

Health Hazard Survey Styreen
Samenvatting van onderzoek in de
versterkte polyesterbouw

Ir. R.B.M. Geuskens*
J. van der Tuin
Dr. J.J. van Hemmen
MBL 1988-14

* met medewerking van

Drs. M.M. van der Klaauw, NIPG-TNO
M.J. Wijnans

september 1988

SAMENVATTING

In opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid is door het Medisch Biologisch Laboratorium TNO onderzoek uitgevoerd in de (vezel)versterkte polyesterbouw. Dit onderzoek vond plaats in het kader van de Health Hazard Survey Styreen en had tot doel inzicht te verkrijgen in de aard en omvang van gezondheidsrisico's bij het werken met styreen in de polyesterbouw en waar nodig arbeidshygiënische maatregelen aan te bevelen om het gezondheidsrisico te beperken.

Uit het onderzoek in een aantal grote en kleine bedrijven is gebleken dat de op grond van PAS-metingen berekende overschrijdingskansen voor de blootstelling aan 420 mg/m³ styreen (de huidige MAC-waarde) bij de 'open' productietechnieken -wikkelen, spuiten en handlay-up- reëel is. De overschrijdingskans neemt af in de volgorde wikkelen, spuiten en handlay-up. Deze blootstellingen zijn te hoog in vergelijking met de blootstellingsniveaus waarbij een zeker gezondheidsrisico aantoonbaar is. Uit de literatuur is bekend dat bij blootstellingen beneden 420 mg/m³ al subjectieve klachten en objectief meetbare effecten op het centraal zenuwstelsel zijn waargenomen, alsmede een verhoging van een aantal chromosoomaberraties. Ook bij piekblootstellingen onder het genoemde niveau worden subjectieve klachten geuit en worden effecten op het centraal zenuwstelsel waargenomen. Op basis van de huidige stand van gezondheidkundige kennis mogen de tijdgewogen gemiddelde blootstellingen aan styreen de 85 mg/m³ niet overschrijden. In het in de onderhavige studie betrokken vragenlijst-onderzoek worden bedoelde subjectieve klachten door de betrokken werknemers geuit. Het gaat hierbij vooral om klachten van (pre)-narcotische aard en om irritatieklachten.

Om de blootstelling te kunnen beperken wordt een aantal beheersmaatregelen voorgesteld betrekking hebbend op bestrijding van bronemissies, verbetering van gerichte ventilatievoorzieningen en op beïnvloeding van werkgedrag.

Van enkele andere belastende factoren is indicatief het niveau vastgesteld. Hierbij is gebleken dat in sommige bedrijven blootstelling aan schoonmaakmiddelen (met name dichloormethaan) te hoog is. Eenvoudige maatregelen zijn veelal voldoende om de blootstelling te beperken. De kans op blootstelling aan peroxiden kan door het gebruik van dispensersystemen aanzienlijk worden gereduceerd. Tijdens het onderzoek is tenslotte gebleken dat de niveaus aan stof en de lawaaibelasting bij een aantal werkzaamheden het toelaatbare overschrijden. Met het gebruik van goede afzuiging en compartimentering, alsmede het gebruik van gehoorbeschermende middelen, is een en ander goed beheersbaar.

In het onderzoek is ook betrokken de biologische monitoring van styreen via metabolietmetingen in urine. Ten behoeve van de bedrijfsgezondheidszorg is een richtlijn opgesteld op grond waarvan de noodzaak voor nader onderzoek naar blootstellingsniveaus kan worden ingeschat op basis van amandelzuurconcentraties in een urinemonster, verzameld aan het einde van de werkdag.

INHOUD

	Pagina
1. Inleiding	1
2. De versterkte polyesterbouw	3
2.1 Het productieproces	3
2.2 De verwerkingstechnieken	6
2.3 De belastende factoren	8
3. De bedrijfstak	12
4. Onderzoeksopzet	14
4.1 Onderzoek in de grote bedrijven	14
4.1.1 Onderzoeksstrategie	14
4.1.2 Materiaal en methoden	17
4.2 Onderzoek in de kleine bedrijven	20
4.2.1 Onderzoeksstrategie	20
4.2.2 Materiaal en methoden	21
5. Gezondheidsrisico's van styreen	22
5.1 Effekten van styreen	22
5.2 De blootstelling aan styreen in de polyesterbouw	25
5.3 Gezondheidsklachten m.b.t. blootstelling aan styreen in de polyesterbouw (vragenlijstonderzoek)	31
5.4 Overschrijding van de MAC-waarde	36
6. Beheersmaatregelen	40
6.1 De invloed van de techniek op blootstellingsniveau's	41
6.2 De invloed van het harsverbruik op blootstellingsniveau's	43
6.3 Uitwerking beheersmaatregelen	46

	Pagina
6.3.1 Beperking van de emissie door bestrijding aan de bron	46
6.3.2 Het afvoeren van verontreinigde lucht	49
6.3.3 Beperking van blootstelling	57
6.3.4 Het gebruik van beschermingsmiddelen	59
6.3.5 Beïnvloeding van het werkgedrag	59
7. Signalering van gezondheidsrisico's aan oplosmiddelen, peroxiden, stof en geluid	62
7.1 Oplosmiddelen	62
7.2 Peroxiden	63
7.3 Stof	63
7.4 Geluid	65
8. Conclusies en aanbevelingen	66
8.1 Gezondheidsrisico's van styreen	66
8.2 Beheersmaatregelen	68
8.3 Signalering van gezondheidsrisico's van oplos- middelen, peroxiden, stof en geluid	70
Referenties	72
Bijlagen	76

1. INLEIDING

Beroepsmatige blootstelling aan styreen kan optreden bij de productie, de toepassing en het verladen van styreen. Bij de productie wordt gebruik gemaakt van gesloten reactoren, die op afstand worden bediend. De expositie komt vrijwel volledig op rekening van lekken in systemen of leidingen. Bij de huidige technieken is, in de twee ondernemingen in Nederland die styreen produceren, de blootstelling onder normale arbeidsomstandigheden zelden hoger dan enkele ppm. Het verladen van styreen gebeurt in gesloten systemen. Styreen wordt op grote schaal toegepast bij de productie van kunststoffen, harsen, plastics en rubbers. Hierbij worden eveneens reactoren gebruikt. In sommige gevallen wordt er gebruik gemaakt van vluchtige stoffen die veel giftiger zijn dan styreen. Beveiliging van deze situaties is dan afgestemd op de lagere MAC-waarden van dergelijke componenten. Hoewel bij de verwerking van harsen, plastics en rubbers styreenmonomeer kan vrijkomen, is dit beperkt door het geringe gehalte aan vrij monomeer in het eindprodukt.

Een uitzondering moet worden gemaakt voor de onverzadigde polyesteroplossingen die als grondstof worden gebruikt in de versterkte polyesterbouw bij de productie van de zgn. vezelversterkte kunststoffen. De styreen verdampt ten dele bij de verwerking van dit materiaal, met als gevolg blootstelling van de betrokken werknemers met name daar waar de productie in open processen en met ambachtelijke technieken plaatsvindt. Internationaal, maar ook nationaal, zijn in de versterkte polyesterbouw overschrijdingen van de grenswaarde voor styreen gesignaleerd. Deze situatie vergt te meer aandacht omdat de Werkgroep van Deskundigen (WGD) heeft voorgesteld de MAC-waarde te verlagen tot 85 mg/m^3 (WGD 1988). Ook in de in de Verenigde Staten, Zweden en de Bondsrepubliek Duitsland is deze verlaagd. Inzicht in de arbeidsomstandigheden en de daarmee gepaard gaande gezondheidsrisico's in deze industrietak is daarom gewenst.

Het Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid heeft het Medisch Biologisch Laboratorium TNO opdracht gegeven onderzoek te verrichten naar de gezondheidsrisico's van beroepsmatige blootstelling aan styreen in de versterkte polyesterbouw. Het doel van het onderzoek is inzicht te krijgen in de aard en omvang van de gezondheidsrisico's van de werknemers en waar nodig arbeidshygiënische maatregelen te formuleren om het gezondheidsrisico te beperken. Hoewel in hoofdzaak de aandacht gericht is op de blootstelling aan styreen, zijn tevens enkele andere gezondheidsbedreigende factoren op de werkplek in het onderzoek betrokken.

In dit kader is vooronderzoek verricht in één bedrijf. Daarnaast zijn een viertal grote en een twaalfstal kleine bedrijven in het onderzoek betrokken. Het vooronderzoek is beschreven door Moerkerken (1983) en Van Hemmen, Meuling en Moerkerken (1984). De onderzoeken in de vier grote bedrijven zijn per bedrijf beschreven en het onderzoek in de 12 kleine bedrijven is samengevat beschreven door Van Hemmen e.a. (1986) en Van der Tuin e.a. (1986, 1987).

In hoofdstuk 2 worden de werkzaamheden in de versterkte polyesterbouw beschreven en in hoofdstuk 3 de opbouw van de bedrijfstak.

In hoofdstuk 4 wordt de onderzoeksopzet beschreven die bestond uit drie delen:

- arbeidshygiënisch onderzoek;
- biologische monitoring;
- vragenlijstonderzoek.

De biologische monitoring van styreen is, omwille van het bijzondere karakter en de leesbaarheid van het rapport, beschreven in bijlage 8. In hoofdstuk 5 komt het vragenlijstonderzoek en de literatuur m.b.t. gezondheidseffekten van styreen aan de orde.

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de beheersmaatregelen die nodig zijn voor de reductie van de blootstelling aan styreen.

In hoofdstuk 8 worden de bevindingen m.b.t. enkele andere belastende factoren weergegeven, terwijl in hoofdstuk 8 tenslotte, conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan voor de betrokken bedrijfstak.

2. DE VERSTERKTE POLYESTERBOUW

Inzicht in het produktieproces en de verwerkingstechnieken geeft informatie over de mogelijke blootstellingsmomenten aan styreen en het voorkomen van andere belastende factoren. Achtereenvolgens worden het produktieproces en de verwerkingstechnieken in de versterkte polyesterbouw besproken en wordt aangegeven welke factoren van belang zijn met betrekking tot de aard en omvang van de gezondheidsrisico's.

2.1 Het produktieproces

De produkten worden gemaakt op of in een mal, of op een ondergrond die onderdeel van het produkt uitmaakt. De mal is van hout, staal of kunststof en wordt voor ieder volgend produkt van gelijke vorm opnieuw gebruikt. Als eerste stap in het proces wordt de mal ontvet met een oplosmiddel zoals dichloormethaan (DCM) en aceton. Na ontvetting wordt op de mal een waslaag als lossingsmiddel aangebracht. Deze laag heeft als functie er voor te zorgen dat het produkt wanneer het klaar is gemakkelijk uit de mal te verwijderen is. Vervolgens wordt de hars, die na uitharding het uiteindelijke kunststof levert, in verschillende lagen opgebracht. Voor versterkte kunststoffen wordt, afhankelijk van de gewenste sterkte, versterkingsmateriaal in de harslagen verwerkt. Dit versterkingsmateriaal is meestal een glasvezel, in de vorm van matten, roving of weefsels. Behalve van glasvezels kan ook gebruik gemaakt worden van koolstofvezels, cellulosevezels, polyacrylnitril of polyamiden.

De eerste laag hars die opgebracht wordt vormt de buitenkant van het produkt en dient vaak resistent te zijn tegen omgevingsinvloeden. Indien gewenst voor de kleur, kan deze laag pigmenten bevat-

ten. Deze laag, gelcoat genaamd, bevat geen versterkingsmateriaal. De laatste laag, topcoat genaamd, vormt de binnenkant van het produkt en bevat evenals de gelcoat geen versterkingsmateriaal. Deze laag dient soms resistent te zijn tegen chemicaliën. Na iedere opgebrachte laag wordt de hars goed uitgerold om luchtbellen en oneffenheden te verwijderen.

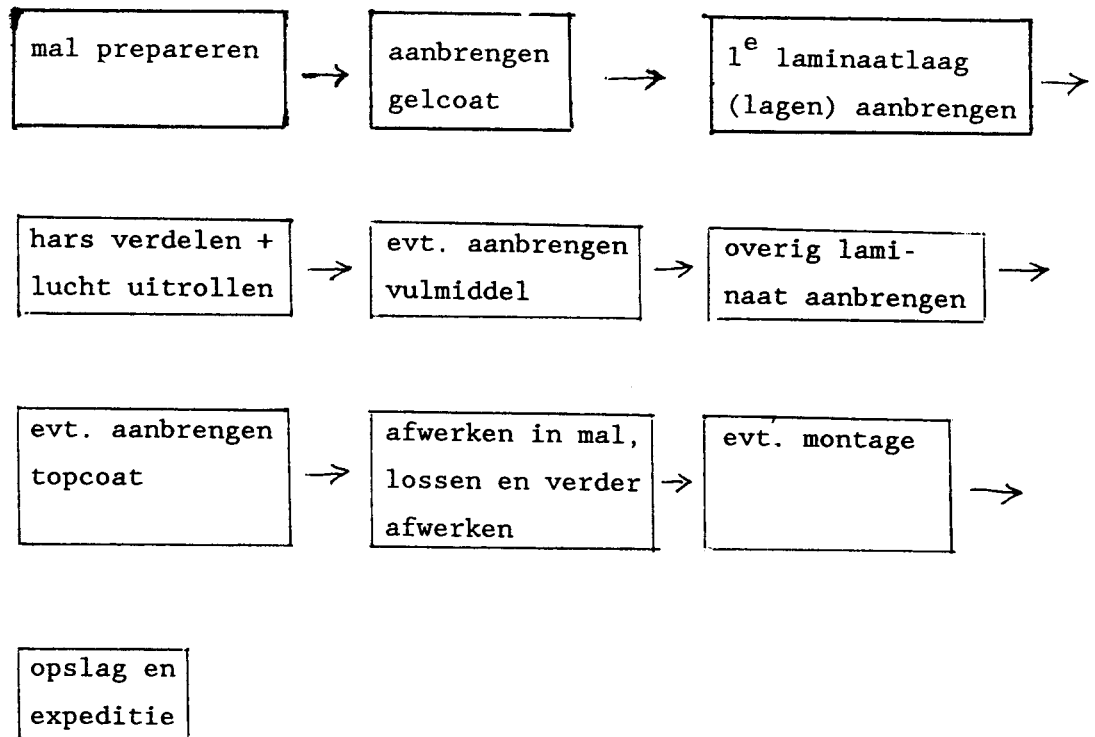
De essentiële bestanddelen van de hars zijn lineaire polyester-moleculen en styreen. De polyesters worden bereid in een polymerisatieproces waarbij een dibasisch zuur en een glycol worden gebruikt. Veel gebruikte zuren hierbij zijn orthoфтаalzuur, isoфтаalzuur, maleinezuur en hun anhydriden. Als glycol worden vooral propyleenglycol, ethyleenglycol, neopentylglycol en difenolpropan gebruikt. Het monomeer styreen doet dienst als oplosmiddel; het styreenpercentage bedraagt 30-45%, om verwerkbaar hars te krijgen. De styreen verbindt zich tijdens het hardingsproces met de onverzadigde bindingen in de lineaire polyester, echter niet alle zich in de hars bevindende styreen is hiervoor nodig. Tijdens het harden zal het restant uit de hars verdampen.

Het hardingsproces verloopt niet spontaan. Het wordt op gang gebracht door toevoeging van een harder, voornamelijk in de vorm van peroxiden. Deze harder wordt vlak voor het verwerken van de hars toegevoegd; de hars met verharder is nl. slechts korte tijd verwerkbaar (minuten tot uren). De hardingsreactie verloopt in het algemeen bij hoge temperatuur. Om verwerking bij kamertemperatuur mogelijk te maken wordt een katalysator, een zgn. versneller, toegevoegd. Hiervoor worden met name cobaltoctoaat, cobaltdecanaat en dimethylaniline gebruikt.

Veel harsen worden 'voorversneld' geleverd, d.w.z. dat de versneller reeds aan de hars is toegevoegd. Andere stoffen die nog aan de hars kunnen worden toegevoegd zijn UV-absorbers (b.v. benzotriazol-derivaten), thixotropiemiddelen (b.v. silikaten), vlamdovende of -vertragende middelen (b.v. antimoontrioxide, aluminiumtrihydraat) en inhibitoren (b.v. hydrochinon). Ook worden soms vulstoffen toegevoegd met minder specifieke eigenschappen (b.v. krijt, kwartsmeel). Om verdamping van de styreen uit de hars te beperken

bevatten sommige harsen wasachtige stoffen als paraffine. De wasachtige stof vormt een filmlaag op de hardende hars.

In figuur 2.1 wordt het productieproces schematisch weergegeven.



Figuur 2.1: Schematische voorstelling van het polyesterproductieproces.

De hulpmiddelen die nodig zijn bij de productie van de kunststoffen moeten zeer frequent worden schoongemaakt, omdat de harsen snel harden. Hierbij worden de oplosmiddelen DCM, aceton en in mindere mate styreen gebruikt.

Na het harden wordt het produkt van de mal losgemaakt en afgewerkt. Oneffenheden of overbodige randen worden weggesneden en geschuurd.

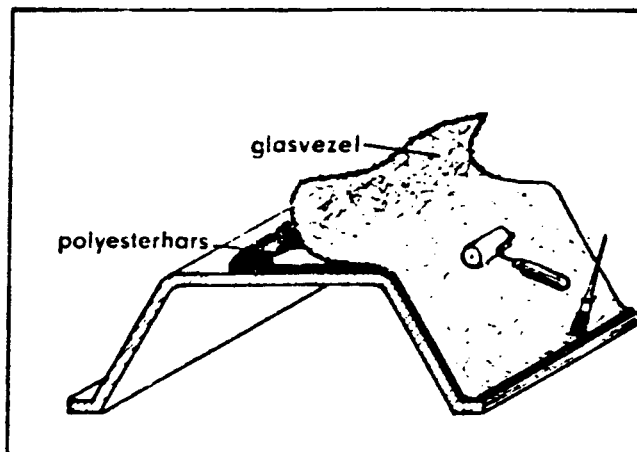
2.2 De verwerkingstechnieken.

De verwerkingstechnieken zijn onder te verdelen naar open en gesloten processen. De gesloten processen zijn in het kader van dit onderzoek niet onderzocht omdat hierbij de blootstelling aan styreen in vergelijking met de open processen verwaarloosbaar is. Verdamping van styreen naar de werkruimte is gering, omdat de hars in gesloten mallen wordt gebracht en de eventueel overtollige styreen bij de harding via een gesloten leidingensysteem wordt afgevoerd.

Bij de open processen zijn drie belangrijke technieken te noemen: de handverwerking, het spuiten en het wikkelen. Achtereenvolgens worden deze technieken besproken.

Handverwerking of handlay-up

Een schematische voorstelling van de handverwerkingstechniek is weergegeven in figuur 2.2.



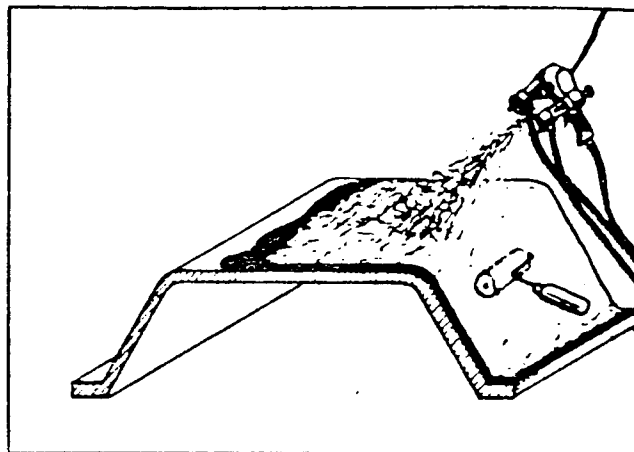
Figuur 2.2: Schematische voorstelling van de handlay-up techniek.

Deze techniek is ambachtelijk. De gelcoat wordt met de kwast of roller op de mal gebracht. Nadat deze laag enigermate is gehard, wordt de eerste laag versterkingsmateriaal aangebracht. De hiervoor veel gebruikte glasvezel wordt als mat of als weefsel in

de gewenste vorm geknipt en vervolgens met een kwast of roller met hars geïmpregneerd. Daarna wordt met een roller de lucht uit de laag verwijderd. De hars hardt uit, waarbij de temperatuur oploopt door de exotherme vernettingsreactie. Hierbij verdampt een deel van de styreen. Vervolgens wordt het aantal gewenste lagen aangebracht en moet het produkt verder uitharden, waarbij de overtollige styreen verdampt.

Sputen

In figuur 2.3 is de spuittechniek schematisch afgebeeld.



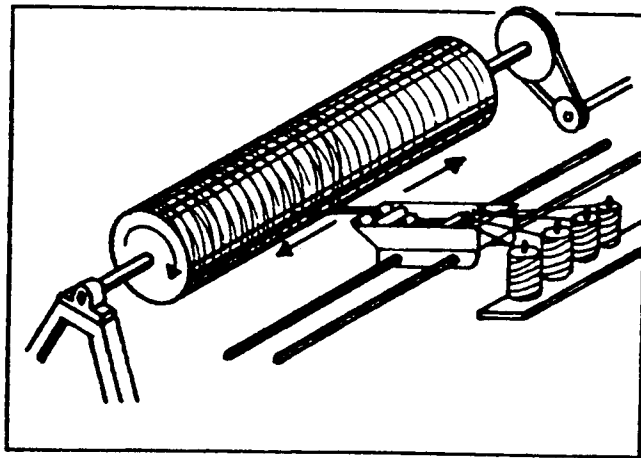
Figuur 2.3: Schematische voorstelling van de spuittechniek.

Met name gelcoat kan goed verspoten worden, maar ook voor de verwerking van versterkte polyesterharsen is de spuittechniek goed te gebruiken. Er worden diverse spuittechnieken toegepast. De hars kan volledig vermengd worden verspoten, waarbij de hars extra wordt verdund met oplosmiddel. Ook kunnen de hars en de verharder via twee spuitkoppen of een mengkamer in het spuitpistool tijdens het spuiten vermengd worden. Bij deze twee spuittechnieken wordt het versterkingsmateriaal zoals bij de handverwerking op de mal gebracht. Een derde veel gebruikte spuittechniek is die waarbij de glasvezel mee wordt verspoten. Hierbij wordt roving over het pistool geleid, tot stukjes van 2-5 cm gehakt bij de spuitkoppen en

met de hars mee op de mal geblazen. Bij iedere laag wordt na het spuiten de harslaag gerold om onregelmatigheden te verwijderen en lucht te verdrijven.

