

Ser. 4
S 29-1

Chronische effecten tengevolge van blootstelling aan organische oplosmiddelen

Literatuuronderzoek

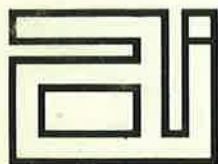
Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door
het Medisch Biologisch Laboratorium TNO in samenwerking met het
Verfinstituut TNO en het Instituut voor Milieuhygiëne en
Gezondheidstechniek TNO inzake inventarisatie van gegevens betreffende
samenstelling, voorkomen, blootstellingsniveaus en effecten

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



NIA0017914

Directoraat-Generaal van de Arbeid



S 29-1

Chronische effecten tengevolge van blootstelling aan organische oplosmiddelen

Literatuuronderzoek

Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door
het Medisch Biologisch Laboratorium TNO in samenwerking met het
Verfinstituut TNO en het Instituut voor Milieuhygiëne en
Gezondheidstechniek TNO inzake inventarisatie van gegevens betreffende
samenstelling, voorkomen, blootstellingsniveaus en effecten

**Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA**
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 30, Amsterdam-Buitenveldert

ISN-nr.

plaats

datum

13849

ser. 4

S 291

Opstellers:

dr. T. Doorgeest : Verfinstituut TNO
ir. P.B. Meijer : Instituut voor Milieuhygiëne en
Gezondheidstechniek TNO
dr. ir. G. de Mik : Medisch Biologisch Laboratorium TNO

INHOUDSOPGAVE

	Pagina
1. Inleiding	5
2. Oplosmiddelen	7
2.1 Definitie van het begrip oplosmiddel	7
2.2 Het gebruik van oplosmiddelen in open en gesloten systemen	7
2.3 Oplosmiddelen die, chemisch gezien, al dan niet gedefinieerd zijn	8
3. Koolwaterstofoplosmiddelen	10
3.1 Kookpuntenbenzines of kookpuntbenzines	10
3.2 Terpentines (White Spirits; Mineral Spirits)	10
3.3 Cycloalifatische koolwaterstoffen	11
3.4 Benzeen, toluen en xyleen	11
3.5 Hoger kokende aromatische oplosmiddelen	11
3.6 Terpenen	12
4. Het totale oplosmiddelverbruik in Nederland	13
5. Voorbeelden van bedrijfstakken waarin gewerkt wordt met oplosmiddelen en/of oplosmiddelhoudende producten	15
6. Gegevens over het oplosmiddelverbruik van de Nederlandse verfindustrie in 1979	18
7. Prognoses inzake het oplosmiddelverbruik	22
8. Globale schatting van het verbruik in Nederland van de belangrijkste verftyden	24
9. De verschillende vormen van blootstelling aan schadelijke stoffen	28
9.1 Het inademen van gassen, dampen, nevels en rook, gevormd tijdens het afbranden van oude verflagen	28
9.2 Het inademen van straal- en schuurstof	29
9.3 Het inademen van dampen, gevormd tijdens het chemisch voorbehandelen van ondergronden	29
9.4 Het inademen van oplosmiddeldamp	30
9.5 Het inademen van spuitnevel	30
9.6 Blootstelling van de huid aan chemicaliën, gebruikt bij het chemisch voorbehandelen van ondergronden	31
9.7 Blootstelling van de huid aan verfprodukten, waaronder verfverduunningen die gebruikt worden om de huid te reinigen	31

VERVOLG INHOUDSOPGAVE

	Pagina
10. Verfapplicatiemethoden en blootstelling aan schadelijke stoffen	32
10.1 Het pneumatisch of perslucht spuiten	34
10.2 Het airless of luchtloos spuiten	34
10.3 Het electrostatisch spuiten	35
10.4 Het aanbrengen met de kwast	35
10.5 Het aanbrengen met de rolborstel	36
10.6 Het aanbrengen met het mes	36
10.7 Het aanbrengen met de kitspuit	36
10.8 Het aanbrengen met de luiwagen, de vloerhark, enz.	36
10.9 Het aanbrengen met troffel of plekspaan	37
10.10 Het dompelen	37
10.11 Het lakwalsen	38
10.12 Het lakgieten	38
10.13 Het lakgordijngieten	38
11. Verschillen in blootstelling bij de onderscheiden categorieën verfverwerkers	39
11.1 Huisschilders, werkzaam in nieuwbouw en/of onderhoud	39
11.2 Scheeps- en constructieschilders, werkzaam in nieuwbouw en/of onderhoud	40
11.3 Leggers van naadloze vloeren ("kunststofvloeren")	41
11.4 Betonreparateurs	41
11.5 Autosputters	41
11.6 Industriesputters en anderen die op industriële wijze verfprodukten aanbrengen	42
11.7 Wegmarkeerders	42
12. Verschuivingen in de aard en omvang van de blootstelling	43
12.1 Huisschilders, werkzaam in nieuwbouw en/of onderhoud	43
12.2 Scheeps- en constructieschilders, werkzaam in nieuwbouw en/of onderhoud	44
12.3 Leggers van naadloze vloeren ("kunststofvloeren")	44
12.4 Betonreparateurs	45
12.5 Autosputters	45
12.6 Industriesputters en anderen die op industriële wijze verfprodukten aanbrengen	46
12.7 Wegmarkeerders	46

VERVOLG INHOUDSOPGAVE

	Pagina
13. Enige gegevens over blootstelling in Nederland	47
13.1 Metingen uitgevoerd door de Scheikundige Dienst DGA	47
13.2 Metingen uitgevoerd door het IMG-TNO	47
13.3 Onderzoek in een moderne verffabriek	54
13.4 Onderzoek uitgevoerd door TNO bij onderhoudsschilders	56
14. Mogelijkheden voor het meten van de blootstelling	57
14.1 Environmental monitoring	57
14.2 Biologische monitoring	57
15. Grenswaarden	59
16. Effecten	62
17. Advisering	64
 Bijlage I Samenstelling van een 80/110 kookpunt benzine	 66
Bijlage II Analyse van een terpentine	67

1. INLEIDING

Op 21 februari 1984 werd door de Stichting Bedrijfsgezondheidsdienst voor de Bouwnijverheid (BG-Bouw) in 'Nieuwspoor' te 's-Gravenhage een persconferentie belegd inzake oplosmiddelen. Aanleiding hiertoe was een onderzoek, uitgevoerd in opdracht van de BG-Bouw door het Medisch Biologisch Laboratorium (MBL-TNO), naar het vóórkomen van ziekteverzuim met maximale uitkeringsduur bij schilders in vergelijking met het verzuim van andere werknemers in de bouwnijverheid. Het onderzoek had betrekking op de verzuimgevallen met maximale uitkeringstermijn die in de periode van 1975 t/m 1977 zijn begonnen. Het onderzoek leverde als hypothese op dat bij schilders meer chronische 'aspecifieke neuropsychiatrische afwijkingen' voorkomen, ongeveer 35%. Deze hypothese werd door de BG-Bouw getransformeerd tot de stellingname: "de kans dat iemand die dagelijks omgaat met oplosmiddelen, schade oploopt aan zijn gezondheid, is groter dan tot nu toe werd aangenomen". Deze conclusie werd op bovengenoemde persconferentie bekend gemaakt. Mede n.a.v. bovengenoemd onderzoek heeft het bestuur van de BG-Bouw tezamen met het bestuur van het Bedrijfschap Schildersbedrijf, de staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid van zijn verontrusting met betrekking tot het optreden van neuropsychiatrische afwijkingen door langdurige blootstelling aan lagere concentraties oplosmiddelen op de hoogte gesteld. Bij de staatssecretaris wordt aangedrongen op:

- het steunen of initiëren van nader onderzoek naar de relatie tussen langdurige blootstelling aan lagere concentraties oplosmiddelen en neuropsychiatrische gezondheidseffecten
- het opstellen van veilige grenzen voor de blootstelling van mengsels oplosmiddelen zoals deze in het schildersbedrijf voorkomen, zulks op grond van de huidige beschikbare kennis
- het opnieuw kritisch doen beschouwen van de afzonderlijke MAC-waarden van oplosmiddelen op grond van het door het MBL-TNO uitgevoerd onderzoek.

Deze punten werden door de besturen van BG-Bouw en Bedrijfschap Schildersbedrijf eveneens onder de aandacht van de Nationale MAC-Commissie gebracht. Op verzoek van de Medisch Adviseur en de Scheikundig Adviseur van het Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid hebben het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek (IMG-TNO), het MBL-TNO en het Verfinstituut (Vfi-TNO) een advies opgesteld met betrekking tot de oplosmiddel-

problematiek. Dit advies heeft niet alleen betrekking op de vragen, gesteld door de BG-Bouw. Reeds een aantal jaren verschijnen er publicaties over onderzoek, met name uitgevoerd in de Scandinavische landen, over mogelijke irreversibele effecten op het zenuwstelsel door blootstelling aan oplosmiddelen (voor een overzicht wordt verwezen naar de proceedings van een in 1982 in Londen gehouden symposium: "The neuropsychological effects of solvent exposure", editors: N. Cherry en H.A. Waldron). Hoewel in dit kader niet nader op genoemde onderzoeken kan worden ingegaan, kan gesteld worden dat voor de beantwoording van een aantal vragen het van belang is het begrip oplosmiddel nader te definiëren, mede in relatie tot de schildersproblematiek. Vervolgens is het van belang inzicht te hebben in de aard en omvang van de blootstelling, hetzij op basis van reeds beschikbare gegevens, hetzij op basis van nader onderzoek, en de daaraan gerelateerde gezondheidseffecten. Voor zover bovengenoemde gegevens aanwezig zijn, zijn zij in dit advies vermeld en gebruikt ter onderbouwing met betrekking tot de te ondernemen acties.

2. OPLOSMIDDELEN

2.1 DEFINITIE VAN HET BEGRIIP OPLOSMIDDEL

Oplosmiddelen zijn bij kamertemperatuur dan wel bij matig verhoogde temperatuur vluchtige vloeistoffen waarin andere vloeistoffen, gassen en/of vaste stoffen moleculair verdeeld kunnen worden opgenomen. Kenmerkend is dat noch tijdens noch na het oplossen chemische reacties plaatsvinden tussen het oplosmiddel en de opgeloste stof.

Het meest gangbare oplosmiddel is water, een anorganische verbinding. Voorbeelden van vrij weinig toegepaste anorganische oplosmiddelen zijn vloeibaar gemaakte ammoniak en sulfurylchloride.

Niet alleen de anorganische maar ook de organische oplosmiddelen zijn van groot technisch belang. Zij worden toegepast in een grote verscheidenheid van bedrijfstakken en produkten (Zie hoofdstuk 5). Organische oplosmiddelen worden als regel onderverdeeld in koolwaterstoffen, alcoholen, esters, ethers, ketonen, alcoholethers, esterethers, chloorkoolwaterstoffen, fluorkoolwaterstoffen en "overige typen". Tot die laatste categorie behoren o.a. nitropropan en diverse broomverbindingen.

Ter vermindering van mogelijke misverstanden zij vermeld dat diverse verbindingen zowel als oplosmiddel als in chemische syntheses worden gebruikt. Voorbeelden zijn benzeen, toluen, aceton en methylethylketon. Chemische omzettingen en de daarmee samengaande arbeidsveiligheidsproblematiek komen in dit overzicht niet aan de orde.

2.2 HET GEBRUIK VAN OPLOSMIDDELEN IN OPEN EN GESLOTEN SYSTEMEN

Op grond van onder meer de arbeidsveiligheid dient bij oplosmiddelen onderscheid te worden gemaakt tussen het gebruik in resp. open en gesloten systemen. Bij een gesloten systeem is het oplosmiddel opgesloten in een leidingsysteem, een reactorvat, enz. Onder normale bedrijfsomstandigheden treedt het oplosmiddel noch in vloeibare vorm noch in dampvorm naar buiten. Dit houdt in dat onder normale bedrijfsomstandigheden de betrokkenen niet worden blootgesteld aan oplosmiddeldamp. Een voorbeeld van een gesloten systeem waarin een oplosmiddel voorhanden is, is een productie-eenheid voor chloorrubber. Daarbij laat men in een reactor chloorgas inwerken op een oplossing van polyisopreen in tetrachloorkoolstof. Het oplosmiddel (tetrachloorkool-

stof) wordt daarbij niet omgezet en wordt - na afscheiding en zuivering - opnieuw gebruik.

Voor wat betreft de blootstelling aan oplosmiddeldamp zijn open systemen - zulks in tegenstelling tot gesloten systemen - wél belangrijk. De term open systeem heeft zowel betrekking op een installatie waaruit een oplosmiddel in dampvorm vrijkomt als een oplosmiddelhoudend produkt dat tijdens zijn gebruik of verwerking oplosmiddeldamp afgeeft. Een voorbeeld van een installatie die tot de categorie open systemen behoort is een dampontvettingsbad. Voorbeelden van produkten die tot de categorie open systemen behoren zijn lijmen, drukinkten, autowassen en verfprodukten. Ten aanzien van de hoeveelheden oplosmiddelen die in Nederland vanuit open systemen in dampvorm vrijkomen en daarbij (als regel) via emissie in de buitenlucht verloren gaan spelen verfprodukten een dominerende rol.

2.3 OPLOSMIDDELEN DIE, CHEMISCH GEZIEN, AL DAN NIET GEDEFINIÉERD ZIJN

Vanuit het oogpunt van de arbeidsveiligheid is het zinvol de organische oplosmiddelen onder te verdelen in drie categorieën.

Categorie A omvat de oplosmiddelen die, chemisch gezien, volledig zijn gedefiniéerd en die bovendien als regel worden geleverd in een technisch zuivere kwaliteit. Dat wil zeggen dat zij ten hoogste een paar procent technische verontreinigingen bevatten. Voorbeelden van tot categorie A behorende oplosmiddelen zijn benzeen, tolueen, watervrije ethanol ("absolute alcohol"), aceton, methylethylketon en ethylglycol-acetaat. Kenmerkend voor de oplosmiddelen, behorend tot categorie A, is dat gevaren-grootheden zoals het vlampunt, de onderste explosiegrens en de ontstekingstemperatuur exacte waarden hebben en niet van partij tot partij schommelen.

Categorie B omvat die oplosmiddelen die, chemisch gezien, weliswaar volledig zijn gedefiniéerd maar die als regel in onzuivere vorm worden geleverd. Als gevolg van technische ontwikkelingen is het aantal gangbare oplosmiddelen dat tot categorie B behoort tegenwoordig aanmerkelijk kleiner dan in het verleden het geval was.

Als voorbeeld diene dat de tolueen, zoals die in het verleden door de verwerkers van ruwe steenkoolteer werd geleverd aan o.a. de verfindustrie, tot 8 procent benzeen bevatte, terwijl thans het benzeengehalte lager is dan 0,2%. De methyleenchloridekwaliteiten die in het verleden werden gebruikt bij de fabricage van afbijtmiddelen bevatten tot enige

tientallen procenten chloroform. Tegenwoordig is methyleenchloride nagenoeg chloroformvrij. Doordat de samenstelling van individuele oplosmiddelen, behorende tot categorie B, van partij tot partij kan verschillen, kan ook de uitkomst van bijv. een vlampuntsbepaling variëren.

