



UDA 9J
B67

TNO-rapport

Rapport nr. : R 88/161a

WERKTERREINANALYSE VAN 1,3-BUTADIEN

E. Buringh (projectleider)

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie
microfilm of op welke andere wijze dan ook,
zonder voorafgaande toestemming van
TNO

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
en Ontwikkelingsopdrachten TNO 1979',
dan wel de desbetreffende terzake
tussen partijen gesloten overeenkomst.

© 1988 TNO

Datum : 1988-09-16

Opdracht nr. : 16246

Opdrachtgever:

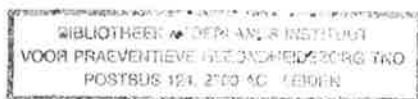
Directoraat Generaal van de Arbeid

Auteurs:

J.M. Boers**
E. Buringh**
R.W.M. Gründemann*
D.C. Heslinga**
H. Hoolboom*
M.W.F. Nielen**
G.W. Stegehuis**
J.I. Walpot**

* NIPG-TNO

** MT-TNO



IBISSTAMBOEKNUMMER

4526/000



INHOUD

blz.

SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	2
2. FYSISCH CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN	4
3. VOORKOMEN EN TOEPASSINGEN VAN 1,3-BUTADIEEN	6
3.1 Produktie van 1,3-butadieen	6
3.2 1,3-Butadieen als grondstof voor syntheses	6
3.3 Gebruik van halffabrikaten waarbij blootstelling mogelijk is	7
3.4 Gebruik van 1,3-butadieen	7
4. WERKWIJZEN IN TECHNISCHE EN ORGANISATORISCHE ZIN	8
4.1 Gebruikelijke processen, machines en gereedschappen	8
4.2 Werkwijzen en blootstellingswijzen	11
4.3 Gebruikelijke technische voorzieningen met het oog op beperking van de risico's	12
5. CONTROLEERBAARHEID (MEET- EN ANALYSEMETHODEN)	14
6. BEHEERSREGIEM MET BETREKKING TOT DE GEZONDHEIDSRISICO'S	15
6.1 Organisaties van fabrikanten en vormen van overleg van werkgevers en werknemers in de betreffende bedrijfsgroepen	15
6.2 Zorgverlening (BVZ en BGZ)	16
7. POTENTIEEL BLOOTGESTELDE POPULATIE	18
7.1 Populatie onderverdeeld naar grootte van de bedrijven	18
7.2 Populatie onderverdeeld naar produktie- en transport-werknemers en overig personeel	20
8. BLOOTSTELLINGSNIVEAUS	22

Inhoud (vervolg)	<u>blz.</u>
9. ARBEIDSHYGIËNISCHE MAATREGELEN OM BLOOTSTELLING TE BEPERKEN	23
9.1 Techniek	23
9.1.1 Maatregelen in technische zin	23
9.1.2 Kosten van maatregelen in technische zin	24
9.2 Organisatie	24
9.2.1 Maatregelen in organisatorische zin	24
9.2.2 Kosten van maatregelen in organisatorische zin	24
9.3 Andere maatregelen	25
9.3.1 Aanvullende maatregelen	25
9.3.2 Kosten van aanvullende maatregelen	25
LITERATUUR	26
BIJLAGE A LIJST MET VERKLARING VAN AFKORTINGEN	31
BIJLAGE B LIJST MET VERKLARING VAN RELEVANTE BEDRIJFSGROEPEN	33
BIJLAGE C OVERZICHT BLOOTSTELLINGSNIVEAUS 1,3-BUTADIËN	34

SAMENVATTING

1,3-Butadien (BD)* wordt in Nederland gemaakt en opgeslagen. Het is in gebruik voor de fabricage van styreen-butadienrubber, acrylnitrilrubber, polybutadien en latex. Blootstelling aan BD is ook mogelijk bij thermische verwerking (extrusie, spuitgieten, curing, vulcanisatie) van op basis van BD gevormde rubbers.

De MAC-waarde is sinds oktober 1986 110 mg/m³, daarvoor bedroeg hij 2200 mg/m³. Door de Werkgroep van Deskundigen zal worden voorgesteld de MAC-waarde verder te verlagen, welke verlaging dit zal worden was in april 1988 nog niet bekend. Met de opdrachtgever is afgesproken om na te gaan in hoeverre een niveau van 22 mg/m³ technisch en economisch haalbaar is in Nederland. Deze waarde van 22 mg/m³ of 10 ppm komt overeen met de door de ACGIH in de VS aanbevolen grenswaarde. Het concentratieniveau van 22 mg/m³ is analytisch goed te bepalen als tijdgewogen gemiddelde over 8 uur.

De blootstellingsniveaus bij de fabricage, distributie en verwerking van BD en daarvan afgeleide rubbers liggen in het algemeen onder 22 mg/m³. Door de aard van het gebruik van BD zal de expositie op een beperkt aantal werkplekken in de chemische industrie kunnen plaatsvinden. De potentieel blootgestelde populatie in de chemische industrie bedraagt vijf- à zeventhonderd personen. Een waarde van 22 mg/m³ zal in de chemische industrie bij een shutdown of tijdens specifieke werkzaamheden incidenteel overschreden kunnen worden. In deze gevallen is persoonlijke ademhalingsbescherming nodig. Intensivering van het onderhoud kan mogelijke emissie van BD bij de produktie verder beperken. De kosten hiervan zullen op jaarbasis per bedrijf f 50.000,- tot f 60.000,- bedragen en een produktbesparing op jaarbasis van f 5.000,- tot f 10.000,- opleveren.