Wikkelen

In figuur 2.4 is de wikkeltechniek schematisch weergegeven.



Figuur 2.4: Schematische voorstelling van de wikkeltechniek.

Voor de produktie van cilindrische voorwerpen zijn wikkelmachines gemaakt. Hierbij wordt een lineair versterkingsmateriaal, meestal roving, met hars geïmpregneerd en op een draaiende cylinder gewikkeld. De impregnering kan verkregen worden door de versterkingsvezel door een harsbad te leiden, maar ook door de hars op de roving te spuiten. Bij iedere laag moet de hars worden gerold om overtollige hars en lucht te verwijderen. Dit rollen kan handmatig gebeuren maar ook semi-automatisch.

2.3 Belastende factoren

De volgende chemische en fysische belastende factoren zijn in de versterkte polyesterbouw aan te treffen:

Styreen

Bij de open processen is styreen als belangrijke belastende faktor te noemen. De blootstelling aan styreen is niet alleen tijdens de verwerking mogelijk maar ook daarna tijdens het hardingsproces. Tijdens het opbrengen van de hars en het uitrollen bevindt de werknemer zich op korte afstand van het produkt, waardoor een reële kans op blootstelling bestaat. Tijdens het uitharden hoeft de werknemer niet meer aan het produkt zelf te werken, maar de werknemers bevinden zich meestal nog wel in dezelfde ruimte als waar de uitdamping plaatsvindt, zodat ook tijdens dit proces blootstelling aan styreen te verwachten is. De mate van blootstelling is afhankelijk van een aantal factoren, die te vatten zijn onder emissie, immissie en bescherming van de werknemer tegen blootstelling.

Emissie

De emitterende bron(nen) bepaalt (bepalen) de grootte van de potentiële concentratie in de werkruimte. De emissie is afhankelijk van de hoeveelheid hars die verwerkt wordt in combinatie met de grootte van het oppervlak waarop de hars wordt aangebracht en van de toegepaste verwerkingstechniek. De hoeveelheid hars is gerelateerd aan de dikte van de laag; deze kan niet onbeperkt dik zijn. Ook de samenstelling van de hars bepaalt de grootte van de emissie, het percentage styreen kan per harssoort of gebruiksdoel verschillend zijn. Het spreekt voor zich dat bij eenzelfde hars-samenstelling en bedekkingsgraad de emissie vanuit grote voorwerpen groter zal zijn dan bij kleine.

Immissie

De werkelijke in de werkruimte aanwezige concentratie is afhankelijk van de grootte van de emissiebron(nen) en de mogelijkheden om de verdampte styreen af te voeren. Het gebruik en het effect van ventilatie- en afzuigvoorzieningen en de mogelijkheden tot het afschermen van het produkt bepalen mede de hoogte van de concen-

tratie in de werkruimte.

Blootstelling van de werknemer

De concentratie die de werknemer kan inademen is afhankelijk van de immissieconcentratie, de kans op blootstelling en de mogelijkheden tot bescherming. De functie cq. taken van de werknemer, de frequentie en duur van de werkzaamheden, de individuele werkwijze, het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen en de in acht genomen hygiëne bepalen de feitelijke blootstelling van de werknemers.

Oplosmiddelen

Voor het ontvetten van de mal, het reinigen van gereedschap en vaak ook voor het reinigen van de handen worden oplosmiddelen als DCM, aceton en soms styreen gebruikt. Blootstelling aan deze oplosmiddelen is mogelijk tijdens het uitvoeren van deze activiteiten en wanneer voorraden in de werkruimten open aanwezig zijn. De mate van blootstelling zal ook hier weer afhankelijk zijn van de emissiebronnen, de immissie en de bescherming van de werknemer tegen de blootstelling. Er is hier niet alleen sprake van inhalatoire maar ook van dermale blootstelling.

Peroxiden

De blootstelling aan peroxiden zal gering zijn, omdat deze stoffen slechts in kleine hoeveelheden als harder aan de hars worden toegevoegd. De peroxiden zijn echter uiterst reaktief en irriterend voor huid en ogen. De wijze waarop met peroxiden wordt omgegaan (de methode om een hoeveelheid peroxide af te meten, het toevoegen aan de hars) en het gebruik van gelaatsscherm en handschoenen bepalen mede de kans op blootstelling.

Stof

Het knippen van de glasvezelweefsels en de verwerking ervan is een bron van stof. De glasvezels komen op en onder de kleding terecht en hebben een irriterend effect (lichte huidbeschadiging). De expositie aan glasvezelstof hangt sterk af van de gebruikte verwerkingstechniek.

Andere stofbronnen worden gevormd door schuur- en slijpwerkzaamheden tijdens de afwerking van de produkten. De eventueel gebruikte vulstoffen zijn over het algemeen betrekkelijk onschuldig. Het gaat vaak om talk, kwartsmeel en diatomeeënaarde. Het gebruik van deze middelen is beperkt. De mogelijke risico's worden vooral bepaald door het eventueel aanwezige asbest in talk en het respirabele kwartsstof in de vulstoffen.

Lawaai

De schuur- en slijpparaatuur die gebruikt wordt bij de afwerking van de produkten veroorzaakt een lawaai-belasting, evenals het verspuiten van de hars.

Overige belastende factoren

Veel versnellers zijn al aan de hars toegevoegd voordat de hars toegeleverd wordt. De cobaltzouten kunnen een allergische reactie oproepen, al lijkt dit bij het gegeven beperkte gebruik geen groot risico.

De pigmenten worden veelal als pasta verwerkt. In een aantal gevallen wordt de gelcoat gepigmenteerd aangekocht. Het risico zal dus beperkt zijn.

3. DE BEDRIJFSTAK

De versterkte polyesterbouw, met een jaarlijks verbruik van ca. 10.000 ton onverzadigde polyesterhars, omvat ca. 200 bedrijven waaronder vele kleine tot zeer kleine. Deze zijn in het algemeen niet aangesloten bij een Bedrijfsgezondheidsdienst (BGD). Met name de grote bedrijven zijn aangesloten bij de Nederlandse Federatie voor Kunststoffen (NFK). In totaal betreft het een veertigtal bedrijven met naar schatting 40% van de werknemers in deze industrietak.

De opbouw van de bedrijfstak is qua verbruik van de hars ongeveer als volgt (bron: NFK):

hars/jaar

< 1 ton	: Dit vindt plaats in bedrijven die niet onder de polyesterbouw zijn te rangschikken. Het gaat veelal om incidentele toepassingen.
1 - 10	: ca. 85 bedrijven
10 - 30	: ca. 40 bedrijven
30 - 100	: ca. 50 bedrijven
100 - 500	: ca. 20 bedrijven
> 500	: ca. 5 bedrijven.

In de versterkte polyesterbouw werken 2200-2500 werknemers, waarvan ca. 400 met als hoofdtaak 'handlamineerder' (handlay-up), ca. 150 als 'spuiter' en ca. 50 als 'wikkelaar'. Naar schatting zijn ca. 700 werkers daadwerkelijk werkzaam met hars en komen 1500-1700 werkers in contact met styreendamp tengevolge van de werkzaamheden.

Circa 90% van de bedrijven in de vezelversterkte polyesterbouw heeft minder dan 10 werknemers. De te onderzoeken populatie omvat de werknemers in de bedrijven die gebruik maken van open processen met als verwerkingstechniek handverwerking, spuiten en/of wikke-

len. Onderscheid is gemaakt tussen (grote) bedrijven met meer dan tien werknemers en (kleine) bedrijven met minder dan tien werknemers en een harsverbruik van minder dan 50 ton per jaar. Het onderscheid is gemaakt omdat door het verschil in financiële mogelijkheden verwacht werd dat de grotere bedrijven betere of meer geavanceerde maatregelen kunnen treffen om de belasting aan risicodragende factoren te minimaliseren, cq. te elimineren, zodat het gezondheidsrisico voor deze werknemers lager zou kunnen zijn dan voor de werknemers in de kleinere bedrijven. Van de andere kant kan de verwerking van grotere hoeveelheden hars per dag de balans m.b.t. de hoogte van de blootstelling in negatieve zin naar de grotere bedrijven doen omslaan.

Ter voorbereiding op het onderzoek is in één groot bedrijf een vooronderzoek uitgevoerd. In het uiteindelijke onderzoek zijn vier grote bedrijven opgenomen die één of meer van de open technieken toepasten, een grote produktie hadden en aangesloten waren bij een BGD. In twaalf kleine bedrijven waar minimaal één open techniek werd toegepast zijn oriënterende werkplekbezoeken verricht.

4. ONDERZOEKSOPZET

In een viertal grote bedrijven is een gedetailleerd kwantitatief onderzoek verricht naar de blootstelling aan styreen en minder gedetailleerd naar de blootstelling aan oplosmiddelen, stof, peroxiden en geluid en de betekenis hiervan voor de gezondheid van de werknemers. Vervolgens is met de kennis opgedaan in deze onderzoeken een kwalitatief onderzoek verricht in twaalf kleine bedrijven, waarbij vooral aandacht is geschonken aan de verschillen van deze bedrijven met de grote.

4.1 Onderzoek in de grote bedrijven

In deze paragraaf worden voor de omgevingsmonitoring, de biologische monitoring en het vragenlijstonderzoek achtereenvolgens de onderzoeksstrategie en de toegepaste materialen en methoden beschreven.

4.1.1 Onderzoeksstrategie

Omgevingsmonitoring

Het onderzoek werd uitgevoerd in het winterseizoen 1985-1986. Aangezien deze bedrijven geen serieproductie hebben en een grote variatie vertonen in de factoren die de blootstelling bepalen, is de kans groot dat bij een aselechte keuze van de meetdagen, bepaalde factoren te weinig of niet zouden voorkomen. De keuze werd daarom bepaald door het productieprogramma van het bedrijf. Voorwaarde was dat de te onderzoeken verwerkingstechnieken zoveel mogelijk werden toegepast.

Ter bepaling van de tijdgewogen gemiddelde (TGG) blootstellings-

concentratie van styreen over een werkdag zijn gedurende drie werkdagen in een tijdsbestek van maximaal twee weken persoonlijke monsternemingen (PAS-metingen) verricht bij alle werknemers werkzaam in de produktieruimten van de bedrijven. Per meetdag is per werknemer gedurende de gehele expositieduur, verdeeld over twee aaneengesloten nagenoeg gelijke perioden (ochtend, middag), gemeten. Op enkele vaste plaatsen in de werkruimten zijn gedurende alle meetdagen concentratiemetingen verricht. Deze gegevens kunnen onder meer dienen als referentie voor de in de werkruimte geldende condities tijdens de verschillende meetperioden en kunnen inzicht verschaffen in achtergrondniveaus. Om inzicht te krijgen in de hoogte van optredende piekconcentraties zijn activiteiten geselecteerd waarvan verwacht werd dat hierbij piekconcentraties optreden en tijdens deze activiteiten is met direkt registrerende apparatuur de momentane concentratie gemeten. Om te kunnen aangeven welke bronnen (het meest) een bijdrage leveren aan de blootstelling van styreen zijn de volgende gegevens in kaart gebracht:

- het productieproces (produkttype, verwerkingstechniek, toegepaste grond- en hulpstoffen);
 - de functies van de werknemers met bijbehorende taken;
 - het gebruik van ventilatie en afzuigvoorzieningen;
 - de hoeveelheid verbruikte hars per jaar;
- en per werknemer, per halve dag (duur van een meting):
- het gebruik van beschermende middelen;
 - de persoonlijke hygiëne;
 - de verrichte werkzaamheden;
 - de verbruikte hoeveelheid hars.

Gedurende één meetdag per werknemer werd de gemiddelde blootstellingsconcentratie van DCM gemeten met een PAS-methode. Tijdens enkele mechanische bewerkingen zijn indicatieve metingen verricht van de respirabele stofconcentraties en geluidsniveaus.

Biologische monitoring

De deelnemers aan het onderzoek hebben op elke onderzochte werkdag, aan het einde van het werk, een urinemonster verzameld. Hierbij werd gestreefd naar een urinemonster verzameld over de laatste drie à vier uur. In één van de bedrijven hebben de deelnemers alle urine verzameld over 24 uur, vanaf het begin van de werkdag tot het begin van de volgende werkdag. In de urine werden amandelzuur en fenylglyoxylzuur bepaald, twee metaboliëten van styreen. De gekozen vorm van biologisch monitoring werd onderzocht op de gebruiksmogelijkheden voor de bedrijfsgezondheidszorg.

Gezondheidsklachten

Vragen zijn gesteld over de algemene gezondheid, gezondheidsklachten tijdens het werk en vragen over het werk zelf om een mogelijke relatie tussen belastende factoren en ervaren gezondheid te onderzoeken.

Voor het vragenlijstonderzoek is gebruik gemaakt van de vragenlijst voor "onderzoek naar werk en ervaren van gezondheidstoestand" (NIPG-TNO). In deze vragenlijst wordt geïnformeerd naar de gezondheidsklachten tijdens het werk en naar gezondheidsklachten in het algemeen. Tevens wordt gevraagd naar de mate van blootstelling aan stof en damp, naar de wijze waarop de arbeidshygiëne in acht wordt genomen en naar rookgewoonten en alcoholgebruik. Tenslotte worden vragen gesteld over de arbeidsomstandigheden en het werk in het algemeen.

De vragenlijst is gebruikt bij een onderzoek in een grote verf-fabriek. In dat onderzoek werden 143 Nederlandse mannen, die waren blootgesteld aan pigmentstoffen en/of dampen van oplosmiddelen, vergeleken met een controlegroep van 111 Nederlandse mannen die niet waren blootgesteld aan verfwaren. Alle personen in dat onderzoek waren werkzaam in de produktiesector van het bedrijf. De personen in de controlegroep waren niet rechtstreeks betrokken bij de produktie van verf. Zij werkten in afdelingen met een magazijn- of

onderhoudsfunctie, werkten bij de bewaking, of waren betrokken bij de planning, de expeditie of de inkoop. In het onderhavige onderzoek diende bovengenoemde groep van 111 personen als controle-groep.

Indien daartoe op individuele basis aanleiding was heeft een TNO-arts gegevens doorgenomen met de betrokken bedrijfsarts.

4.1.2 Materiaal en methoden

Omgevingsmonitoring

Persoonlijke monsterneming door middel van een passieve methode werd per werknemer op drie meetdagen uitgevoerd m.b.v. een gas-difussiebadge ('Organic Vapor Monitor'). Deze badge wordt door de werknemers aan de revers gedragen en bestaat uit een houder met een laagje aktieve kool en een kunststofmembraan. Organische verbindingen, waaronder styreen, bereiken via diffusie het laagje aktieve kool en worden daar geadsorbeerd. Daarnaast werd gedurende een meetdag gebruik gemaakt van aktieve monsterneming met een adsorptiebuisje dat aktieve kool bevat. Dit werd eveneens op de revers gedragen. Hierbij werd ca. 100 ml lucht per minuut door het buisje geleid m.b.v. een batterijpompje. Op deze wijze kan naast het bepalen van de styreenconcentratie een betrouwbare meting van DCM worden uitgevoerd. Op enkele vaste meetplaatsen in de werkruimten zijn met de aktieve en de passieve monstermethode concentratiemetingen van styreen en DCM verricht.

In het laboratorium werden de badges en adsorptiebuizen gedesorbeerd met zwavelkoolstof. Het eluaat werd gaschromatografisch geanalyseerd. Detectie geschiedde met een vlamionisatiedetector. De relatieve standaardafwijking van de chromatografische analyse bedroeg ca. 5%. Volgens een evaluatie van de werking van diffusiebadges voor styreen dienen de resultaten van de badge gecorrigeerd te worden met een faktor 1,22 en bedraagt de afwijking tussen adsorptiebuis en badge na correctie ca. 15% (Ravensberg en Geuskens 1987). De fout bij de batterijpompjes is ca. 10%.

Voor het bepalen van de stofconcentratie tijdens het afwerken werden de werkers uitgerust met een draagriemstel voorzien van een batterijpompje dat via een slang verbonden was met een filterhouder met filter. De filterhouder werd ter hoogte van de revers gedragen. De luchtmonstersnelheid in de aanzuigopening was 1,25 m/s, bij een debiet van 2,0 l/min. Voor het bepalen van de concentraties totaal inhaleerbaar stof zijn glasvezelfilters gebruikt. Voor het verzamelen van deeltjes voor een bepaling van de grootteverdeling en de verhouding glasvezelstof/harsstof zijn membraanfilters gebruikt. De respirabele stofconcentratie (stofdeeltjes <5 μm) werd gemeten met een respirabel-stofmonitor. De deeltjesgrootteverdeling werd bepaald d.m.v. microscopische analyse bij een vergroting van 500x en fasecontrastbelichting.

Met behulp van direct registrerende apparatuur (infrarood-gas-detector) werd op verschillende plaatsen en tijdstippen de styreenconcentratie gemeten. Tijdens enkele mechanische bewerkingen zijn indicatieve geluidsmetingen verricht. Met behulp van een thermohygrograaf werd een indruk verkregen van de temperatuur en de relatieve vochtigheid gedurende de metingen in een werkruimte. Met behulp van een hittedraadanemometer zijn luchtsnelheden gemeten in de aanzuigvlakken van de verschillende ruimtelijke en gerichte lokale afzuigsystemen, ter bepaling van de afzuigdebieten.

In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de gebruikte apparatuur.

Biologische monitoring

Urinemonsters werden na inzameling diepgevroren (-20 °C) en bewaard tot analyse in het laboratorium.

Omdat de hoeveelheid urine die per tijdseenheid het lichaam verlaat afhankelijk is van factoren als stress en de hoeveelheid vocht die wordt geconsumeerd, zijn de analysegegevens van de metabolieten gecorrigeerd via het kreatininegehalte dat in hetzelfde urinemonster werd bepaald. Beide concentraties werden op elkaar gedeeld.

Tabel 4.1: Apparatuur gebruikt tijdens het arbeidshygiënisch onderzoek in de grote bedrijven

Meting	Instrument	Merk	Type	Opmerkingen/ Meetprincipe
styreen	Miran gasanalysator	Foxboro	1B	infrarood- adsorptie
styreen	diffusiebadge	3M	3500	adsorptie aan aktieve kool
styreen + dichloor- methaan	koolbuis + PAS-pompje	SKC Gilian	jumbo LFS	adsorptie aan aktieve kool constant flow ca. 100 ml/min
totaal stof	glasvezel- filter + PAS-pompje	Gelman Du Pont	AE P 2500	constant flow, 2,0 l/min.
respirabel stof	idem + vooraf- scheider Tyndallo- meter	idem Casella Hund	idem TM digi- tal μ P	1,9 l/min. lichtver- strooiing
geluid	geluidsniveau- meter	Brüel en Kjaer	2225	-
T en RV	thermohygro- graaf	Thies	-	-
luchtsnel- heid	anemometer	Alnor	GGA-65	hittedraad

Het gehalte aan amandelzuur in urine werd bepaald met behulp van capillaire gaschromatografie, na zure extractie en silylering. Fenylglyoxylzuur werd bepaald na reductie met zink tot amandelzuur. De detektie vond plaats met behulp van vlamionisatie. Voor de analyse werd fenylmelkzuur als interne standaard gebruikt. De interdag variatiecoëfficiënt van de bepaling bedroeg ca. 7 %. Kreatinine vormt in alkalisch milieu een gekleurd complex met pikrinezuur. De gevormde kleur is een maat voor de hoeveelheid kreatinine die in het urinemonster aanwezig is. De interdag variatiecoëfficiënt van de spectrofotometrische bepaling is 1 à 2 %.

4.2 Onderzoek in de kleine bedrijven

Op basis van de resultaten uit de onderzoeken in de grote bedrijven zijn de factoren die bepalend zijn voor de emissie, immissie en uiteindelijke blootstelling verwerkt in een dataformulier. In de kleine bedrijven zijn hierop de gegevens voor die factoren ingevuld en zijn bij enkele karakteristieke werkzaamheden direkt registrerende metingen uitgevoerd.

4.2.1 Onderzoekstrategie

Om de arbeidsomstandigheden in de kleine polyesterbedrijven te kunnen beoordelen en om vast te stellen of deze al dan niet overeenkomen met die in de grote bedrijven, is een inventariserend en kwalitatief onderzoek uitgevoerd in de vorm van "walk through surveys".

Aan de hand van gegevens van ca. zestig bedrijven, verkregen via de Districten van de Arbeidsinspectie, harsfabrikanten en harsdistributeurs, betreffende het aantal produktiewerknemers, het harsverbruik, de toegepaste techniek(en), het type produkt(en) en de behuizing werd een selectie gemaakt. Getracht werd de meest voor-

komende praktijkvarianten in het onderzoek te betrekken. Het aantal geselecteerde bedrijven bedroeg dertien. Twaalf hiervan verleenden medewerking; dit is ca. 7% van het geschatte totale aantal kleine polyesterbedrijven. Een overzicht van de in het onderzoek opgenomen bedrijven wordt gegeven in bijlage 1.

4.2.2 Materiaal en methoden

Ten behoeve van een systematische en eenduidige uitvoering van de surveys werd een checklist samengesteld aan de hand van de opgedane ervaringen bij de kwantitatieve onderzoeken in de grote bedrijven. In bijlage 2 is een overzicht gegeven van de vorm waarin de factoren in de checklist zijn opgenomen. De gegevens zijn verzameld via een contactpersoon uit het bedrijf, door eigen waarnemingen en door incidenteel uitgevoerde (indicatieve) metingen. Indicatieve metingen werden uitgevoerd m.b.t.:

- styreenconcentraties;
- lawaaiexposities;
- ventilatieomstandigheden (luchtsnelheden en -stromingspatronen).

Hierbij werd het in tabel 4.2 genoemde instrumentarium gehanteerd.

Tabel 4.2: Apparatuur gebruikt tijdens het onderzoek in de kleine bedrijven.

