koolwaterstoffen, ketonen, alcoholen en esters. Deze zijn gekozen op basis van informatie over gebruikte oplos- en hecht- en losmiddelen in de tien bedrijven. Uit de groep van de alifatische koolwaterstoffen is gekozen voor hexaan, heptaan en octaan. Uit de groep van aromatische koolwaterstoffen zijn toluen, xyleen en trimethylbenzeen, naftaleen en isopropylbenzeen gekwantificeerd. Trichloorethyleen en 1,1,1-trichloorethaan zijn gekozen uit de groep gechloroerde koolwaterstoffen. Uit de groepen ketonen, alcoholen en esters zijn tenslotte respectievelijk methylisobutylketon, 2-ethoxyethanol en isobutylacetaat gekwantificeerd. Bij vergelijking van de stationaire en persoonlijke metingen is gebleken dat de persoonlijk gemeten blootstelling niet altijd hoger hoeft te zijn. Stationaire meetresultaten van plekken waar niet continu wordt gewerkt maar waar wel een bron aanwezig is (bijvoorbeeld een ontvettingsbad), kunnen hoger uitvallen dan de persoonlijke meetresultaten.

De gemeten blootstellingen blijken in het algemeen direct te relateren aan het gebruik van diverse oplosmiddelen voor soluties en de aanwezigheid in los- en hechtmiddelen. De geconstateerde soms zeer grote variatie in blootstelling aan een bepaald oplosmiddel is daardoor voor een groot deel toe te schrijven aan de factor bedrijf. Omdat bedrijf in de statistische analyse een zeer belangrijke rol speelt, is het moeilijk verschillen tussen de productiefuncties aan te tonen. Het is echter wel duidelijk, dat voor wat betreft de blootstelling aan oplosmiddelen de beroepsgroepen geen homogene blootstellingsgroepen zijn. Na correctie voor verschillen tussen bedrijven komen werknemers uit de productiefunctie verbewerken als hoogst blootgesteld naar voren. De gemeten concentraties zijn echter laag ($< 1/4$ MAC). De hoogste gemiddelde achtuurs concentraties bedragen respectievelijk: $7 \text{ mg}/\text{m}^3$ hexaan; $14 \text{ mg}/\text{m}^3$ heptaan; $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ octaan; $18 \text{ mg}/\text{m}^3$ toluen; $17 \text{ mg}/\text{m}^3$ xyleen; $90 \text{ mg}/\text{m}^3$ 1,1,1-trichloorethaan en $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ trichloorethyleen. Overschrijdingen van afzonderlijke MAC-waarden komen niet voor. Met

name bij de toepassing van kookpuntsbenzines is sprake van een meervoudige blootstelling. Echter ook na sommatie van de afzonderlijke blootstellingsconcentraties is overschrijding van grenswaarden zeer onwaarschijnlijk.