De potentieel blootgestelde populatie bij de thermische verwerking van op basis van BD gevormde rubbers omvat ongeveer zeventuizend personen. Bij de thermische verwerking zonder plaatselijke afzuiging en bij hoge temperaturen zijn adequate luchttechnische maatregelen nodig.

* Achteraan dit rapport is een lijst met verklaringen van afkortingen geplaatst (Bijlage A).

1. INLEIDING

Het doel van deze werkterreinanalyse voor 1,3 butadiëen (BD) is een beschrijving te geven van de technische en sociaal economische situatie van het gebruik van BD in het Nederlandse bedrijfsleven in relatie tot de arbeidshygiënische omstandigheden en - zo mogelijk - de haalbaarheid na te gaan van eventueel noodzakelijk geachte aanpassingen als gevolg van de voorgenomen MAC-verlaging.

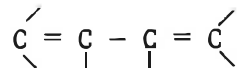
De opzet van dit onderzoek is aan beperkingen onderhevig. Het is een bureaustudie waarbij naast bestudering van de literatuur ook eventueel gesprekken met sleutelinformanten gevoerd worden om een analyse te kunnen maken van de technische en sociaal economische aspecten die de arbeidshygiënische omstandigheden bij het gebruik van butadiëen bepalen. Er zijn geen metingen uitgevoerd om eventueel ontbrekende gegevens aan te kunnen vullen.

Voor het opsporen van relevante literatuur is voor BD een literatuursearch bij het CID-TNO uitgevoerd. Ook via de bibliotheek van het DGA en de daar aanwezige kanalen is gezocht naar rapporten en studies betreffende deze stof. Tevens is via het Ministerie van VROM het bestand van de emissie-inventarisatie doorzocht op het voorkomen van gegevens over BD. Verder is de bij TNO aanwezige "grijze" literatuur gescreend op vermelding van de onderzochte component.

De resultaten van dit onderzoek zijn bedoeld om een bijdrage te leveren aan de standpuntontwikkeling met betrekking tot een grenswaarde van BD. Tijdens deze studie (januari 1987 - april 1988) was er nog geen concrete aanbeveling tot verlaging van de huidige grenswaarde. De afgelopen jaren is de grenswaarde voor BD in veel landen steeds verder verlaagd. In Nederland is de MAC-waarde gedaald van 2200 mg/m³ tot 110 mg/m³. In de VS wordt door de ACGIH een waarde van 22 mg/m³ aanbevolen, in de BRD is de TRK-waarde 11 mg/m³. Met de opdrachtgever is afgesproken om na te gaan in hoeverre een niveau van 22 mg/m³ technisch en economisch haalbaar is in Nederland. Gezien het feit dat BD als verdacht

carcinogene stof voor de mens wordt beschouwd [35] blijft het van groot belang in de praktijk te streven naar een zo laag mogelijke blootstelling van de werknemers.

Voor een beschrijving van de toxicologische eigenschappen van BD wordt verwezen naar het WGD rapport dat nog zal verschijnen.

2. FYSISCH CHEMISCHE GROOTHEDEN1,3-Butadieen

CAS-nummer : 106-99-0

synoniemen en handelsnamen

(Engels) : 1,3-butadiene [2], biethylene [2], bi-vinyl [2], divinyl [2], vinylethylene [2], diethylene [2], erythrene [2]

(Nederlands): bivinyl [5], erithreen [5].

molecuulgewicht : 54,092 [4]
54,1 [2], [5]

soortelijke massa : 0,65 g/cm³ [2]
(vloeistof -6°C) 0,6 g/cm³ [5]

Smeltpunt : -108,9°C [2]
-113°C [5]

Kookpunt : -4,4°C [2]
-5°C [5]

vóórkomen bij kamertem-
peratuur (20°C) : gas [5]

relatieve dampdicht-
heid t.o.v. lucht : 1,9 [2], [5]

dampdruk bij -4,5°C : 101,8 kPa [2]

vlampunt : < 7°C [2]

zelfontbrandingstempe-
ratuur

: 428,9°C [2]

415°C [5]

explosiegrenzen

: 2,0 - 11,5% [2]

1,4 - 16,3% [5]

1,1 à 2,0 - 10 à 12,5% bij 20°C [4]

1,4 - 22% bij 30°C [4]

3. VOORKOMEN EN TOEPASSINGEN VAN 1,3-BUTADIEEN

3.1 PRODUKTIE VAN 1,3-BUTADIEEN

In Nederland wordt 1,3-butadieen in hoofdzaak geproduceerd door drie bedrijven. De totale produktie bedraagt ongeveer 400.000 tot 500.000 ton per jaar, sterk afhankelijk van het gebruik van de totaal beschikbare capaciteit. Deze wordt vrij direct bepaald door de marktvraag. Na verrekening van in- en exportbijdragen (respectievelijk 106.955 en 315.820 ton in 1986) blijft in Nederland 200.000 tot 300.000 ton per jaar over voor binnenlands verbruik. (Bedrijfsgroepen 29.0, 29.2, 29.4)**.

Tabel 1 Nederlandse produktie en verbruik van 1,3-butadieen in duizenden tonnen per jaar.

Produktie	Export	Import	Binnenlands verbruik
400 à 500	-316	+107	200 à 300

3.2 1,3 BUTADIEEN ALS GRONDSTOF VOOR SYNTHESSES

1,3-Butadieen wordt gebruikt als grondstof voor diverse soorten synthetische rubber zoals polybutadieenrubber, styreen-butadieenrubber en acrylnitrilrubber. Het grootste deel van de geproduceerde 1,3-butadieen wordt in hoofdzaak door vier bedrijven gebruikt voor de produktie van deze rubbers. (Bedrijfsgroepen 29.0, 29.2, 29.4). Het is waarschijnlijk dat een beperkt deel in kleinere gespecialiseerde bedrijven verwerkt wordt.