Categorie C omvat de oplosmiddelen die, chemisch gezien, in het geheel niet gedefinieerd zijn. Anders dan veelal wordt verondersteld, omvat categorie C een groot aantal oplosmiddelen. Deze kunnen worden onderverdeeld in onder soortnaam geleverde typen (bijvoorbeeld terpentine) en onder handelsnaam geleverde typen (bijvoorbeeld Shellsol E, Solvesso 150 en Aromasol H van resp. Shell, Esso en ICI). Als regel betreft het koolwaterstofoplosmiddelen die gefabriceerd worden door de petrochemische bedrijven. Eén van de weinige uitzonderingen is terpentijn, een natuurprodukt.

Voor de onder soortnaam geleverde oplosmiddelen geldt dat zij gefabriceerd worden door een groot aantal producenten die in veel gevallen uitgaan van aardolietypen van verschillende herkomst. Bovendien moet het waarschijnlijk worden geacht dat een gegeven producent nu en dan overgaat op een ander type aardolie, bijvoorbeeld op grond van prijs of verkrijgbaarheid. Gelet op de variatie in samenstelling kunnen ook de uitkomsten van gevarencengrootheden schommelen. Mede op grond van hinderwetbepalingen, gevarenavoorschriften, enz. zorgen de leveranciers er nauwlettend voor dat de waarde van het vlampunt niet de in specificaties en normen vastgelegde grenswaarde overschrijdt.

3. KOOLWATERSTOFOPLOSMIDDELEN

Bij de oplosmiddelen die gebruikt worden in de verfindustrie (zie hoofdstuk 6) spelen de koolwaterstofoplosmiddelen een zeer belangrijke rol. Op grond hiervan worden zij hier nader besproken.

De groep van de koolwaterstofoplosmiddelen omvat een groot aantal verbindingen die opgebouwd zijn uit de elementen koolstof en waterstof. Zowel de enkelvoudige, chemisch gedefinieerde oplosmiddelen als onder soort- of handelsnaam geleverde typen worden in hoofdzaak verkregen door destillatie van aardolie, al dan niet in combinatie met chemische omzettingen zoals aromatisering. Voorts worden zowel enkelvoudige koolwaterstoffen als bepaalde koolwaterstofmengsels verkregen uit steenkool, waaronder benzeen, tolueen, solvent nafta I en solvent nafta II. Daarnaast zijn er enige natuurprodukten, waaronder terpen-tijn.

Door hun complexe samenstelling vormt de classificatie een probleem; er is geen algemeen geldende, wereldwijd geaccepteerde nomenclatuur. De hierna volgende onderverdeling in zes hoofdgroepen is in Nederland de gebruikelijke.

3.1 KOOKPUNTENBENZINES OF KOOKPUNTENZINES

Dit zijn koolwaterstofmengsels die gekarakteriseerd worden door middel van twee getallen die het kooktraject aangeven, bijvoorbeeld 60/95 of 100/140. Het aromaatgehalte is als regel zeer laag. Er zijn echter ook typen in de handel die tot 10 procent aromatische koolwaterstoffen bevatten.

Het hoofdbestanddeel van de vloeistoffen wordt gevormd door onvertakte alifatische koolwaterstoffen, vertakte alifatische koolwaterstoffen en cycloalifatische koolwaterstoffen. In Bijlage I is een voorbeeld gegeven van de chemische samenstelling van een handelsprodukt.

3.2 TERPENTINES (WHITE SPIRITS; MINERAL SPIRITS)

Dit zijn koolwaterstofmengsels met een kooktraject van ca. 20 tot ca. 40°C. Het minimumkookpunt is ca. 140 en het maximumkookpunt ca. 210°C. Het aromaatgehalte van de commercieel verkrijgbare produkten loopt sterk uiteen. Naast typen die minder dan 1 procent aromaten bevatten

(reukloze terpentines; Odourless White Spirit) zijn er typen met 45 of 50 procent aromaten. De samenstelling van de handelsprodukten is uiterst gecompliceerd. Voor een voorbeeld zij verwezen naar Bijlage II.

Door de Nederlandse verfindustrie wordt in het bijzonder gebruik gemaakt van terpentines met een kooktraject van ca. 160 tot ca. 200°C en een aromaatgehalte van ca. 15 tot ca. 20 procent.

3.3 CYCLOALIFATISCHE KOOLWATERSTOFFEN

Deze groep omvat naast een klein aantal chemisch gedefinieerde stoffen, waaronder cyclohexaan en methylcyclohexaan, diverse onder handelsnaam geleverde mengsels die 50 procent of meer cycloalifatische koolwaterstoffen bevatten. Mede doordat de tot groep 3.3 behorende oplosmiddelen relatief duur zijn, is hun verbruik bescheiden.

3.4 BENZEEN, TOLUEEN EN XYLEEN

Deze vormen tezamen de groep van de lager kokende aromatische koolwaterstoffen. De genoemde oplosmiddelen werden in het verleden vrijwel uitsluitend geleverd door bedrijven die zich belasten met het opwerken van ruwe steenkoolteer. De destijds in de handel gebrachte vloeistoffen waren als regel zeer onzuiver. De tolueen bijvoorbeeld bevatte tot 8 procent benzeen.

Sinds het begin van de jaren zestig worden in Nederland benzeen, tolueen en xyleen in hoofdzaak geleverd door petrochemische bedrijven. De door de aardolie-industrie geleverde aromaten zijn veel zuiverder dan de produkten die destijds geleverd werden door de steenkoolteer-raffinagebedrijven.

Benzeen en tolueen zijn chemisch gedefinieerde stoffen. Het handelsprodukt xyleen bestaat uit een mengsel van ethylbenzeen en ortho-, meta- en paraxyleen. De verhouding van deze vier bestanddelen kan in de verschillende handelsprodukten vrij sterk uiteenlopen.

3.5 HOGER KOKENDE AROMATISCHE OPLOSMIDDELEN

De belangrijkste ondergroep is die van de C9-C10-aromaten. Met deze codering wordt aangegeven dat de betrokken vloeistoffen mengsels zijn van - in hoofdzaak - aromatische koolwaterstoffen met 9 tot 10 kool-

stofatomen per molecuul.

In het verleden werden C9-C10-aromaten onder de naam solvent nafta II geleverd door de steenkoolteerraffinagebedrijven. Tegenwoordig worden de C9-C10-aromaten vrijwel uitsluitend geleverd door de petrochemische industrie, als regel onder handelsnaam. Voorbeelden zijn Shellsol A, Solvesso 100 en Aromasol H.

Naast de C9-C10-aromaten, waarvan het kooktraject tussen ca. 160 en ca. 200°C ligt, zijn er typen met een (aanmerkelijk) hoger kooktraject. Deze worden in de verftechnologie slechts op bescheiden schaal gebruikt..

3.6 TERPENEN

In tegenstelling tot de categorieën, besproken onder 3.1 tot en met 3.5, zijn de terpenen natuurprodukten. De in de verfindustrie als oplosmiddel gebruikte terpenen worden in hoofdzaak verkregen via het afdestilleren van de exudaten (afscheidingsprodukten) van pijnbomen. Het voornaamste oplosmiddel uit deze categorie is de terpentijn. De samenstelling varieert zowel met de boomsoort als met de groeiplaats van de bomen.

4. HET TOTALE OPLOSMIDDELENVERBRUIK IN NEDERLAND

Gegevens over het oplosmiddelverbruik in Nederland zijn typisch marktgegevens en worden dan ook niet gepubliceerd door de desbetreffende producenten. Via navraag bij producenten en gebruikers van organische oplosmiddelen heeft het Verfinstituut TNO navolgende, globale gegevens verzameld over het verbruik in Nederland.

Kookpuntenbenzines met een kooktraject tot 150°C

Het jaarverbruik bedraagt 15.000 tot 20.000 ton.

Terpentines met een kooktraject van ca. 140 tot ca. 210°C

Het jaarverbruik bedraagt 50.000 tot 55.000 ton.

Cycloalifatische koolwaterstoffen

Geen gegevens beschikbaar.

Aromatische koolwaterstoffen inclusief, de produkten met een aromaatgehalte van tenminste 80 procent

Het jaarverbruik bedraagt ca. 50.000 ton.

Alcoholen, esters, ketonen, alcoholethers, esterethers en andere zuurstofhoudende organische oplosmiddelen

Het jaarverbruik bedraagt ca. 40.000 ton.

Chloorkoolwaterstoffen, in hoofdzaak methyleenchloride, (dichloormethaan), methylchloroform (1,1,1-trichloorethaan), trichloorethyleen (1,1,2-trichlooretheen) en perchloorethyleen (1,1,2,2-tetrachlooretheen)

Het jaarverbruik bedraagt ca. 15.000 ton.

Fluorchloorkoolwaterstoffen ("Freonen")

Het jaarverbruik bedraagt vermoedelijk ca. 8.000 ton.

Propaan/isobutaan-mengsels voor aerosolprodukten

Het jaarverbruik bedraagt vermoedelijk ca. 7.000 ton.

Organische oplosmiddelen worden toegepast in een groot aantal bedrijfstakken, hetzij als zodanig hetzij in de vorm van oplosmiddelhoudende produkten (drukinkten, lijmen, onderhoudsmiddelen, verfproduk-

ten, enz.). Daarnaast is er een aanzienlijk verbruik via produkten voor de doe-het-zelf-markt, in het bijzonder verfprodukten.

TNO beschikt niet over een onderverdeling van voornoemde hoeveelheden oplosmiddelen naar bedrijfstak. Wél zijn er gegevens beschikbaar voor het oplosmiddelverbruik in 1979 van de Nederlandse verfindustrie (zie hoofdstuk 6).

5. VOORBEELDEN VAN BERIJFSTAKKEN WAARIN GEWERKT WORDT MET OPLOSMIDDELEN
EN/OF OPLOSMIDDELHOUDENDE PRODUKTEN

Zoals reeds in hoofdstuk 4 is opgemerkt, wordt in tal van bedrijfstakken gebruik gemaakt van oplosmiddelen en/of oplosmiddelhoudende produkten. De hierna volgende opsomming heeft niet de pretentie volledig te zijn.

Aërosolindustrie

- fluorchloorkoolwaterstoffen ("Freonen") (gebruikt als stuwmiddel)
- propaan/isobutaan-mengsels (gebruikt als stuwmiddel)
- ethanol en isopropanol (gebruikt als oplosmiddel in cosmetische produkten)

Automobiëlinindustrie

- chloorkoolwaterstoffen (gebruikt in dampontvettingsbaden)
- aromaten, esters, ketonen, alcoholethers en esterethers (gebruikt als oplosmiddel in verfprodukten)

Autospuiterijen

- aromaten, esters, ketonen, alcoholethers en esterethers (gebruikt als oplosmiddel in verfprodukten)

Cosmetische industrie

- alcoholen, in het bijzonder ethanol en isopropanol

Drukkerijen

- aromaten, alcoholen, esters en ketonen (gebruikt als oplosmiddel in drukinkten)

Farmaceutische industrie

- chloorkoolwaterstoffen, aromaten, enz. (gebruikt bij het extraheren en zuiveren van werkzame bestanddelen)
- ethanol en isopropanol (gebruikt als oplos- of dispersiemiddel in preparaten)

Garagebedrijven

- terpentine (gebruikt voor het reinigen/ontvetten van motoronderdelen e.d.)

Kunstharsindustrie

- xyleen (gebruikt bij het azeotropisch stoken van alkydharsen e.d.)
- terpentine, aromaten, alcoholen, esters, ketonen, enz. (gebruikt bij het produceren van bindmiddel/kunsthars-oplossingen)

Lijmindustrie

- kookpuntbenzines, toluen, xyleen, esters, ketonen, enz. (gebruikt als oplosmiddel in lijmen)

Metaalverwerkende industrie (metaalwarenfabrieken, blikemballagebedrijven, constructiebedrijven, scheepswerven, enz.)

- chloorkoolwaterstoffen (gebruikt in dampontvettingsbaden)
- terpentine, aromaten, alcoholen, esters, ketonen, enz. (gebruikt als oplosmiddel in een grote verscheidenheid van verfprodukten, waaronder moffellakken, roestwerende grondverven en aangroeiwerende verven)

Meubelindustrie (houten meubels)

- aromaten, alcoholen, esters, ketonen, enz. (gebruikt als oplosmiddel in celluloselakken, zuurhardende lakken, isocyanaatlakken, enz.)

Olie-extractie-industrie (spijsoliën)

- kookpuntbenzines

Producenten van stickers

- kookpuntbenzines

Producenten van zelfklevend plakband

- kookpuntbenzines

Timmerfabrieken

- terpentines (gebruikt als oplosmiddel in houtverduurzamingsmiddelen)
- terpentines en aromaten (gebruikt als oplosmiddel in grondverven, buitenbeitsen, enz.)

Verfindustrie

- kookpuntbenzines, terpentine, aromaten, alcoholen, esters, ketonen, alcolholethers, esterethers, enz. (gebruikt als oplosmiddel in verfprodukten).

6. GEGEVENS OVER HET OPLOSMIDDELVERBRUIK VAN DE NEDERLANDSE
VERFINDUSTRIE IN 1979

Om diverse redenen heeft het Verfinstituut TNO in 1980 een onderzoek ingesteld naar het grondstoffenverbruik van de Nederlandse verfindustrie, waaronder het oplosmiddelverbruik.

Daar de grondstoffenproducenten en -leveranciers (op begrijpelijke gronden overigens) als regel uiterst terughoudend zijn voor wat betreft het verstrekken van bedrijfsgegevens aan derden, is aan elke Nederlandse verffabriek een vragenlijst gezonden. Daarbij heeft het secretariaat van de branche-organisatie, de Vereniging van Verf- en Drukinktfabrikanten (V.V.V.F.), de nodige ondersteuning gegeven. Via dit onderzoek, waaraan het overgrote deel der Nederlandse verffabrieken medewerking heeft verleend, zijn de volgende gegevens verkregen (Tabel 1).

Tabel 1. Het oplosmiddelverbruik van de Nederlandse verfindustrie in 1979

<u>Naam van het oplosmiddel</u>	<u>Verbruik (x 1.000 kg)</u>
Aceton	1.025
n-Butanol	1.400
n-Butylacetaat	1.750
Butylglycol	550
Chloorkoolwaterstoffen, met uitzondering van methyleenchloride	200
Cyclohexanon	100
Ethanol	1.650
Ethylacetaat	1.650
Ethyleenglycol	150
Ethylglycol	750
Ethylglycolacetaat	1.300
Ethyllactaat	75
Hoger kokende aromaten (C9-C10 aromaten)	5.250
Iso-butanol	1.175
Iso-butylacetaat	1.275
Isoforon	250

Tabel 1 (vervolg)

<u>Naam van het oplosmiddel</u>	<u>Verbruik (x 1.000 kg)</u>
Iso-propanol	1.000
Iso-proylacetaat	200
Kookpuntenbenzines	2.100
Methanol	450
Methyleenchloride	1.725
Methylethylketon	1.700
Methylglycol	325
Methylisobutylketon	1.700
2-Nitropropaan	100
Reukloze (aromaatloze) terpentine	300
Terpenen (terpentijn, pine oil, enz.)	550
Terpentines (White Spirits)	26.000
Tolueen	7.000
Xyleen	9.000
Niet met name genoemde glycolderivaten	125
Overige oplosmiddelen (ca. 20 verschillende)	250

In tabel 2 zijn voornoemde oplosmiddelen samengevat in groepen of categorieën.