Meting	Instrument	Merk en type	Meetprincipe
styreen	Miran-gasana- lyerator	Foxboro, 1B	infraroodab- sorptie
lawaai	geluidsniveau- meter	Brüel en Kjaer, 2225	microfoon met A-filtratie
luchtsnelheid	anemometer	Alnor, GGA-65	hittedraad
luchtstroming	rookbuisjes	Dräger, CH216	(visueel)

5. GEZONDHEIDSRISICO'S VAN STYREEN

Het gezondheidsrisico van styreen wordt bepaald door de mate (frequentie en duur) van blootstelling en de effecten die bij een bepaalde mate van blootstelling optreden. In dit hoofdstuk wordt eerst een literatuuroverzicht gegeven van de gezondheidseffecten en de concentraties die daarvoor verantwoordelijk zijn. Vervolgens wordt de mate van blootstelling van de werkers in de polyesterbouw besproken. In een aparte paragraaf worden de bevindingen besproken van het onderzoek naar gezondheidsklachten bij werknemers in vier grote bedrijven. Tot slot worden de gevonden blootstellingsniveaus gerelateerd aan de (eventueel verlaagde) MAC-waarde.

5.1 Effecten van styreen (WGD 1988)

De meest op de voorgrond tredende effecten van styreen in de toxicologische en epidemiologische literatuur zijn de acute effecten op het centrale zenuwstelsel. Dit soort effecten is zeer uitvoerig bestudeerd. Naast het optreden van acute irritatie van ogen en ademhalingswegen ($\geq 800 \text{ mg/m}^3$) zijn de effecten van (pre)narcotische aard het meest bestudeerd. Hierbij doet zich de vraag voor of ieder meetbaar effect ook als 'adverse effect' geïnterpreteerd moet worden. De laagste concentratie waarbij subjectieve klachten zijn vermeld is 84 mg/m^3 . Recent zijn in een onderzoek bij concentraties tot 54 mg/m^3 geen subjectieve klachten aangetoond.

Cognitieve functies zoals het logisch geheugen, het visuoconstructieve vermogen en het verbale leervermogen worden beïnvloed bij blootstellingen aan ca. 210 mg/m^3 of hoger gedurende een werkdag. Effecten op het verbale leervermogen zijn in hetzelfde onderzoek waargenomen bij gemiddelde blootstellingen aan 105 mg/m^3 . Veranderingen in de electrofysiologische component van deze effecten, nl.

in het EEG, zijn waargenomen bij een gemiddelde blootstelling vanaf ca. 140 mg/m^3 .

Styreen vertoont slechts na metabole aktivering en in hogere concentraties een geringe mutagene werking. Styreen-7,8-oxide, een belangrijk intermediair in de biotransformatie van styreen, is daarentegen wel een potent direkt werkend mutageen dat zowel genmutaties als structurele chromosoomafwijkingen kan induceren. Het metaboliet is mogelijk verantwoordelijk voor de mutageniteit van styreen na metabole aktivering. Uit epidemiologisch onderzoek blijkt dat het aantal chromosoomafwijkingen in perifere lymfocyten bij werkers in de polyesterindustrie verhoogd is. Bij werkers in de styreen- en polystyreenproduktie werd dit verschijnsel niet waargenomen.

Een commissie van de Gezondheidsraad en de WGD zijn van oordeel dat noch dierexperimenteel noch epidemiologisch onderzoek aanwijzingen heeft gegeven voor carcinogene eigenschappen van styreen.

Gebaseerd op het beperkte onderzoek naar de effecten van styreen op de voortplanting en het nageslacht kan geen conclusie worden getrokken ten aanzien van dergelijke effecten van styreen.

Effecten op leverparameters treden op bij concentraties van ca. 150 mg/m^3 of hoger; de funktionele waarde van deze enzymveranderingen is moeilijk te interpreteren en kan vermoedelijk gezien worden als fysiologisch, in plaats van als een 'adverse' effect.

In figuur 5.1 zijn de in de literatuur gevonden effecten van styreen met de daarvoor verantwoordelijke concentraties samengevat. Op grond van de beschikbare humane gegevens zou de 'no-effect level' (NEL) voor styreen een tijdgewogen gemiddelde concentratie over 8 uren per werkdag van 85 mg/m^3 (20 ppm) zijn.

<u>Piekbelasting</u>	ppm (mg/m ³)	<u>Gemiddelde belasting</u>
	1000 (4200)	
	900	
ernstige irritatie van ogen en slijmvliezen en effecten op CZS	800	
	700	
	600	
	500 (2100)	
misselijkheid, dronken gevoel en reversibele CZS-stoornissen	400	
gestoorde oogbeweging(CZS)	300	
neusirritatie, reaktiesnelheid en verstoorde balans	200	neuroëndocrine systeem
	100 (420)	
	90	
	80	
	70	
	60	
	50 (210)	chromosoomaberraties en SCE's
	40	
	30	EEG
	25	lever(?), CZS (neuropsychologisch)
	20 (84)	subjectieve klachten (CZS)
	10	
	0	

Figuur 5.1: Effecten van styreen bij de mens. Aangegeven zijn de blootstellingsniveaus waarbij effecten zijn beschreven. CZS = centraal zenuwstelsel; SCE's = 'sister chromatid exchanges'; EEG = electroëncefalogram.

5.2 De blootstelling aan styreen in de polyesterbouw

In de grote bedrijven verrichten de werkers specifieke taken die functiegebonden zijn, zodat de mate van blootstelling voornamelijk per functie bepaald is. De volgende functies zijn in deze bedrijven te onderscheiden:

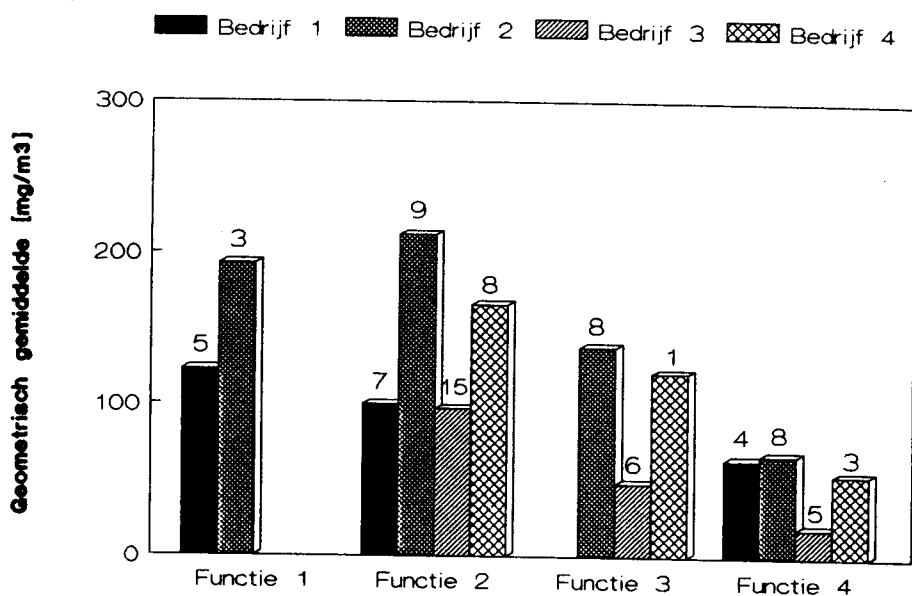
- **wikkelaars**, werkers die voornamelijk wikkelerwerk verrichten;
- werkers die voornamelijk **handlay-up** werkzaamheden verrichten aan **grote produkten** met aanzienlijke hoeveelheden hars;
- **sputters**, werkers die voornamelijk spuitwerkzaamheden verrichten;
- werkers die voornamelijk **handlay-up** werkzaamheden verrichten aan **kleine produkten**, herstellwerkzaamheden en afwerking verrichten met kleine hoeveelheden hars;
- werkers die in de ruimte werken waar hars verwerkt wordt, maar zelf **geen hars verwerken**. Deze werkers verrichten voorbereidende werkzaamheden (o.a. mallen maken, glasvezel knippen) en de afwerking van de produkten (o.a. monteren, schuren).

In de onderzochte bedrijven kwamen vrijwel geen werkers voor die alleen de functie van spouter hadden. Zij verrichten altijd daarnaast ook handlay-up werkzaamheden aan grote produkten. Daarom zijn deze twee functies voor de interpretatie van de resultaten in één functiegroep samengenomen. In het volgende zal de indeling in functies zijn:

- wikkelaar (functie 1); deze functie wordt alleen in de bedrijven 1 en 2 uitgevoerd;
- handlay-up groot en spuiten (functie 2); het spuiten wordt alleen in bedrijf 3 en 4 uitgevoerd;
- handlay-up klein (functie 3);
- werkzaamheden anders dan met hars (functie 4).

In figuur 5.2 wordt de mate van blootstelling voor de vier functies in de vier bedrijven aangegeven. In deze figuur is de geometrisch gemiddelde (GM) blootstelling van de werkers over een

achturige werkdag per bedrijf weergegeven. De functies 1 en 2 zijn met een gemiddelde blootstelling tussen 123 en 193 mg/m^3 respectievelijk tussen 97 en 212 mg/m^3 de functies met de hoogste blootstelling.



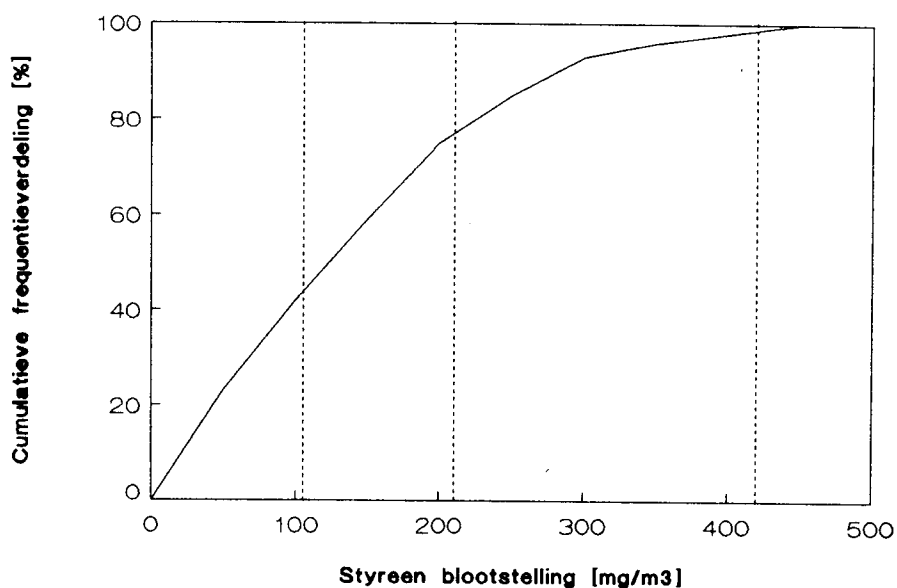
Figuur 5.2: Geometrisch gemiddelde blootstelling aan styreen per functie per bedrijf. Functie 1: wikkelaar; functie 2: handlay-up groot en spuiten; functie 3: handlay-up klein; functie 4: geen werkzaamheden met hars. De getallen geven de populatiegrootte weer waarvoor de GM is bepaald.

In bijlage 3 zijn de GM, de geometrische standaarddeviatie (GSD) en het aantal personen (n) vermeld. Voor de berekeningen werden de gemiddelde resultaten van de drie meetdagen per werker gebruikt.

In bijlage 4 is per bedrijf een overzicht gegeven van de verschillen tussen de functies voor wat betreft de blootstellingsniveaus. Naast het verschil in de mate van blootstelling per functie bestaan er ook verschillen in de mate van blootstelling per bedrijf (zie bijlage 4). Bedrijf 3 kan als bedrijf met de laagste gemiddelde blootstelling per functie worden geclassificeerd en bedrijf

2 als bedrijf met de hoogste gemiddelde blootstelling per functie.

Uitgaande van de gezondheidskundige grenswaarde van 85 mg/m^3 kan uit figuur 5.2 geconcludeerd worden dat voor alle vier de bedrijven en, op één uitzondering na, voor alle vier de functies een gezondheidsrisico bestaat als gevolg van blootstelling aan styreen. De blootstellingsconcentraties liggen in het gebied waarvoor in de literatuur subjectieve klachten en objectief meetbare effecten op het centrale zenuwstelsel en het chromosoom gevonden zijn. Uit de frequentieverdeling van alle waarnemingen (zie figuur 5.3) is te zien dat er ook gemiddelde blootstellingsconcentraties over een werkdag (TGG 8 u) voorkomen van rond de 400 mg/m^3 . Op de effectenladder (figuur 5.1) is aangegeven dat bij dergelijke concentraties effecten op het neuroëndocriene systeem zijn gevonden.



Figuur 5.3: Cumulatieve frequentieverdeling van alle gemeten TGG(8 uur)-blootstellingsniveaus van styreen.

In tabel 5.1 zijn de hoogste concentraties van kortdurende metingen (minimaal 5 minuten) weergegeven van werkzaamheden met relatief hoge blootstellingsconcentraties van styreen. Bij nagenoeg al deze werkzaamheden komen piekconcentraties voor waarbij in de literatuur acute effecten op het centrale zenuwstelsel (verstoord

evenwichtsgevoel, reaktiesnelheid, reversibele neurologische stoornissen), irritatie van de slijmvliezen, misselijkheid, dronken gevoel en gestoorde oogbeweging gevonden zijn.

Tabel 5.1: De hoogste gemeten concentraties styreen van kortdurende metingen (minimaal 5 min) tijdens verschillende werkzaamheden in de ademzone van de werknemer.

Werkzaamheid	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3	Bedrijf 4
schraperen (wikkelen)	880	1320		
bediening wikkelmach.	420	720		
gelcoat aanbrengen (handlay-up)		1000	400	850
gelcoat spuiten				1500
opbrengen hars	850	850	650	100
spuiten laminaat			850	1100
uitrollen laminaat	300	2500	400	400

In de twaalf kleine bedrijven is de gemiddelde concentratie per werkdag geschat. Deze schattingen liggen voor de verschillende bedrijven tussen de 100 - 400 mg/m³. Deze spreiding komt overeen met die van de blootstellingsconcentraties in de grote bedrijven. Er bestaan echter verschillen tussen de grote en kleine bedrijven waardoor de styreenproblematiek in de laatste anders is. In de kleine bedrijven kan geen sprake zijn van een indeling naar functie. Er zijn immers slechts enkele personen werkzaam die alle werkzaamheden (voorwerk, harsverwerking en afwerking) verrichten. Dit heeft tot gevolg dat de werkers de verschillende taken met en zonder hars afwisselen en niet gedurende de volle werktijd met hars omgaan, zoals dit voor de functies 1 en 2 in de grote bedrijven wel grotendeels het geval is. De hoeveelheid hars die per jaar verwerkt wordt is voor de kleine bedrijven over het algemeen aanzienlijk geringer (3 - 50 ton per jaar) dan in de vier grote be-

drijven (60 - 150 ton per jaar). In de kleine bedrijven worden dezelfde technieken toegepast (handlay-up en spuiten) als in de grote bedrijven. Het wikkelen kwam in de onderzochte kleine bedrijven niet voor. Het valt ook niet te verwachten dat wikkelmachines in andere kleine bedrijven met een laag harsverbruik voorkomen.

Met betrekking tot de handlay-up en spuitwerkzaamheden zijn in de kleine bedrijven piekconcentraties te verwachten die gelijk zijn aan de in tabel 5.1 genoemde concentraties voor grote bedrijven.

Gezien de vergelijkbare daggemiddelde concentraties en piekconcentraties in de kleine bedrijven kan geconcludeerd worden dat net als voor de grote bedrijven voor de kleine bedrijven een gezondheidsrisico t.a.v. genoemde effecten aanwezig is.

De aangegeven verschillen tussen de grote en kleine bedrijven resulteren voor de werkers in de kleine bedrijven in een gemiddeld blootstellingsniveau dat lager is dan dat voor de functies 1 en 2 in de grote bedrijven, maar hoger is dan het blootstellingsniveau bij de functies 3 en 4.

In tabel 5.2 is een overzicht gegeven van blootstellingsconcentraties gevonden in Nederlandse en buitenlandse literatuur. Alleen die referenties zijn meegenomen waarbij (de indruk verkregen is dat) tijdgewogen gemiddelde concentraties over de werkdag bepaald zijn. Uitgesloten zijn de gegevens verkregen uit buitenlandse literatuur waarvan duidelijk was dat het extreme situaties betrof die in Nederland niet voorkomen.

Er zijn twee onderzoeken (vertrouwelijk) in Nederlandse bedrijven aangetroffen; het betreft bedrijven die onder de categorie "groot" vallen (Rocchi 1985; Tuin, van der 1987). In vergelijking met de vier onderzochte bedrijven is de blootstellingsproblematiek duidelijk gunstiger (gemiddelde concentraties van ca. 60 mg/m^3). Het betrof bedrijven met een handlay-up techniek respectievelijk een wikkeltechniek. In het bedrijf waar vooronderzoek is uitgevoerd (Moerkerken 1983), werd de spuittechniek toegepast. De gemiddelde

Tabel 5.2: Overzicht van blootstellingsconcentraties van styreen uit de literatuur.

Produkt	Aantal bedrij- ven	Techniek	Concentra- tie (mg/m ³) (1)	Ventila- tievoor- zieningen (2)	Referenties
boten	1	handlay-up	60	+	Rocchi 1985
boten	7	handlay-up	125 - 520	-,o	Crandall 1985
dakcon- structies	1	spuiten	422	o	Moerkerken 1983
silo's	1	wikkelen	82	+	Tuin van der 1987
boten	7	spuiten	50 - 273	+,o	Crandall 1981
boten en allerlei	12	handlay-up + spuiten	164 - 852	o,+	Schumacher 1981
boten	11	handlay-up + spuiten	155 - 345	o,+	Lemaster 1985
allerlei	11	handlay-up + spuiten	21 - 255	o,+	Lemaster 1985
boten	1	handlay-up	500	-	Ikeda 1982
boten	1	handlay-up	273	+	Ikeda 1982
allerlei	10	handlay-up + spuiten	10 - 840	o	Guillemin 1982
vaten	1	?	32 - 85	?	Engström 1978

(1): Concentratie: Indien één bedrijf is aangegeven, dan geeft de concentratie het (geometrische) gemiddelde van de werknemers die met hars werken weer.

:Indien meerdere bedrijven zijn aangegeven, dan is als concentratie aangegeven het (geometrisch) gemiddelde van dat in het bedrijf met de laagste blootstelling en het gemiddelde van dat in het bedrijf met de hoogste blootstelling.

(2): + = effectieve ventilatievoorzieningen aanwezig.

o = ventilatievoorzieningen aanwezig, niet effectief.

- = geen ventilatievoorzieningen aanwezig.

blootstellingsconcentraties waren hier hoger dan in de onderhavige vier bedrijven, vooral door gebruikmaking van een lopende band systeem. Hierbij kan gedurende vrijwel de gehele werktijd worden gespoten.

Uit het overzicht van blootstellingsconcentraties blijkt verder dat in buitenlandse bedrijven (zowel kleine als grote) de spreiding van de gemiddelde blootstellingsconcentraties groter is dan in de Nederlandse situatie. De verschillen zijn toe te schrijven aan een combinatie van factoren die te maken hebben met de invulling en uitvoering van de bedrijfsvoering en met de ventilatie- en afzuigmogelijkheden. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de verschillen in de werkplekomstandigheden die leiden tot een verschil in blootstelling voor de werkers in de verschillende (kleine en grote) bedrijven.

5.3 Gezondheidsklachten met betrekking tot blootstelling aan styreen in de polyesterbouw (vragenlijstonderzoek)

Vrijwel alle werknemers die aan het onderzoek in de grote bedrijven hebben meegedaan, hebben de vragenlijst volledig ingevuld. Vanwege de vergelijkbaarheid met de controlegroep zijn alleen die vragenlijsten gebruikt, die ingevuld zijn door mannen van Nederlandse afkomst. Dit waren er in totaal 68.

De resultaten zijn per bedrijf geanalyseerd en in bedrijfsrapporten vastgelegd. Omdat deze groepen relatief klein waren, is de analyse herhaald voor de totale groep in vergelijking met de in hoofdstuk 4.1.1 genoemde controlegroep.

Het bleek dat de gemiddelde leeftijd van de onderzoeksgroep (33 jaar) laag was in vergelijking met die van de controlegroep (40 jaar). Er werden geen verschillen geconstateerd met betrekking tot het rookgedrag tussen de beide groepen. Wel bleek het alcoholgebruik bij de onderzoeksgroep iets hoger dan bij de controlegroep.

Het werk

De deelnemers zeiden vrijwel allen te zijn blootgesteld aan zowel "stof of poeder" als aan "gassen of dampen". Gezien de aard van de werkzaamheden is dit niet verrassend.

87% van de werknemers vermeldde dat zij de huid tijdens het werk meestal beschermden, o.a. door middel van het dragen van handschoenen en het gebruik van crèmes. Daarnaast vermeldde iedereen de handen regelmatig te wassen. Vrijwel allen zeiden dat te doen met water en zeep, maar ongeveer de helft van de deelnemers gaf aan daarvoor ook oplosmiddelen te gebruiken. Deze aantallen waren in de controlegroep uiteraard aanzienlijk lager.

Met betrekking tot de arbeidsomstandigheden werd relatief vaker geklaagd over gebrek aan frisse lucht, last van lawaai, hitte en temperatuurswisselingen tijdens het werk. Andere aspecten zoals kou en trillingen werden niet anders beoordeeld dan in de controlegroep.

Met betrekking tot de werkbeoordeling is met behulp van de verschillende vragen in de vragenlijst getracht onderscheid te maken tussen verschillende beoordelingsaspecten. Zo zijn de inhoud van het werk, de werkorganisatie, de werksfeer en de werkbelasting te onderscheiden. De onderzoeksgroep waardeerde de werksfeer, werkinhoud en de werkorganisatie duidelijk minder dan de controlegroep. De werkbelasting werd niet significant anders beoordeeld.

De gezondheid

Het percentage werknemers dat onder medische behandeling was verschilde niet tussen de onderzoeksgroep en de controlegroep. Dit geldt eveneens voor het aangegeven medicijngebruik.

Algemene klachten van neurasthene aard (vermoeidheid, prikkelbaarheid, concentratievermogen, geheugen, slaapstoornissen, depressie e.d.) binnen de onderzoeksgroep waren niet verschillend van die van de controlegroep.