** Achteraan dit rapport is een lijst met de verklaring van de relevante bedrijfsgroepen gevoegd (Bijlage B).

3.3 GEBRUIK VAN HALFFABRIKATEN WAARBIJ BLOOTSTELLING MOGELIJK IS

In de rubberverwerkende industrie zou 1,3-butadien kunnen worden beschouwd als halfprodukt met dien verstande dat 1,3-butadien als component in die rubbers aanwezig is.

Door thermische ontleding bij extrusie, spuitgieten, vulcanisatie en curing kan BD vrijkomen. Blootstelling is mogelijk in de bedrijfspgroepen 22.5, 31.1, 31.2, 31.3.

3.4 GEBRUIK VAN 1,3-BUTADIEEN

Ander gebruik van 1,3-butadien in Nederland is tijdens dit onderzoek niet gevonden.

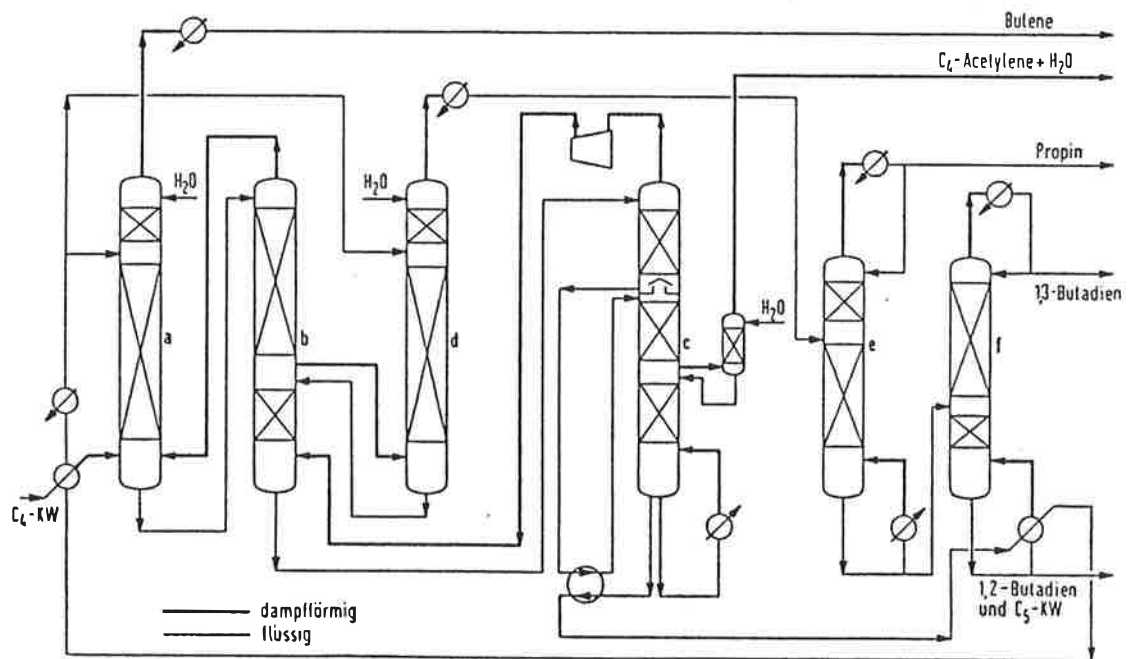
4. WERKWIJZEN IN TECHNISCHE EN ORGANISATORISCHE ZIN

4.1 GEBRUIKELIJKE PROCESSEN, MACHINES EN GEREEDSCHAPPEN

1,3-Butadien kan worden gewonnen uit naphta tijdens een kraakproces. Ruwweg 3-5% van de naphta wordt daarbij in 1,3-butadien omgezet. De, vaak zeer grote, installaties staan in de buitenlucht. De door middel van destillatie en kraakprocessen gevormde 1,3-butadien wordt naar opslagtanks of verwerkingsfabrieken geleid.

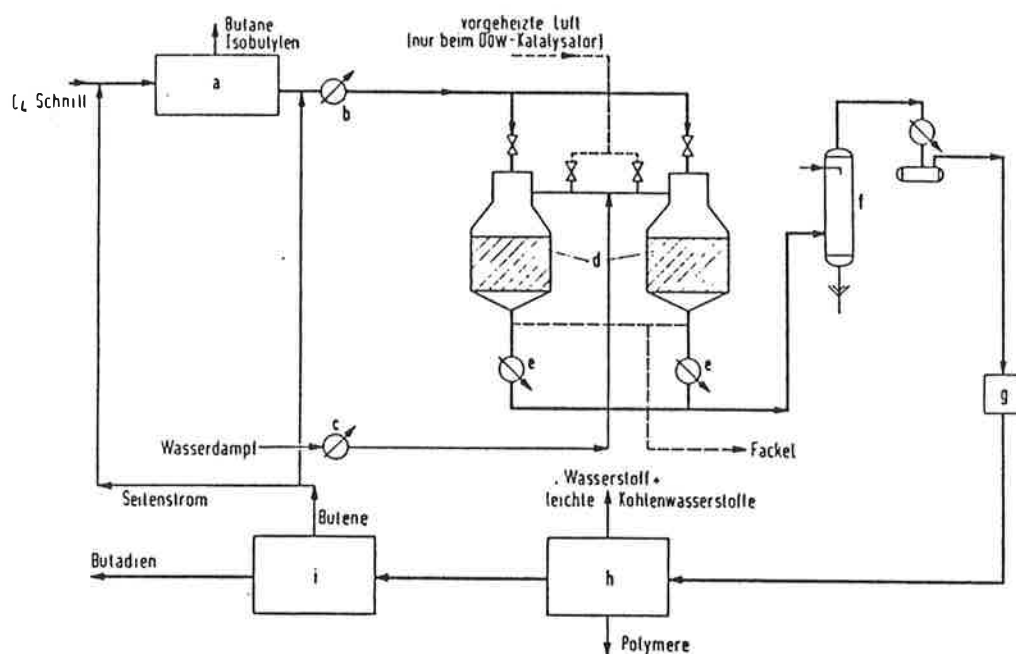
De verbindingen met de opslag- of verwerkingsfaciliteiten zijn vaak on-line uitgevoerd.