Tabel 2. Het oplosmiddelverbruik van de Nederlandse verfindustrie in
1979 (samenvatting in groepen of categorieën)

<u>Oplosmiddelcategorie</u>	<u>Verbruik x 1.000 kg</u>
Kookpuntenbenzines	2.100
Terpentine	26.300
Cycloalifatische koolwaterstoffen	nihil
Benzeen, tolueen en xyleen	16.000
Hoger kokende aromatische oplosmiddelen	5.250
Terpenen	550
Alcoholen	5.825
Esters (m.u.v. de alcoholethers en de esterethers)	4.950
Ketonen	3.450
Alcoholethers	1.650
Esterethers	1.400
Chloorkoolwaterstoffen	1.925
Fluorchloorkoolwaterstoffen	nihil
Overige typen	300

In tabel 1 ontbreken benzeen en methyl-n-butylketon. Het benzeenverbruik, dat in 1979 ca. 20.000 kg bedroeg, is opgenomen in de groep overige oplosmiddelen (ca. 20 stuks; gezamenlijk verbruik ca. 250.000 kg). Het verbruik van het (neurotoxische) methyl-n-butylketon was in het jaar 1979 nihil.

De in tabel - en daarmee in tabel 2 - vermelde hoeveelheden oplosmiddel zijn niet de hoeveelheden waarmee de Nederlandse verfverwerkers worden geconfronteerd. Dit heeft diverse oorzaken. In de eerste plaats is de uitvoer van verfprodukten aanmerkelijk groter dan de invoer. Doordat de invoer voor een belangrijk deel uit specialité's bestaat, is het waarschijnlijk dat de gemiddelde oplosmiddelsamenstelling van resp. de ingevoerde en de uitgevoerde verfprodukten verre van identiek is.

In de tweede plaats moet men er rekening mee houden dat grote industriële verfverwerkers een deel van de benodigde oplosmiddelen/verduningen niet aankopen bij verffabrieken, maar bij de chemicaliënhandel. Voorts zijn er diverse bedrijven in Nederland die jaarlijks bij de

petrochemische industrie zeer grote hoeveelheden terpentine kopen (aanvoer per tankwagen of binnenvaarttanker) en deze afvullen in kleinverpakkingen. Deze worden via grootwinkelbedrijven, verfwinkels, bouwmarkten en wellicht nog andere kanalen geleverd aan particuliere verfgebruikers (doe-het-zelvers).

7. PROGNOSES INZAKE HET OPLOSMIDDELVERBRUIK

Als algemene regel geldt dat met materialen zoals oplosmiddelen zuiniger wordt omgesprongen naarmate zij duurder zijn. Een laag prijsniveau van oplosmiddelen zoals terpentine en xyleen leidt in de praktijk tot een overmatig groot verbruik bij o.a. het reinigen/ontvetten van te schilderen ondergronden en het schoonmaken van verfapplicatie-apparatuur. Een hoog verbruik van oplosmiddelen voor zulke doeleinden gaat gepaard met een verhoogde kans op een te grote blootstelling aan oplosmiddeldamp.

De prijs van de organische oplosmiddelen is nauw verweven met die van aardolie. Ter indicatie diene dat in 1970 de prijs van aardolie nabij de winningsplaatsen ca. twee US dollar per vat van 160 liter bedroeg. In die tijd bedroeg in Nederland de prijs van terpentine ca. f. 200,-- per 1.000 kg, of wel ca. f. 160,-- per 1.000 liter.

Zoals bekend, is na 1973 de prijs van aardolie, en daarmee de prijs van de organische oplosmiddelen, sterk gestegen. Dit heeft tot gevolg gehad dat in het bedrijfsleven tegenwoordig aanmerkelijk zuiniger met oplosmiddelen wordt omgesprongen dan in het verleden het geval was.

Niet alleen de sterke prijsstijgingen bij de organische oplosmiddelen, maar ook de sterk toegenomen aandacht voor zowel het milieu als de arbeidshygiëne, hebben tot gevolg gehad dat, ook in Nederland, de verfindustrie zich veel inspanning heeft getroost bij het ontwikkelen van met water verdunbare, oplosmiddelarme en oplosmiddelvrije verfproducten. De vorderingen die daarbij zijn gemaakt zijn niet overweldigend. Dit komt in hoofdzaak doordat de grondstoffenindustrie er in veel gevallen niet in is geslaagd om bindmiddelen te ontwikkelen waaruit kwalitatief hoogwaardige, met water verdunbare, oplosmiddelarme of oplosmiddelvrije verfproducten kunnen worden vervaardigd die voldoen aan de hoge eisen van de verfgebruikers.

De overgang van oplosmiddelrijke verfproducten op typen die met water verdunbaar, oplosmiddelarm of oplosmiddelvrij zijn houdt in een aantal gevallen in dat de producenten gebruik moeten gaan maken van reactieve verdunningsmiddelen, waaronder di- en triacrylaten, glycidylesters en glycidylethers.

Reactieve verdunningsmiddelen zijn dunvloeibare, in het ideale geval bij kamertemperatuur niet-vluchtige verbindingen die tijdens de filmvorming (het droog- en uithardingsproces) chemisch reageren met het voorhanden bindmiddel. Sommige reactieve verdunningsmiddelen zijn

irriterend en andere zijn zelfs corrosief. Voorts kunnen bepaalde vertegenwoordigers van de groep der reactieve verdunningen via de gave huid in het lichaam worden opgenomen. Daarnaast dient te worden opgemerkt dat sommige typen sensibiliserend werken. Op grond van het voorgaande zijn de opstellers van dit advies van mening dat het ongenueanceerd vervangen van conventionele organische oplosmiddelen door reactieve verdunningsmiddelen vanuit het oogpunt van de arbeidshygiëne ongewenst is.

Naast de verfbranche hebben ook de andere bedrijfstakken in de afgelopen tien jaren veel aandacht geschonken aan het beperken van het oplosmiddelverbruik. In sommige gevallen, bijvoorbeeld bij het chemisch reinigen van textiel, heeft één en ander zich beperkt tot het sterk verminderen van oplosmiddelverdampingsverliezen bij de traditionele werkwijzen. In andere gevallen is men (tevens) overgegaan op geheel nieuwe technieken waarin geen gebruik wordt gemaakt van organische oplosmiddelen. Een voorbeeld van dit laatste is het uitharden d.m.v. UV-straling van drukinkten.

Ook bij een eventuele verdere stijging van de oplosmiddelprijzen dient men er rekening mee te houden dat nieuwe technieken die samengaan met een verminderd oplosmiddelverbruik slechts langzaam worden geaccepteerd door degenen die ze moeten gaan toepassen.

Mede als gevolg van een ernstig gebrek aan financiële middelen bij het bedrijfsleven gingen de bedrijven tot voor kort slechts dan op nieuwe, hoge investeringen vereisende technieken over indien hetzij de pay out time ten hoogste twee jaar was hetzij de bestaande installaties zowel afgeschreven als sterk verouderd waren. Verwacht mag worden dat de thans weer stijgende winsten van het bedrijfsleven gaan leiden tot het bestellen van installaties waarmee het oplosmiddelverbruik per eenheid van produkt wordt verlaagd.

Uit de gegevens in Hoofdstuk 4 kan worden afgeleid dat van het totale oplosmiddelverbruik in Nederland ca. 40 procent uit koolwaterstoffen bestaat.

De opstellers van dit advies achten het onwaarschijnlijk dat dit percentage in de komende vijf tot tien jaren drastisch zal gaan veranderen.

8. Globale Schatting van het Verbruik in Nederland van de Belangrijkste Verftypen

Verffabrieken fabriceren verfprodukten. Deze worden gemaakt uit de volgende soorten grondstoffen:

- bindmiddelen;
- reactieve verdunningsmiddelen;
- weekmakers;
- oplosmiddelen;
- pigmenten;
- vulstoffen;
- hulpstoffen.

Lang niet alle verfprodukten bevatten alle genoemde soorten grondstoffen. Afbijtmiddelen bijvoorbeeld bevatten als regel slechts oplosmiddelen en hulpstoffen. Verdunningen zijn mengsels van oplosmiddelen. Blanke lakken bestaan uit bindmiddelen, oplosmiddelen en hulpstoffen alsmede - in een beperkt aantal gevallen althans - weekmakers en/of reactieve verdunningsmiddelen.

Van de voornoemde zeven soorten grondstoffen zijn slechts de oplosmiddelen vluchtig. Voorts omvat de categorie hulpstoffen een beperkt aantal stoffen die bij kamertemperatuur vluchtig zijn, o.a. methyl-ethylketoxime (een anti-velmiddel), butyraloxime (eveneens een anti-velmiddel) en enige organokwikverbindingen (biociden).

Voor de goede orde zij vermeld dat de Nederlandse verfindustrie sinds 1972 geen gebruik meer maakt van kwikverbindingen, waaronder de neurotoxische organokwikverbindingen.

In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat zowel de optische als de corrosiewerende eigenschappen van een verf- of laklaag in eerste instantie worden bepaald door de dikte van de laag alsmede aard en concentratie van de voorhanden pigmenten.

De mechanische eigenschappen (hardheid, elasticiteit, slijtvastheid, enz.), de bestandheid tegen weersinvloeden en de hechting op de ondergrond worden daarentegen in eerste instantie bepaald door het bindmiddel. Voorts kan worden opgemerkt dat de aard van het bindmiddel bepalend is voor de vraag of de aangebrachte laag uitsluitend droogt door verdamping van het voorhanden oplosmiddel dan wel dat er (tevens) chemische reacties plaatsvinden, hetzij bij kamertemperatuur hetzij bij sterk verhoogde temperatuur.

Het bindmiddel bepaalt welke typen oplosmiddelen benodigd zijn. Oxidatief drogende alkydharsen met een ftaalzuuranhydridegehalte van ten hoogste 25 procent lossen uitstekend op in terpentines met een aromaatgehalte van 15 tot 20 procent.

Chloorrubber vereist een koolwaterstofmengsel van tenminste 75 procent aromaten. Nitrocellulose wordt opgelost in een mengsel van alcoholen, esters, aromaten en eventueel ketonen, alcoholethers en esterethers.

Na 1920 zijn er, aanvankelijk zeer geleidelijk maar later in een stormachtig tempo, tal van nieuwe bindmiddelen op de markt gebracht. Dit heeft tot gevolg gehad dat het oplosmiddelpakket van de verfindustrie in de loop van de jaren sterk is uitgebreid. Hier staat tegenover dat diverse oplosmiddelen, waaronder benzeen, tetraline (tetrahydronaftaleen) en dekaline (dekahydronaftaleen) tegenwoordig niet meer worden toegepast en dat het verbruik van o.a. terpentijn en diacetonalcohol in de afgelopen 25 jaar sterk is verminderd.

Anders dan hun naam doet vermoeden, zijn de reactieve verdunningsmiddelen als regel niet vluchtig. Reactieve verdunningsmiddelen dienen tijdens het aanbrengen en drogen/doorharden van de verf- en laklagen niet te verdampen, doch chemisch te reageren met het bindmiddel. Reactieve verdunningsmiddelen (styreen, glycidylesters, glycidylethers, enz.) hebben omstreeks 1955 hun intrede gedaan in de Nederlandse verfindustrie. Zij zijn geleidelijk van grote technische betekenis geworden en worden tegenwoordig op grote schaal gebruikt. Zoals bekend, kan het (onzorgvuldig) werken met verfprodukten die reactieve verdunningsmiddelen bevatten de nodige arbeidshygiënische problemen geven.

De soortnamen van de produkten waarmee de (professionele) verfverwerkers te maken hebben zijn door historische oorzaken deels gebaseerd op het hoofdbestanddeel van het verfprodukt, deels op de functie van het verfprodukt in het verfsysteem, en deels op de bijzondere hoedanigheden van de verfprodukten. In de tabellen 3 tot en met 5 worden voorbeelden gegeven.

Tabel 3. Voorbeelden voor soortnamen, gebaseerd op het hoofdbestand-deel van het verfprodukt

Alkydharsverf	Latexverf
Butylkit	Loodmenieverf
Celluloselak	Siliconenkit
Epoxy coating	Zinkchromaat primer
Isocyanaatlak	Zinkstofverf

Tabel 4. Voorbeelden van soortnamen, gebaseerd op de functie van het verfprodukt in het verfsysteem

Aflak	Primer
Grondverf	Primer surfacer
Plamuur	Sealer

Tabel 5. Voorbeelden van soortnamen, gebaseerd op bijzondere hoedanigheden van het verfprodukt

Aangroeiwerende verf	Corrosiewerende verf
Afbijtmiddel	Hittevaste verf
Beglazingskit	Moffellak
Camouflageverf	Reflecterende wegenverf
Chemicaliënvaste verf	Voegkit

De hoeveelheden die jaarlijks in Nederland van de verschillende verftypen worden geproduceerd verschillen onderling zeer sterk. Tegenover een produktie van bijv. ca. 50.000 ton latexverf staat een produktie van minder dan 100 ton hittevaste verf.

Teneinde dubbeltellingen te vermijden, is bij de opsomming in tabel 6 uitgegaan van het type bindmiddel. De getallen in tabel 6 zijn slechts semi-kwantitatief.

Tabel 6. Jaarlijks in Nederland geproduceerde hoeveelheden verfproduk-
ten

<u>Soortnaam</u>	<u>Hoeveelheid (x 1.000 kg)</u>
Afbijtmiddelen op basis van methyleenchloride	ca. 5.000
Alkydharsverven, drogend bij kamertemperatuur	ca. 60.000
Celluloselakken	ca. 8.000
Chloorrubberverven	ca. 1.500
Epoxy coating (twee-componenten produkten)	ca. 10.000
Isocyanaatlakken (twee-componenten produkten)	ca. 5.000
Kitten op basis van o.a. polybuteen, poly- sulfiden en siliconen	ca. 3.000
Latexverven	ca. 50.000
Moffellakken op basis van o.a. acrylaatharsen, alkydharsen, melamineharsen en ureumharsen	ca. 12.000 tot 18.000

9. DE VERSCHILLENDE VORMEN VAN BLOOTSTELLING AAN SCHADELIJKE STOFFEN

Uitzonderingen daargelaten wordt elke professionele verfverwerker veelvuldig blootgesteld aan chemische stoffen. Om welke stoffen het daarbij gaat, in welke aggregatietoestand de stoffen verkeren, welke hoeveelheden het betreft en wat de aard van de blootstelling is, hangt af van factoren zoals:

- het soort verfprodukt;
- de samenstelling van het verfprodukt;
- de per werkdag aangebrachte hoeveelheid verf, lak, beits, kit, enz.;
- de applicatie- of aanbrengmethode;
- de werkomstandigheden;
- het al dan niet gebruiken van persoonlijke beschermingsmiddelen;
- de persoonlijke hygiëne.