In de vragenlijst werd tevens geïnformeerd naar klachten over

specifieke organen of orgaansystemen. Met name waren vragen opgenomen betreffende hartklachten, respiratoire aandoeningen, maagklachten, ontlastingsproblemen, mictieklachten, klachten over het zien, neurologische klachten, slijmvliesirritaties en huidaandoeningen. Verschillen tussen de onderzoeksgroep en de controlegroep met betrekking tot deze klachten werden alleen gevonden voor het zien en de slijmvliezen. In vergelijking met de controlegroep werd bij de onderzoeksgroep vaker geklaagd over het zien (minder goed zien; dubbel zien) en over de slijmvliezen (voornamelijk over jeukende ogen).

Tabel 5.3: Voorkomen van klachten over irritaties en (pre)narcose, die gekoppeld zijn aan het werk, bij de twee onderzoeksgroepen

Vraag	Controlegroep procent (n=111)			Expositiegroep procent (n=68)		
	nooit	soms	vaak	nooit	soms	vaak
<u>Irritatieklachten:</u>						
jeuk aan de huid	88	11	1	15	74	11
hoofdpijn	62	37	1	63	35	2
benauwdheid	92	6	2	79	21	0
oorsuizen	88	9	3	72	26	2
loopneus	91	8	1	72	21	7
branderige ogen	85	14	1	51	44	5
<u>(Pre)narcotische klachten:</u>						
misselijkheid	95	5	0	85	13	2
dronken gevoel	97	3	0	68	29	3
duizeligheid	87	12	1	72	28	0
verlies van evenwicht	92	8	0	74	26	0

Voorts werd gevraagd naar gezondheidsklachten die direct met het werk verband hielden. Hierbij werden door de onderzoeksgroep irritatieklachten genoemd zoals jeuk, last van branderige ogen en het optreden van een loopneus, alsmede last van benauwdheden en last van oorsuizen. Verder werd vaker vermeld dat men weleens een gevoel had van dronken zijn, van misselijkheid, duizeligheid en verlies van evenwicht. Deze frequentie van deze irritatieklachten en (pre)narcotische klachten zijn vermeld in tabel 5.3. 31% van de deelnemers in de onderzoeksgroep gaf aan dat ze als gevolg van klachten wel eens het werk tijdelijk hebben moeten verlaten. In de controlegroep was dit 9%. Hoewel dit niet is onderzocht, lijkt het redelijk om aan te nemen dat deze klachten verband houden met kortdurende, relatief hoge blootstellingen.

De bovengenoemde klachten zouden voor een deel kunnen worden teruggevoerd op verschillen in de achtergrondkenmerken: leeftijd, diensttijd en werkbeoordelingsaspecten. Voor wat betreft de gezondheidsklachten zijn de problemen met het zien in de onderzoeksgroep marginaal en de achtergrondkenmerken lijken hierop niet van belang. De verschillen in de slijmvliesirritaties (vnl. last van jeukende ogen) tussen de styreen-geëxponeerden en de controlegroep zijn ook niet groot. De duur van de arbeidsbetrekking blijkt hierop van invloed te zijn. De irritaties worden vooral genoemd door de personen die nog kort in dienst zijn.

Er lijkt een tendens te zijn dat bij blootstelling aan styreen op de langere termijn problemen met de ogen (slechter zien en jeukende ogen) optreden.

Duidelijker zijn de klachten die tijdens en direct na het werk worden aangegeven. Deze worden op geen enkele wijze beïnvloed door verschillen in achtergrondkenmerken en werkaspecten. Dat betekent dat de werknemers in de polyesterbouw aangeven last te hebben van irritatieklachten en klachten gerelateerd aan een (pre)narcotische werking van styreen. Bij de "open vragen" worden in dit verband vooral polyesterstof, styreendamp en damp van dichloormethaan als oorzaken aangeduid.

Nadere analyse

Naast de hierboven beschreven vergelijking met een controlegroep is ook getracht om binnen de geëxponeerde groep het klachtenprofiel te koppelen aan het niveau van blootstelling aan styreen. Op grond van de onderstaande indeling in blootstellingsgroepen is een analyse gemaakt.

De indeling in de blootstellingsgroepen is gemaakt, uitgaande van een geschatte gemiddelde blootstelling over langere tijd:

- 1) 'zeer hoog' (wikkelaars)
- 2) 'hoog' (spuiters, lamineerders van grote objecten)
- 3) 'laag' (overige harsbewerkers)
- 4) 'zeer laag' (overigen).

Omdat diverse gescoorde klachten waarschijnlijk zijn toe te schrijven aan kortdurende relatief hoge blootstellingen aan styreen is een tweede indeling gemaakt in drie groepen:

- a) 'hoge' piekbelastingen (wikkelen, spuiten, lamineren grote objecten)
- b) 'lage' piekbelastingen (overige harsbewerkingen)
- c) vrijwel geen piekbelastingen (overige werkzaamheden).

Overigens is er door de soorten werkzaamheden en de werkverdeling over de dag een grote mate van overlap tussen de beide indelingen. De indelingen zijn te beschouwen als indelingen waarbij de nadruk ligt op gemiddelde blootstelling, respectievelijk piekblootstelling.

Uit een variantieanalyse zijn op basis van de indelingen de volgende (significante) verschillen tussen de subgroepen gevonden.

Gemiddelde blootstelling

- Klachten over het zien worden vooral geuit door de groepen 1, 2 en 3. (Het betreft vooral klachten over dubbel zien of slecht zien).

- Niet-significante verschillen, die wel dosis-afhankelijk lijken te zijn, zijn gevonden voor de groep klachten die betrekking hebben op de motorische sensibiliteit (krachtverlies in ledematen, vreemde gevoelens (dofheid, tintelingen) in ledematen, e.d.).
- Niet-significante verschillen, die wel dosis-afhankelijk lijken te zijn, zijn ook gevonden voor het klagen over huidaan-
doeningen.

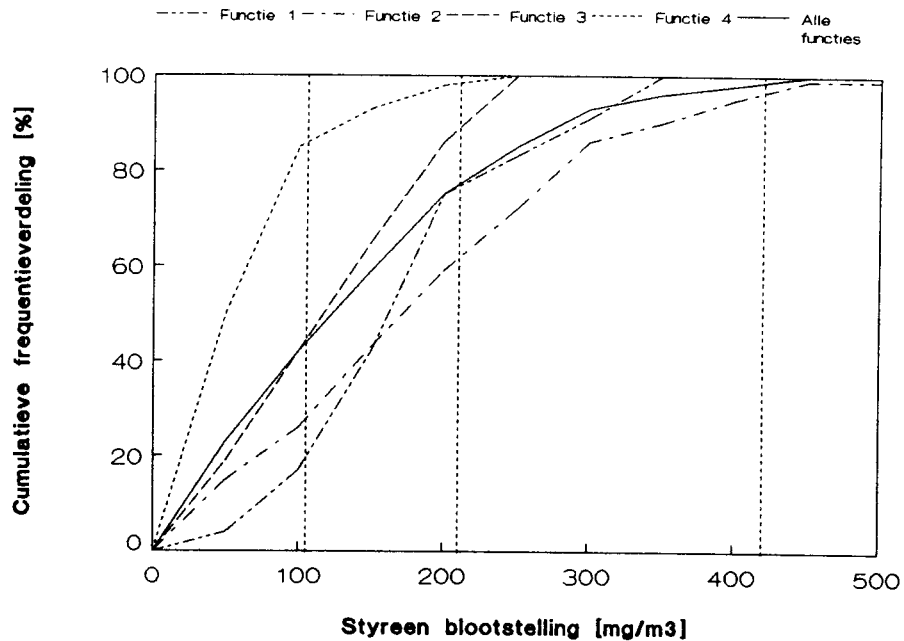
Piekblootstelling

Naast de effecten die ook zijn waargenomen bij de groepen die de gemiddelde blootstelling representeren, is bij de groepen met verschillen in acute blootstelling tevens een relatie met (pre)narcotische klachten tijdens of na het werk gevonden. De groepen a en b geven aan vaker (pre)narcotische klachten te hebben (misselijkheid, dronken gevoel, duizeligheid, gevoel van het evenwicht te verliezen).

Voor de hier beschreven nadere analyse is gebruik gemaakt van relatief kleine groepen werknemers. Dit is de reden dat in de beschrijving gebruik is gemaakt van kwalitatieve aanduidingen.

5.4 Overschrijding van de MAC-waarde

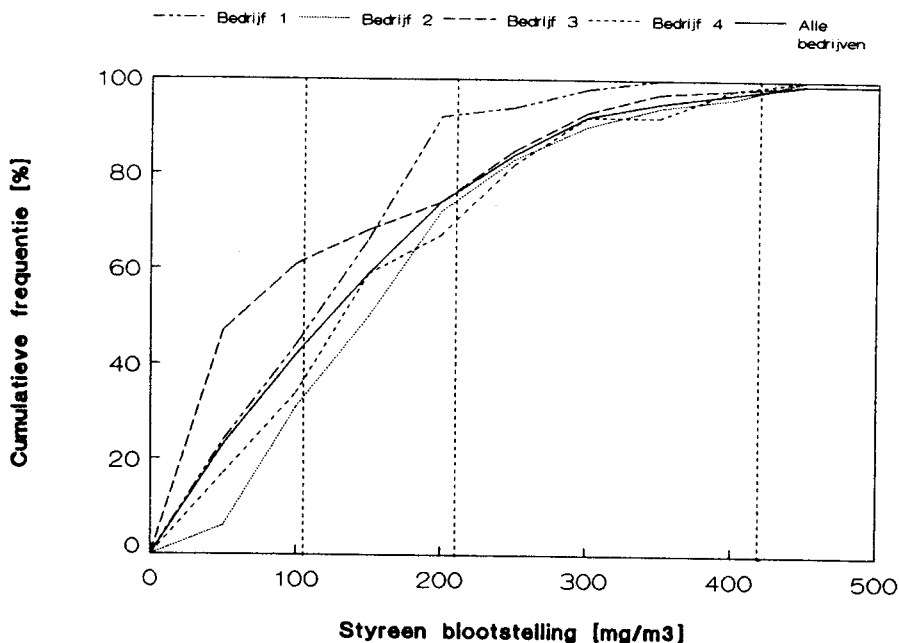
In de figuren 5.4 en 5.5 zijn cumulatieve frequentieverdelingen weergegeven van de gemiddelde blootstelling aan styreen (TTG-8) over de werkdag voor alle werkers, ingedeeld naar functie respectievelijk naar bedrijf.



Figuur 5.4: Cumulatieve frequentieverdeling van de TGG-blootstelling aan styreen per functie. (functie 1: wikkelaar; functie 2: handlay-up groot en spuiten; functie 3: handlay-up klein; functie 4: geen werkzaamheden met hars).

De waarden die overeenkomen met 0,25x, 0,5x en 1x de MAC-waarde van 420 mg/m^3 zijn als stippellijn aangegeven.

De cumulatieve frequentieverdelingen laten zien dat er gemiddelde blootstellingsconcentraties tot ca. 500 mg/m^3 voorkomen en dat er een grote spreiding is in de concentraties (TGG-8 uur) per functie (figuur 5.4). De spreiding wordt bepaald door de variaties in de duur van bepaalde werkzaamheden, het harsverbruik tijdens die werkzaamheden en mogelijk de werkmethode. De verdeling van werkzaamheden en harsverbruik wordt door het productiepakket bepaald en dit kan over een jaar sterk wisselend zijn. Figuur 5.5 laat zien dat er tussen de bedrijven een geringe spreiding in blootstellingsconcentratie is. In alle bedrijven komen relatief hoge



Figuur 5.5: Cumulatieve frequentieverdeling van de TGG-blootstelling aan styreen per bedrijf.

De waarden die overeenkomen met 0,25x, 0,5x en 1x de MAC-waarde van 420 mg/m^3 zijn als stippellijn aangegeven.

blootstellingen voor. Het 90% betrouwbaarheidsinterval van de kans op overschrijding van 105 , 210 en 420 mg/m^3 (0,25x, 0,5x en 1x MAC-waarde) is per functie en per bedrijf in bijlage 5 weergegeven.

De resultaten geven aan dat een verlaging van de MAC-waarde tot 85 mg/m^3 voor deze bedrijven (forse) overschrijdingen met zich meebrengen als geen veranderingen zouden worden doorgevoerd. De functies 1 en 2 hebben bij de huidige MAC-waarde reeds een reële kans op overschrijding. Bij verlaging van de MAC-waarde naar de helft of een kwart bestaat eveneens voor de overige functies (3 en 4) een reële kans op overschrijding van de MAC-waarde. Wanneer deze gegevens geïnterpreteerd worden voor de hele polyesterbouw, wordt geconcludeerd dat voor alle bedrijven, een enkele gunstige uitge-

zonderd, een verlaging van de MAC-waarde tot aanzienlijke normoverschrijding zal leiden. Uit de gegevens van hoofdstuk 5.1 wordt duidelijk dat bij de huidige gemiddelde blootstellingsniveaus effecten van styreen kunnen optreden. Tevens blijkt dat regelmatig concentraties voorkomen die tot het optreden van acute effecten aanleiding kunnen zijn (zie figuur 5.1).

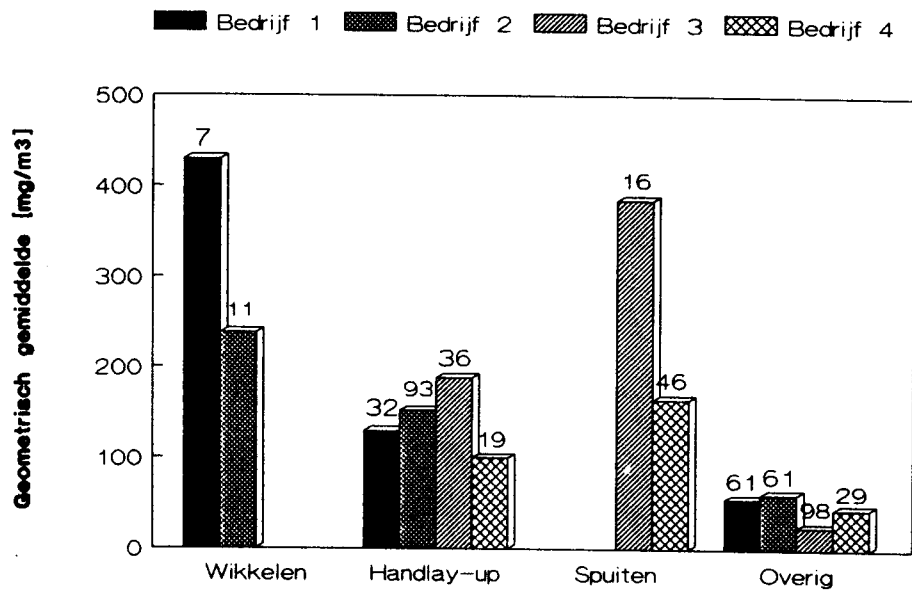
6. BEHEERSMAATREGELEN

De blootstelling aan styreen is over het algemeen voor de werkers die betrokken zijn bij harsverwerking dermate hoog (zie hoofdstuk 5) dat er een gezondheidsrisico bestaat. Ter voorkoming van gezondheidseffekten dienen dan ook maatregelen getroffen te worden die de blootstelling aan styreen aanzienlijk reduceren. Voor doeltreffende maatregelen is kennis nodig over de bronnen die (het meest) bijdragen aan de emissie. Zoals in hoofdstuk 2.3 is aangegeven is de emissie van de styreenbronnen afhankelijk van een combinatie van factoren, namelijk het percentage styreen in de hars, de hoeveelheid hars die verwerkt wordt, de harssamenstelling en de verwerkingstechniek. De concentraties die op de werkplek aanwezig zijn, zijn naast de emissie afhankelijk van de maatregelen die getroffen zijn om de vrijkomende styreen af te voeren cq te verdunnen. De feitelijke blootstelling is afhankelijk van de concentraties op de werkplek, de functie cq. taken van de werknemer, de frequentie en duur van de werkzaamheden, de individuele werkwijze, het gebruik van beschermingsmiddelen en de in acht genomen hygiëne.

In het onderzoek in de vier grote bedrijven zijn de bronnen bestudeerd die een belangrijke bijdrage leveren aan de blootstelling. Onderzocht zijn de relaties tussen gebruikte techniek en blootstellingsconcentraties en de invloed van het harsverbruik op de blootstelling. De resultaten van deze statistische analyses worden eerst besproken en vervolgens wordt aan de hand van observaties in de grote en kleine bedrijven en van gegevens uit de literatuur een meer specifiekere uitwerking gegeven aan (het rendement van) te treffen maatregelen.

6.1 De invloed van de techniek op de blootstellingsniveaus

Tijdens uitoefening van de wikkel-, handlay-up- en spuittechniek is in de grote bedrijven de blootstellingsconcentratie (TGG-4uur) bepaald. In figuur 6.1 zijn de geometrische gemiddelden weergegeven. Hieruit blijkt dat er een verschil in blootstelling tussen de technieken is en per techniek tussen de verschillende bedrijven.



Figuur 6.1: Tijdgewogen gemiddelde blootstellingsconcentraties (TGG-4 uur; mg/m^3) tijdens uitoefening van de wikkel-, handlay-up en spuittechniek. In de groep "overig" vallen werkzaamheden waarbij geen harsverwerking plaatsvindt. Boven de balkjes is aangegeven het aantal waarnemingen waarover het gemiddelde is bepaald.

De geometrische gemiddelden tijdens het wikkelen, het spuiten en handlay-up liggen tussen ca. 100 en $430 \text{ mg}/\text{m}^3$. Tijdens het wikkelen en het spuiten zijn de hoogste gemiddelde concentraties waargenomen. In bijlage 6 zijn per techniek en per bedrijf de GM, GSD, het aantal waarnemingen, de maximale en minimale concentra-

tie, en de mediaan van het harsgebruik tijdens de meting weergegeven.

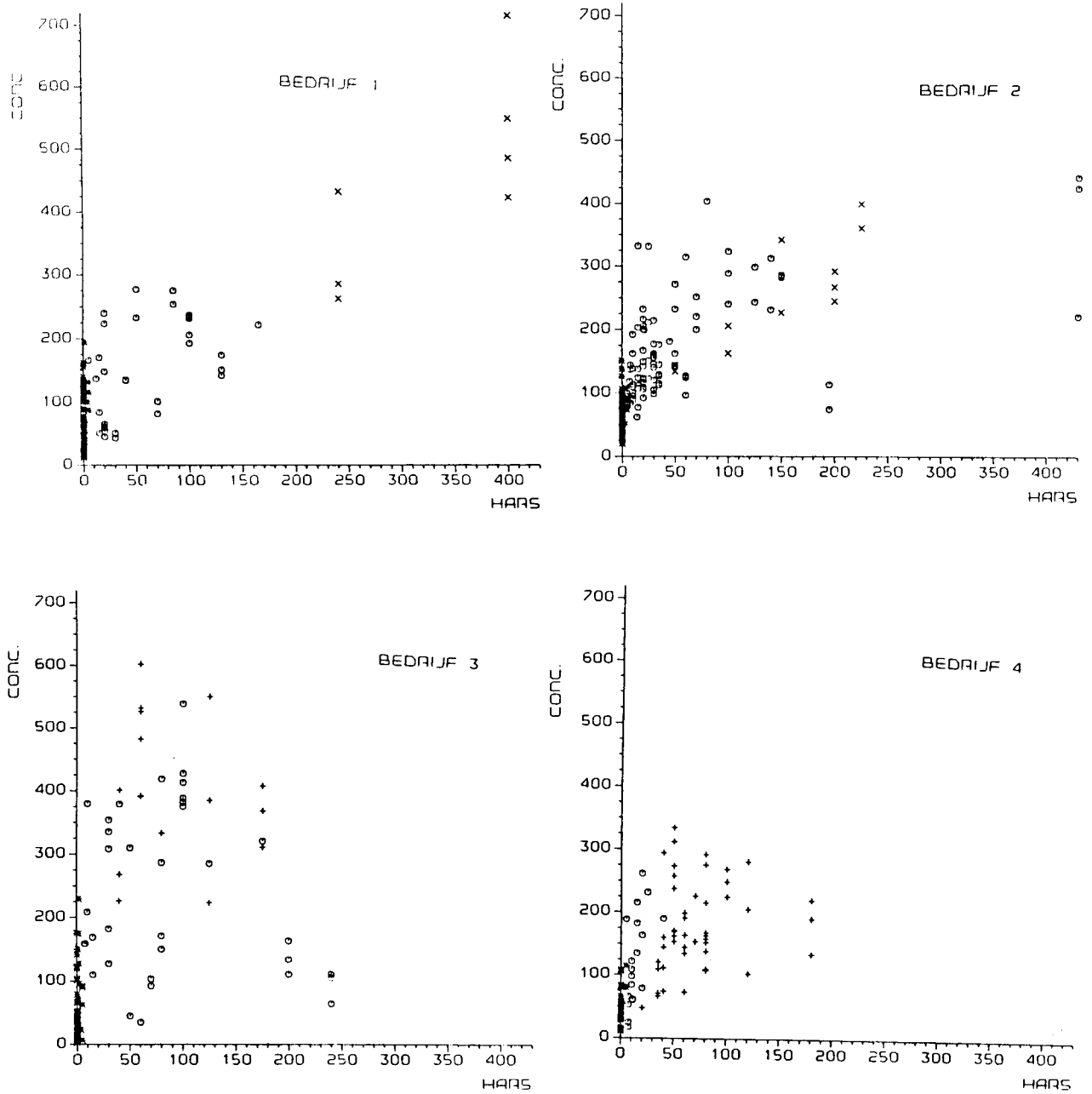
De verschillen in technieken binnen het bedrijf zijn op één uitzondering na, significant (zie bijlage 7). Wanneer dezelfde technieken worden vergeleken tussen de bedrijven, dan blijkt dat de blootstelling tijdens het wikkelen significant verschillend is voor de twee bedrijven die de wikkeltechniek toepassen; bij de handlay-up zijn drie bedrijven significant verschillend van een vierde bedrijf en voor het spuiten zijn de twee bedrijven die de spuittechniek toepassen significant verschillend van elkaar. De blootstelling bij de groep 'overig' kan als achtergrondniveau worden beschouwd. Deze werkers voeren werkzaamheden uit waarbij geen hars verbruikt wordt. In bedrijf 3 is het achtergrondniveau significant lager dan in de andere drie bedrijven. Echter, de concentraties gemeten tijdens het uitoefenen van de handlay-up en de spuittechniek zijn significant hoger dan die in de andere bedrijven. Dit houdt in dat het bedrijf een dusdanige afvoer of verdunning van de verontreinigde lucht heeft dat werkers die in dezelfde ruimte werkzaam, maar geen hars verwerken, minder invloed ondervinden van het verwerken van hars dan collega's elders. Voor de harsverwerkers zelf zijn de getroffen maatregelen minder doeltreffend dan die in de andere bedrijven. In het algemeen kan gesteld worden dat de ventilatie- en/of afzuigvoorzieningen in de vier bedrijven onvoldoende doeltreffend zijn voor de harsverwerkers. Door de voorzieningen, en in sommige gevallen ook de grootte van de produktieruimte, is er sprake van een zodanige algemene ventilatie of verspreiding van de styreen dat geen of een geringe opbouw van de styreenconcentratie in de ruimte optreedt en de achtergrondconcentratie relatief laag blijft.