In figuur 1 en 2 is schematisch de produktie van butadien weergegeven. Het katalytisch dehydrogeneren van buteen (figuur 2) is in Europa nooit toegepast. Tot voor kort werd dit proces wel in de VS gebruikt.



Figuur 1. Gewinnung von 1,3-Butadien aus C₄-KW-Gemischen durch extractive Destillation.

a, b, c: Kolonnen für extractive Destillation;
d: C₄-Acetylon-Kolonne; e: Propin-Kolonne; f C₅-Olefin-Kolonne. Uit: [4]



Figuur 2. Katalytische Dehydrierung von n-Butenen zu Butadien.
 a: n-Buten-Anreicherung; b: Buten-Vorheizer; c: Dampf-Vorheizer; d: Reaktor; e: Quenchkühler; f: Quenchkolonne; g: Kompressor; h Ölwäsche; i: extractive Destillation. Uit: [4].

De installaties voor de productie van synthetische rubbers en kunstharsen (resins) kunnen zowel binnen als buiten zijn geplaatst. Het productieproces bestaat uit polymerisatie en co-polymerisatie van 1,3-butadieen met eventueel andere componenten onder invloed van initiatoren of katalisatoren. 1,3-Butadieen zorgt voor versterking en verstijving van de synthetische rubbers. Processen vinden zowel continu (grootschalig) als batchgewijs (kleinschalig) plaats.

De blootstellingsproblematiek bij de fabricage van de verschillende soorten rubbers is vergelijkbaar.

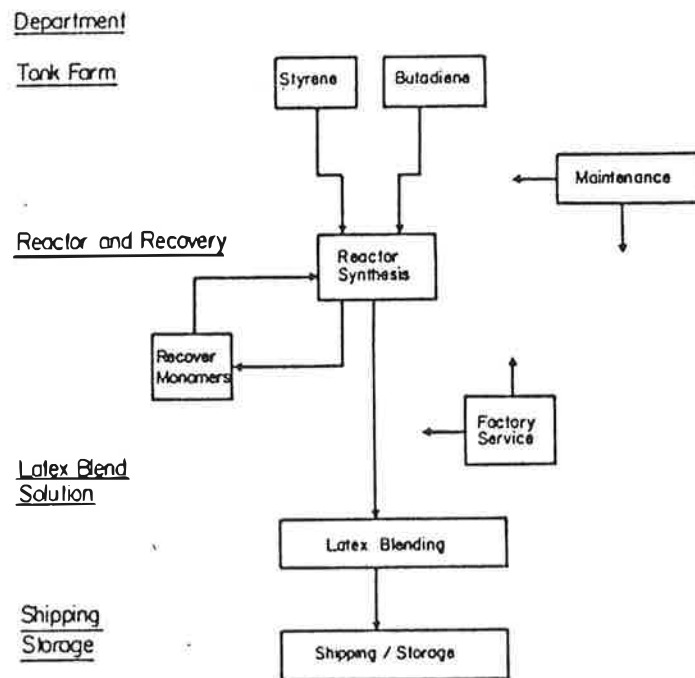
De meest voorkomende typen van commerciële synthetische rubbers op basis van 1,3-butadieen zijn:

Styreen-butadieenrubber (SB). Dit is een copolymeer van 1,3-butadieen en styreen geproduceerd met behulp van emulsiepolymerisatie. Bij dit proces worden de monomeren tezamen met water, een

emulgator, een katalysator en andere stoffen in een reactievat gebracht. Als de gewenste mate van omzetting is bereikt, wordt de reactie gestopt en worden het nog niet gebonden monomeer uit het reactiemengsel gestript. Verder worden antioxidantia toegevoegd. De emulsie wordt vervolgens gecoaguleerd, gewassen, gedroogd en voor transport gereed gemaakt. De rubber kan ook als een emulsie verder verwerkt worden (latex).

SB-rubber is wereldwijd het meest belangrijk. De meeste SB-rubbers bevatten 25 tot 30 gewichtprocenten styreen als grondstof.

In figuur 3 wordt een schematisch overzicht gegeven van SB-rubberfabricage.



Figuur 3. Schematisch overzicht van SB-rubberfabricage.
Uit: [27].

In Tabel 2 wordt een recept gegeven voor de fabricage van SB-rubber.

Tabel 2 Typical recipe for the production of styrene-butadiene rubber.^a

Ingredients	Parts	Percentage
Butadiene	75.0	26.2
Styrene	25.0	8.8
n-Dodecyl mercaptan	0.5	0.2
Paramenthane hydroperoxide	0.1	0.1
Sodium formaldehyde sulfoxide	0.1	0.1
Iron ethylenediaminetetraacetate	0.01	0.01
Soap flakes	5.0	1.8
Water	180	63.0

a Source: [31]

Acrylnitril-butadiëenrubber (ABS). Deze rubbers worden geproduceerd door middel van copolymerisatie van acrylonitril en butadiëen. Het acrylonitrilgehalte kan variëren van 18% to 50%. ABS-rubber is uitstekend bestand tegen olie en aromatische oplosmiddelen.