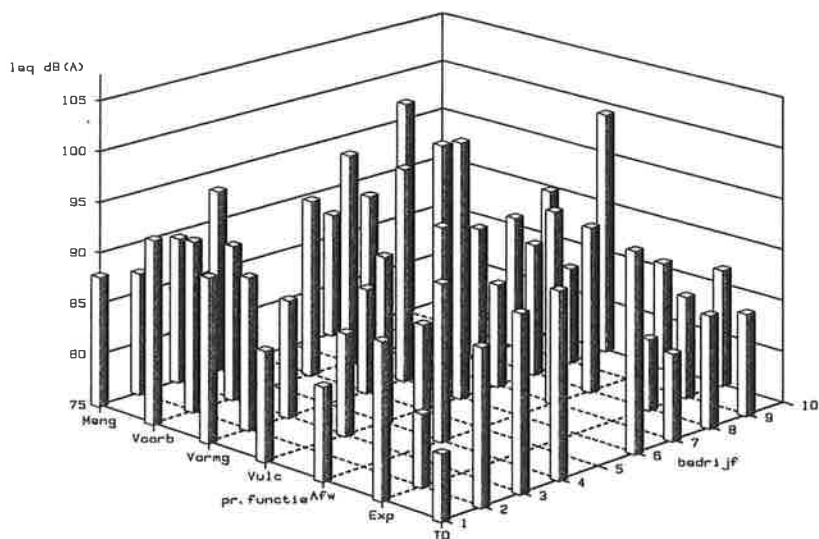
Geluid

Slechts een kwart van de gemiddelde achtuurs equivalente geluidmetingen blijkt onder de 85 dB(A) te liggen. Per bedrijf varieert de gemiddelde achtuurs equivalente geluidblootstelling van 86 tot 97 dB(A) en per produktiefunctie van 84 tot 92 dB(A). In figuur 3 is de verdeling van de rekenkundige gemiddelde geluidblootstellingen per bedrijf per produktiefunctie weergegeven. De statistische analyse heeft zich beperkt tot het schatten van de invloed van het werken met perslucht en aan walsen. Het werken met perslucht in het algemeen leidt tot een aanzienlijke significante verhoging van de geluidblootstelling met 5,0 dB(A). Het werken aan een wals leidt tot een verhoging met 2,0 dB(A). De resultaten van een model met produktiefunctie, persluchtgebruik per produktiefunctie en werken aan een wals is weergegeven in tabel 5. Opvallend zijn de hoge geluidblootstellingen tengevolge van het werken met perslucht bij het voorbereiden, het vulcaniseren en de technische dienst. Dit model verklaart 25% van de totale variatie in geluidblootstelling.

Werkhouding

De verwerking van de resultaten heeft zich gericht op het voorkomen van werkhoudingen in de actiecategoriën 3 en 4. Hierbij is geen rekening gehouden met het gewicht van tijdens de observaties getilde voorwerpen. De indeling is slechts gebaseerd op de combinatie van de stand van de rug, de armen en de benen. In totaal zijn 97 observaties uitgevoerd bij evenzoveel werknemers. De gemiddelde observatietijd heeft 17 minuten bedragen en de tijd tussen de observaties 30 seconden. Het blijkt dat slechte werkhoudingen zich niet beperken tot enkele bedrijven of enkele produktiefuncties. Het beeld wijkt wat betreft de variatie niet af ten opzichte van de andere onderzochte factoren (stof, vulcanisatiedamp, huidblootstelling, oplosmiddelen en geluid). Desondanks vallen een aantal produktiefuncties en bedrijven op. Zo lijken werknemers in de twee loopvlakvernieuingsbedrijven en in twee technische produktbedrijven en werknemers in de produktiefunctie vulcaniseren relatief minder langdurig in slechte werk-

Figuur 4. Rekenkundig gemiddelde achtuurs equivalent geluidniveau per bedrijf en per produktiefunctie



Tabel 7. Knelpunten en schatting van de omvang van de knelpunten

Blootstellingsfactor	Criterium	Percentage	Bedrijf werknemers	Produktiefunctie
Stof	> 10 mg/m ³	1%	4,6	mengen, vormgeven
Stof per produktiefunctie	> 5 mg/m ³	17%	4,9	mengen
	> 2 mg/m ³	35%	5,10	voorbewerken
	> 4 mg/m ³	2%	6	vormgeving
	> 1 mg/m ³	12%	4,5	vulcaniseren
	> 2 mg/m ³	24%	1,7	afwerken
	> 2 mg/m ³	3%	5	ontvangst
	> 1 mg/m ³	41%	1,2,7	technische dienst
Stof, alle produktiefuncties	zie voorgaande criteria	15%	1,2,4,5, 6,7,9,10	allen, uitgezonderd laboratoria
Grondstoffen	B-,Sc-cat.* in poederv.	10%	1,3,4,7, 8,9,10**	mengen
Vulcanisatiedamp (cof)	> 750 µg/m ³	10%	4,8	vulcaniseren
Huidblootstelling (cof)	> 100 µg/cm ²	35%	1-10	allen, uitgezonderd afwerken, expeditie, laboratoria
Gassen	div. MAC-waarden	0%		
Geluid	> 85 dB(A)	70%	1-10	allen, uitgezonderd laboratoria
Werkhouding	actiecategorie 3&4	41%***	1-10	allen

* De British Rubber Manufacturer's Association deelt grondstoffen in drie categorieën in: A categorie bevat stoffen zonder chronische of acute toxicologische effecten; B categorie bevat stoffen met chronische of acute effecten; Sc categorie bevat stoffen met bewezen of verdachte carcinogene of teratogene effecten

** In bedrijf 4 gaat het slechts om een stof uit de BRMA Sc-categorie en in bedrijf 7 om twee stoffen uit de BRMA B-categorie

*** In tegenstelling tot de bovenstaande percentages betreft het hier het percentage geobserveerde werknemers

houdingen te werken ten opzichte van werknemers in de overige bedrijven en produktiefuncties. Het blijkt dat bij het afwerken van rubberfolie in één bedrijf, het ruwen in een loopvlakvernieuwingsbedrijf, het bedienen van opwarmwalsen in twee bedrijven, het bedienen van refiners (zeer snel draaiende walsen) in één bedrijf, het bedienen van een kalender in één bedrijf, bij het eindloos maken van transportbanden in één bedrijf en bij het vulcaniseren van holle profielen in één bedrijf werkhoudingen voorkomen, die zeer belastend zijn en voor directe verbetering in aanmerking komen (actiecategorie 4). In tabel 6 zijn per produktiefunctie de percentages van de observaties en van de observatietijd met werkhoudingen in de actiecategorieën 3 en 4 weergegeven.