6.2 Invloed van het harsverbruik op de blootstellingsniveaus

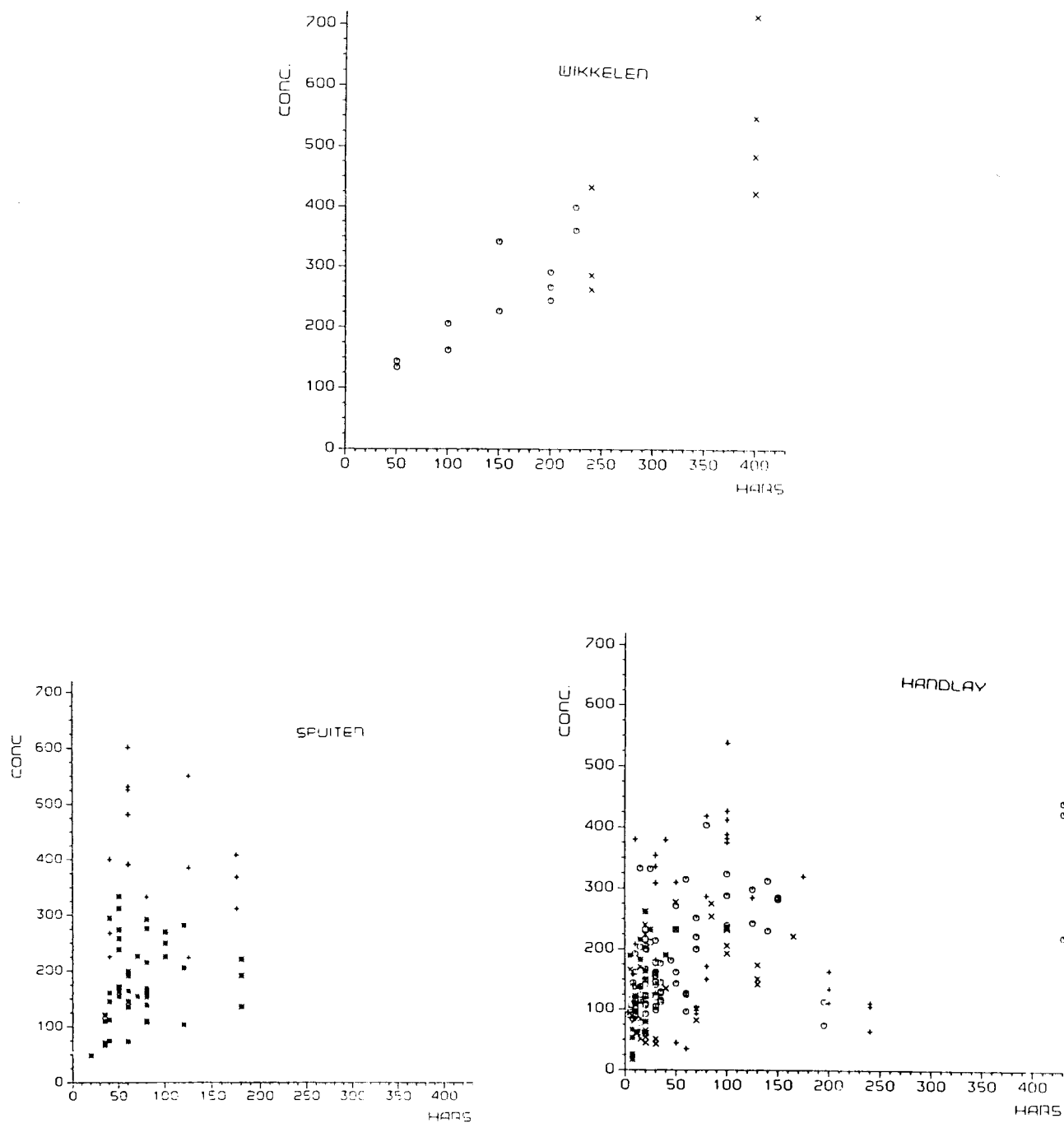
In de beschouwing tot nu toe zijn de resultaten niet gecorrigeerd voor het harsverbruik. In de vier onderzochte bedrijven was het percentage styreen in de hars nagenoeg gelijk (tussen de 38 en 40%), zodat hiermee bij het verdisconteren van het harsverbruik voor de blootstellingsconcentratie geen rekening hoeft te worden gehouden. In bijlage 7 is de significantie van de verschillen in harsverbruik tijdens uitoefening van de verschillende technieken voor de verschillende bedrijven weergegeven.

De relatie tussen harsverbruik en mate van blootstelling is voor de vier bedrijven in figuur 6.2 weergegeven. Hierin is voor alle bedrijven de gemiddelde blootstelling tijdens uitoefening van de techniek uitgezet tegen het harsverbruik door de betrokken werknemers. In figuur 6.3 is de gemiddelde blootstelling per techniek uitgezet tegen het harsverbruik. Bij de wikkeltechniek en in iets mindere mate bij de handlay-up techniek is sprake van een positieve correlatie tussen de blootstelling en het harsverbruik. Bij de spuittechniek is deze correlatie erg klein. Hieruit kan geconcludeerd worden dat bij het spuiten de wijze waarop de techniek door de spuitspecialist wordt uitgevoerd meer bepalend is voor de blootstelling.

Deze bevindingen zijn tot op zekere hoogte ook door Crandall e.a. (1981, 1985) gedaan in een onderzoek bij zeven bedrijven die polyester boten bouwen, en die een representatieve steekproef uit de polyester botenindustrie in de Verenigde Staten vormden. Zij concluderen dat de grootte en vorm van het produkt, en diens gevolg het harsverbruik en tot op zekere hoogte de techniek, tot hogere styreenexposities leiden. In deze studies wordt onderscheid gemaakt tussen gelcoatspuiten, het spuiten van bootrompen en het spuiten van bootdekken. De spuiters van de rompen stonden bloot aan de hoogste concentraties (gemiddeld 326 mg/m^3), gevolgd door de spuiters van dekken (gemiddeld 283 mg/m^3) en de gelcoatspuiters (gemiddeld 200 mg/m^3). De rompspuiters verbruikten de grootste hoeveelheid hars.



Figuur 6.2: Het verband tussen de blootstelling aan styreen (mg/m^3) en het harsverbruik (kg) door de werknemers in de vier bedrijven (x: wikkelen; o: handlay-up; +: spuiten; *: overig).



Figuur 6.3: Het verband tussen de blootstelling aan styreen (mg/m^3) en het harsverbruik (kg) tijdens uitoefening van de verschillende harsverwerkingstechnieken (x: bedrijf 1; o: bedrijf 2; +: bedrijf 3; *: bedrijf 4).

De deklamineerders gebruikten minder, waarbij de hoeveelheid evenredig was met de grootte van de romp. Volgens de auteurs was de vorm van de romp het meest bepalend voor de extra verhoging van de styreenconcentratie. Wanneer voor de rompen mobiele mallen worden gebruikt kan de romp zo geplaatst worden dat de werker gemakkelijker toegang heeft. Bij vaste mallen moet de werker zijn werk in de mal uitvoeren. Geringe luchtbeweging in de mal heeft tot gevolg dat er een opbouw van de concentratie plaatsvindt.

Schumacher e.a. (1981) die in de bootindustrie en in andere polyesterverwerkende bedrijven onderzoek hebben verricht, kwamen eveneens tot de conclusie dat de verbruikte hoeveelheid hars een positieve correlatie vertoont met de blootstellingsconcentratie, althans wanneer de gehele steekproef werd beschouwd. Dit was niet voor alle individuele bedrijven het geval.

6.3 Uitwerking beheersmaatregelen

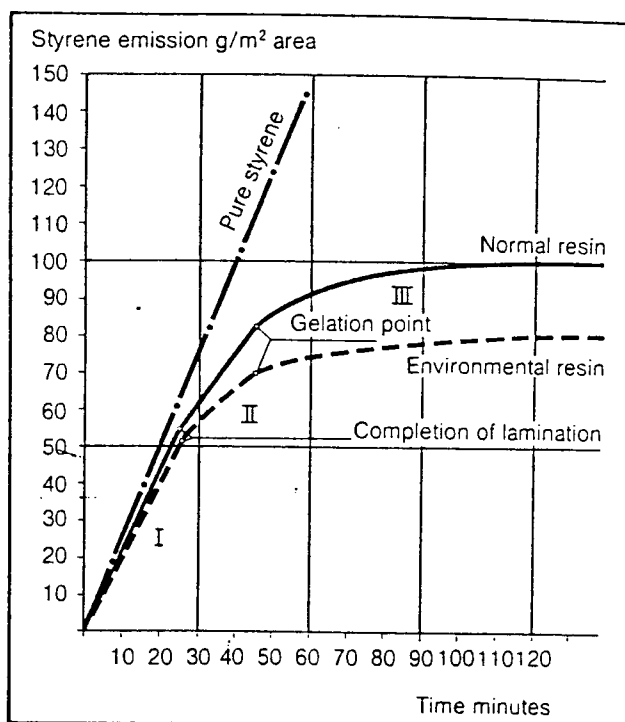
Voor het treffen van beheersmaatregelen is het uit arbeidshygiënisch oogpunt gewenst in eerste instantie de mogelijkheden tot beperking van de emissie door bestrijding aan de bron te onderzoeken en eerst daarna de mogelijkheden tot het afvoeren van verontreinigde lucht, het beperken van blootstelling van de werker en het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen te beschouwen. In het volgende zullen deze punten de revue passeren en tot slot wordt de invloed van het werkgedrag van de betrokkenen besproken.

6.3.1 Beperking van de emissie door bestrijding aan de bron.

Er zijn drie fasen van emissie in het productieproces van de polyesterbouw te onderscheiden die onafhankelijk zijn van de toepassingstechniek (zie figuur 6.4; GPRMC 1984):

- de lamineerperiode; de glasvezel wordt geïmpregneerd met hars en hierbij ontstaan steeds nieuwe hars/lucht 'interfaces'; in deze

- fase vindt de grootste emissie van styreen plaats;
- de post-lamineerperiode; het laminaat wordt niet aangeraakt maar er is nog geen gelyking; de verdamping van styreen komt op een lager niveau;
- de uitharding; het geleerpunt is bereikt en uitharding begint, totdat volledige polymerisatie heeft plaatsgehad; de emissie loopt langzaam naar nul.



Figuur 6.4: Emissiekaracteristiek van styreendamp als functie van de tijd tijdens de polyesterproductie.

Een 'environmental resin' bevat een paraffineachtige substantie die de uitdampende harslaag grotendeels afdekt (GPRMC 1984).

In de praktijk verdampt 10 tot 15% van de styreen, dit is 3 tot 5% van het harsgewicht.

Om de emissie te verlagen zijn er de volgende mogelijkheden.

- Het geheel of gedeeltelijk vervangen van styreen door een

andere niet schadelijke stof. Bij de harsfabrikanten wordt in deze richting reeds aan veelbelovende componenten onderzoek gedaan. Momenteel zijn een aantal potentiële stoffen voor dit doel in ontwikkeling. Voorlopig zijn er echter nog geen commerciële harsen zonder styreen (Voskamp 1988).

- Het maken van een gesloten systeem is een mogelijkheid die in de praktijk met succes wordt toegepast wanneer seriematig produkten gemaakt worden. Open technieken zijn inherent aan de niet-seriematige produktie, omdat in dat geval een gesloten systeem financieel niet haalbaar wordt geacht. Een grondige afweging van de haalbaarheid van een gesloten systeem mag echter niet achterwege worden gelaten.

- Het gebruik van harsen met een lagere emissie van styreen. Deze harsen bevatten een component, bijvoorbeeld paraffine, die naar het oppervlak migreert en daar een dunne laag vormt die de verdamping van styreen beperkt.

Over het rendement van deze harsen zijn de onderzoeksresultaten niet eenduidig. Schumacher e.a. (1981) hebben een laboratoriumexperiment en een veldstudie gedaan. In het laboratoriumexperiment gaf één hars 30% minder verdamping van styreen te zien. Een andere hars die in het veld getest is, gaf geen reductie te zien. Adams (geciteerd door Crandall 1985) heeft echter met het testen van deze stoffen in het veld een reductie van 50% gehaald. Wanneer er inderdaad sprake is van een reductie in de emissie van styreen, moeten er voor het implementeren van deze harsen in het proces enige praktische problemen overwonnen worden. Er is namelijk een verschil in de mechanische eigenschappen van het eindprodukt, zoals een gereduceerde interlaminaire adhesie. Volgens Voskamp (1988) zijn er momenteel in Nederland harsen verkrijgbaar waarbij deze praktische problemen overwonnen zijn. Volgens zijn gegevens wordt aan ca. 50% van de polyesterbedrijven deze hars verkocht. Een andere, vergelijkbare, ontwikkeling is de hars waarvan de emissie van styreen beperkt wordt doordat de uithardingstijd onder invloed van licht

sterk wordt verkort. Momenteel zijn er harsen op de markt die onder invloed van zichtbaar licht met een golflengte van 400 - 430 nm een aanzienlijk kortere uitdamp tijd hebben. Deze methode vergt voor de werkers een aanpassing van hun werkmethode en de bedrijven dienen hiervoor aparte apparatuur aan te schaffen, zodat implementatie van deze verwerkingsmethode tenminste een aantal jaren met zich mee zal brengen (Voskamp 1988).

- Het achter elkaar opbrengen van zoveel mogelijk lagen. Het aantal lagen dat achter elkaar opgebracht mag worden is niet onbeperkt. Door de exotherme reactie die plaatsvindt bij de polymerisatie kan namelijk de temperatuur in het produkt oplopen tot boven de ontledingstemperatuur van de peroxiden. Het opbrengen van een dikte van 5 mm wordt als maximum gezien. Er zijn harsen waarbij in één keer een dikkere laag opgebracht kan worden; deze zijn echter alleen bruikbaar voor speciale toepassingen.

De eerste twee maatregelen hebben betrekking op alle drie de fasen van de emissie in het productieproces. De overige maatregelen werken voornamelijk reducerend in de post-lamineer- en uithardperiode. Zoals reeds is opgemerkt vindt in fase 1, de lamineerperiode, de grootste emissie plaats.

6.3.2 Het afvoeren van verontreinigde lucht.

Er zijn twee methoden van ventilatie: algemene ventilatie of ventilatie door verdunning en locale of gerichte afzuiging. In de vier onderzochte bedrijven waren naast algemene ventilatie ook gerichte afzuigvoorzieningen getroffen. Uit bovenstaande resultaten (zie hoofdstuk 6.2) blijkt dat de algemene ventilatie in deze bedrijven voldoende is om concentratieopbouw in de ruimte te beperken en het concentratieniveau relatief laag te houden. De algemene ventilatie, noch de gerichte afzuigvoorzieningen, bieden een voldoende reductie in de blootstellingsconcentratie voor de werkers met hars. Dit is voor de drie onderzochte technieken geconstateerd.

In nagenoeg alle twaalf kleine bedrijven waren ventilatievoorzieningen getroffen. Dit waren lokale afzuigvoorzieningen die tevens als ruimtelijke afzuiging gebruikt werden, wat in een aantal gevallen voldoende was voor het reduceren van het achtergrondniveau. Bovenstaande resultaten geven gemiddelde situaties weer van de bedrijven. Er zijn echter situaties aangetroffen waarbij doeltreffende maatregelen genomen waren, of situaties die beter zouden kunnen zijn wanneer de getroffen voorzieningen adequater zouden worden toegepast. In vrijwel alle gevallen geldt dat een niveau van 0,2x MAC nauwelijks haalbaar is met de bestaande systemen.

Specifieke positieve en negatieve punten met betrekking tot de feitelijk aangetroffen ventilatie worden hier per techniek besproken.

Het wikkelen

In de twee onderzochte bedrijven werden silo's of grote vaten (grote produkten) geproduceerd en waren ventilatiesystemen specifiek voor het wikkelp proces aangebracht. Beide systemen waren erop gericht een luchtstroom van boven naar beneden langs het produkt te creëren. Deze systemen zorgden er wel voor dat geen verspreiding van de styreen naar de overige haldelen veroorzaakt werd, maar waren onvoldoende om de wikkelaars te beschermen (zie ook de blootstellingsconcentraties tijdens het wikkelen in bijlage 6). In een later stadium van het onderzoek werd bekend dat in een bedrijf (hier bedrijf 5 genoemd) waar eveneens silo's geproduceerd werden, naar verwachting de blootstellingsconcentraties voor de wikkelaars aanzienlijk lager zouden zijn. In dit bedrijf was aan de achterzijde van de wikkelmachines over de gehele lengte een afzuigwand aangebracht, met aan de bovenzijde van de wand geleidende schotten. Bij de grootste wikkelmachine werd aan de voorzijde (de werzijde) over de gehele lengte geforceerd lucht (uit de werkruimte) toegevoerd in de richting van het produkt. De afzuigvoorzieningen

werden automatisch in- en uitgeschakeld. Het uitschakelen gebeurde een kwartier na beëindigen van het draaien van de wikkelmachine. In dit bedrijf zijn additioneel PAS-metingen verricht (Van der Tuin 1987). Tabel 6.1 laat zien dat de gemiddelde blootstellingsconcentraties tijdens het wikkelen aanzienlijk lager waren dan in de bedrijven 1 en 2.

Tabel 6.1: Blootstellingsconcentraties (TGG-4 uur, mg/m^3) tijdens het wikkelen, met de verbruikte hoeveelheid hars (kg).

Bedrijf	n	GM	GSD	Max. conc.	Min. conc.	Mediaan hars
1	7	430	1,42	716	264	400
2	11	238	1,45	400	134	150
5	4	82	1,25	102	66	135

Tabel 6.2: Hoogst waargenomen piekconcentraties (mg/m^3) tijdens het wikkelen

Werkzaamheid	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 5
schrapen	880	1320	nvt
bediening (wikkelmachine)	420	720	160*

* piekconcentraties wijken niet sterk af van de gemiddelde blootstellingsconcentraties tijdens het wikkelen.

nvt = niet van toepassing.

Tabel 6.2 laat zien dat de piekconcentraties in bedrijf 5 eveneens aanzienlijk lager waren. Het schrapen in bedrijf 1 en 2 is het opvangen van overtollig hars in een emmertje door dit tegen de draaiende, pas opgebrachte harslaag te houden. In bedrijf 5 wordt deze aktiviteit niet verricht. Het wikkelprocédé van bedrijf 5 is enigszins verschillend van dat in de bedrijven 1 en 2. In bedrijf 5 wordt de glasvezeldraad over de mal gewikkeld en wordt de hars gelijktijdig op de vezel gespoten. Achter de spuitmachine is een roller bevestigd die met de machine meeloopt en de overtollige hars wegdrukt en het laminaat uitrolt. Door de juiste harsdosering te kiezen wordt er weinig overtollige hars aangebracht.

Het spuiten

Onderscheid wordt gemaakt in laminaat-sputten en gelcoat-sputten. In tabel 6.3 zijn voor de bedrijven 3, 4 en 5 en bedrijven uit literatuurreferenties gegevens over het spuiten samengevat.

In bedrijf 3 wordt gebruik gemaakt van algemene ventilatie. Er zijn vijf onderdrukkanalen geïnstalleerd, waarvan er tijdens de metingen slechts één continu in bedrijf was. Dit onderdrukkanal bevond zich op de plek waar gespoten werd; het had drie aansluitpunten waarop een spuitwand kon worden aangesloten. Hiervan werd in de meetperiode geen gebruik gemaakt.

Bedrijf 4 beschikt over enige onafhankelijk van elkaar functionerende ventilatie- en afzuigsystemen. Langs de zijwanden van de produktieruimten zijn identieke afzuigeenheden geplaatst die door middel van verplaatsbare kanalen binnen een begrensd gebied van de produktieruimte als lokale afzuigmogelijkheid dienst kunnen doen. Deze worden naar behoefte van de werkers in gebruik gesteld. Tijdens het spuiten wordt het rendement bepaald van het lokale afzuigstelsel. Dit rendement bleek slechts 10%.

In dit bedrijf zijn aparte maatregelen getroffen voor het gelcoaten. Het gelcoaten van bootrompen wordt door één en dezelfde persoon gedaan na werktijd en neemt hooguit een uur in beslag.

Tabel 6.3: Blootstelling aan styreen (mg/m^3) tijdens spuitactiviteiten

Bedrijf	Laminaat/ Gelcoat	GM	GSD	n	Max conc	Min conc
3	G/L	384	1,35	16	602	224
4	L	164	1,57	46	334	48
4	G	505		3	885	260
5	L	134	1,17	2	150	120
12 kleine bedrijven *	L			7	1200	125
Moerkerken 1983	L	367	1,20	11	504	292
Moerkerken 1983	G	544		1		
Crandall 1981,1985	G	200	1,43	45	397	22
Crandall 1981,1985	L	326	1,61	173	769	7
Crandall 1981,1985	L	283	1,58	145	672	52
Schumacher 1981	G			27	>300	50
Schumacher 1981	L			273	>300	50

* in deze bedrijven zijn kortdurende momentane metingen in de ademzone van de spuiters verricht.