Polybutadiëenrubber. Dit is een homopolymeer die gemaakt wordt door polymerisatie van butadiëen. Deze rubbersoort is slijtvast en wordt, gemengd met andere rubbersoorten, gebruikt voor de fabricage van banden.

4.2 WERKWIJZEN EN BLOOTSTELLINGSWIJZEN

Gezien de risico's met betrekking tot brandgevaar en explosies en het toenemende besef voor de gezondheidsrisico's die aan de blootstelling aan 1,3-butadiëen kleven kan worden gesteld dat bij de grote chemische bedrijven die butadiëen produceren of in bulk verwerken emissies op de arbeidsplek geminimaliseerd zijn.

De systemen zijn gesloten en staan meestal in de buitenlucht. Daar waar de produktie binnen plaatsvindt is plaatselijke afzuiging, waar nodig, aanwezig.

Blootstelling kan optreden voor field operators, laboratoriumpersoneel, verladers en onderhoudspersoneel.

Bij spuitgiet- en extrusieprocessen kan blootstelling aan 1,3-butadien plaatsvinden ten gevolge van thermische ontleding van uit butadien gevormde halffabrikaten [18], [19], [20], [29]. Ook bij de vulcanisatie van rubberprodukten kan blootstelling optreden [26]. Butadien kan alleen vrijkomen bij verhitting van butadien bevattende rubbers. Blootstelling bij extrusie- of spuitgietprocessen zal afhankelijk van de aard van het proces al dan niet continu zijn.

4.3 GEBRUIKELIJKE TECHNISCHE VOORZIENINGEN MET HET OOG OP BEPERKING VAN DE RISICO'S

De voorzieningen bij de produktie van BD en de fabricage van halffabrikaten bestaan uit de gesloten uitvoering van de installaties en plaatselijke afzuiging.

Bij shut-downs en specifieke onderhoudswerkzaamheden worden in het algemeen persoonlijke ademhalingsbeschermingsmiddelen gebruikt.

In het algemeen vindt op verdachte punten een meting plaats van de concentratie 1,3-butadien. In sommige bedrijven worden frequent persoonsgebonden metingen uitgevoerd. Stationaire metingen vinden minder vaak plaats.

In verband met de grote mate van diversiteit van werkplekken en ook de zeer variabele bronsterkte in afhankelijkheid van de produktieomstandigheden (temperatuur en druk) is over de gebruikelijke technische voorzieningen bij spuitgiet- en extrusiewerkzaamheden weinig bekend. In het algemeen zal plaatselijke afzuiging aanwezig zijn, maar in het buitenland zijn echter ook situaties bekend waar dit niet het geval is [13] en men voor de ventilatie aangewezen is op de natuurlijke toetreding van buitenlucht. Het is niet uit te sluiten dat dit soms ook in Nederland nog zal voorkomen. Gezien de relatief geringe BD-blootstellingsniveaus die daar verwacht mogen worden (Hoofdstuk 8), is een nadere uitwerking in het kader van deze studie ook niet relevant.

Ook over de gebruikelijke technische voorzieningen in de Nederlandse rubberindustrie is in de literatuur weinig bekend. Momenteel vindt er een uitgebreide inventarisatie plaats in deze bedrijfstak door het NIA, de LUW en TUD.

5. CONTROLEERBAARHEID (MEET- EN ANALYSEMETHODEN)

Voor butadieen is een standaard meet- en analysemethode beschikbaar van NIOSH [25]. Deze methode is gevalideerd in 1976 over een concentratiegebied van 1065-4590 mg/m³. De CV_T bedraagt 0,058. Het principe berust op het zuigen van een bekend volume lucht door een koolbuisje om de organische dampen op actieve kool te adsorberen. De actieve kool wordt na monsterneming vervolgens in een klein flesje overgebracht. De BD wordt gedesorbeerd met CS₂ en geanalyseerd in een gaschromatograaf met FID-detector. Als er vochtcondensatie in de koolbuisjes optreedt, kan water interfereren. Ook andere stoffen met eenzelfde retentietijd kunnen interfereren.

In het meetvoorschrift wordt aangegeven dat met bovengenoemde methode ook veel kleinere hoeveelheden BD nog betrouwbaar gemeten kunnen worden als de desorptie-efficiëntie bekend is. Aangenomen mag worden dat deze bedoelde methode tevens adequaat is voor BD bepalingen wanneer deze een niveau van 22 mg/m³ niet mag overschrijden. In [3] wordt aangegeven dat 0,04-0,17 mg/m³ de ondergrens is van een acht-uurs TGG-concentratie met de NIOSH-methode. Volgens [6] is de detectiegrens 0,01 mg; bij een debiet van 50 tot 100 cm³ per minuut levert dit een ondergrens op van 0,2-0,4 mg/m³ voor een acht-uurs-monster.

Als men indicatieve metingen wil uitvoeren kan men de BD concentratie ook met een andere, direct afleesbare, methode meten. Te denken valt aan direct afleesbare apparaten gebaseerd op dispersieve infrarood absorptie (bijvoorbeeld "Miran"). Bovenstaande methode geeft echter een momentane waarde en is minder selectief en nauwkeurig dan de door NIOSH aanbevolen methode. De meetbaarheid van piekblootstellingen valt buiten het kader van de werkterreinanalyses.

Afhankelijk van het doel van de meting zal een geschikte methode gekozen dienen te worden.