De voornaamste vormen van blootstelling van verfverwerkers aan schadelijke stoffen zijn:

- het inademen van gassen, dampen, nevels en rook, gevormd tijdens het afbranden van oude verflagen;
- het inademen van schuur- en straalstof;
- het inademen van dampen, gevormd tijdens het chemisch voorbehandelen van ondergronden;
- het inademen van oplosmiddeldamp;
- het inademen van spuitnevel;
- blootstelling van de huid aan chemicaliën, gebruikt bij het chemisch voorbehandelen van ondergronden;
- blootstelling van de huid aan verfprodukten, waaronder verdunningen die gebruikt worden om de huid te reinigen.

9.1 HET INADEMEN VAN GASSEN, DAMPEN, NEVELS EN ROOK, GEVORMD TIJDENS HET AFBRANDEN VAN OUDE VERFLAGEN

Tijdens het afbranden wordt de verflaag plaatselijk sterk verhit. Hetzelfde geldt overigens ook voor de ondergrond. Door het verhitten ontstaan gassen, dampen, nevels en rook. Deze bestaan in hoofdzaak uit thermische degradatieprodukten van het bindmiddel en - soms - van de ondergrond. Men dient er echter rekening mee te houden dat metalen zoals lood en zink - deze zijn in veel gevallen in de vorm van pigmenten voorhanden in de verflaag - bij hoge temperaturen vluchtig zijn. Voorts

bevatten sommige verflagen biociden die bij hoge temperatuur vluchtig zijn, bijv. tributyltinoxide en pentachloorfenol.

Zoals reeds is opgemerkt, kan ook de ondergrond tijdens het afbranden plaatselijk sterk worden verhit. Hout en uit hout verkregen plaatmaterialen verkolen daardoor oppervlakkig. In het geval de ondergrond verduurzaamd is geweest met bijv. pentachloorfenol en tributyltinoxide kan het afbranden van een oude verflaag resulteren in een extra emissie van schadelijke stoffen.

In dit verband dient er op te worden gewezen dat het geveltimmerwerk van woningen die gebouwd zijn na het midden van de jaren zestig in veel gevallen verduurzaamd is, zulks op grond van voorschriften van het desbetreffende ministerie.

9.2 HET INADEMEN VAN STRAAL- EN SCHUURSTOF

Hout en uit hout verkregen materialen (spaanplaat, triplex, meubelplaat, hardboard, enz.) worden als regel geschuurd voordat de eerste laag van het verfsysteem wordt aangebracht. Dit schuurstof is extra schadelijk indien de ondergrond verduurzaamd is met een bifluoride, pentachloorfenol, tributyltinoxide, tributyltinfosfaat, enz. In een aantal gevallen worden de tussenliggende lagen van het verfsysteem licht geschuurd voordat de volgende laag wordt aangebracht. De mate van schadelijkheid van het schuurstof wordt dan bepaald door de samenstelling van de betrokken verflaag.

Een ondergrond als warmgewalst staal wordt als regel gestraald voordat de eerste laag van het verfsysteem wordt aangebracht. Daarbij ontstaat zeer veel stof. De gevormde hoeveelheid stof is extra groot indien gebruik wordt gemaakt van een éénmalig, dat wil zeggen verpulverend, straalmiddel. Oude verflagen op constructiestaal en beton worden in veel gevallen hetzij licht aangestraald hetzij volledig weggestraald voordat een nieuwe verflaag wordt aangebracht. Het gevormde straalstof bevat in zo een geval bestanddelen, afkomstig van het (deels) verwijderde verfsysteem.

9.3 HET INADEMEN VAN DAMPEN, GEVORMD TIJDENS HET CHEMISCH VOORBEHANDELEN VAN ONDERGRONDEN

Bij het beitsen van staal met sterke zuren - een bewerking om walshuid en roest te verwijderen - komen, afhankelijk van het gebruikte zuur en

de bewerkingstemperatuur, zuurhoudende dampen vrij. Indien het te beitsen metaal arseen of antimoon bevat - dit kan het geval zijn bij laagwaardige ijzerlegeringen - ontstaan tevens arseen en/of antimoonhydride.

Aluminium wordt als regel voorbehandeld met een chroomzuuroplossing. Doordat het zgn. chromateren bij verhoogde temperatuur plaatsvindt, bevat de vrijkomende damp chroomzuur.

9.4 HET INADEMEN VAN OPLOSMIDDELDAMP

In het geval de ondergrond vóór het aanbrengen van een verflaag ontvet wordt met trichloorethyleen, perchloorethyleen, xyleen dan wel een ander voor dit doel geschikt organisch oplosmiddel, vindt als regel verdamping plaats.

Ook tijdens het aanbrengen van het verfprodukt verdampt er als regel oplosmiddel. In dit verband zij opgemerkt dat gebruiksgereede verfprodukten gemiddeld ca. 30 procent organisch oplosmiddel bevatten. Het werkelijk percentage loopt overigens zeer sterk uiteen, en wel van nul bij de voeg- en beglazingskitten tot meer dan 75 bij een celluloselak die bij kamertemperatuur pneumatisch wordt verspoten.

Als gevolg van het ontvetten van ondergronden met organische oplosmiddelen verdampt jaarlijks in Nederland ca. 10.000 ton organisch oplosmiddel.

Tijdens het aanbrengen en drogen van verfprodukten laten de Nederlandse professionele verfverwerkers jaarlijks ca. 50.000 ton organisch oplosmiddel verdampen. Uitzonderingen daargelaten wordt het verdampte oplosmiddel uiteindelijk geëmitteerd in de buitenlucht.

9.5 HET INADEMEN VAN SPUITNEVEL

In veel gevallen worden verfprodukten verspoten. De belangrijkste spuittechnieken zijn:

- het pneumatisch of perslucht spuiten;
- het airless of luchtloos spuiten;
- het electrostatisch spuiten.

Als regel betreft het vloeibare verfprodukten. Het (electrostatisch) verspuiten van moffelpoeders ("powder coatings") wordt in dit advies buiten beschouwing gelaten. De reden hiertoe is dat tijdens het zgn.

poederspuiten wordt uitgegaan van niet inadembare deeltjes die tijdens het electrostatisch verspuiten niet worden verkleind.

De deeltjesgrootteverdeling van de nevel die verkregen wordt tijdens het verspuiten van een vloeibaar verfprodukt hangt af van de spuitmethode. Ter indicatie zij vermeld dat bij het airless spuiten de gevormde vloeistofdeeltjes aanmerkelijk groter zijn dan bij het pneumatisch spuiten. In zijn algemeenheid geldt dat een deel van de gevormde deeltjes zo klein is dat zij kunnen worden ingeademd. Een belangrijk bijkomend aspect is dat de voorhanden oplosmiddelen deels verdampen gedurende de korte periode tussen de vorming van de deeltjes in het spuitpistool en de afzetting van de deeltjes op de ondergrond.

9.6 BLOOTSTELLING VAN DE HUID AAN CHEMICALIËN, GEBRUIKT BIJ HET CHEMISCH VOORBEHANDELEN VAN ONDERGRONDEN

Ondergronden worden in een aantal gevallen voorbehandeld met chemicaliën voordat de eerste laag van het verfsysteem wordt aangebracht. Naast het reeds in 9.3 vermelde beitsen van ijzerlegeringen en het chromateren van aluminium kunnen worden genoemd:

- het voorbehandelen van zink en thermisch verzinkt staal met fosforzuurhoudende waterige vloeistoffen;
- het voorbehandelen van koudgewalst staal met soortgelijke fosforzuurhoudende waterige vloeistoffen;
- het voorbehandelen van alkalische ondergronden (vers beton, vers pleisterwerk) met waterige vloeistoffen die silicofluoriden bevatten.

Bij zulke bewerkingen kan de huid worden blootgesteld aan chemicaliën.

9.7 BLOOTSTELLING VAN DE HUID AAN VERFPRODUKTEN, WAARONDER VERFDUNNINGEN DIE GEBRUIKT WORDEN OM DE HUID TE REINIGEN

Zowel bij de vernevelende applicatiemethoden (pneumatisch, airless en electrostatisch spuiten) als bij de niet vernevelende applicatiemethoden (lakgordijngieten, lakwalsen, gieten, kwasten, rollen, troffelen, enz.) kan de huid in aanraking komen met verfprodukten. Voorts zij gewezen op het feit dat nagenoeg elke verfverwerker de met verf, lak, beits, enz. besmette huid schoonmaakt met verdunningsmiddelen.

10. VERFAPPLICATIEMETHODEN EN BLOOTSTELLING AAN SCHADELIJKE STOFFEN

De gebezigde applicatiemethode kan van grote invloed zijn op zowel de aard van de blootstelling als de mate van blootstelling. De hierna volgende beschouwing heeft niet de pretentie volledig te zijn en is bovendien slechts kwalitatief.

De applicatiemethoden kunnen worden onderverdeeld in vernevelende en niet vernevelende methoden. Bij de vernevelende applicatiemethoden zijn de belangrijkste voorbeelden:

- het pneumatisch of perslucht spuiten;
- het airless of luchtloos spuiten;
- het electrostatisch spuiten.

In de categorie niet vernevelende applicatiemethoden kunnen worden genoemd:

- het aanbrengen met de kwast ("kwasten");
- het aanbrengen met de rolborstel ("rollen");
- het aanbrengen met het plamuurmes of het lange mes ("messen");
- het aanbrengen met de kitspuit (kitspuiten);
- het aanbrengen met de luiwagen, de vloerhark, enz.;
- het aanbrengen met troffel of plekspaan;
- het dompelen;
- het lakwalsen;
- het lakgieten;
- het lakgordijngieten.

Elk van de genoemde applicatiemethoden wordt slechts door een beperkt aantal categorieën verfverwerkers toegepast (zie tabel 7).

Tabel 7. Applicatiemethoden die door de verschillende categorieën verfverwerkers worden gebezigd

<u>Categorie</u>	<u>Applicatiemethode</u>
Huisschilders (nieuwbouw en onderhoud)	Kwasten Rollen Messen Kitspuiten Dompelen (beperkt) Airless spuiten Pneumatische spuiten (beperkt)
Scheeps- en constructieschilders (nieuwbouw en onderhoud)	Airless spuiten Rollen Kwasten (beperkt)
Leggers van naadloze vloeren	Aanbrengen met de luiwagen, de vloerhark, enz. Airless spuiten Het aanbrengen met troffel of plekspaan
Betonreparateurs	Het aanbrengen met troffel of plekspaan
Autospuiters	Pneumatisch spuiten
Industriespuiters en anderen die op industriële wijze verfprodukten aanbrengen	Pneumatisch spuiten Airless spuiten (beperkt) Electrostatisch spuiten Dompelen Lakwalsen Lakgieten Lakgordijngieten
Wegmarkeerders	Spuiten

Over de verschillende applicatiemethoden en de blootstelling die daaruit kan voortvloeien het volgende.

10.1 HET PNEUMATISCH OF PERSLUCHT SPUITEN

Hierbij wordt een laagviskeus verfprodukt (viscositeit als regel 0,05 - 0,1 Pa.s) verneveld met behulp van samengeperste lucht met een druk van 4 tot 6 bar. De gemiddelde diameter van de daarbij gevormde vloeistofdruppeltjes is klein.

Een deel van de deeltjes is inadembaar.

Bij het pneumatisch spuiten wordt als regel niet meer dan 30 tot 50 procent van de vloeistofdruppeltjes afgezet op de te lakken ondergrond. Dit wordt in hoofdzaak veroorzaakt doordat de deeltjes voortgestuwd worden door een sterke luchtstroom. De door het te lakken voorwerp teruggestuwde luchtstroom verhindert veel vloeistofdruppeltjes het voorwerp te bereiken. Eén en ander heeft een groot effect op de kans om neveldeeltjes in te ademen.

Een tweede belangrijk aspect, dat eveneens van grote arbeidshygiënische betekenis is, is het feit dat bij pneumatisch spuiten gebruik wordt gemaakt van zeer vluchtige oplosmiddelen zoals butylacetaat, ethylacetaat, methylethylketon en tolueen. De zeer vluchtige oplosmiddelen moeten grotendeels verdampen gedurende de periode die verloopt tussen de vorming van een neveldeeltje en de afzetting van het deeltje op de te lakken ondergrond. Hiermee wordt bereikt dat de gevormde nog vloeibare laklaag niet van het voorwerp druipt (geen zakkers). De snelle verdamping van een deel van het voorhanden oplosmiddel verhoogt uiteraard de kans op inademing.

De hoeveelheid verf of lak die per arbeidsduur pneumatisch wordt verspoten kan 10 tot 15 liter bedragen. Gesteld kan worden dat het pneumatisch spuiten van verfprodukten passende technische voorzieningen zoals een spuitcabine vereist.

10.2 HET AIRLESS OF LUCHTLOOS SPUITEN

Anders dan bij de in 10.1 besproken methode wordt bij het airless spuiten het verfprodukt verneveld door het onder een zeer hoge druk (als regel 100 tot 150 bar) door een vrij nauwe, ronde opening te persen (de nozzle).

Bij het airless spuiten wordt uitgegaan van aanzienlijk viskeuzere produkten dan bij het pneumatisch spuiten. Dientengevolge is het niet noodzakelijk (en in veel gevallen zelfs ongewenst) dat het gebruiksgerede verfprodukt een aanzienlijk percentage van een zeer vluchtig

oplosmiddel bevat. Zulks heeft uiteraard invloed op de kans op blootstelling aan oplosmiddeldamp.

Een tweede belangrijk aspect is dat de gemiddelde diameter van de gevormde vloeistofdruppeltjes aanzienlijk groter is dan bij het pneumatisch spuiten van verfprodukten.

Ook dit beïnvloedt de kans op inademing van schadelijke stoffen. De voornoemde arbeidshygiënische voordelen van het airless spuiten boven het pneumatisch spuiten worden echter (deels) te niet gedaan door het feit dat bij het airless spuiten per arbeidsduur tot zes keer zoveel verfprodukt wordt verwerkt als bij het pneumatisch spuiten.

Het airless spuiten vindt in veel gevallen plaats onder omstandigheden waarbij niet kan worden afgezogen. Voorbeelden zijn: het airless spuiten van plafonds in woningen, kantoorgebouwen enz. en het spuiten van scheepshuiden, buitenwanden van opslagtanks enz.

10.3 HET ELECTROSTATISCH SPUITEN

Bij deze applicatiemethode worden de vloeistofdruppeltjes tijdens hun vorming voorzien van een grote electrostatistische lading. Doordat het voorwerp wordt geaard, wordt een hoog percentage van de gevormde vloeistofdruppeltjes hierop afgezet. Hierdoor is de kans op inademing aanmerkelijk kleiner dan bij het pneumatisch spuiten. Voorts is er, doordat een stuwende luchtstroom ontbreekt, betrekkelijk weinig terugslag van spuitnevel in de richting van de spuitser.

Evenals bij het pneumatisch spuiten wordt uitgegaan van een laagviskeus, veel vluchtig oplosmiddel bevattend verfprodukt. Op grond hiervan kan worden gesteld dat bij het electrostatisch spuiten gebruik dient te worden gemaakt van een spuitcabine met een goede afzuiging.

10.4 HET AANBRENGEN MET DE KWAST

Bij deze applicatiemethode wordt als regel per arbeidsuur niet meer dan 0,5 liter verf aangebracht. Bij het werken in kleine, slecht geventileerde ruimten kan de oplosmiddeldampconcentratie niettemin boven de MAC komen. Voorts leert de praktijk dat de schilder de kans loopt dat er verf langs de kwaststeel loopt en als gevolg hiervan op de onbedekte huid komt.