Deze persoon draagt hierbij een verseluchtkap die een goede bescherming biedt. In de kap werd een concentratie bepaald van $12 \text{ mg}/\text{m}^3$, dit is 4% t.o.v. de concentratie in de omgevingslucht.

In bedrijf 5 bevindt zich over de hele lengte van de achterwand van de spuitstraat een afzuigkanaal met roosters. De filters worden volgens opgave eenmaal per week vervangen. De afzuiging wordt met de hand aan- en uitgeschakeld. Hoewel de gemeten blootstellingsconcentraties in vergelijking met de andere gegevens uit tabel 6.3 niet hoog zijn, is verbetering mogelijk. De produkten worden op een vast plateau gemaakt. Hierdoor staan de spuiters en de uitroller, wanneer aan de achterkant van het produkt gewerkt moet worden, tussen het produkt en de afzuiging. De afstand tussen het produkt en de afzuigwand is te groot om een goede afvoer te

bewerkstelligingen. De filters die tijdens de meting sterk vervuild waren, belemmerden een optimale afzuiging.

Van de twaalf kleine bedrijven die onderzocht zijn maken zeven bedrijven gebruik van de spuittechniek. Alle hebben een spuitwand als afzuigstelsysteem ter beschikking, sommige in combinatie met algemene ventilatiesystemen. Algemeen voorkomende tekortkomingen zijn:

- de te grote afstand tussen produkt en afzuigwand;
- aanwezigheid van vervuilde filters;
- de produkten bevinden zich op vaste plateaus, waardoor werkers in de afzuigstroom komen te staan;
- te korte inschakelduur van de spuitwand.

In het bedrijf dat Moerkerken (1983) heeft onderzocht is algemene ventilatie aanwezig. De filters van de systemen waren tijdens de meetperiode sterk vervuild of in het geheel niet aanwezig. Sommige ventilatoren waren buiten gebruik.

Van het onderzoek van Crandall e.a. (1981, 1985) is reeds eerder melding gemaakt. Schumacher e.a. (1981) komen tot soortgelijke resultaten als Crandall e.a. De indeling naar functie gaf te zien dat de blootstellingsconcentratie bij spuiters hoger is dan bij overige lamineerders. De gelcoatspuiters waren vanwege extra beschermende maatregelen het laagst blootgesteld. Over het algemeen waren alleen algemene ventilatiesystemen aanwezig en waren geen lokale afzuigsystemen in gebruik. In deze studie zijn voor drie bedrijven waar of geen lokale afzuigsystemen of niet voldoende werkende systemen aanwezig waren, nieuwe systemen aangebracht, op maat gemaakt voor het bedrijf. In deze bedrijven werd de blootstelling aanzienlijk gereduceerd, maar ondanks deze verbeteringen kwamen nog steeds styreenblootstellingen voor die de grenswaarde overschreden.

Handlay-up

Evenals bij toepassing van de spuittechniek wordt er bij de handlay-up techniek over het algemeen gebruik gemaakt van algemene ventilatie, maar weinig van lokale afzuiging (bedrijf 1,2,3,4, 12 kleine bedrijven, bedrijven onderzocht door Moerkerken, Crandall, Schumacher). Bedrijven 1 en 2 hebben het vervaardigen van grote produkten gescheiden van dat van kleine produkten. De produktie vindt wel in één hal plaats, maar op verschillende plekken. Voor de grote produkten is er een ventilatiesysteem aangebracht, waarbij een luchtstroom van boven naar beneden langs het produkt gevoerd wordt. Dit systeem biedt gezien de onderzoeksresultaten (zie bijlage 6) niet voldoende bescherming voor de werkers.

In bedrijf 4 is wel lokale afzuiging mogelijk; hiervan wordt door sommige werkers gebruik gemaakt. Deze afzuigmogelijkheid is voor de spuitwerkzaamheden op effectiviteit onderzocht en bleek zoals eerder aangegeven een rendement van 10% te hebben. Tijdens uitoefening van de handlay-uptechniek is de effectiviteit niet bepaald.

In bedrijf 3 is voor het lamineren van grote oppervlakken van scheepsdekken een speciaal afzuigsysteem aangebracht dat samen met de gehanteerde werkmethode effectief is. Over de breedte van de mal bevindt zich een beweegbare brug met twee werkbordessen die het te behandelen oppervlak omsluiten. Aan de onderkant van de werkbordessen bevinden zich afzuigopeningen die aangesloten kunnen worden op een onderdrukstelsel. De werkers staan op de bordessen en brengen de hars aan met rollers die voorzien zijn van lange stelen. In tabel 6.4 worden de blootstellingsconcentraties weergegeven gemeten in deze situatie en de situatie waarbij de gerichte afzuiging niet gebruikt wordt, maar waarbij alleen sprake is van ruimtelijke afzuiging en de werkers op het dek met rollers met korte stelen laminaat aanbrengen op dwarsbalken.

Tabel 6.4: Blootstellingsconcentraties (mg/m^3) en harsverbruik (kg) tijdens uitoefening van de handlay-up techniek met gerichte en algemene ventilatie bij het lamineren van een scheepsdek.

	n	Harsverbruik kg	Styreenconcentratie Gem. (SD)
rollers met korte steel, ruimtelijke afzuiging	8	90	300 (50)
rollers met lange steel, gerichte afzuiging	8	200	80 (20)

In het botenproductiebedrijf waar Rocchi (1985) onderzoek heeft gedaan werd een andere effectieve manier gevonden ter reductie van de blootstellingsconcentratie. Met behulp van een harsmeng/impregneersysteem worden glasvezelmatten automatisch geïmpregneerd in een harsoplossing, gemengd met harder en vervolgens opgerold, waarna de rollen met een karretje getransporteerd worden naar de werkplek. Op de werkplek is per schip een ringleidingsysteem als afzuigstelsel om het casco aangebracht. Per half uur worden bij toerbeurt twee van de vijf werkers die de sterktelaag aanbrenge en uitrollen afgelost. De geometrisch gemiddelde blootstellingsconcentraties zijn voor deze werkers $55 \text{ mg}/\text{m}^3$ (GSD = 1,4).

Ikeda (1982) heeft eveneens in een productiebedrijf van boten een aanzienlijke reductie in de blootstellingsconcentratie bij het lamineren van rompen aangetoond door het toepassen van flexibele afzuigers boven de romp. Zonder deze afzuiging was de gemiddelde concentratie $500 \text{ mg}/\text{m}^3$ en met de afzuiging $273 \text{ mg}/\text{m}^3$; hierbij moet worden opgemerkt dat het in het laatste geval ging om een boot van kleinere afmeting.

Op basis van observaties die de verschillende onderzoekers verricht hebben, kan in het algemeen voor de 'open' technieken in de polyesterbouw gesteld worden dat de bedrijven (op enkele positieve uitzonderingen na) minder adequate ventilatie/afzuigsystemen hebben voor de werkers die direkt omgaan met hars vanwege het feit dat de systemen verkeerd ontworpen zijn, de systemen niet op de juiste wijze functioneren, er een verkeerd gebruik van wordt gemaakt door de werkers of door een combinatie van deze factoren. Voor het bereiken van lage styreenniveaus ($< 100 \text{ mg/m}^3$) in de totale versterkte polyesterbouw ontbreekt op dit moment wellicht de gewenste kennis. Het is wenselijk dat de branche de emissieproblematiek ter hand neemt. Het ligt voor de hand om hier ook de milieuproblematiek door uitstoot van styreen bij te betrekken. Het aanbrengen van een ventilatieafzuigstelsel in de voorhanden ruimte is maatwerk, waarbij niet alleen gelet moet worden op de hoeveelheid styreen die kan verdampen, maar tevens op de toegepaste technieken, de vorm en grootte van het produkt en de werkwijze en werkhouding van de werknemers. Het toepassen van gerichte afzuigsystemen is te prefereren, maar het ontwerp en het gebruik ervan dient dan strikt de regels te volgen.

6.3.3 Beperking van blootstelling

Onder 'beperking van blootstelling' worden zowel maatregelen ter verkleining van de populatie blootgestelde werkers begrepen als maatregelen ter beperking van de blootstellingsduur van de individuele werker, alsmede het afschermen van de mens van de bron. Het gaat hier veelal om maatregelen van organisatorische aard, zoals spreiding van werkzaamheden in ruimte en tijd.

Het compartimenteren, ofwel het scheiden van werkplekken met verschillende emissieniveaus is een vorm van beperking van blootstelling voor de werker. Hierbij valt te denken aan:

- het scheiden van werkplekken waar met hars gewerkt wordt van die waar niet met hars gewerkt wordt;

- het scheiden van werkplekken met een hoog harsverbruik van die met een laag harsverbruik;
- de produktie van grote produkten scheiden van die van kleine produkten;
- werkzaamheden met verwerkingstechnieken die een hoge blootstelling veroorzaken scheiden van andere werkzaamheden;
- het inrichten van de werkplek of het aanpassen van het gereedschap op een dusdanige wijze dat de afstand van de ademzone van de werker tot het produkt vergroot wordt;
- het uitharden van het produkt in een ruimte zonder aanwezigheid van de werknemers of het produkt op enigerlei wijze afsluiten door gebruik te maken van een droogtunnel of folie.

Bij blootstellingsbeperkende maatregelen kan ook worden gedacht aan het rouleren van taken of het zo afstemmen van de werkzaamheden dat de werkers maar gedurende korte tijd per dag aan styreen blootstaan. Sommige werkzaamheden zijn zo te plannen dat ze geen blootstelling veroorzaken voor de werkers of voor slechts een beperkt aantal, bijvoorbeeld lamineren van grote oppervlakken aan het einde van de werkdag, zodat de uitharding s'avonds en s'nachts plaatsvindt, of, zoals in bedrijf 4 gebeurt, het gelcoaten na werktijd te doen verrichten door een persoon die adequaat beschermd is.

Een aantal van de blootstellingbeperkende mogelijkheden is in de onderzochte bedrijven toegepast en sorteren in die zin een positief resultaat dat de invloed van de emissiebronnen op de werkers die geen hars gebruiken kleiner is. Dergelijke beheersmaatregelen moeten gebruikt worden in combinatie met beperking van emissie aan de bron of het verminderen van de immissie door afvoer van verontreinigde lucht.

Wanneer een afzuigstelsel op de juiste wijze ontworpen wordt, zullen de onder compartimenteren genoemde maatregelen al in het ontwerp zijn vervat. De afzuigmogelijkheid is dan gericht op specifieke emissiebronnen. Met de beperking van de blootstelling, m.b.v. de werkers slechts korte tijd aan styreen bloot te stellen

door speciale rust/werktijdschema's, moet uitermate voorzichtig worden omgegaan. Sommige werkzaamheden/technieken in deze tak van industrie veroorzaken dermate hoge piekconcentraties dat ook korte blootstellingsduren ongewenst zijn.

6.3.4 Het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen

Het gebruik van beschermingsmiddelen is alleen aan te bevelen wanneer het gaat om kortdurende blootstellingen (minder dan een uur). Adembescherming en beschermende kleding verhogen de belasting van de cardiorespiratoire en thermoregulatiesystemen van de drager ook bij lage werkbelasting (White en Hodous 1987). Wanneer adembeschermers worden aanbevolen dienen deze adequaat te zijn. De voorzieningen met koolfilters hebben bezwaren omdat men niet kan controleren of er lekkage danwel doorslag plaatsvindt. Een adequate bescherming wordt gegeven door een verseluchtkap (aangesloten op perslucht). Het dragen van handschoenen tijdens harsverwerking is gewenst niet zo zeer uit het oogpunt van opname van styreen door de huid, want deze is gering, maar voor het mogelijk optreden van uitdroging en van irritatieve aandoeningen. Het is echter bij de uitoefening van de werkzaamheden voor de harsverwerkers een onpraktisch beschermingsmiddel.

6.3.5 Beïnvloeding van het werkgedrag

Wanneer technische beheersmaatregelen getroffen zijn, wordt de effectiviteit ervan ook bepaald door een aantal factoren waarop de werkers zelf invloed hebben. Voorbeelden hiervan zijn:

- het juiste gebruik van de beheersmaatregelen;
- het uitvoeren van periodiek onderhoud en reiniging van apparatuur, filters in afzuig- en ventilatiesystemen, vloeren, werktafels en afvalvaten;
- eliminatie van onnodige open bronnen zoals open blikken en vaten door deze met deksels af te sluiten of ze van de werkplek te verwijderen.

In de literatuur zijn onderzoeken bekend waarin aangegeven wordt dat een aangepast werkgedrag van werknemers kan leiden tot reductie van blootstelling en verhoging van de gezondheidscondities en de veiligheid. Voor het verkrijgen van een juiste vaardigheid, kennis, houding en een juiste werkgedrag dient gebruik te worden gemaakt van psychologische principes (Vojtecky 1985). Het belangrijkste patroon voor succesvolle scholing ten aanzien van de gezondheid op het werk is te beschrijven als een proces van instructie, psychologische versterking en het accepteren van nieuwe normen van veilig gedrag van de werkers. Om het een en ander goed te kunnen implementeren is een training en acceptatie nodig van zowel de directie van de organisatie als de werkers. Om een goede training te kunnen opzetten is bestudering van het proces en de specifieke werksituaties nodig.

Hopkins e.a. (1986) hebben voor drie polyesterbedrijven een trainingsprogramma ontwikkeld om bepaald gedrag aan de werkers te leren met als doel te komen tot reductie van de blootstelling aan styreen. Tevens werd met het programma beoogd na de training het gedrag in stand te kunnen houden. Het programma werd gericht op spuit- en handlay-up processen. Piekconcentraties aan styreen in de ademzone waren tijdens het spuiten $460 - 1170 \text{ mg/m}^3$, voor handlay-up $295 - 710 \text{ mg/m}^3$. Twee klassen van gedragsbeïnvloedende gebeurtenissen werden gedetailleerd onder de loep genomen: werkgedrag en 'housekeeping' (condities van organisatorische aard). De werkers zelf werden geraadpleegd voor styreenblootstelling reducerende maatregelen en er werden 250 publicaties over aanbevelingen voor werkgedrag bestudeerd om te komen tot een aantal punten waarop verandering van gedrag wellicht een reductie tot gevolg zou hebben. In de betrokken publikatie zijn van beide categorieën een tiental punten in beschouwing genomen. Door middel van instructie en het geven van inzicht in doel en aard van de technische voorzieningen werd gedurende vier weken getraind. Hierin waren drie terugkerende activiteiten belangrijk: demonstratie, oefening en terugkoppeling.

Voor alle werkers van de drie bedrijven was de blootstelling na de training lager. In bedrijf 1 was de verlaging voor de individuele werker van 5 - 66%, in bedrijf 2 34 - 82% en in bedrijf 3 57 - 89%. Hieruit blijkt dat technische maatregelen aanzienlijk minder effectief waren voordat de nieuwe gedragsregels geïntroduceerd werden. Ook al zijn maatregelen nog zo 'sophisticated' dan nog zijn voor het behoud van de efficiëntie en misschien om in bepaalde omstandigheden nog een extra reductie te verkrijgen, betrouwbare gedragsregels nodig.

7. SIGNALERING VAN GEZONDHEIDSRISICO'S TENGEVOLGE VAN BLOOTSTELLING AAN OPLOSMIDDELEN, PEROXIDEN, STOF EN GELUID

Naast styreen is er een aantal andere factoren op de werkplek van de versterkte polyesterbouw dat een risico kan vormen voor de gezondheid van de werkers. Als belangrijkste factoren zijn de oplosmiddelen dichloormethaan (DCM) en aceton, peroxiden, stof en geluid in deze studie meegenomen. In het volgende worden de resultaten besproken van indicatieve metingen die in de onderzochte bedrijven zijn uitgevoerd om een indruk te krijgen van de blootstellingsniveaus.

7.1 Oplosmiddelen

Voor het ontvetten van de mallen, het reinigen van gereedschap en vaak ook voor het reinigen van de handen worden oplosmiddelen gebruikt. De meest gebruikte zijn dichloormethaan en aceton. In drie van de vier grote bedrijven werd DCM gebruikt. De blootstellingsconcentraties (TGG-8) lopen voor de verschillende bedrijven nog al uiteen. In twee bedrijven werd bij één persoon de MAC-waarde voor DCM (350 mg/m^3) overschreden en bij meerdere personen de halve MAC-waarde, terwijl in een ander bedrijf de hoogst waargenomen concentratie slechts 10 mg/m^3 was.

In twee bedrijven werd ook aceton gebruikt. De blootstellingsconcentraties (hoogste waargenomen concentraties 40 en 72 mg/m^3) bleven in deze bedrijven ruimschoots onder de MAC-waarde voor aceton (2400 mg/m^3).

In twee bedrijven werd toluen gemeten. Ook hiervoor bleven de blootstellingsconcentraties (hoogste waarden 15 en 48 mg/m^3) ruim onder de MAC-waarde voor toluen (375 mg/m^3).

In de kleine bedrijven werd voor het merendeel aceton gebruikt en

in mindere mate DCM.

Naast de genoemde bronnen treedt blootstelling op door onafgesloten werkvoorraden met oplosmiddelen, die in nagenoeg alle onderzochte bedrijven op (verschillende) werkplekken voorkomen. In sommige gevallen, zoals in bovengenoemde bedrijven voor DCM, zijn de concentraties in de ademplucht dermate hoog dat ze een gezondheidsrisico inhouden. Daarnaast moet bij de oplosmiddelen ook de huidbelasting van de handen als een mogelijk gezondheidsrisico worden genoemd.

7.2 Peroxiden

Peroxiden worden slechts in kleine hoeveelheden als harder aan de hars toegevoegd. Dit gebeurt alleen wanneer nieuwe hars wordt aangemaakt. Door de uiterst reactieve eigenschappen van peroxiden moet contact met ogen en huid vermeden worden. In de onderzochte bedrijven is daarom gelet op de methode van het afmeten van peroxide, het aan de hars toevoegen en het gebruik van beschermende middelen, zoals een veiligheidsbril en handschoenen. Van de vier grote bedrijven werden er slechts in één en van de kleine bedrijven werden er door de helft afdoende maatregelen getroffen om contact te vermijden. Hoewel veiligheidsbrillen en handschoenen voorradig waren, werden deze veelal niet gebruikt.

Een eenvoudige en veiliger methode is het gebruik van een gesloten dispensersysteem. De gewenste hoeveelheid kan hiermee zonder risico worden afgemeten.

7.3 Stof

Bij het op maat knippen of snijden van glasvezelweefsel en het vervoer ervan kan expositie aan glasvezel voorkomen. Glasvezelstof

komt gemakkelijk onder kleding en is irriterend voor de huid. Glasvezels die gebruikt worden in de versterkte polyesterbouw hebben een diameter van 9 - 24 μm . Het glasvezelstof heeft een mediane lengte van 10 - 17 μm . Deeltjes van deze grootte zijn niet respirabel (Moerkerken 1983, Antonsson en Runmark 1987).

Mechanische bewerkingen, zoals schuren, slijpen en boren voor de afwerking van de gereede polyesterprodukten, vormen aanzienlijke stofbronnen. De mogelijkheid dat de glasvezels door deze bewerkingen overlans splitsen en daardoor wel een respirabele fractie vormen is door Antonsson en Runmark (1987) onderzocht. Resultaten van deze studie tonen dat dit niet voorkomt en dat de respirabele fractie die bij mechanische bewerkingen gevormd wordt geen glas bevat. Tijdens het frezen is stof bemonsterd ten behoeve van een deeltjesgrootte-analyse. Het gehalte aan glasvezeldeeltjes was kleiner dan 0,1%. De aanwezige vezels hadden een diameter van 1-10 μm (Van der Tuin 1986).

In de grote bedrijven zijn tijdens mechanische bewerkingen stofconcentraties bepaald. Wanneer geen gebruik gemaakt wordt van afzuigvoorzieningen treden regelmatig kortdurende overschrijdingen van de richtlijn van twee maal de MAC-waarde op. In de meeste gevallen worden wel mobiele afzuigers in combinatie met een stofbril gebruikt. In sommige gevallen wordt het gebruik van afzuigers achterwege gelaten omdat het praktisch niet goed mogelijk is. In principe bestaan er mogelijkheden om het stofprobleem afdoende op te lossen. Het beste is gebruik te maken van gereedschappen waarop een afzuiger gemonteerd is die automatisch aangaat wanneer het gereedschap ingeschakeld wordt. Daarnaast kan men stoffige werkzaamheden in aparte ruimten verrichten.

Mogelijke gezondheidsrisico's vormen sommige vulstoffen, zoals talk (eventueel aanwezige asbest) en het respirabele kwartsstof. In verschillende kleine bedrijven worden kwarts en 'Aerosil' gebruikt, doch slechts in kleine hoeveelheden. Vervanging van kwartsmeel door minder schadelijke componenten is mogelijk.

7.4 Geluid

Wanneer er gedurende iedere werkdag van de werkweek een blootstelling aan lawaai van 80 dB(A), of een equivalent (L_{eq}) daarvan over kortere tijd(en), plaatsvindt bestaat de kans dat na verloop van een aantal jaren een gehoorbeschadiging optreedt. Naarmate de lawaaidosis hoger is, is de kans op gehoorschade groter (Rövekamp 1985). Bij de mechanische bewerkingen in de polyesterbedrijven worden over het algemeen duidelijk hogere waarden dan 90 dB(A) gemeten. Deze werkzaamheden vinden veelal over kortere tijden plaats. Een equivalente waarde van 80 dB(A) over acht uur wordt bij 95 dB(A) echter reeds in vijftien minuten bereikt en bij 104 dB(A) in twee minuten. Hiermee overschrijden ook kortdurende blootstellingen de norm voor geluidbelasting. Hoewel in de meeste bedrijven wel adequate middelen voor gehoorbescherming aanwezig zijn wordt hiervan lang niet altijd gebruik gemaakt. Dit geldt zowel voor de grote als de kleine bedrijven.

Tijdens het spuiten wordt de geluidsnorm eveneens overschreden. Bij één bedrijf werd na een half uur spuiten de norm bereikt. Spuiten geschiedt regelmatig en gedurende langere perioden. Er zijn geen situaties tijdens het spuiten aangetroffen waarbij het gehoor werd beschermd.