6. BEHEERSREGIEM MET BETREKKING TOT DE GEZONDHEIDSRISICO'S

6.1 ORGANISATIES VAN FABRIKANTEN EN VORMEN VAN OVERLEG VAN WERKGEVERS EN WERKNEMERS IN DE BETREFFENDE BEDRIJFSGROEPEN

De bedrijven die betrokken zijn bij de produktie, opslag, distributie en verwerking (als grondstof) van BD zijn aangesloten bij de VNCI (Vereniging Nederlandse Chemische Industrie).

In de CGGS vindt er maandelijks gestructureerd overleg plaats tussen werkgevers, werknemers en overheid over blootstelling aan chemische verbindingen. De grote chemische bedrijven hebben hun vertegenwoordigers die intensief aan het CGGS-overleg deelnemen. Op bedrijfsgroepniveau komt dergelijk overleg in de chemische industrie niet voor. Op bedrijfsniveau bieden OR en een Commissie Veiligheid, Gezondheid en Welzijn en andere specifieke commissies voortdurend mogelijkheden tot overleg binnen het bedrijf.

In het algemeen is over de beheersing van gezondheidsrisico's met betrekking tot toxische stoffen in de CAO's binnen deze bedrijfsgroep niets vastgelegd.

In het jaarverslag van de VNCI van 1986 [33] wordt signaleerd dat door de dalende tendens van grenswaarden in Nederland het moment genaderd is dat voor veel gebruikte stoffen niet met eenvoudige middelen aan de geadviseerde grenswaarden voldaan kan worden, met als gevolg dat de sociaal-economische afweging een veel zwaarder accent dient te krijgen.

In hetzelfde verslag wordt opgemerkt dat voor de veiligheid in de werksituatie goede voorlichting en onderricht aan de eigen medewerkers vanzelfsprekend onmisbaar zijn. In dit verband wijst men op het overleg, tussen werkgevers en werknemers in COB/SER-verband, over de inhoud van een brochure waarmee deze voorlichting binnen een bedrijf "doeltreffend gestalte kan krijgen, respectievelijk kan worden uitgebreid".

Van de bedrijven die betrokken zijn bij de produktie, opslag, distributie en verwerking (als grondstof) van BD is bekend dat er ondernemingsraden zijn.

De bedrijven die BD als halffabrikaat gebruiken (bedrijfsgroepen 31.1, 31.2 en 31.3) zijn veelal aangesloten bij de Nederlandse Vereniging van Rubber- en Kunststoffabrikanten.

Er is geen overleg tussen werkgevers en werknemers over blootstelling aan BD in de werksituatie.

In het algemeen is over de beheersing van de voornoemde risico's in de CAO's binnen deze bedrijfsgroep niets vastgelegd.

Uit de gegevens naar bedrijfsgrootte (zie par. 7.1) kan worden opgemaakt dat ruim de helft van de werknemers in de rubber- en kunststofverwerkende industrie op bedrijfsniveau vertegenwoordigd wordt door een ondernemingsraad, en dat voor ongeveer een kwart van de werknemers een beperktere vorm van overleg op bedrijfsniveau bestaat.

Samenvattend kan gesteld worden dat er in Nederland geen specifiek overleg tussen werkgevers en werknemers lijkt plaats te vinden over blootstelling aan BD in de werksituatie.

NB: Aangezien het vrijwel uitgesloten is dat BD in de tapijt- en vloermattenindustrie (bedrijfsgroep 22.5) voorkomt, zal aan deze bedrijfsgroep in de hoofdstukken 6 en 7 geen aandacht besteed worden.

6.2 ZORGVERLENING (BVZ EN BGZ)

De bedrijven betrokken bij de produktie, opslag, distributie en verwerking (als grondstof) van BD hebben zowel een bedrijfsarts, als een arbeidshygiënist, een milieufunctionaris en een veiligheidsfunctionaris in dienst.

In de rubberverwerkende industrie (bedrijfsgroepen 31.1, 31.2 en 31.3) is het merendeel van de werknemers (ongeveer 80%) werkzaam in bedrijven met minder dan 500 werknemers. Dit betekent dat slechts ongeveer 20% van de werknemers in deze bedrijfsgroepen

onder verplichte bedrijfsgezondheidszorg valt. Van deze laatste werknemers kan ook worden aangenomen dat zij te maken hebben met bedrijfsveiligheidszorg [34].

Samenvattend kan gesteld worden dat de bedrijfsgezondheids- en veiligheidszorg van de bij de produktie, opslag, distributie en verwerking (als grondstof) van BD betrokken werknemers in het algemeen afdoende geregeld lijkt te zijn, terwijl dit bij het gebruik van BD als halffabrikaat in de rubber- en kunststofverwerkende industrie slechts in beperkte mate het geval lijkt te zijn.

7. POTENTIEEL BLOOTGESTELDE POPULATIE

7.1 POPULATIE ONDERVERDEELD NAAR GROOTTE VAN DE BEDRIJVEN

Tabel 3 Produktie, opslag, distributie en verwerking (als grondstof) van BD.
 Bedrijfsklasse 29; bedrijfsgroep 29.2, en 29.4.

Verdeling van de populatie naar bedrijfsgrootte in procenten:

bedrijfsgrootte	bedrijfsklasse/-groepen		
	29	29.2	29.4
minder dan 10 werknemers	1	2	-
10-49 werknemers	5	2	3
50-99 werknemers	6	2	2
100 werknemers en meer	89	95	95
schatting I:			
minder dan 35 werknemers	3- 6	3	2
35 werknemers en meer	94-97	97	98
schatting II:			
minder dan 500 werknemers	45	23	75
500 werknemers en meer	55	77	25

Verdeling van de populatie in aantallen:

bedrijfsgrootte onbekend	2.200	500	600
totaal (inclusief onbekend)	75.400	6.400	30.100

Bron: CBS Arbeidskrachtentelling 1985

Bron schattingen: Bedrijfsbestand DGA.