10.5 HET AANBRENGEN MET DE ROLBORSTEL

Bij deze applicatiemethode wordt per arbeidsuur als regel 2 tot 4 liter verf verwerkt. De kans dat de oplosmiddeldampconcentratie tot boven de MAC stijgt is derhalve aanmerkelijk groter dan bij het kwasten. Ook bij het rollen kan de verf via de steel op de onbedekte huid komen. Hiernaast dient te worden opgemerkt dat bij het rollen als regel wordt gespat.

10.6 HET AANBRENGEN MET HET MES

Bij het gebruik van het plamuurmes, hetwelk een breedte heeft van niet meer dan 15 cm, wordt gebruik gemaakt van verfprodukten met een laag oplosmiddelgehalte. Doordat de materialen tot in dikke lagen worden aangebracht, kan per arbeidsuur een vrij grote hoeveelheid produkt worden verwerkt. De inademingslucht kan derhalve meer oplosmiddel bevatten dan overeenkomt met de MAC-waarde. Daarnaast moet er rekening mee worden gehouden dat er verfprodukten op de onbedekte huid terecht kunnen komen.

Bij het gebruik van het zgn. brede mes wordt uitgegaan van verfprodukten die een aanmerkelijk lagere viscositeit bezitten. Als regel bezitten zij een hoger oplosmiddelgehalte dan de produkten die met plamuurmessen worden aangebracht.

Met het brede mes kan per arbeidsuur een grote hoeveelheid materiaal worden verwerkt.

10.7 HET AANBRENGEN MET DE KITSPUIT

Uitzonderingen daargelaten bevatten kitten geen vluchtige stoffen. De kitten worden geleverd in patronen die in de kitspuit worden geschoven. Blootstelling treedt op indien de aangebrachte kit wordt "nagestreken met het vingertje".

10.8 HET AANBRENGEN MET DE LUIWAGEN, DE VLOERHARK, ENZ.

Bij deze applicatiemethode wordt een bus met verfprodukt leeggegoten op de te behandelen vloer, waarna het produkt met behulp van een werktuig wordt verdeeld tot een laag van gelijkmatige dikte.

Oplosmiddelhoudende verfprodukten worden om technische redenen aangebracht in relatief dunne lagen (dikte tot ca. 100 μm). Daar per arbeidsuur enige tientallen liters verf kan worden verwerkt, is de kans groot dat de inademiingslucht teveel oplosmiddeldamp bevat.

De zgn. oplosmiddelvrije produkten (het betreft twee-componenten-produkten die een aanzienlijk percentage van een reactief verdunningsmiddel bevatten) worden aangebracht in lagen die tot 10 mm dik zijn. Doordat sommige reactieve verdunningsmiddelen betrekkelijk vluchtig zijn, kan er wel degelijk een te sterke blootstelling zijn, in het bijzonder in ruimten die slecht worden geventileerd.

10.9 HET AANBRENGEN MET TROFFEL OF PLEKSPAAN

Hierbij wordt als regel gebruik gemaakt van oplosmiddelvrije twee-componenten-produkten die betrekkelijk viskeus zijn en dientengevolge een lager percentage reactief verdunningsmiddel bevatten dan bij de onder 10.8 beschreven werkwijze.

Bij het aanbrengen met troffel of plekspaan is de afstand tussen het gezicht van de verfverwerker en de zo juist aangebrachte massa als regel klein. Dit verhoogt de kans op inademing van vluchtige schadelijke stoffen. Voorts is de kans op huidcontact bij het werken met troffel of plekspaan aanmerkelijk groter dan bij het werken met luiwagens of vloerhark.

10.10 HET DOMPELEN

Bij deze werkwijze wordt een voorwerp ondergedompeld in een laagviskeus verfprodukt. Als regel is de viscositeit slechts 0,04 Pa.s. In overeenstemming hiermee bevat het verfprodukt een hoog percentage oplosmiddel. Nadat het voorwerp uit het dompelbad is gehaald, laat men de overmaat aan verf afdruipe en - in aansluiting hierop - het oplosmiddel verdampen. Tenzij de betrokken ruimte zeer goed wordt geventileerd, bevat de lucht (aanmerkelijk) meer oplosmiddeldamp dan overeen komt met de MAC-waarde, ook bij oplosmiddelen met een hoge MAC.

Bij het dompelen wordt gebruik gemaakt van een vaste installatie die op eenvoudige wijze kan worden voorzien van een goede afzuiging.

10.11 **HET LAKWALSEN**

Hierbij wordt een verfprodukt, dat als regel een viscositeit van ca. 2 Pa.s bezit, met behulp van een rollenstelsel aangebracht op een vlakke ondergrond, gewoonlijk een plaatmateriaal of een metaalband.

Om voortijdig aandrogen op de lakwals te voorkomen, dienen de gebruikte oplosmiddelen traag te verdampen. Dit verlaagt uiteraard de kans op blootstelling aan teveel oplosmiddeldamp.

Bij het lakwalsen wordt gebruik gemaakt van een vaste installatie die op eenvoudige wijze kan worden voorzien van een goede afzuiging.

10.12 **HET LAKGIETEN**

Bij deze slechts zelden meer toegepaste applicatiemethode wordt een verfprodukt met een betrekkelijk lage viscositeit via een groot aantal kleine stralen aangebracht, zonodig met behulp van een filter ontdaan van grove deeltjes en vervolgens opnieuw gebruikt.

Bij het lakgieten verdampt betrekkelijk veel oplosmiddel. Doordat gebruik wordt gemaakt van een vaste installatie, kan er goed worden afgezogen.

10.13 **HET LAKGORDIJNGIETEN**

Bij deze applicatiemethode laat men een laagviskeus verfprodukt vanuit een horizontale spleet stromen. Daarbij wordt het zgn. lakgordijn gevormd. Via een transportband worden de te lakken plaatvormige voorwerpen door het lakgordijn gevoerd en op deze wijze voorzien van een laklaag.

Bij deze applicatiemethode verdampt er veel oplosmiddel vanuit het lakgordijn. De daarbij verloren gegane hoeveelheid moet (gedoseerd) worden aangevuld.

Bij het lakgordijngieten wordt gebruik gemaakt van een vaste afzuiging. Goed afzuigen is verre van eenvoudig, en wel doordat het lakgordijn wordt verstoord door een (krachtige) luchtstroom.

De van een verf- of laklaag voorziene plaatmaterialen worden overgebracht naar een droogruimte alwaar het oplosmiddel verdampt. Deze ruimte moet goed worden geventileerd. Indien het drogen niet plaatsvindt in een afzonderlijke ruimte maar in de eigenlijke werkruimte is de kans groot dat de inademiingslucht teveel oplosmiddeldamp bevat.

11. VERSCHILLEN IN BLOOTSTELLING BIJ DE ONDERSCHIEDEN CATEGORIËN VERF-
VERWERKERS

Professionele verfverwerkers kunnen worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

- huisschilders, werkzaam in nieuwbouw en/of onderhoud;
- scheeps- en constructieschilders, werkzaam in nieuwbouw en/of onderhoud;
- leggers van naadloze vloeren;
- betonreparateurs;
- autosputters;
- industriesputters en anderen die op industriële wijze verfprodukten aanbrengen;
- wegmarkeerders.

Mede uitgaande van hetgeen is opgemerkt in de hoofdstukken 9 en 10 kan het volgende worden medegedeeld over de stoffen, waaraan verfverwerkers tegenwoordig worden blootgesteld. In hoofdstuk 12 wordt ingegaan op de verschuivingen die zich in de afgelopen decennia hebben voorgedaan.

11.1 HUISSCHILDERS, WERKZAAM IN NIEUWBOUW EN/OF ONDERHOUD

Voor zover de betrokkenen werkzaam zijn in de nieuwbouw worden zij blootgesteld aan:

- schuurstof (betrekkelijk weinig);
- spuitnevels;
- terpentines;
- aromaten;
- alcoholethers;
- esterethers;
- biocide stoffen (betrekkelijk weinig);
- loodhoudende aflakken die bijv. chromaatgeel, molybdaatoranje en molybdaatrood bevatten;
- laagmoleculaire epoxyharsen, glycidylesters en glycidylethers;
- amineverharders;
- isocyanaten (betrekkelijk weinig).

De belangrijkste verschillen tussen de blootstelling bij onderhouds- en nieuwbouwschilderwerk zijn:

- gassen, dampen, nevels en rook, gevormd bij het afbranden van oude verflagen;
- veel schuurstof, waaronder loodhoudend schuurstof;
- weinig spuitnevels;
- relatief groot verbruik van loodmenieverf.

11.2 SCHEEPS- EN CONSTRUCTIESCHILDERS, WERKZAAM IN NIEUWBOUW EN/OF ONDERHOUD

Voor zover de betrokkenen werkzaam zijn bij constructiebedrijven, scheepswerven en andere ondernemingen die met nieuwbouw zijn belast worden zij blootgesteld aan:

- straalstof hetwelk noch lood noch zeswaardige chroomverbindingen bevat;
- spuitnevels;
- terpentines;
- aromaten;
- alcoholethers;
- esterethers;
- laagmoleculaire epoxyharsen, glycidylesters en glycidylethers;
- amineverharders;
- steenkoolteerpekken en teeroliën;
- isocyanaten (betrekkelijk weinig);
- ethylsilikaten (betrekkelijk weinig);
- biocide stoffen, in hoofdzaak tributyltinoxide, tributyltinfluoride en trifenylninfluoride (aangroeiwerende verven);
- koperoxiduul (aangroeiwerende verven).

De belangrijkste verschillen tussen de blootstelling bij onderhouds- en nieuwbouwschilderwerk zijn:

- straalstof hetwelk loodverbindingen, koperoxiduul, zeswaardige chroomverbindingen, zinkpoeder en biociden zoals tributyltinoxide, tributyltinfluoride en trifenylninfluoride kan bevatten;
- relatief groot verbruik van loodmenieverven.

11.3 LEGGERS VAN NAADLOZE VLOEREN ("KUNSTSTOPVLOEREN")

De tot deze categorie behorende professionele verfverwerkers worden blootgesteld aan:

- schuurstof;
- laagmoleculaire epoxyharsen, glycidylesters en glycidylethers;
- amineverharders;
- laagmoleculaire acrylaten, waaronder reactieve monomeren en oligomeren;
- isocyanaten;
- styreen;
- diverse oplosmiddelen, o.a. gebruikt om ondergronden te ontvetten.

11.4 BETONREPARATEURS

Wanneer we voorbijgaan aan de blootstelling aan cement en andere anorganische alkalisch materialen worden betonreparateurs blootgesteld aan:

- straalstof;
- laagmoleculaire epoxyharsen, glycidylesters en glycidylethers;
- amineverharders.

11.5 AUTOSPUITERS

Autosputters, dat wil zeggen professionele verfverwerkers die zich belasten met het laktechnisch gedeelte van het herstellen van auto-schade, worden blootgesteld aan:

- schuurstof;
- spuitnevels;
- chroom(VI)verbindingen;
- loodverbindingen;
- isocyanaten;
- styreen;
- terpentines;
- aromaten;
- alcoholen;
- esters;
- ketonen;
- alcohol ethers;
- ester ethers.

11.6 INDUSTRIESPUITERS EN ANDEREN DIE OP INDUSTRIËLE WIJZE VERFPRODUCTEN AANBRENGEN

Deze professionele verfverwerkers worden blootgesteld aan:

- schuurstof;
- spuitnevels;
- chroom(VI)verbindingen;
- loodverbindingen;
- chloorkoolwaterstoffen;
- terpentines;
- kookpuntenbenzines;
- aromaten;
- alcoholen;
- esters;
- ketonen;
- alcoholethers;
- esterethers.

11.7 WEGMARKEERDERS

Van deze beroepscategorie zijn binnen TNO geen gegevens beschikbaar.

12. VERSCHUIVINGEN IN DE AARD EN OMVANG VAN DE BLOOTSTELLING

In een onderzoek naar de oorzaken - of vermoedelijke oorzaken - van ziekteverschijnselen bij professionele verfverwerkers die hetzij op een normale leeftijd (60 tot 65 jaar) uit het arbeidsproces zijn getreden hetzij voortijdig zijn afgekeurd dient tevens aandacht te worden geschonken aan verschuivingen in de tijd in aard en omvang van de beroepsmatige blootstelling aan schadelijke stoffen. Over de verschuivingen in de afgelopen 20 tot 30 jaar het volgende.

12.1 HUISSCHILDERS, WERKZAAM IN NIEUWBOUW EN/OF ONDERHOUD

Genoemd kunnen worden de volgende aspecten:

- een geleidelijke doch sterke daling van het gebruik van loodhoudende verfprodukten, waaronder loodwithoudende grondverven en plamuren;
- een geleidelijke doch sterke daling van het verbruik van produkten die als oplosmiddel terpenen (als regel terpentijn) bevatten;
- een sterke stijging van het gebruik van afbijtmiddelen die aanvankelijk naast methyleenchloride chloroform bevatten;
- het "verdwijnen" van produkten die naast andere oplosmiddelen benzeen bevatten;
- Het "verdwijnen" van polychloorbifenylen bevattende chloorrubberverven;
- na omstreeks 1960 een aanvankelijk geleidelijke doch later zeer sterke stijging van het gebruik van bij kamertemperatuur verhardende epoxy coatings;
- na omstreeks 1960 een geleidelijke, langzame stijging van het gebruik van produkten op basis van isocyanaten;
- de geleidelijke introductie van vernevelende applicatiemethoden, aanvankelijk in hoofdzaak het pneumatisch spuiten van o.a. radiatoren maar later ook van het airless spuiten van plafonds, binnenmuren, enz.;
- met de sterke opkomst van de bouwnijverheid in de jaren zestig en zeventig een gedeeltelijke overgang op industriële applicatiemethoden bij het lakken van bijv. 10.000 binnen- en buitendeuren van een complex van een duizendtal flatwoningen.

Genoemde aspecten hebben geleid tot aanzienlijke veranderingen in zowel de aard als de mate van blootstelling van huisschilders in de afgelopen 20 tot 30 jaar.

12.2 SCHEEPS- EN CONSTRUCTIESCHILDERS, WERKZAAM IN NIEUWBOUW EN/OF ONDERHOUD

Aspecten die de aandacht verdienen zijn:

- de na omstreeks 1965 snelle overgang van de traditionele applicatiemethoden (kwasten, rollen) op het airless spuiten;
- de zeer sterke toeneming na 1955-1960 van het gebruik van straalmiddelen bij het voorbehandelen van ondergronden;
- de sterke daling van het verbruik van loodhoudende verfprodukten, in het bijzonder loodmeniegrondverven;
- de sterke toeneming na 1960 van het gebruik van epoxy coatings, waaronder epoxy-teer-combinaties en oplosmiddelarme/oplosmiddelvrije produkten met een relatief hoog gehalte aan reactieve verdunningsmiddelen (in hoofdzaak glycidylethers);
- een sterke toeneming van het inwendig behandelen van besloten ruimten met verfprodukten (silo's, ladingtanks, opslagtanks, enz.), waarbij als regel gebruik wordt gemaakt van oplosmiddelhoudende, oplosmiddelarme en oplosmiddelvrije epoxy coatings;
- de omstreeks 1965 sterke opkomst van aangroeiwerende verven op basis van niet-gebonden tributyltinoxide (TBTO);
- de omstreeks 1970 sterke opkomst van aangroeiwerende verven op basis van tributyltinfluoride en trifenylninfluoride;
- het omstreeks 1975 vrijwel volledig "verdwijnen" van aangroeiwerende verven die naast koperoxiduul en tributyltinoxide kwikverbindingen zoals kwikoxide bevatten;
- de sterke opkomst omstreeks 1960 van de zgn. shop primers op basis van zinkpoeder dan wel zinktetroxichromaat;
- de sterke opkomst omstreeks 1980 van zinkstofverven op basis van ethylsilikaat.