8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Gezondheidsrisico's van styreen

De concentraties van styreen gemeten in de ademzone van werkers in de polyesterbouw zijn van dien aard dat bij de wikkelaars, spuiters en lamineerders van grote produkten kans op overschrijding van de huidige MAC-waarde van 420 mg/m^3 bestaat. Wanneer de MAC-waarde verlaagd wordt, zal dit voor de polyesterbouw met open technieken (een gunstige uitzondering daargelaten) tot forse overschrijdingen leiden.

In tabel 8.1 wordt een overzicht gegeven van de versterkte polyesterbouw en de blootstelling aan styreen. Uitgaande van een 'no-effect level', gebaseerd op beschikbare humane gegevens, voor styreen (WGD 1988) van tussen de 54 en 84 mg/m^3 is bij de gemeten exposities aan styreen voor de werkers in de polyesterbouw met open technieken in de meeste situaties sprake van gezondheidsrisico's, die volgens de literatuur leiden tot subjectieve klachten en objectief meetbare effecten op het centrale zenuwstelsel en tot verhoging van een aantal chromosoomafwijkingen. Bij nagenoeg alle werkzaamheden die direkt met harsverwerking te maken hebben kunnen kortdurend concentraties voorkomen die acute effecten op het centrale zenuwstelsel (verstoord evenwichtsgevoel, verlaagde reaktiesnelheid, reversibele neurologische stoornissen), irritatie van de slijmvliezen, misselijkheid, dronken gevoel en gestoorde oogbeweging tot gevolg hebben.

Resultaten van het onderhavige onderzoek naar subjectieve gezondheidsklachten tonen het voorkomen van de genoemde acute effecten en van klachten over het gezichtsvermogen en de motorische sensibiteit.

Tabel 8.1: Samenvattend overzicht van de blootstellingsniveaus aan styreen en de versterkte polyesterbouw (NFK en eigen schattingen)

	Grote bedrijven (>10 werknemers)	Kleine bedrijven (<10 werknemers) (<50 ton hars/jaar)
Aantal bedrijven	ca. 200	
Aantal werkzame personen	ca. 20	ca. 140
Aantal met hars werkzame personen	2200-2500	
Aantal personen dat met styreendamp in aanraking komt	ca. 700	
Aantal leden NFK	1500-1700	
Aantal bedrijven met hoofdactiviteit	ca. 20	40 gering
- wikkelen	ca. 15	
- spuiten	ca. 40	
- handlay-up	ca. 140	
TGG-8 concentratie (mg/m ³)	20-500	100-400
TGG-4 concentratie (mg/m ³) tijdens		
- wikkelen	80-720	nvt
- spuiten	50-600	1)
- handlay-up	20-540	1)
<u>Hoogst</u> waargenomen piek- concentratie (mg/m ³) bij:		
- wikkelen	ca. 1300 ²⁾	nvt
- spuiten	ca. 1500 ²⁾	1)
- handlay-up	ca. 1000 ²⁾	1)
- uitrollen laminaat met korte roller	ca. 2500 ²⁾	1)
Aanwezigheid bedrijfs- gezondheidszorg	matig/goed	nihil/gering

NFK = Nederlandse Federatie voor Kunststoffen te Woerden

nvt = niet van toepassing

1) volgens schatting van gelijke orde van grootte als in de grote bedrijven

2) piekwaarden >400 mg/m³ komen regelmatig voor.

De mate van het gezondheidsrisico van styreen variëert voor de diverse werkers in de polyesterbouw, afhankelijk van de volgende factoren: functie cq. taken, hoeveelheid te verwerken hars per werkdag, de toegepaste techniek, de vorm en de grootte van het te vervaardigen produkt, beheersmaatregelen, de werkwijze en werkgedrag van de werkers.

Het gezondheidsrisico is het grootst voor werkers die een functie als wikkelaar, spuiters of lamineerder hebben en zodoende langere tijd over de werkdag aanzienlijke hoeveelheden hars verwerken. Deze functies zijn vooral aanwezig in de grote bedrijven. In de kleine bedrijven hebben de werkers geen specifieke functies, maar verrichten veelal alle voorkomende werkzaamheden (voorwerk, harsverwerking en afwerking), zodat de hoeveelheid hars die per persoon verwerkt wordt per werkdag vaak minder is dan de hoeveelheden die in de genoemde functies in de grote bedrijven worden verwerkt. De piekblootstellingen die voorkomen bij het spuiten, lamineren en uitrollen zijn voor de grote en kleine bedrijven van dezelfde orde van grootte. Het wikkelen van grote produkten komt in kleine bedrijven niet voor.

8.2 Beheersmaatregelen

In het algemeen kan gesteld worden dat in de polyesterbouw beheersmaatregelen getroffen worden met als doel de styreenconcentraties te beperken, maar ook dat deze beheersmaatregelen in de meeste gevallen niet het beoogde resultaat geven. Zij voorkomen deels een opbouw van het achtergrondniveau in de werkruimten en houden deze concentratie relatief laag. De blootstellingsniveaus van de harsverwerkers worden echter niet of niet in voldoende mate gereduceerd.

De hoogste gemiddelde blootstellingen zijn gevonden tijdens het wikkelen en het spuiten. Piekoncentraties doen zich voor bij het

bedienen van de wikkelmachine, het verwijderen van overtollige hars en het uitrollen van het produkt op de wikkelmachine, het spuiten van gelcoat en laminaat, het opbrengen en uitrollen van hars met de hand op grote oppervlakken.

Bij de wikkel- en de handlay-up techniek is sprake van een positieve correlatie tussen blootstellingsconcentratie en harsverbruik. Bij het spuiten is niet het harsverbruik maar de techniek zelf meer bepalend voor de blootstellingsconcentratie. Bedrijven die dezelfde techniek toepassen vertonen een spreiding in blootstelling die afhankelijk is van de getroffen beheersmaatregelen, de hoeveelheid te verwerken hars, de vorm en de oppervlakte van het produkt, de werkwijze van de werker en de betrachte hygiëne.

De meest effectieve beheersmaatregel dient betrekking te hebben op dat deel van het polyesterproces waarbij de grootste emissie van styreen optreedt. Het geheel (of gedeeltelijk) vervangen van styreen door een minder schadelijke component is de beste oplossing. Ontwikkelingen in deze richting zijn in een experimenteel stadium en voorlopig niet voor de praktijk beschikbaar. Ondanks de opvatting dat het toepassen van gesloten systemen voor niet-seriematige produktie vaak financieel niet haalbaar is, dient deze mogelijkheid toch nadrukkelijk te worden onderzocht door de ondernemers.

Maatregelen ter vermindering van de emissie tijdens de post-lamineerperiode en de uitharding dienen te worden gezocht in het verkorten van deze perioden door gebruikmaking van harsen met verminderde emissie (UV-droging, toevoeging van paraffineachtige stoffen).

Uit het onderhavige onderzoek is gebleken dat het toepassen van ventilatie/afzuigvoorzieningen maatwerk is, waarbij meer aandacht nodig is voor de plaats van de emissiebron en de werker en inzicht

in het produktieproces, de produktietechnieken, de specifieke werksituaties, de werkwijze van de werkers, de vorm en de grootte van het produkt en de hoeveelheid en frequentie van harsverwerking per werker.

Literatuurgegevens over beïnvloeding van het werkgedrag ter vermindering van de blootstelling van styreen laten zien dat bij adequate beheersmaatregelen de effectiviteit niet alleen bepaald wordt door de technische werking maar aanzienlijk verhoogd kan worden door juist werkgedrag. Een juist werkgedrag hoeft volgens de literatuur geen nadelige gevolgen te hebben voor de produktiviteit.

Het gebruik van persoonlijke beschermende middelen is alleen als allerlaatste middel aan te bevelen voor kortdurende blootstelling. Een adequate bescherming wordt gegeven door het gebruik van een verse-luchtkap. Het gebruik van koolsnuitjes wordt niet aangeraden omdat het verzadigingspunt van de kool niet is vast te stellen.

De op korte termijn meest haalbaar geachte beheersmaatregelen liggen op het terrein van gerichte ventilatie/afzuigvoorzieningen in combinatie met organisatorische maatregelen (zoals spreiding van werkzaamheden in ruimte en tijd) en aanpassing van het werkgedrag van de werkers.

Voor het bereiken van voor de huidige versterkte polyesterbouw zeer lage styreenniveaus van minder dan 100 mg/m^3 (0,25 MAC-waarde) dient de branche te komen tot een gestructureerde aanpak.

8.3 Signalering van gezondheidsrisico's van oplosmiddelen, peroxiden, stof en geluid

De blootstelling aan **oplosmiddelen** varieert voor de verschillende werkers van nihil tot waarden die de MAC bereiken. Blootstelling

veroorzaakt door het ontvetten van de mal kunnen worden gereduceerd d.m.v. het type beheersmaatregelen dat voor het reduceren van de styreenblootstelling moeten worden getroffen. Blootstelling veroorzaakt door het schoonmaken van handen en gereedschap kan tot een aanvaardbaar minimum worden teruggedrongen door aanpassing van het werkgedrag en het uitvoeren van "good housekeeping" richtlijnen.

Het afmeten en toevoegen van **peroxiden** aan hars kan door middel van het gebruik van dispensersystemen, handschoenen en gelaatscherm op eenvoudige en veel veiliger wijze gebeuren en dit dient dan ook in de praktijk te worden gerealiseerd.

Over het algemeen wordt tijdens mechanische bewerkingen, zoals schuren, slijpen en boren, voor de afwerking van gereede produkten gebruik gemaakt van adequate beheersmaatregelen ter vermindering van de **stofblootstelling** (aparte ruimte voor stoffige werkzaamheden, mobiele afzuigsystemen in combinatie met stofbril). Zonder toepassing van deze maatregelen overschrijdt bij de genoemde werkzaamheden de totaal-stofbelasting de richtlijn voor kortdurende concentraties van 2x MAC-waarde.

Het verwerken van glasvezel geeft tijdelijke huidirritaties. Het zoveel mogelijk vermijden van huidcontact bij het snijden en verwerken van glasvezel is daarom gewenst.

Bij de afwerking van de gereede produkten worden over het algemeen te hoge **geluidniveaus** waargenomen. In de meeste bedrijven is adequate bescherming aanwezig, maar niet altijd in gebruik.

REFERENTIES

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Documents of the treshold limit values, styrene, Fourth edition, z.j.

Antonsson, A.B., S. Rummark, 1987. Airborne fibrous glass and dust originating from worked reinforced plastics. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 48 (8), 684-687.

Berode, M., P.O. Droz en M. Guillemin, 1985. Human exposure to styrene. VI Percutaneous absorption in human volunteers, Int. Arch. Occup. Env. Health 55, 331-336.

Boleij, J., D. Heederik en H. Kromhout, 1987. Karakterisering van blootstelling aan chemische stoffen in de werkomgeving. Pudoc, Wageningen, p.162.

Crandall, M.S., 1981. Worker exposure to styrene monomer in the reinforced plastic boat-making industry. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 42 (7) 499-502.

Crandall, M.S., R.W. Hartle, 1985. An analysis of exposure to styrene in the reinforced plastic boat-making industry. Am. J. Ind. Med., 8 (3) 183-192.

Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1986. Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte, Styrol, Verlag Chemie.

Engström, J., I. Astrand, E. Wigaeus, 1978. Exposure to styrene in a polymerization plant - Uptake in the organisms and concentration in subcutaneous adipose tissue. Scand. J. Work Environ. Health, 324-329.

Groupement des Plastiques Renforcés du Marché Commun (GPRMC), 1984. Ventilation Recommendations for GRP Workshops Health and Safety Committee of GPRMC by the Netherlands and NFK-Woerden.

Guillemin, M.P., D. Bauer, B. Martin, A. Marazzi, 1982. Human exposure to styrene. IV. Industrial hygiene investigations and biological monitoring in the polyester industry. Int. Arch. Occup. Environ. Health 51 139-150.

Hemmen van, J.J., R.B.M. Geuskens en J. van der Tuin, 1986. Survey in de polyesterbouw. Een bedrijfsonderzoek. I. Vertrouwelijk. MBL 1986-11A.

Hemmen van, J.J., W.J.A. Meuling en A. Moerkerken, 1984. Onderzoek naar de blootstelling aan styreen in een polyesterbedrijf. Vertrouwelijk. MBL 1984-1A.

Hemmen, J.J. van en G. de Mik, 1987. Biological monitoring of solvents, no panacea, in Biological Monitoring of Exposure to Chemicals: Organic Compounds (M. Ho en H.K. Dillon, eds.), John Wiley and Sons, New York, p. 73-84.

Hopkins, B.L., R.J. Conrad, R.F. Dangel, H.G. Fitch, M.J. Smith, W.K. Anger, 1986. Behavioural technology for reducing occupational exposures to styrene. J. Appl. Behav. Anal., 19, 3-11.

Hopkins, B.L., R.J. Conrad, M.J. Smith, 1986. Effective and reliable behavioural Control Technology. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 47 (12), 785-791.

Ikeda, M., A. Koizumi, M. Miyasaka, T. Watanabe, 1982. Styrene exposure and biologic monitoring in FRP boat production plants. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 49, 325-339.

Leenheers, L.H., 1986. Bepaling van amandelzuur en de som van amandelzuur en fenylglyoxylzuur in urine met gaschromatografie. Voorschrift BT-4 , MBL-TNO.

Lemasters, G.K., A. Carson, S.J. Samuels, 1985. Occupational styrene exposure for twelve produkt categories in the reinforced-plastics industry. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 46, 434-441.

Moerkerken, A., 1983. Onderzoek naar de styreenexpositie van werknemers in een kunststofverwerkend bedrijf op 19 t/m 22 september 1983. Vertrouwelijk. IMG-TNO Rapport F2113.

Ravensberg, J.C., R.B.M. Geuskens, 1987. Een evaluatie van twee meetmethoden voor de bepaling van styreen in omgevingslucht, MBL 1987-7.

Rocchi, P.S.J., 1985. Luchtmetingen en biologische monitoring van styreen in een polyesterverwerkend bedrijf. Vertrouwelijk. Bedrijfsgeneeskundige dienst "Gouda en Omstreken".

Rövekamp, A.J.M., 1985. Cursusboek "Geluid, gehoor en lawaai-bestrijding", NIPG-TNO, Leiden.

Schumacher, R.L., P.A. Breysse, W.R. Carlyon, R.P. Hibbard, G.D. Kleinman, 1981. Styrene exposure in the fiberglass fabrication industry in Washington State. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 42, 143-149.

Tuin van der, J., R.B.M. Geuskens en J.J. van Hemmen, 1986. Survey in de polyesterbouw. Een bedrijfsonderzoek II. Vertrouwelijk. MBL 1986-16A.

Tuin van der, J., R.B.M. Geuskens en J.J. van Hemmen, 1986. Survey in de polyesterbouw. Een bedrijfsonderzoek III. Vertrouwelijk. MBL 1986-18A.

Tuin van der, J., R.B.M. Geuskens en J.J. van Hemmen, 1986. Survey in de polyesterbouw. Een bedrijfsonderzoek IV. Vertrouwelijk. MBL 1986-28A.

Tuin van der, J. en R.B.M. Geuskens, 1987. Blootstelling aan styreen in de polyesterbouw. Samenvatting onderzoek in twaalf kleine bedrijven. Vertrouwelijk. MBL 1987-22.

Tuin van der, J., 1987. Styreenconcentraties bij het toepassen van de spuitwikkeltechniek. Vertrouwelijk. MBL-TNO intern rapport.

Vojtecky, M.A., 1985. Workplace Education. Principles in Practice. J. of Occup. Med. 27 (1), 29-33.

Voskamp, J., 1988. DSM Resins. Persoonlijke mededeling.

Werkgroep van Deskundigen, 1988. Rapport inzake styreen - Gezondheidskundig advies van de Werkgroep van Deskundigen ter vaststelling van de MAC-waarden, Directoraat-Generaal van de Arbeid, Voorburg.

White, M.K., T.K. Hodous, 1987. Reduced work tolerance associated with wearing protective clothing and respirators. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 48 (4), 304-310.

Wilson, H.K., S.M. Robertson, H.A. Waldron en D. Gompertz, 1983. Effekt of alcohol on the kinetics of mandelic acid excretion in volunteers exposed to styrene vapour, Br. J. Ind. Med. 40, 75-80.

Bijlage 1: Overzicht van de 12 kleine bedrijven

Bedrijf	Aantal ¹⁾ werknemers	Ton hars per jaar	Techniek ²⁾ (%)	Produkt ³⁾ (n)	Opmerkingen
6	1,5	3,5	H(40)	carrosserieën (70-100)	geïnte- greerde polyester- produktie
7	2,5	6	H(40-50)	kano's(350)	-
8	1	10	S(50)	bakken,kasten (3000)	aparte polyester- afdeling
9	3	8-10	H	baden	2 produktie- ruimten
10	2	11	S(50) (K,H)	diversen	-
11	3	16	H(50-60)	diversen	-
12	4	12	S(50-60) (H)	motoracces- soires(4000)	aparte polyester- afdeling
13	3	30	S(60-70) (H)	bakken,carros- serie onderde- len (2000)	-
14	2	11	S(60-70) (H)	bakken diversen	-
15	6	40	H(70-80)	carrosserie onderdelen (6000)	aparte polyester- afdeling
16	8-13	140	S(70-80) (H)	glijbanen	2 produktie- ruimten
17	5	50	S(70-80) (H)	bouw- en re- creatieart.	2 produktie- ruimten

1) Aantal werknemers in de polyesterproduktie

2) H: Hand lay-up, S: Spuiten, K: Koud persen (tussen haakjes de minder toegepaste technieken). (%): tijdsduur van de meest toegepaste techniek als percentage van de werkdag

3) (n): aantal produkten per jaar; indien niet vermeld: geen gegevens verkregen.

Bijlage 2. Hoofdpunten checklist t.b.v. de "walk through surveys"
kleine polyesterbedrijven

emissiebepalend

produktieproces	:	emissiebronnen en -frequentie
toegepaste techniek	:	soort en tijdsduur
produkt	:	soort, grootte en aantal
harsverbruik	:	ton/jaar
harssamenstelling	:	harssoort en additieven

immissiebepalend

ventilatievoorzieningen	:	soort, stroming en gebruik
behuizing	:	inhoud en aantal ruimten

blootstellingsbepalend

funkties en taken	:	funkties en taken van de werknemers
werkschema en werktijden	:	werkschema en werktijden van de werknemers
routing	:	schema van routing
planning	:	schema van planning
pers. beschermingsmid.	:	type en gebruik beschermingsmiddelen
orde en netheid	:	m.b.t. inrichting en werkwijze
voorlichting	:	kennis over de gezondheidsrisico's en mogelijk te nemen maatregelen

Bijlage 3: De geometrisch gemiddelde concentraties (TGG 8 uur, in mg/m^3) van styreen gemeten in de ademzone van de werknemers.

	n	GM	GSD
bedrijf 1 (gemiddelde van 3 dagen)			
functie 1	5	123	1,36
functie 2	7	100	1,37
functie 4	4	64	1,37
bedrijf 2 (gemiddelde van 3 dagen)			
functie 1	3	193	1,51
functie 2	9	212	1,48
functie 3	8	138	1,31
functie 4	8	67	1,59
bedrijf 3 (gemiddelde van 3 dagen)			
functie 2	15	97	2,54
functie 3	6	48	2,36
functie 4	5	19	1,48
bedrijf 4 (gemiddelde van 4 dagen)			
functie 2	8	166	1,62
functie 3	1	121	
functie 4	3	54	1,10

Bijlage 4: Vergelijking van de blootstelling aan styreen tussen functies en bedrijven.

Verschillen in de mate van blootstelling aan styreen tussen de verschillende functies in één bedrijf volgens Student's t-toets met Bonferroni-correctie ($\alpha=0,05$):

Functie 1 en 2 : niet significant verschillend bij bedrijf 1 en 2
1 en 3 : niet significant verschillend bij bedrijf 2
1 en 4 : significant verschillend bij bedrijf 1 en 2
2 en 3 : niet significant verschillend bij bedrijf 2,3 en 4
2 en 4 : significant verschillend bij bedrijf 2,3 en 4;
niet significant verschillend bij bedrijf 1
3 en 4 : significant verschillend bij bedrijf 2;
niet significant verschillend bij bedrijf 3 en 4

Verschillen in de mate van blootstelling aan styreen tussen de verschillende bedrijven per functie volgens Student's t-toets (1) of de Welch-test (2) met Bonferroni-correctie, $\alpha=0,05$

Functie 1 : niet significant verschillend (1)
Functie 2 : significant verschillend voor bedrijf 1 en 2; niet significant voor overigen (2)
Functie 3 : significant verschillend voor bedrijf 2 en 3; voor bedrijf 4 te weinig waarnemingen (2)
Functie 4 : bedrijf 3 is significant verschillend met bedrijf 1,2 en 4; niet significant voor overigen (1)

Bijlage 5: Overschrijdingskansen van enkele blootstellingsniveaus van styreen*.

Het 90% betrouwbaarheidsinterval van de kans (%)** op blootstelling (TGG 8) aan concentraties >420, >210 en >105 mg/m³ per functie en per bedrijf, ervan uitgaande dat de waarden log-normaal verdeeld zijn (Boleij e.a. 1987).

	>420	>210	>105 mg/m ³
bedrijf 1			
functie 1	0-9	7-36	56-100
2	0-10	7-31	36-87
4	0-4	0-15	6-45
bedrijf 2			
functie 1	0-19	22-88	100
2	2-15	43-94	100
3	0-2	5-25	100
4	0-0,5	0-7	10-34
bedrijf 3			
functie 2	7-22	18-40	40-78
3	0-8	2-19	11-41
4	0-0,1	0-0,6	0-5
bedrijf 4			
functie 2	3-15	25-57	100
3	0-21	0-53	31-100
4	0-2	0-8	3-31

* 105, 210 en 420 mg/m³ corresponderen met 0,25x, 0,5x en 1x de huidige MAC-waarde van styreen

** Waarden boven 25 zijn onnauwkeurig; 100 betekent dat de berekening leidt tot een interval dat boven 100% ligt.

Bijlage 6: Blootstelling aan styreen en harsverbruik per techniek en per bedrijf.

De geometrisch gemiddelde concentraties (TGG 4 uur in mg/m^3) aan styreen gemeten in de ademzone van de werknemers, de maximale en minimale concentratie, en de mediane waarde van het harsverbruik tijdens de gemeten concentratie (kg/halve dag) per toegepaste techniek per bedrijf.