Discussie en conclusies

Tot slot is getracht de omvang van de hierboven geschetste problematiek samen te vatten. Hiertoe is per onderzochte factor het percentage van de totale onderzoekspopulatie geschat, waarbij sprake is van een gezondheidsrisico of een relatief hoge blootstelling. Het moge duidelijk zijn dat hierbij een aantal arbitraire criteria zijn gehanteerd, die per factor zijn aangegeven. In tabel 7 staat per afzonderlijke factor een schatting van het percentage werknemers, dat een blootstelling heeft boven een eveneens vermeld criterium. Duidelijk is dat geluid het belangrijkste knelpunt is op basis van het aantal belaste werknemers. De huidblootstelling aan cyclohexaan oplosbare verbindingen is eveneens een wijdverbreid knelpunt. De werkhoudingen zijn slechts bij een relatief geringe populatie vastgesteld. Hierdoor is een schatting van de omvang van deze problematiek achterwege gelaten. Gezien het hoge percentage werkhoudingen in actiecategorie 3 en 4 bij de onderzochte groep, moet dit knelpunt echter niet worden onderschat. Een hoge blootstelling aan stof beperkt zich tot een gering aantal produktiefuncties met een relatief klein aantal werknemers. Vergelijking met de norm voor totaalstof is echter niet juist, omdat de inspirabele fractie van het stof is gemeten. Dit leidt tot lagere en daardoor niet met totaalstof vergelijkbare stofconcentraties. Bovendien is gezien de aard van de gebruikte stoffen zeker geen sprake van inert stof. Het terugbrengen van deze blootstelling is daarom zeer belangrijk. Vijftien procent van de werknemers heeft een relatief hoge stofblootstelling, wanneer deze ver-

geleken wordt met de blootstelling in dezelfde produktiefuncties in andere bedrijven. Uitgaande van het redelijkerwijs principe (stand der techniek per produktiefunctie) komt de stofblootstelling voor 41% van de werknemers in de technische dienst, voor 35% van de werknemers in de voorbereiding, voor 24% van de werknemers in de afwerking en voor 17% van de werknemers in de mengrij voor verbetering in aanmerking. Met nadruk moet hier worden vermeld dat het gaat om criteria, die gebaseerd zijn op de stand der techniek in de verschillende produktiefuncties. De blootstelling aan oplosmiddelen beperkt zich tot een selecte groep werknemers en leidt nergens tot overschrijding van afzonderlijke MAC-waarden. Ook overschrijding van de index voor meervoudige blootstelling aan oplosmiddelen is zeer onwaarschijnlijk. Bovenstaande risicoschatting valt of staat met de gekozen veelal arbitraire criteria (de geluidblootstelling uitgezonderd). Het ontwikkelen van specifieke grenswaarden voor blootstellingen in de rubberverwerkende industrie zou bovenstaande risicoschatting aanzienlijk verbeteren. Wanneer de hier besproken resultaten worden vergeleken met het in tabel 1 gepresenteerde literatuuroverzicht vallen een aantal zaken op. Zo blijken de grote verschillen in stofblootstelling tussen de banden en nietbanden sector in dit onderzoek afwezig. Bovendien zijn de verschillen in stofblootstelling tussen werknemers voor en achter in het productieproces niet zo groot meer als in het verleden. Een (gedeeltelijke) sanering van het stofprobleem in de produktiefunctie afwegen en mengen door het werken met niet-poedervormige grondstoffen zal hier de oorzaak van zijn. De blootstelling aan oplosmiddelen beperkt zich in de Nederlandse rubberverwerkende industrie niet tot het zgn. 'rubber solvent'. De blootstellingsconcentraties zijn echter net als reeds eerder is geconstateerd, laag. De variatie in vulcanisatiedampconcentraties komt overeen met de resultaten van de Arbeidsinspectie in 1985 (Van de Riet 1985). De geluidblootstelling blijkt op grote schaal de 85 dB(A) te overschrijden. Hetgeen voor een aantal werkplekken en machines reeds eerder is vastgesteld. De huidblootstelling is in dit onderzoek voor het eerst op grote schaal geëvalueerd. Het belang van deze blootstelling is vooralsnog niet duidelijk aan te geven, alhoewel recent een verband tussen de huidblootstelling in een rubberverwerkend bedrijf en de mutageniteit van de

urine is aangetoond (Bos et al. 1989). Voor een duidelijke uitspraak over de gezondheidsrisico's van blootstelling via de dermale route zal meer onderzoek naar het belang van deze route noodzakelijk zijn.