Zulke, als regel zeer sterke verschuivingen in verftypten en applicatiemethoden hebben geresulteerd in sterke verschuivingen voor wat betreft de aard en de mate van blootstelling van scheeps- en constructieschilders.

12.3 LEGGERS VAN NAADLOZE VLOEREN ("KUNSTSTOFVLOEREN")

Betonvloeren werden in het verleden afgewerkt met "estrich", gesmolten asfalt, asfaltemulsies, hydraulisch gebonden materialen met een hoog cementgehalte, enz. Daarnaast werden in het verleden oplosmiddelhou-

dende verfprodukten toegepast die in lagen van een normale dikte (na droging 25 tot 50 μm) werden aangebracht.

In het midden van de jaren zestig is men er toe overgegaan om betonvloeren af te werken met oplosmiddelvrije verfprodukten (twee-componenten-produkten met reactieve verdunningsmiddelen) die in lagen tot ca. 10 mm worden aangebracht.

Vanaf het begin hebben in het toepassingsgebied naadlozen vloeren de produkten op basis van epoxyharsen gedomineerd. Voor zover dit TNO bekend is, hebben zich op dit terrein in de afgelopen 10 tot 20 jaar geen belangrijke verschuivingen voorgedaan. Op grond hiervan wordt vermoed dat er geen grote veranderingen zijn opgetreden voor wat betreft de aard van de schadelijke stoffen waaraan de betrokkenen worden blootgesteld.

12.4 **BETONREPARATEURS**

Belangrijke aspecten zijn:

- de sterke toeneming van de werkzaamheden na 1980;
- de gedeeltelijke vervanging van hydraulisch gebonden materialen door mortels e.d. op basis van oplosmiddelvrije epoxyharsen met een aanzienlijk gehalte aan reactief verdunningsmiddel (glycidylethers en -esters).

Eén en ander heeft tot gevolg gehad dat de onbeschermde huid in afnemende mate wordt blootgesteld aan alkalisch reagerende pasteuze massa's op basis van cement en in toenemende mate aan glycidylverbindingen en amineverharders.

12.5 **AUTOSPUTTERS**

Na 1955 hebben zich de volgende veranderingen voltrokken:

- het op grote schaal toepassen van oplosmiddelvrije twee-componenten-plamuren op basis van onverzadigde polyesterharsen en styreen;
- de opkomst van oplosmiddelvrije twee-componenten-plamuren op basis van isocyanaten;
- het nagenoeg volledig "verdwijnen" van celluloselakken; ?
- de sterke opkomst en het daarna weer verdwijnen van autoreparatielakken op basis van oplossingen van magere alkydharsen in aromatische oplosmiddellen zoals styreen; ~
- de sterke opkomst omstreeks 1970 van de autoreparatielakken op basis van isocyanaten.

Deze verschuivingen hebben geleid tot aanzienlijke veranderingen in de aard van de blootstelling aan schadelijke stoffen.

12.6 **INDUSTRIESPUITERS EN ANDEREN DIE OP INDUSTRIËLE WIJZE VERFPRODUCTEN AANBRENGEN**

Binnen de sektor hout hebben zich in de afgelopen dertig jaar de volgende veranderingen voorgedaan:

- de sterke opkomst en het later weer nagenoeg volledig verdwijnen van de zgn. polyesterlakken (twee-componenten-produkten die als reactief verdunningsmiddel styreen bevatten);
- de geleidelijk gedaalde betekenis van de cellulospelakken;
- de sterke opkomst omstreeks 1955-1960 van de zgn. zuurhardende lakken (twee-componenten-produkten op basis van ureumharsen);
- de sterke opkomst omstreeks 1965-1979 van de isocyanaatlakken.

Binnen de sektor metaal kunnen de volgende veranderingen worden genoemd:

- het vrijwel volledig "verdwijnen" van de cellulospelakken;
- de geleidelijk dalende betekenis van moffellakken op basis van ureum- en melamineharsen;
- de omstreeks 1965 sterk toenemende betekenis van moffellakken op basis van verzadigde polyesterharsen;
- de omstreeks 1970 sterk toenemende betekenis van moffellakken op basis van thermohardende acrylaatharsen;
- de omstreeks 1970 sterk toenemende betekenis van de isocyanaatlakken.

Zulke veranderingen hebben geleid tot grote verschuivingen in de aard van de schadelijke stoffen waaraan deze beroepsgroep wordt blootgesteld.

12.7 **WEGMARKEERDERS**

Geen gegevens beschikbaar.

13. ENIGE GEGEVENS OVER BLOOTSTELLING IN NEDERLAND

Door zowel het Directoraat-Generaal van de Arbeid (Scheikundige Dienst) als TNO zijn in het verleden in een aantal bedrijven en bedrijfstakken metingen uitgevoerd om de concentraties van stoffen in de werklucht vast te stellen.

Deze metingen omvatten zowel personal air sampling als stationaire metingen.

13.1 METINGEN UITGEVOERD DOOR DE SCHEIKUNDIGE DIENST DGA

Een overzicht van de metingen die vanaf 1974 door de Scheikundige Dienst werden uitgevoerd is weergegeven in tabel 8. Uit dit overzicht blijkt dat de expositie sterk varieert, afhankelijk van de aard van de werkzaamheden. In enkele gevallen wordt de MAC-waarde in aanzienlijke mate overschreden. Worden de werkzaamheden onderling vergeleken, dan blijkt de verwerking van verfprodukten geen groter risico op te leveren dan andere bezigheden. Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze onderzoeken niet zijn uitgevoerd met het oogmerk verschillende bedrijfsactiviteiten onderling te vergelijken. Voorts wordt opgemerkt, dat het metingen betreft, uitgevoerd in een groep van bedrijven, welke geen representatieve steekproef vormt uit het totale bedrijvenbestand. Immers, de Arbeidsinspectie treedt vaak daar op, waar vermoed wordt dat te hoge blootstelling plaatsvindt.

13.2 METINGEN UITGEVOERD DOOR HET IMG-TNO

Een (beperkt) overzicht van de IMG-TNO-metingen is weergegeven in tabel 9. Bij deze onderzoeken is ook gelet op de persoonlijke hygiëne. Met uitzondering van het "bijspuiten van auto's" is een matige tot slechte persoonlijke hygiëne geconstateerd.

Tabel 8
Overzicht van metingen uitgevoerd door de Scheikundige Dienst DGA in diverse bedrijven.

Aard van de werkzaamheden	Gemeten oplosmid- del(en)	Conc. oplos.m. damp in adem- zone mg/m ³	Conc. oplos.m.d. station.ruimte met. mg/m ³	Plaatseelijke afz.	Meetruimte ventilatie
o In elkaar lijmen v. spuit- stukken van spuitbussen	isophoron	18-30	-	neen	ja
o Dampontvetting van machine- onderdelen	1,1,1-trichloor- ethaan	3/0	-	ja	ja
o Spuiten van polyester	styreen	80-280	50-160	ja	ja
o onderdelen van autobussen	trichloorethyleen	130-260	85-150	ja	ja
o Dampontvetting van carro- serie onderdelen	styreen	110-245	-	neen	ja
o Spuiten van polyester dak- kappen	xyleen	560-4000	390-2290	neen	ja
o Verfspuiten van scheeps- luiken	butanol	180-1300	190-1300	neen	ja
o Desinfecteren van bedden	isopropylalcohol	60-122	350-943	ja	ja
o Chem. reinigen van kleding	perchloorethyleen	14-350	-	ja	ja
o Maken en onderzoeken van weefselpreparaten	xyleen	222-418	48-444	neen	ja
o Dampontvetting van onder- delen	perchloorethyleen	217-224	20-370	ja	ja
o Diepdruckwerk	tolueen	225-2250	58-2362	ja	ja
o Schoonmaken van walsen en inktvlakken	ethylacetaat	525-4200	315-1610	neen	ja
o Bedrukken van films voor N.S. met vertrektijden	tolueen	188-1350	75-713	neen	ja
o route e.d. van treinen	tolueen	89-360	25-37	ja	neen
o Aanbrengen van verf d.m.v. een lakgordijn	tolueen MIBK*	124-959 5-40	231-775 6-32	ja ja	ja ja
	xyleen	21-105	58-126	ja	ja

* MIBK=methylisobutylketon

o Impregneren van asbest- koord in hars opgelost in heptaan/hexaan mengsel	hexaan	1000	1000	ja	neen
o Lijmen van PVC pijpen	heptaan	640-1520	600-1320	ja	neen
o Bedrukken van plastic zakken	tetrahydrofuraan MEK*	115-162 292-637	-	neen	neen
	ethylglycol	3-37	-	neen	neen
	ethylglycolacetaat	0,5-103	-	neen	ja
	ethanol	4-110	-	neen	ja
	isopropylalcohol	86-950	-	neen	ja
	ethylacetaat	3-190	-	neen	ja
o Diepdrukwerk	tolueen	64-188	11-938	ja	ja
o Lakken van koperdraad	xyleen	0,1-1,5	0,4-3,5	neen	ja
	benzine	0,2-1,9	0,7-9,6	neen	ja
o Diepdruk van vinylvloerbed	MEK	1380-6700	472-2820	ja	ja
	MIBK	201-972	82-472	ja	ja
	ethylacetaat	1,1-5,6	0,04-2,8	ja	neen
beitsen en lakken manou meubelen	isobutylacetaat	3,7-21	0,1-28	ja	neen
	tolueen	15-521	1,5-128	ja	neen
	xyleen	48-1300	5,7-413	ja	neen
	tolueen	-	30-4790	ja	neen
o Opbrengen lichtgevoelige coating	aceton	-	6625-14715	ja	neen
o Ontvetten en lakken van metaal	1,1,1-trichloorethaan	12-13	13-24	ja	ja
	perchloorethyleen	<7-267	<7-267	ja	ja
	MIBK	16-365	21-738	ja	ja
	tolueen	34-735	41-1444	ja	ja
o Ontvetten metaalwaren	perchloorethyleen	158-199	89-377	ja	neen
	benzine (vnl. nonaan)	368-488	200-1019	ja	neen
o Kruithbereiding	ethanol	17-3630	30-1930	ja ?	ja
	diethylether	3-16500	3-16500	ja ?	ja
	aceton	26-2640	31-2640	ja ?	ja
o Fabricage ethyl- en propyl- bromide	ethylbromide	13-129	9-85	ja	neen ?
o Verspuiten van glasvezel/ polyester op sanitair	propylbromide	5-30	5-50	ja	neen ?
	styreen	18-525	13-145	ja	ja
	ethylacetaat	249-466	249-466	ja	ja

* MEK=methylethylketon

o Beitsen en lakken van rieten meubelen	ethylacetaat isobutylacetaat tolueen xyleen shellsol A	4-67 80-486 132-1900 62-370 4-29	- 42-231 128-822 44-203 6-14	ja ja ja ja ja
o Beitsen en lakken van rieten meubelen	ethylacetaat isobutylacetaat tolueen xyleen shellsol A	0,7-13,9 1,7-92,7 98-895 3,0-144,4 16-343	0,5-6,4 5,0-72,5 249-477 11,5-122,4 108-251	neen neen ja ja neen
o Beitsen en lakken van rieten meubelen	ethylacetaat isobutylacetaat n-butylacetaat tolueen shellsol A	1,3-10,4 0,2-128,2 0,3-117,1 0,8-843,0 1-347	1,0-8,3 9,7-43,6 2,0-11,4 35,9-113,0 40-89	ja ja ja ja ja
o Beitsen en lakken van rieten meubelen	n-butylacetaat tolueen xyleen shellsol A	5,9-120,2 9,5-352,3 31,2-541,8 8-204	- - - -	neen neen neen neen
o Beitsen en lakken van rieten meubelen	isobutylacetaat tolueen xyleen shellsol A	5,5-64,1 15,0-407,0 7,6-126,6 2-36	38,6-45,4 99,6-103,8 76,6-85,3 25-30	ja ja ja ja
o Verspuiten van verf op staalkonstrukties	tolueen xyleen wasbenzine terpentine xyleen n-decaan	286-322 134-170 3-31 66-235 10-34 7-23	29-98 19-65 1-8 11-279 1-18 1-28	ja neen ja ja ja ja
o Diepdrukwerk	tolueen	70-670	580-820	ja
o Chem. textielreiniging	trichloorethyleen-damp	43-261	16-130	ja
o Lakken van aluminium	1,2,4-trimethylbenzeen n-butylalkohol butylglycol	1-72 <1-28 <1-1	3-47 6-69 <1-5	neen neen neen

o Verfspuiten op blikken en vaten	tolueen	4-19	2-13	ja	neen
	ethylacetaat	16-768	14-33	ja	neen
	xyleen	46-392	1-227	ja	neen
	benzine 60/80				
	2-methylpentaan	<1-13	<1	ja	neen
	3-methylpentaan	<1-72	2	ja	neen
	n-hexaan	2-379	10	ja	neen
	2,2-dimethylpentaan	<1-33	1	ja	neen
o Kruitbereiding	cyclohexaan	<1-29	1	ja	neen
	aceton	2-144	34	ja ?	ja
	ethanol	15-621	194	ja ?	ja
	diethylether	255-3300	1056	ja ?	ja
o Ontvetting machineonderdelen	1,1,1-trichloorethaan	-	149-506	ja	ja
	ethylacetaat	240-1465	771	ja	neen
o Bedrukken van plastic folie	2-ethoxyethanol	14-37	17	ja	neen
	ethanol	2-128	6	ja	neen
	isopropylacetaat	2-125	5	ja	neen
	tolueen	43-293	21-107	neen	ja
o Lakken van kwasten d.m.v. dampen	ethylacetaat	18-99	7-33	neen	ja
	isopropylalkohol	10-55	4-17	neen	ja
	xyleen	5-55	3-24	neen	ja
	n-butylacetaat	7-50	6-31	neen	ja
	n-butylacetaat	4-24	1-7	neen	ja
	isobutylalkohol	2-15	1-7	neen	ja
	2-methylpentaan	6-33	103	neen	neen
	3-methylpentaan	10-51	155	neen	neen
o Extraktie van sojabonen	n-hexaan	33-168	483	neen	neen
	methylcyclopentaan	6-31	94	neen	neen
	tolueen	230-700	75-780	neen	ja
o Rotatie diepdruk	styreen	204-402	187-409	ja	neen
o Productie wandpanelen	styreen	125-300	110-140	neen	ja
o Prod. glasvezel/polyester waren	methyleenchloride	110-195	85-120	neen	ja
	ethylacetaat	50	-	neen	ja
	MEK	65-150	100-185	ja	neen
o Bedrukken vinyl wandbekleding	MIBK	20-105	65-185	ja	neen
	tolueen	10-25	15-50	ja	neen
	cyclohexanon	5-20	10-25	ja	neen