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven wordt, voorzover bekend, in Nederland in drie bedrijven BD geproduceerd en wordt het grootste deel van deze geproduceerde BD in vier bedrijven gebruikt voor de produktie van synthetische rubbers.

Al deze bedrijven vallen in de hierboven vermelde bedrijfsklasse/-groepen 29, 29.2 en 29.4. Op één na zijn bij deze bedrijven steeds meer dan 500 werknemers in dienst. Bij het overige bedrijf werken tussen de 100 en 499 werknemers.

Tabel 4 Gebruik van BD als halffabrikaat.
(Bedrijfsgroepen 31.1, 31.2 en 31.3).

Verdeling van de populatie naar bedrijfsgrootte in procenten:

bedrijfsgrootte	bedrijfsklasse/-groepen		
	31.1	31.2	31.3
minder dan 10 werknemers	2	14	9
10-49 werknemers	6	29	24
50-99 werknemers	12	-	23
100 werknemers en meer	80	57	46
schatting I:			
minder dan 35 werknemers	4	34	25
35 werknemers en meer	96	66	75
schatting II:			
minder dan 500 werknemers	64	100	85
500 werknemers en meer	36	-	15
Verdeling van de populatie in aantallen:			
bedrijfsgrootte onbekend	300	-	1.000
totaal (inclusief onbekend)	6.800	700	21.600

Bron: CBS Arbeidskrachtentelling 1985

Bron schattingen: Bedrijfsbestand DGA.

Ruim de helft van de werkenden in de rubber- en kunststofverwerkende industrie is bij een bedrijf met meer dan 100 werknemers in dienst, en ongeveer een vijfde bij een bedrijf met meer dan 500 werknemers. Nog geen 10% werkt in een klein bedrijf (minder dan 10 werknemers).

Samenvattend: het merendeel van de potentieel aan BD blootgestelde populatie is werkzaam bij (middel)grote bedrijven, dat wil zeggen bedrijven met meer dan 100 werknemers.

7.2 POPULATIE ONDERVERDEELD NAAR PRODUKTIE- EN TRANSPORTWERKNEMERS EN OVERIG PERSONEEL

Tabel 5 Produktie, opslag, distributie en verwerking (als grondstof) van BD.
(Bedrijfsklasse 29; bedrijfsgroepen 29.2 en 29.4).

Verdeling van de populatie naar beroepstak:

beroepstak	bedrijfsklasse/-groepen		
	29	29.2	29.4
- aantal ambacht-, industrie-, transport- en verwante functies	34.200	3.200	14.800
- aantal overige functies	40.800	3.200	15.000
- perc. ambacht-, industrie-, transport- en verwante functies	46%	50%	50%
- perc. overige functies	54%	50%	50%
beroep onbekend	400	-	300
totaal (inclusief onbekend)	75.400	6.400	30.100

Bron: CBS Arbeidskrachtentelling 1985

Bij de enkele bedrijven die zich in Nederland bezig houden met de productie, opslag, distributie en verwerking (als grondstof) van BD zijn $\pm$ 500 werknemers direct en 100 à 150 werknemers indirect (bijvoorbeeld als schoonmaak- of verladingspersoneel) betrokken bij het productieproces.

Tabel 6 Gebruik van BD als halffabrikaat.
 (Bedrijfsgroepen 31.1, 31.2 en 31.3).

Verdeling van de populatie naar beroepstak:

beroepstak	bedrijfsgroepen		
	31.1	31.2	31.3
- aantal ambacht-, indus- trie-, transport- en verwante functies	5.000	500	15.300
- aantal overige functies	1.800	200	6.300
- perc. ambacht-, indus- trie-, transport- en verwante functies	74%	71%	71%
- perc. overige functies	26%	29%	29%
beroep onbekend	-	-	-
totaal (inclusief onbekend)	6.800	700	21.600

Bron: CBS Arbeidskrachtentelling 1985

Bijna driekwart van de werkenden in de rubber- en kunststofverwerkende industrie is werkzaam in een ambacht-, industrie-, transport- of verwante functie, dat wil zeggen ruim 20.000 werknemers.

Naar schatting is ongeveer een derde hiervan betrokken bij het gebruik van BD als halffabrikaat. Dat betekent een population at risk van ongeveer zeventuizend werknemers.

Samenvattend bedraagt de potentieel aan BD blootgestelde populatie zeven- à achtduizend personen. Het merendeel van deze populatie is werkzaam in de rubber- en kunststofverwerkende industrie waar BD tijdens de bewerking van het halffabrikaat mogelijk kan vrijkomen.

8. BLOOTSTELLINGSNIVEAUS

De samenvattende conclusie uit het in Bijlage C gepresenteerde materiaal met betrekking tot de produktie van 1,3-butadien en het verwerken van op basis van BD gevormde synthetische rubbers is dat in het algemeen een maximale blootstelling onder 22 mg/m^3 in de praktijk haalbaar lijkt. Er dient dan wel voldoende aandacht besteed te worden aan het preventieve technische onderhoud van met name het tankpark, het distributiesysteem en de werkzaamheden van laboratoriumpersoneel dat monsters moet nemen. Uit het feit dat zowel in de VS als in Nederland (zie Bijlage C) bij pompen, drainpunten, colonnes, tankputten en het tankpark de hoogste concentraties gevonden worden, kan worden afgeleid dat een betere afdichting en afsluiting, ter voorkoming van ademverliezen nodig is. Voor shut-down operaties en specifieke werkzaamheden (schoonmaken, onderhoud) zal het personeel met persoonlijke ademhalingsbeschermingsmiddelen dienen te worden uitgerust.