Voor het harsverbruik is de mediaanwaarde opgegeven omdat het harsverbruik niet normaal of log-normaal verdeeld is

Rangschikking per bedrijf

Techniek	GM	GSD	n	Max conc	Min conc	Mediaan hars
bedrijf 1						
wikkelen	430	1,42	7	716	264	400
handlay up	130	1,84	32	277	43	40
overig	55	2,06	61	195	12	0
bedrijf 2						
wikkelen	238	1,45	11	400	134	150
handlay up	152	1,56	93	443	62	25
overig	60	1,59	61	151	20	0
bedrijf 3						
sputten	384	1,35	16	602	224	60
handlay up	188	2,05	36	538	35	75
overig	24	2,75	98	230	2	0
bedrijf 4						
sputten	164	1,57	46	334	48	60
handlay up	100	2,09	19	261	18	11
overig	44	1,97	29	114	11	0

Rangschikking per techniek

Bedrijf	GM	GSD	n	Max conc	Min conc	Mediaan hars
wikkelen						
1	430	1,42	7	716	264	400
2	238	1,45	11	400	134	150
handlay up						
1	130	1,84	32	277	43	40
2	152	1,56	93	443	62	25
3	188	2,05	36	538	35	75
4	100	2,09	19	261	18	11
sputten						
3	384	1,35	16	602	224	60
4	164	1,57	46	334	48	60
overig						
1	55	2,06	61	195	12	0
2	60	1,59	61	151	20	0
3	24	2,75	98	230	2	0
4	44	1,97	29	114	11	0

Bijlage 7: Vergelijking van de technieken binnen een bedrijf met de Kruskal en Wallis toets, gevolgd door paarsgewijze vergelijkingen volgens Dunn, $\alpha=0,05$, voor de styreenconcentratie en het harsverbruik.

	styreen- concentratie	harsverbruik
bedrijf 1		
W-H	X	
W-O	X	X
H-O	X	X
bedrijf 2		
W-H	X	X
W-O	X	X
H-O	X	X
bedrijf 3		
H-S		
H-O	X	X
S-O	X	X
bedrijf 4		
H-S	X	X
H-O	X	X
S-O	X	X

wikkelen		
1-2	X	X
handlay-up		
1-3		
2-3	X	X
3-4	X	X
1-2		
1-4		X
2-4		X
sputten		
3-4	X	
overig		
1-3	X	
2-3	X	
3-4	X	
1-2		
1-4		
2-4		

H=handlay-up; S=sputten; W=wikkelen en O=overig.
X: significant verschil tussen de technieken.

Bijlage 8 BIOLOGISCHE MONITORING VAN STYREEN

1 Inleiding

Styreen kan bij het verrichten van werkzaamheden in industriële situaties in het lichaam worden opgenomen door inademing en via de huid. Orale opname is uiterst onwaarschijnlijk, mede door de zeer sterke geur. Door de vluchtigheid en de aard van het gebruik op de werkplek is opname via de ademhaling kwantitatief zeer belangrijk. Styreendamp wordt vrijwel niet via de huid opgenomen. De opname van vloeibaar styreen via de huid is recent onderzocht door Berode e.a. (1985). In de industriële situatie blijkt deze opname een zeer geringe rol te spelen, hoewel op de werkplek bij diverse bewerkingen huidcontact kan optreden met in styreen opgeloste harsen.

Het geresorbeerde styreen wordt met name in de lever omgezet tot amandelzuur (50-60 %) en fenylglyoxylzuur (30-40 %). Indien tijdens de expositie aan styreen alcohol wordt genuttigd, dan leidt dit tot een tijdelijk sterk verhoogde concentratie van fenylethaandiol in het bloed en een vertraagde uitscheiding van amandelzuur in urine (Wilson e.a. 1983).

De uitscheiding van de metabolieten verloopt relatief snel, met name voor amandelzuur. De metabolieten hebben het lichaam reeds binnen 48 uur na beëindiging van de blootstelling voor meer dan 90 % verlaten. Door opslag van een klein deel van het styreen in vetrijk weefsel zijn over langere tijden in uitgeademde lucht (styreen) en urine (metabolieten) lage concentraties meetbaar.

In de literatuur zijn diverse strategieën voor biologische monitoring van styreen beschreven die kunnen bijdragen aan een schatting van de gezondheidsrisico's. Hierbij wordt de uitwendige blootstelling geschat op basis van de concentraties styreen in bloed of

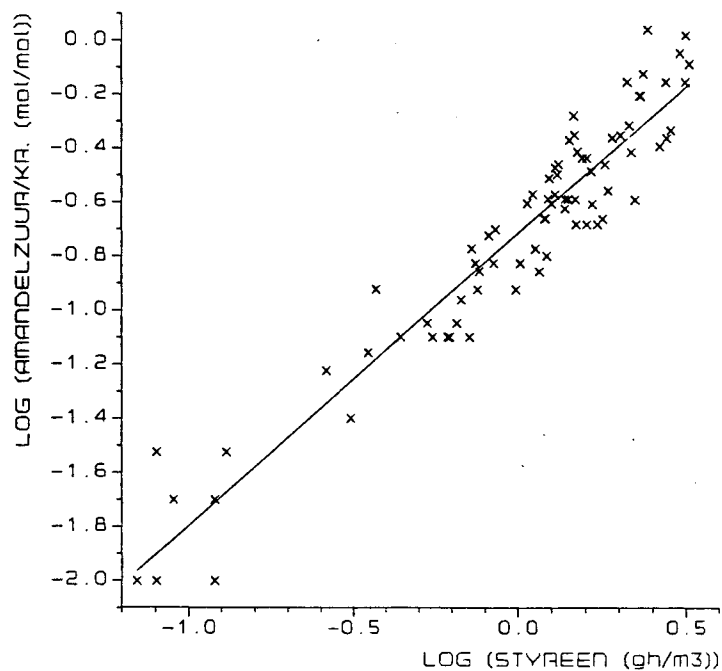
uitademingslucht, of op basis van de concentraties van de metaboliëten amandelzuur en fenylglyoxylzuur in urine. Het meeste in de literatuur beschreven onderzoek gaat uit van de analyse van de metaboliëten in urine. De beste benadering zou echter zijn het toxische agens te meten in een medium dat representatief kan worden geacht voor het doelorgaan. Deze concentraties zouden dan moeten worden gerelateerd aan het vóórkomen van gezondheidseffekten. Als deze benadering niet goed mogelijk is, kan een tweede benadering worden gekozen, waarbij de nadruk ligt op het schatten van de lichaamsbelasting met (opname van) de betrokken stof. Uit de argumentaties van de DFG (1986) en de ACGIH (z.j.) kan worden afgeleid dat vooralsnog te weinig gegevens zijn verkregen om een gewogen biologische grenswaarde voor styreen op te stellen volgens de eerstgenoemde benadering. De onderzoeksresultaten in de literatuur zijn vrijwel allemaal verkregen langs de tweede benadering (zie ook Van Hemmen en De Mik 1987).

2 Resultaten en discussie

Voor de interpretatie van de gegevens over het gehalte aan amandelzuur in urine werd van alle deelnemers nagegaan of zij op de onderzochte werkdagen adembeschermende middelen gebruikten. Indien dit het geval bleek, werden de urinegegevens niet gebruikt voor de hier te beschrijven analyse. Er resulteerden 78 deelnemers, waarvan op één, twee of drie werkdagen urinemonsters werden verkregen aan het einde van de werkdag. Om problemen met betrekking tot afhankelijkheid van gegevens te voorkomen is voor de analyse alleen het eerste verzamelde urinemonster gebruikt. De concentratie van amandelzuur in het urinemonster is gerelateerd aan de concentratie van styreen in de ademzone van de betrokkenen. Hiervoor is gebruikt het produkt van de gemiddelde concentratie en de blootstellingsduur, omdat de blootstellingstijden van de werknemers, o.a. door overwerk, nogal uiteen liepen (6 - 10 uur).

Na logaritmische transformatie van beide variabelen (vanwege de randvoorwaarden van het regressiemodel) werd een lineaire regressieanalyse uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in figuur 1. De regressielijn heeft de volgende vorm :

$$\log (\text{amandelzuur/kreatinine (mol/mol)}) = -0,706 + 1,088 \log (\text{styreen x blootstellingstijd (gh/m}^3\text{)}).$$



Figuur 1: Het verband tussen het produkt van de gemiddelde concentratie styreen in de ingeademde lucht en de blootstellingstijd enerzijds en de hoeveelheid amandelzuur in urine verzameld aan het einde van de werkdag anderzijds. Gegevens van 78 werkers.

Bij blootstelling aan de huidige MAC-waarde van 420 mg/m^3 gedurende acht uur wordt op basis van de regressielijn $0,74 \text{ mol}$ amandelzuur per mol kreatinine verwacht. Dit is lager dan de meeste waarden die in de literatuur worden gevonden (Van Hemmen en De Mik 1987). Een reden voor dit verschil kan zijn dat in de literatuur

meestal de gemiddelde blootstelling (in mg/m^3) als x-variabele wordt gebruikt, ongeacht de werktijd. Voor het hier beschreven onderzoek is bijzondere zorg besteed aan de validatie van de gebruikte meting van styreen in de ademzone van de werknemers (Ravensberg en Geuskens 1987). Voor de bepaling van amandelzuur in urine is geen vergelijking met een absolute meetmethode uitgevoerd, al is wel zorg besteed aan de analytische techniek (Leenheers 1987). Uit deelname aan een oriënterend ringonderzoek in Nederland is gebleken dat de bepaling resultaten geeft die goed overeenkomen met die van enkele andere bepalingmethoden die in Nederlandse laboratoria worden gebruikt (ongepubliceerde gegevens).

Op basis van de gegevens in figuur 5.1 kunnen de volgende 95 % betrouwbaarheidsintervallen worden berekend voor de amandelzuurconcentraties bij norm-blootstellingen. Bij blootstelling aan gemiddeld $420 \text{ mg}/\text{m}^3$ styreen gedurende acht uur is dit 0,28 - 1,87 mol amandelzuur per mol kreatinine. Bij een gemiddelde blootstelling aan de halve MAC-waarde ($210 \text{ mg}/\text{m}^3$) gedurende acht uur wordt een urineconcentratie verwacht van 0,35 (0,14 - 0,84 mol) amandelzuur per mol kreatinine. Bij een gemiddelde blootstelling aan een kwart van de huidige MAC-waarde ($105 \text{ mg}/\text{m}^3$) gedurende acht uur bedraagt het gehalte aan amandelzuur in urine 0,16 (0,06 - 0,39) mol per mol kreatinine.

Uit figuur 5.1 (en dus de betrouwbaarheidsintervallen) blijkt een aanzienlijke spreiding tussen de meetpunten. Om te onderzoeken of deze spreiding vrijwel alleen toegeschreven zou kunnen worden aan verschillen tussen individuen, zijn voor de gegevens die verkregen zijn bij de 30 personen die drie 'einde werkdag' urinemonsters hebben ingeleverd de tussenpersoons- en binnenpersoonsvarianties van de logaritme van de verhouding van amandelzuur gecorrigeerd voor kreatinine en de blootstelling aan styreen geschat. Deze grootte vertoonde een verdeling die niet van normaal afweek. De binnenpersoonsvariantie en tussenpersoonsvariantie bedroegen respectievelijk 0,0156 en 0,0070. Om het effect van eventuele relatief grote onnauwkeurigheden bij lage blootstellingen uit te

sluiten zijn de varianties ook geschat voor de twaalf series van drie waarnemingen waarbij alle amandelzuurgehalten in urine de 0,1 mol per mol kreatinine te boven gingen. Hierbij werden vergelijkbare waarden gevonden. Dit was eveneens het geval indien de analyses werden uitgevoerd voor de 74 werknemers die tenminste twee urinemonsters hadden ingeleverd. Uit de beschikbare gegevens kan dus niet worden afgeleid dat de spreiding binnen een individu kleiner is dan tussen individuen. De gevonden spreiding in de meetpunten van figuur 5.1 kan derhalve voor het grootste deel worden toegeschreven aan variaties in de verdeling van de blootstelling over de dag, ademminuutvolume, monsternemingstechnieken, analysemethoden, uitscheidingsnelheid via urine en dergelijke (Van Hemmen en De Mik 1987).

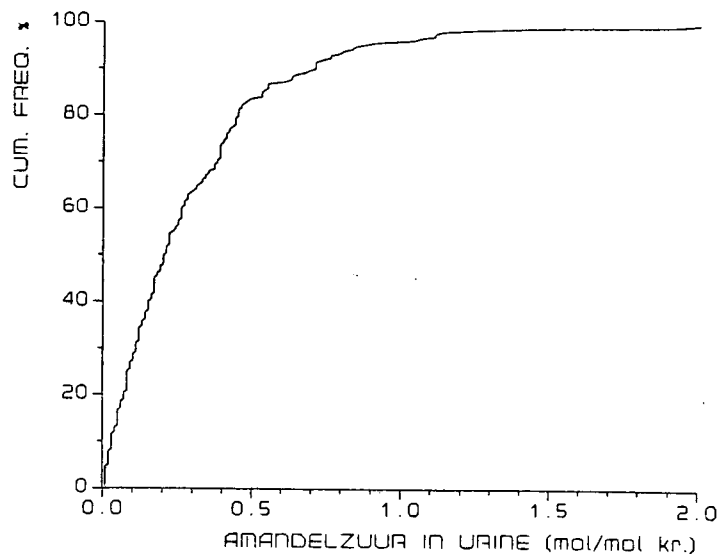
Op grond van de hier gepresenteerde gegevens kan voor deze vorm van biologische monitoring, waarbij in een urinemonster verzameld aan het einde van een achturige werkdag het gehalte aan amandelzuur (gecorrigeerd voor het gehalte aan kreatinine) wordt bepaald, de richtlijn worden afgeleid die in tabel 1 is weergegeven.:

Tabel 1: Richtlijn voor de biologische monitoring via amandelzuur in urine

Gehalte amandelzuur in urine aan einde werkdag (mol/mol kreatinine)	Gemiddelde blootstelling op betrokken achturige werkdag (mg/m ³)
<0,06	<105 (<0,25 MAC)
<0,14	<210 (<0,5 MAC)
<0,28	<420 (< MAC)
>0,84	>210 (>0,5 MAC)
>1,87	>420 (> MAC)

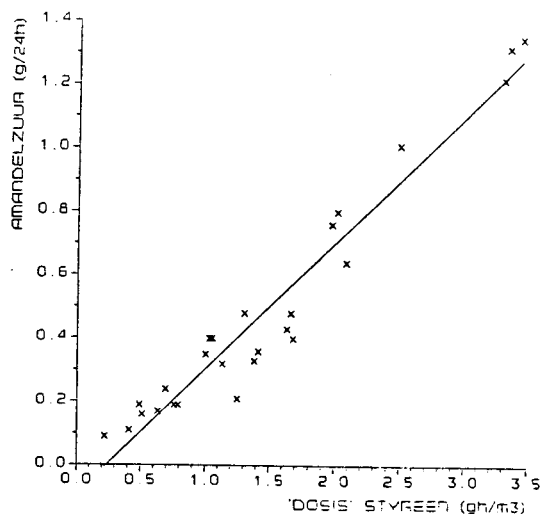
De gegeven interpretatie heeft betrekking op individuele personen als de blootstellingsduur zes tot tien uur is geweest. Indien er sprake is van homogene groepen werknemers, dan kan de gemiddelde blootstelling van de groep met grotere betrouwbaarheid worden geschat.

Ter oriëntatie zijn in figuur 5.2 alle resultaten van de amandelzuurbepaling in urine uit dit onderzoek cumulatief weergegeven.

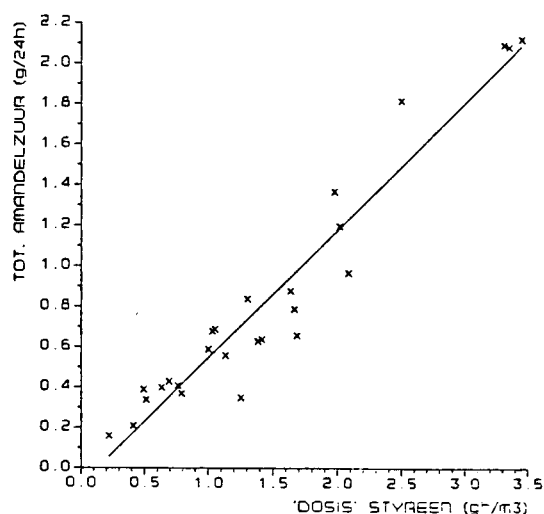


Figuur 2: Cumulatief frequentiediagram van alle tijdens het onderzoek gemeten amandelzuurconcentraties in urine verzameld aan het eind van een werkdag.

Bij 26 deelnemers werd eenmalig over 24 uur urine verzameld. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 5.3 voor amandelzuur en in figuur 5.4 voor de som van amandelzuur en fenylglyoxylzuur. Bij blootstelling aan 420 mg/m^3 gedurende acht uur wordt 1,25 g amandelzuur uitgescheiden in 24 uur met een betrouwbaarheidsinterval (95 %) van 0,86 - 1,64 g. Er wordt 2,04 g amandelzuur en fenylglyoxylzuur (totaal amandelzuur) uitgescheiden met een 95 % betrouwbaarheidsinterval van 1,36 - 2,73 g.



Figuur 3: Het verband tussen het produkt van de gemiddelde concentratie styreen in de ingeademde lucht en de blootstellingstijd enerzijds en de hoeveelheid amandelzuur in een over 24 uur verzameld urinemonster (van het begin van de werkdag tot aan het begin van het werk op de volgende werkdag) anderzijds. Gegevens van 26 werkers.



Figuur 4: Het verband tussen het produkt van de gemiddelde concentratie styreen in de ingeademde lucht en de blootstellingstijd enerzijds en de hoeveelheid amandelzuur en fenylglyoxylzuur (totaal amandelzuur) in een over 24 uur verzameld urinemonster (van het begin van de werkdag tot aan het begin van het werk op de volgende werkdag) anderzijds. Gegevens van 26 werkers.

Bij blootstelling aan 210 mg/m^3 gedurende acht uur wordt $0,58 \text{ g}$ amandelzuur uitgescheiden in 24 uur met een 95 % betrouwbaarheidsinterval van $0,26 - 0,89 \text{ g}$. Er wordt $0,98 \text{ g}$ amandelzuur en fenylglyoxylzuur (totaal amandelzuur) uitgescheiden met een 95 % betrouwbaarheidsinterval van $0,43 - 1,54 \text{ g}$.

Bij blootstelling aan 105 mg/m^3 styreen gedurende acht uur wordt in 24 uur $0 - 0,57 \text{ g}$ amandelzuur uitgescheiden en $0 - 1,02 \text{ g}$ amandelzuur en fenylglyoxylzuur.

Het relatief kleinere betrouwbaarheidsinterval van deze schattingen kan voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan het feit dat variaties in blootstelling over de dag en variaties in uitscheidingsnelheden van de metabolieten tussen individuen worden 'uitgemiddeld' door over langere tijden urine te verzamelen. Hoewel de betrouwbaarheid van de schatting van de blootstelling groter is bij analyses op basis van 24 uren urinemonsters dan op basis van 'spotsamples', is het praktische bezwaar van de relatief zware belasting voor de werknemer en het risico van onvolledige urineverzameling naar het oordeel van de auteurs in de meeste situaties groter dan de winst in betrouwbaarheid van de schatting.

In beginsel leent biologische monitoring zich goed voor de beoordeling van de effectiviteit van beschermende middelen. Toegespitst op de hier gebruikte methode betekent dit dat bij een adequate adembescherming het gehalte aan amandelzuur in urine zeer laag zal zijn. Deze benadering is toegepast in één van de onderzochte bedrijven. Op verzoek van de werknemers werd nagegaan of de door het merendeel van de werknemers gebruikte koalsnuitjes effectief waren. Na overleg met de betrokkenen werd afgesproken dat twee dagen met en twee dagen zonder deze vorm (koalsnuitje, type "dust-mist respirator", 3M) van adembescherming werd gewerkt, waarbij 's ochtends en 's middags een nieuw snuitje werd gedragen. Eén van de betrokken medewerkers kon aan deze vergelijking niet meedoen in verband met huidklachten.

Om een indruk te krijgen van de effectiviteit werd per individu de verhouding berekend van de concentratie amandelzuur in urine en de

tijdgewogen gemiddelde blootstelling aan styreen over de betrokken werkdag. Zo werden per persoon vier waarden verkregen. Deze werden gemiddeld voor de dagen met en de dagen zonder koolsnuitjes. Uit de resultaten bij tien personen blijkt dat de uitscheiding via de urine relatief laag is bij gebruik van de koolsnuitjes, al geldt dit niet voor alle deelnemers. Deze verschillen zijn mogelijk te verklaren door het niet goed passen van de snuitjes op het gelaat. Op basis van dit resultaat menen de auteurs dat bij het gebruik van koolsnuitjes een waarschuwend woord op zijn plaats is. Het verzadigingspunt van de kool is immers niet vast te stellen, een goede werkdiscipline is strikte voorwaarde, anders kan een schijnveiligheid ontstaan.

3 Conclusie

Uit de gepresenteerde gegevens blijkt dat de biologische monitoring een goede signaalfunctie heeft. Hoewel een directe relatie met het optreden van gezondheidseffekten niet bekend is, is deze vorm van biologische monitoring toch zinvol. Omdat, zoals reeds eerder is aangegeven, de opname van styreen afhankelijk is van onder meer het ademminuutvolume (dat sterk afhangt van de zwaarte van de arbeid) ligt het belang van de biologische monitoring vooral in het schatten van die opname. Afgezien van metabole verschillen tussen individuen is het gehalte aan amandelzuur in urine gekoppeld aan de lichaamsbelasting met styreen. Het is dus mogelijk dat door de manier van werken een hoeveelheid styreen wordt opgenomen die hoger is dan op grond van een PAS-meting wordt aangenomen. De auteurs zijn dan ook van oordeel dat waarden van amandelzuur in vergelijking met een tentatieve grenswaarde, die gekoppeld is aan een op gezondheidkundige gronden opgestelde grenswaarde voor de omgevingslucht, nader onderzoek kunnen indiceren.