o Schilders werkplaats	methylethylketon	4-342	4-163	neen	ja
	isobutylacetaat	4-158	2-149	neen	ja
	tolueen	4-157	4-105	neen	ja
	isobutylalkohol	5-95	<1-30	neen	ja
	isopropylalkohol	88-183	5	neen	ja
	n-heptaan	260		neen	ja
	n-octaan	170		neen	ja
	xyleen	140		neen	ja
o Verfbereiding	MEK	24-65	13-30	ja	neen
	tolueen	160-383	133-439	ja	neen
	ethylbenzeen	23-57	20-42	ja	neen
	O,m,p,-xyleen	41-129	49-101	ja	neen
	n-octaan	3-9	2-14	ja	neen
o Huisdrukkerij met offset- druk	perchloorethyleen	39-106	31-147	neen	ja
	xyleen	5-24	8-43	neen	ja
	ethylbenzeen	2-8	3-13	neen	ja
	ethylacetaat	430-1300	-	ja	ja
o Bedrukken van plastic folie	2-ethoxyethanol	<10-40	-	ja	ja
	styreen	51-66	12-244	neen	neen
o Prod. glasvezel polyester tanks	n-pentaan	277-301	1-425	neen	neen
	n-hexaan	322-422	1-684	neen	neen
o Schoonmaken olieopslag- tank	n-heptaan	267-298	232-586	neen	neen
	n-octaan	150-168	272-358	neen	neen
	2-methylbutaan	61-174	1-121	neen	neen
	2-methylpentaan	131-147	1-75	neen	neen
	3-methylpentaan	91-101	1-49	neen	neen
	2-methylhexaan	124-145	28-220	neen	neen
	3-methylhexaan	237-285	67-485	neen	neen
	methylcyclohexaan	64-72	34-132	neen	neen
	2,3,4-trimethylpen- taan	106-112	169-218	neen	neen
	2,2,5-trimethylpen- hexaan	66-73	106-47	neen	neen
	tolueen	49-52	69-105	neen	neen
	ethylbenzeen	11-21	33-58	neen	neen
	O,m,p,-xyleen	105-140	201-296	neen	neen

o Fabricage PVC-verpakkings- materiaal	tetrahydrofuraan	84-594	90-303	neen	ja
	MEK	46-355	30-167	neen	ja
	cyclohexaan	40-124	14-68	neen	ja
o Zeefdrukkerij	MEK	<17-140	<17-58	ja	neen
	tolueen	54-700	58-430	ja	neen
o Bodemverontreiniging door K.W.	benzeen	-	18-28	neen	neen
	tolueen	-	12-24	neen	neen
o Roestpreventiebehandeling van auto's	white spirit	150-700	190-480	neen	neen
o Schoonmaken olieopslag tank	propan	21-154	56-70	neen	neen
	isobutaan	13-76	29-40	neen	neen
	butaan	22-310	118-171	neen	neen
	isopentaan	2-208	84-130	neen	neen
	pentaan	2-316	128-203	neen	neen
	2,2-dimethylbutaan	3-6	3-4	neen	neen
	2-methylpentaan	59-133	58-94	neen	neen
	3-methylpentaan	43-111	49-77	neen	neen
	hexaan	23-100	48-68	neen	neen
	3-methylhexaan	46-91	45-73	neen	neen
	cyclohexaan	22-46	23-36	neen	neen
	heptaan	2-198	102-164	neen	neen
	2,4- en 2,3-dimethyl hexaan	10-20	10-17	neen	neen
	methylcyclohexaan	42-76	41-66	neen	neen
	2,3,4-trimethyl pentaan	44-84	48-77	neen	neen
	2,2,5-trimethylhexaan	18-35	19-32	neen	neen
	tolueen	20-38	21-35	neen	neen
	octaan	45-85	50-82	neen	neen
	nonaan	7-11	8-14	neen	neen
	xyleen	5-7	5-10	neen	neen
	decaan	19-30	24-37	neen	neen
	trimethylbenzeen	9-17	12-18	neen	neen
	white spirit	97-145	33-52	neen	ja
o Roestpreventiebehandeling van auto's	white spirit	202-273	239-340	neen	neen
o Roestpreventiebehandeling van auto's	MEK	160-300	17-1790	-	ja
o Diepdruk. van linoleum/ PVC	MIBK	40-70	6-330	-	ja

Tabel 9

Overzicht verrichte blootstellingsmetingen bij bepaalde activiteiten

Activiteit	Gemeten component(en)	Opmerking
1. chem. reinigen van textiel	perchloorethyleen	blootstelling boven de MAC-waarde
2. ontvetten van metalen	trichloorethaan	idem
3. fabricage van kunststofschuimprodukten		geringe blootstelling
4. drukkerijen	hoofdzakelijk arom. KW	blootstelling boven MAC-waarde
5. lijmen van artikelen	tolueen ethylacetaat	geringe blootstelling
6. vervaardiging van klevende lagen	tolueen, hexaan, aceton methylethylketon, iso-propylalcohol	blootstelling boven de MAC-waarde of blootstellingsindex
7. "bijspuiten" van auto's tijdens fabricage	aromaten, alkanen, alcoholen, ketonen, esters	idem

13.3 ONDERZOEK IN EEN MODERNE VERFFABRIEK

In 1982 werd door TNO in opdracht van het DGA een uitgebreid onderzoek uitgevoerd in een moderne verffabriek. Als onderdeel van het onderzoek werd door IMG-TNO de concentratie van een groot aantal verbindingen in de werklucht gemeten.

Een overzicht hiervan is weergegeven in tabel 10.

In 4 van de 17 onderzochte produktieafdelingen werd de MAC-waarde van een individuele component overschreden. Het betrof de stoffen aceton, tolueen en isobutanol.

De blootstellingsindices varieerden van 0,1 - 2,9 (personal air sampling) en van 0,1 - 4,3 (vaste meetplaatsen). Een overschrijding van de waarde 1,0 werd bij 18 van de 101 werknemers vastgesteld (18%) en op 8 van de 46 vaste meetplaatsen (17%). Een overschrijding van de waarde 0,5 werd vastgesteld bij 68% van de werknemers en op 48% van de vaste meetplaatsen.

Tabel 10

Overzicht van verbindingen, gemeten in de werklucht van een moderne verffabriek

<u>Aromatische koolwaterstoffen</u>	<u>Alcoholen</u>
Benzeen	Ethanol + isopropanol
Tolueen	Isobutanol
Xyleen-isomeren	n-Butanol
Ethylbenzeen	
n-Propylbenzeen	<u>Ketonen</u>
iso-Propylbenzeen	Aceton
Methylethylbenzeen-isomeren	Methylethylketon
Trimethylbenzeen-isomeren	Methylisobutylketon
C ₄ benzenen	
-----	<u>Esters</u>
Totaal aromatische koolwaterstoffen	Ethylacetaat
	iso-Butylacetaat
<u>Alkanen</u>	n-Butylacetaat
n-Heptaan	2-Ethoxyethylacetaat
n-Octaan	
n-onaan	
n-Decaan	<u>Overige verbindingen</u>
n-Undecaan	Methyleenchloride

Totaal alkanen	

13.4 ONDERZOEK UITGEVOERD DOOR TNO BIJ ONDERHOUDSSCHILDERS

Op verzoek van de BG-Bouw werd door TNO een onderzoek uitgevoerd op 23 verschillende werkplekken bij 45 onderhoudsschilders naar de gezondheidsrisico's van de beroepsmatige blootstelling aan oplosmiddeldamp. Slechts op één werkplek werd de MAC-waarde van een individuele component overschreden. Het betrof tetrachloorkoolstof bij het verwerken van een chloorrubberverf. Bij 6 van de 45 schilders werd de waarde 1,0 van de blootstellingsindex overschreden. Deze varieerde van 1,3 tot 2,3. Op basis van dit onderzoek werd door de BG-Bouw een onderzoek uitgevoerd bij 22 onderhoudsschilders die in ruimten werkten van 50 m³ en minder. In deze ruimten werden totaal-koolwaterstofconcentraties gemeten tot 2500mg/m³. Gemiddeld over de dag werden de individuele MAC-waarden slechts incidenteel overschreden. Bij 5 van de 22 schilders werd een blootstellingsindex bepaald groter dan 1,0 , nl. 1,15 - 3,66.

Uit dit beperkt aantal meetgegevens blijkt niet dat de expositie alarmerend is. Slechts incidenteel worden individuele waarden gemeten die uitgaan boven de MAC-waarden. Daar nog allerminst vaststaat of - en zo ja welke - betekenis moet worden toegekend aan de blootstellingsindex, dient dit gegeven met zorgvuldigheid te worden gehanteerd. Van belang zou de huidopname kunnen zijn die in bovengenoemde onderzoeken niet is betrokken. Deskundigen op het gebied van verfproductie en -verwerking zijn echter van mening dat in de praktijk aanzienlijk hogere exposities voorkomen dan uit deze onderzoeken blijkt. Gegevens hierover zijn echter niet voorhanden, zodat dit vermoeden noch ontkend noch bevestigd kan worden.

14. MOGELIJKHEDEN VOOR HET METEN VAN DE BLOOTSTELLING

Voor het bepalen van de blootstelling aan chemische stoffen staan twee mogelijkheden ter beschikking, de environmental monitoring en de biologische monitoring. Van welke mogelijkheid gebruik wordt gemaakt, wordt bepaald door de vraagstelling. Voor het opsporen van emissiebronnen bijvoorbeeld is men aangewezen op environmental monitoring, voor het evalueren van een gezondheidsrisico zal men zoveel mogelijk gebruik maken van biologische monitoring.

14.1 ENVIRONMENTAL MONITORING

Door middel van environmental monitoring wordt de concentratie bepaald van chemische verbindingen in de lucht op de werkplek. Dit kan geschieden in de ademzone van de werknemer, de zgn. personal air sampling, of op vaste meetplaatsen in de werkruimte. In het algemeen worden enkelvoudige stoffen gemeten. In een enkel geval kunnen totaalconcentraties worden gemeten, bijv. het totaalgehalte aan koolwaterstoffen.

Zeer algemeen kan worden gesteld dat nagenoeg alle componenten in de werklucht kunnen worden bepaald door adsorptie aan kool gevolgd door een gaschromatografische bepaling van de geëluëerde componenten. Indien nodig wordt deze techniek uitgevoerd in combinatie met massaspectrometrie. Daarnaast is het mogelijk in situ analyses uit te voeren waarbij vooral technieken die op infraroodspectrometrie berusten worden toegepast. Laatstgenoemde technieken maken het mogelijk het verloop van concentraties in de tijd te volgen.

14.2 BIOLOGISCHE MONITORING

Biologische monitoring omvat het meten van de concentratie van stoffen of omzettingsprodukten daarvan in biologische media zoals bloed, urine en uitademingslucht teneinde aan de hand daarvan de individueel opgenomen hoeveelheid stof te bepalen. Wordt met environmental monitoring uitsluitend de concentratie in de werklucht gemeten en dus ook de hoeveelheid die wordt ingeademd, met biologische monitoring wordt ook de opname via de mond en de huid verdisconteerd. Met name het verdisconteren van de huid-opname kan van belang zijn, gezien de gewoonte van vele verfverwerkers om de huid te reinigen met oplosmiddelen.

De mogelijkheden van biologische monitoring zijn echter nog beperkt. Bepalingsmethoden zijn aanwezig voor enkele gechloreerde koolwaterstoffen (monochloormethaan, methyleenchloride, trichloormethaan, trichloorethaan, trichlooretheen en tetrachlooretheen), alsmede voor benzeen, toluen, xyleen, styreen, hexaan, methanol, aceton en fenol.

15. GRENSWAARDEN

Voor de meeste oplosmiddelen waarover in dit advies wordt gehandeld (zie tabel I) gelden MAC-waarden die grotendeels overeenkomen met de TLV-waarden, opgesteld door ACGIH. Ook in de Bondsrepubliek Duitsland komen vele waarden overeen met de Amerikaanse TLV-waarden. De Zweedse grenswaarden zijn in een aantal gevallen afwijkend. Mogelijk is daarbij in meerdere mate dan elders rekening gehouden met de reeds eerder genoemde Scandinavische onderzoeken. Een overzicht van de grenswaarden in Nederland, USA, W-Duitsland en Zweden is gegeven in tabel 11.

Grenswaarden worden opgesteld voor enkelvoudige, zuivere stoffen. In het overzicht van oplosmiddelen zoals in Hoofdstuk 2 gegeven, betreft dit stoffen uit de categorie A. In de praktijk echter worden oplosmiddelen gebruikt die, chemisch gezien, weliswaar volledig zijn gedefinieerd maar die als regel in onzuivere vorm worden geleverd (stoffen uit categorie B). Het hangt in dit geval van de samenstelling van het mengsel af of de MAC-waarde van de belangrijkste component mag worden gebruikt of dat tevens met de verontreiniging rekening moet worden gehouden.

Voor de derde categorie stoffen (C), die chemisch gezien in het geheel niet gedefinieerd zijn, is in het algemeen geen grenswaarde vastgesteld. Gezien de voortdurende wisselende samenstelling van deze oplosmiddelen zou het in principe niet mogelijk zijn hieraan een grenswaarde toe te kennen, daar deze immers nauw samenhangt met de in het mengsel voorkomende individuele componenten. Het zou in de praktijk echter best kunnen blijken dat een verandering in samenstelling nauwelijks enige invloed uitoefent op de toxiciteit van het mengsel, zodat toch een grenswaarde kan worden gehanteerd.

Naast het feit dat individuele oplosmiddelen veelal uit meerdere componenten bestaan moet ook rekening worden gehouden met het gegeven dat op de werkplek vaak blootstelling plaatsvindt aan meerdere oplosmiddelen tegelijkertijd, dit als gevolg van het feit dat veel verfrakten oplosmiddelmengsels bevatten.

Voor de vaststelling van grenswaarden voor mengsels en combinaties van mengsels van oplosmiddelen (de blootstellingsindex) is kennis nodig van de samenstelling, de kinetiek en de wijze van interactie, zowel bij vaste combinaties als bij zich wijzigende combinaties. In het algemeen kan gesteld worden dat onze kennis dienaangaande nog onvoldoende is.