De gehanteerde meetstrategie met de statistische modellering van de gemeten blootstellingsconcentraties heeft haar beperkingen. De bijdrage van incidenteel voorkomende werkzaamheden zullen met behulp van deze methode niet betrouwbaar te schatten zijn. Daarnaast blijft een groot gedeelte van de variatie in blootstelling onverklaard door verschillen in werkstijl, verschil in invulling van een taak per bedrijf en andere niet in het model opgenomen factoren. Desondanks is door een geringe extra inspanning tijdens en na de metingen zeer waardevolle informatie verzameld, waarmee determinanten van blootstellingen zijn achterhaald. Deze resultaten zullen zeker hun nut bewijzen bij het verbeteren van de geconstateerde knelpunten.

Literatuur

- Bos, R.P., H. Kromhout, H. Ikink, W. de Haan, J. Koppejan and J.L.G. Theuvs 1989. Mutagens in urine of non-smoking and smoking workers in an aircraft tyre retreading plant. Skin exposure as a causal factor? *Mutation Research* 223: 41-48.
- Durham, W.F. & H.R. Wolfe 1962. Measurement of the exposure of workers to pesticides. *Bulletin of the WHO* 26: 75-91.
- Ert, M.D. van, E.W. Arp, R.L. Harris, M.J. Symons, T.M. Williams 1980. Worker exposures to chemical agents in the manufacture of rubber tires: solvent vapor studies. *American Industrial Hygienist Association Journal* 41: 212-219.
- Gamble, J.F., R. Spirtas, P. Easter 1976. Applications of a jobclassification system in occupational epidemiology. *American Journal of Public Health* 66: 769-772.
- Haan, W. de, H. Ikink, J. Koppejan 1988. Werkplekonderzoek in een loopvlakvernieuwingsbedrijf. Vakgroepen Lucht-hygiëne en -verontreiniging en Gezondheidsleer. Rapport 1988-330. Landbouw Universiteit, Wageningen.
- Health & Safety Executive 1981. Rubber Health and Safety 1976-1980. HSE, London.
- Kahru, O., P. Kansu, I. Kuorinka 1977. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 8.4: 199-201.
- Kahru, O., R. Härkönen, P. Sorvali, P. Vepsäläinen 1981. Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. *Applied Ergonomics* 12.1: 13-17.
- Kromhout, H., S.M. Nossent, P.H.J.J. Swuste, M.A. Ziekemeijer 1989. Rubber in bewerking. Arbeidsomstandighedenverbetering in de Nederlandse Rubberverwerkende Industrie. Fase 2 Veldonder-

- zoek. Rapport S 66-1. Directoraat-Generaal van de Arbeid, Voorburg.
- Kuile, W.M. ter 1984. Vergleichsmessungen mit verschiedene Geraten zur Bestimmung der Gesamtstaubkonzentration am Arbeitsplatz. Teil II. Staub-Reinhaltung der Luft 44:m 211-216.
 - McKinnery, W.N. Jr. & W.A. Heitbrink 1984. Control of air contaminants in tire manufacturing. NIOSH, report no 84-111. Cincinnati, Ohio.
 - Nutt, A. 1976. Measurement of some potentially hazardous materials in the atmosphere of rubber factories. Environmental Health perspectives 17: 117-123.
 - Parkes, H.G., B. Whittaker, B.G. Willoughby 1975. The monitoring of the atmospheric environment in UK tyre manufacturing work areas. British Rubber Manufacturer's Association, Birmingham.
 - Riet, P. van de 1985. Blootstelling aan N-nitrosaminen, 'rubbernevels' en het benzeen oplosbaar materiaal hierin in zeven rubberverwerkende bedrijven: samenvattend rapport n.a.v. metingen in zeven rubberverwerkende bedrijven. Arbeidsinspectie, rapport 11/85, Voorburg.
 - Ruepert, C., T. Stevens, J.A. Annema 1985. Bedrijfshygiënisch onderzoek in de bandenvernieuwing- en rubberindustrie UBO Holding bv. Vakgroep Gezondheidsleer 1985-238. Landbouw Universiteit Wageningen.
 - SAS Institute Inc. 1983. SAS user's guide, Statistics. Version 5 Edition. SAS Institute Inc. Cary, N.C.
 - Spiegelhalter, B. & R. Preussmann 1983. Occupational nitrosamine exposure: I. rubber and tyre industry. Carcinogenesis 4: 1147-1152.
 - Williams, T.M., R.L. Harris, E.W. Arp, M.J. Symons, M.D. van Ert 1980. Worker exposure to chemical agents in the manufacture of rubber tires and tubes: particulates. American Industrial Hygiene Association Journal 42: 204-211.
 - Wolf, D. 1989. N-nitrosamine am Arbeitsplatz. Staub-Reinhaltung der Luft 49: 183-186.