Tabel 11
Overzicht van grenswaarden van oplosmiddelen in Nederland, Zweden, W. Duitsland en USA (ACGIH)

	Nederland 1982/1983			Zweden 1981		W. Duitsland		USA (ACGIH) 1983/1984	
	ppm	MAC mg/m ³	TWA ppm	ceiling ppm 15 min	STEL ppm 5 min	MAK mg/m ³	TWA mg/m ³	STEL mg/m ³	
Aceton	1000	2400	250		500	2400	1780	2375	
n-Butanol	50	150 C,H		50		300	150 C		S
n-Butylacetaat	150	710		50		950	710	950	
Butylglycol	50	240 H	50		75	100 H	120	360 S	
Cyclohexanon	50	200	50		75	200	100	400	
Ethanol	1000	1900	1000			1900	1900		
Ethylacetaat	400	1400	200			1400	1400		
Ethyleenglycol (damp) (druppels)	100	260 H	100		125	1400	125 C		
		10					(10)	(20)	
Ethylglycol	100	370 H	100		150	75 H	(185)	(370) S	
Ethylglycolacetaat	100	540 H				275 H	(270)	(540) S	
iso-Butanol	50	150 C,H				300	150 C		S
iso-Butylacetaat	150	710				950	710	950	
Isoforon	5	25 C		5		28	25 C		
iso-Propanol	400	980 H	200		300	980	980	1225	
iso-Propylacetaat	250	950				840	950	1185	
Methanol	200	260 H	200		250	260 H	260	310 H	
Methyleenchloride	200	700	70		150	360	350	1740	
Methylethylketon	200	590	100		200	590	590	885	
Methylglycol	25	80 H				15 H	(80)	(120) S	
Methylisobutylketon	100	410 H	50		75	400	205	300	
Methyl-n-butylketon	5	21 H	5		8	21	20	-	
2-Nitropropan	25	90		10		18 (A2)	90 C	(A2)	
Rubber solvent	400	1600				440	1600	-	
Terpenen						560 S			
Tolueen	100	375 H	80		100	750	375	560 S	
White Spirit (Stoddard solvent)	100	575 ca.	85		ca. 110		525	1050	
Xyleen	100	435 H	80		100	440	435	655	

Op pag. 6 en 7 van de Nationale MAC-lijst (1984) wordt gewezen op de problematiek inzake blootstelling aan een mengsel van stoffen. Een oplossing wordt echter niet aangedragen. Door de ACGIH wordt voor het bepalen van een grenswaarde bij meervoudige stoffen die additief werken de blootstellingsindex (BI) toegepast. Hierbij wordt de gemeten concentratie van een stof gedeeld door de bijbehorende grenswaarde. De aldus verkregen quotiënten worden bij elkaar opgeteld, waarbij de som de waarde 1,0 niet dient te overschrijden.

In de praktijk wordt de waarde 0,5 beschouwd als een action value, uitgaande van de gedachte dat overschrijding hiervan statistisch een zekere kans inhoudt op het overschrijden van de waarde 1,0.

Het hanteren van een blootstellingsindex is niet algemeen geaccepteerd. Bovendien geldt deze regel slechts indien de stoffen elkaars werking niet beïnvloeden. Uit bovenstaande gegevens moge duidelijk blijken dat het met name in de verf- en schildersbranche allerm minst eenvoudig is vast te stellen of de normen, de werklucht betreffende, al dan niet overschreden worden.

16. **EFFECTEN**

16.1 **ACUTE EFFECTEN**

Zeer vele oplosmiddelen vertonen dezelfde soort effecten die daarom worden aangeduid als aspecifiek.

16.1.1 **Huid**

Vele vloeibare oplosmiddelen ontvetten en drogen de huid uit, waardoor de natuurlijke weerstand aanzienlijk vermindert en huidaandoeningen gemakkelijk kunnen optreden. Langdurig en/of intensief contact heeft lokale huidbeschadigingen, met name van de opperhuid, ten gevolge.

16.1.2 **Slijmvliezen**

Vele oplosmiddelen zowel in dampvorm als in vloeibare vorm werken irriterend op de slijmvliezen van ogen en luchtwegen. De vloeistof veroorzaakt vaak hevige pijn bij contact met de ogen, hetgeen doorgaans van voorbijgaande aard is. Opname van vloeibare oplosmiddelen in de longen is zeer gevaarlijk omdat dit aanleiding kan zijn tot de ontwikkeling van een acute chemische longontsteking.

De schadelijke effecten van een gegeven hoeveelheid vloeibaar oplosmiddel in de longen is veel groter dan van éénzelfde hoeveelheid in de maag.

16.1.3 **Zenuwstelsel**

De meeste oplosmiddelen hebben, in dampvorm in voldoende hoge concentraties, een narcotiserende werking. Hieraan vooraf gaan de zgn. prenarcotische effecten als moeheid, slaperigheid, slapeloosheid, labiliteit, etc. Een aantal van deze klachten wordt ook wel aangeduid als neurasthene klachten. De concentraties waarbij deze klachten gaan optreden zijn sterk afhankelijk van de betreffende stof.

16.2 **CHRONISCHE EFFECTEN**

Een aantal oplosmiddelen in dampvorm heeft zeer specifieke chronische effecten. Hexaan en 2-hexanon vertonen bij langdurige hoge concentraties effecten op het perifere zenuwstelsel leidend tot perifere neuropathie. Benzeen kan boven bepaalde concentraties aanleiding geven tot bloedafwijkingen waarvan leukemie de ernstigste vorm is. Een aantal gechloreerde koolwaterstoffen zoals chloroform en tetrachloorkoolstof vertoont effecten op de lever en de nier. Koolwaterstoffen,

waaronder isoparaffinen, hebben mogelijk effecten op de nier. Naast de acute effecten op het zenuwstelsel worden oplosmiddelen ook verdacht van chronische effecten op het zenuwstelsel aangeduid met de term "organisch hersensyndroom". Stoffen die in dit verband genoemd worden zijn: trichloorethyleen, perchloorethyleen en andere, niet met name genoemde koolwaterstoffen, terpentine, thinner, toluen, styreen, methanol en straalmotorbrandstof. Veelal betreft het personen die aan combinaties van deze oplosmiddelen zijn blootgesteld geweest. Het organisch hersensyndroom uit zich vooral als vergeetachtigheid, verhoogde afleidbaarheid, verminderd bevattingsvermogen, emotionele labiliteit, neerslachtigheid, moeheid, hoofdpijn en verminderd coördinatievermogen. In sommige publicaties wordt gesproken van vervroegde dementering, EEG-afwijkingen en hersenatrofie.

Zoals reeds eerder in dit advies gesteld zijn bovengenoemde onderzoeken in de meeste grenswaarden niet verdisconteerd, zeker niet waar het de koolwaterstofoplosmiddelen betreft.

In 1977 werd door NIOSH een criteria document uitgegeven betreffende de "Occupational exposure to refined petroleum solvents". Daarin worden de volgende grenswaarden voorgesteld:

petroleum ether: 100 ppm (350 mg/m^3), gebaseerd op de neurotoxische effecten van n-hexaan.

rubber solvent: 350 mg/m^3 ter voorkoming van irritatie.

varnish makers and painters naphta: 350 mg/m^3 ter voorkoming van irritatie.

mineral spirits: 350 mg/m^3 vanwege onzekerheid over optreden polyneuropathie.

stoddard solvent: 350 mg/m^3 vanwege onvoldoende toxiciteitsgegevens.

kerosene: 100 mg/m^3 gebaseerd op voorkomen longeffecten.

In 1982 publiceerde WHO: "Environmental Health Criteria 20: Selected Petroleum Products". De conclusie luidt o.a.

"Exposure to high concentrations of the vapour of petroleum solvents can produce narcotic effects. Long-term exposures to low concentrations have been reported to produce non-specific symptoms. The no-observed-adverseeffect level of exposure has not been established for these products".

Uit deze summiere gegevens kan geconcludeerd worden dat voldoende gegevens om grenswaarden te onderbouwen veelal nog ontbreken.

17. ADVISERING

Op verzoek van de Scheikundige en Medische Afdeling van het Directoraat-Generaal van de Arbeid zijn door het IMG-TNO, MBL-TNO en Vfi-TNO voorliggende gegevens verzameld om te komen tot advisering met betrekking tot de oplosmiddelproblematiek.

Oplosmiddelen worden in grote hoeveelheden geproduceerd en in grote verscheidenheid aan activiteiten toegepast. Met name in de verfproducerende industrie bestaat een goed inzicht in het gebruik aan oplosmiddelen. In moderne verfproducerende bedrijven blijft de expositie voor individuele stoffen onder de huidige MAC-waarde. Bij schilders, met name in kleine ruimten, kunnen hogere blootstellingen plaatsvinden. In Nederland ontbreekt een normstelling m.b.t. meervoudige expositie en blootstelling aan oplosmiddelen die uit meerdere componenten bestaan.

Op basis van de voorliggende gegevens wordt geadviseerd:

- a. Gebaseerd op de uitkomsten van een groot aantal onderzoeken, voornamelijk uitgevoerd in de Scandinavische landen, wordt de suggestie gedaan dat langdurige blootstelling aan organische oplosmiddelen schade aan het zenuwstelsel ten gevolge zou hebben. De manifestatie van dit nadelig effect wordt wel aangeduid als "organisch hersensyndroom".

Geadviseerd wordt om allereerst de bedoelde publicaties kritisch te bespreken en te beoordelen zodat uit deze evaluatie geconcludeerd kan worden of bovengenoemde suggestie en de daaruit voortvloeiende bezorgdheid uit wetenschappelijk oogpunt gerechtvaardigd is.

Bij deze evaluatie zal aandacht moeten worden besteed aan:

- de kwaliteit van het onderzoek met inbegrip van de vraagstelling, de methodiek, de statische bewerking, de keuze en relevantie van de parameters en een beoordeling van de gebruikte controlegroep;
- een definitie van de vastgestelde effecten inclusief het "organisch hersensyndroom";
- een specificatie van de oplosmiddelen;
- niveau en duur van de expositie mede om een causaal verband aannemelijk te maken;
- de wetgeving en regelgeving m.b.t. het werken met toxische stoffen aldaar.

- b. Het intensiveren van voorlichting inzake ventilatie, gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen enz. aan al degenen die blootgesteld worden aan oplosmiddelen.

- c. Het bevorderen van het ontwikkelen en gebruik van verfproducten met een lager arbeids- c.q. gezondheidsrisico, volgens vast te stellen prioriteiten, waarbij uiteraard gelet wordt op andere belangrijke gezondheidsrisico's.

Op basis van de onder a. genoemde evaluatie kan de besluitvorming plaatsvinden voor te stellen prioriteiten en daaruit voortvloeiende aanpak en onderzoek.

Elementen voor een volgende fase kunnen zijn:

- d. Het verzamelen van toxicologische gegevens voor het bij- c.q. vaststellen van grenswaarden.
- e. Het verzamelen van gegevens om tekomen tot richtlijnen voor het opstellen van grenswaarden bij meervoudige expositie.
- f. Eventueel komen tot het opstellen/uitvoeren van noodzakelijk geacht verder onderzoek, afhankelijk van de verkregen resultaten.

Bijlage 1

Samenstelling van een 80/110 kookpunt benzine

Hydrocarbon type	Hydrocarbon	% mass present in sample ^a	Boiling point °C
normal paraffins	n-pentane	0.2	36.2
	n-hexane	8.2	69.0
	n-heptane	17.2	98.4
branched paraffins	2 methylbutane T ^b	0.1	27.9
	2.2 dimethylbutane T	trace	49.7
	2.3 dimethylbutane T	0.3	58.0
	2 methylpentane	1.5	60.3
	3 methylpentane	1.6	63.3
	2.2 dimethylpentane	1.0	79.2
	2.4 dimethylpentane	1.3	80.5
	2.2.3 trimethylbutane T	0.3	80.9
	2.3 dimethylpentane	9.7	89.8
	3 methylhexane	9.2	91.9
	3 ethylpentane	3.1	93.5
	2.2.4 trimethylpentane	trace	99.2
	2.2 dimethylhexane	trace	106.8
	2.5 dimethylhexane	0.6	109.1
	3.3 dimethylhexane T	trace	112.0
	2.3 dimethylhexane	0.8	115.66
	3.4 dimethylhexane	trace	117.7
	3 methylheptane	0.5	118.9
cyclo C-6 paraffins	cyclohexane	8.4	80.7
	methylcyclohexane	14.2	100.9
cyclo C-5 paraffins	cyclopentane T	trace	49.3
	methylcyclopentane T	4.7	71.8
	1.1 dimethylcyclopentane T	2.9	87.9
	1-cis-3-dimethylcyclopentane T	1.9	90.8
	1-trans-3-dimethylcyclopentane T	2.7	91.7
	1-trans-2-dimethylcyclopentane T	0.5	91.9
	1-cis-2-dimethylcyclopentane T	0.5	99.5
	ethylcyclopentane	0.6	103.5
	1.1.3 trimethylcyclopentane T	0.8	104.9
	1-trans-2-cis-4-trimethylcyclopentane T	0.4	109.3
	1-trans-2-cis-3-trimethylcyclopentane T	0.4	110.2
	1.1.2 trimethylcyclopentane T	0.3	113.7
unidentified paraffins		1.1	Probably 110.0
aromatic compounds	benzene	0.7	80.1
	toluene	3.9	110.6
olefins		0.4	

^a Average of duplicate analyses.

^b T = tentative identification

Bijlage 2

Analyse van een terpentine

Groep analyse

Paraffinen	62,3 gew %
Naftenen	20,0 gew %
Dinaftenen	0,4 gew %
Aromaten	17,3 gew %

Chemische breakdown Aromaten

Tolueen	0,03 gew %
Ethylbenzeen	0,13 gew %
Meta- en paraxyleen	0,69 gew %
Orthoxyleen	0,50 gew %
Isopropylbenzeen	0,21 gew %
n-Propylbenzeen	0,56 gew %
1-Ethyl-2-methylbenzeen	0,92 gew %
1-Ethyl-3-methylbenzeen	1,60 gew %
1-Ethyl-4-methylbenzeen	0,77 gew %
1,2,3-Trimethylbenzeen	1,00 gew %
1,3,5-Trimethylbenzeen	0,90 gew %
sec. Butylbenzeen	0,18 gew %
Indaan	0,10 gew %
1-Methyl-2-isopropylbenzeen	0,04 gew %
tert-Butylbenzeen	0,01 gew %
1-Methyl-3-isopropylbenzeen	0,32 gew %
1-Methyl-4-isopropylbenzeen	0,20 gew %
1,3-Diethylbenzeen	0,19 gew %
1-Methyl-3-n-propylbenzeen	0,56 gew %
n-Butylbenzeen	0,26 gew %
1-Butylbenzeen	0,07 gew %
1-methyl-4-n-propylbenzeen	0,27 gew %
1,2-Diethylbenzeen	0,12 gew %
1-Ethyl-3,5-dimethylbenzeen	0,43 gew %
1,4-Diethylbenzeen	0,10 gew %
1-Methyl-2n-propylbenzeen	0,43 gew %
2-Ethyl-1,4-dimethylbenzeen	0,43 gew %
1-Ethyl-2,4-dimethylbenzeen	0,64 gew %
1-Ethyl-3,4-dimethylbenzeen	0,47 gew %
2-Ethyl-1,3-dimethylbenzeen	0,09 gew %
1-Methyl-indaan	0,14 gew %
2-Methyl-indaan	0,08 gew %
1-Ethyl-2,3-dimethylbenzeen	0,18 gew %
1,2,4,5-Tetramethylbenzeen	0,21 gew %
1,2,3,5-Tetramethylbenzeen	0,40 gew %
1,2,3,4-Tetramethylbenzeen	0,26 gew %
4-Methylindaan	0,11 gew %
Tetraline	0,09 gew %
Totaal C11 Monocyclische-aromaten	0,84 gew %