Er zijn geen Nederlandse meetgegevens gevonden van BD bij de thermische bewerking van kunststoffen (extrusie, spuitgieten). In de VS zijn dienaangaande wel metingen uitgevoerd, daarbij werd ofwel geen BD aangetoond (onder de detectielimiet) [10], [15] ofwel waren de concentraties minder dan $1-4 \text{ mg/m}^3$ [16], of ver onder de grenswaarde [14].

Er zijn ook geen Nederlandse meetgegevens gevonden met betrekking tot BD-concentraties in de rubberverwerkende industrie en de tapijtindustrie. Meetgegevens uit de VS en Italië wijzen op lage concentraties.

9. ARBEIDSHYGIËNISCHE MAATREGELEN OM BLOOTSTELLING TE BEPERKEN

9.1 TECHNIEK

9.1.1 Maatregelen in technische zin

Wanneer maatregelen in technische zin in ogenschouw worden genomen is vervanging van 1,3-butadiëen geen reële mogelijkheid.

Bestrijding aan de bron is in de 1,3-butadiëenproduktie en de fabricage van kunststoffen al vergaand uitgevoerd. De blootstelling ligt dan ook onder de huidige MAC-waarde van 110 mg/m³.

Een vermindering van het niveau tot 22 mg/m³ (een verlaging van de huidige MAC-waarde met een factor 5) zal enige maatregelen in de 1,3-butadiëenverwerkende industrie noodzakelijk maken. Bij het tankpark, bij pompen, ventilatieventielen en bij laboratoriumwerk zal de nieuwe grenswaarde overschreden kunnen worden. De meetresultaten wijzen erop dat de emissies die daar optreden een gevolg zijn van lekkende pompen, afblaasventielen etc. Mede uit het oogpunt van het beperken van eventuele piekblootstellingen zijn maatregelen gewenst.

Het beperken van deze emissies kan geschieden door de verscherpte controle van alle mogelijke emissiepunten en eventuele vervanging van defecte afsluitingen en/of onderdelen. De emissiebeperking die hiermee bereikt kan worden is sterk situatie specifiek en ook afhankelijk van de huidige intensiteit van de "onderhouds"werkzaamheden.

Elke verdere verlaging van de MAC-waarde maakt de emissiebeperking meer noodzakelijk.

Uit de literatuur blijkt dat een intensivering van het onderhoud van een jaarlijkse controle tot een maandelijkse een emissiebeperking van een factor twee kan bewerkstelligen.

In die gevallen waarin dat niet voldoende blijkt te zijn is men aangewezen op persoonlijke beschermingsmiddelen. Deze beschermingsmiddelen zijn echter niet bedoeld om permanent gebruikt te worden.

Bij thermische verwerking van kunststoffen (als één van de grondstoffen BD bevat) dient altijd doeltreffende plaatselijke afzui-

ging aanwezig te zijn. Voorzover deze niet aanwezig is of niet adequaat is, dienen luchttechnische maatregelen te worden genomen.

9.1.2 Kosten van maatregelen in technische zin

Een frequenter uitgevoerd controle- en onderhoudsprogramma zal voor een 1,3-butadienproduktiefabriek tussen de f 50.000,- en f 60.000,- kosten op jaarbasis. De besparing ten gevolge van afgenomen produktieverliezen zal tussen de f 5.000,- en f 10.000,- bedragen. Bovengenoemde bedragen zijn zoals in 9.1.1 aangegeven situatie specifiek.

De kosten van het installeren van een doeltreffende plaatselijke afzuiging zijn moeilijk in te schatten omdat ze sterk afhankelijk zijn van werkzaamheden. Deze zullen liggen in de orde van f 3.000,- tot f 10.000,- per machine.

9.2 ORGANISATIE

9.2.1 Maatregelen in organisatorische zin

Het zou aanbeveling verdienen dat met name de bedrijven in de rubber- en kunststofverwerkende industrie zich aansluiten bij een (gezamenlijke) bedrijfsgezondheidsdienst zodat een minimum aan gezondheids- en veiligheidszorg voor het personeel gegarandeerd is.

Ook branchegerichte voorlichting in de vorm van bijvoorbeeld training en opleiding zou één van de mogelijke maatregelen in organisatorische zin kunnen zijn.

9.2.2 Kosten van maatregelen in organisatorische zin

De kosten van aansluiting bij een (gezamenlijke) BGD bedragen ongeveer f 200,- per jaar per werknemer.

9.3 ANDERE MAATREGELEN

9.3.1 Aanvullende maatregelen

In 9.1.1 zijn reeds de nodige maatregelen genoemd die ook in arbeidshygiënische zin nodig en/of wenselijk zijn.

9.3.2 Kosten van aanvullende maatregelen

Persoonlijke ademhalingsbeschermingsmiddelen zoals filtermaskers vergen een investering van f 100,- tot f 250,- per werknemer. De jaarlijkse kosten zijn sterk afhankelijk van het gebruik. Als additionele kosten vallen nog te noemen de noodzakelijke trainingsprogramma's om de ademhalingsbeschermingsmiddelen ook adequaat te kunnen gebruiken.

LITERATUUR

- [1] Sittig, M. (ed.)(1980).
Priority toxic pollutants, health impacts and allowable limits.
Noyes Data corp. Park Ridge N.J. VS.
- [2] Parmeggiani, L. (ed.) (1983).
Encyclopedia of occupational health and safety.
3rd rev ed. Geneva, ILO.
- [3] Fajen, J.M.; L.J. Ungers; D. Roberts (1986).
Occupational exposure of workers to 1,3-butadiene at monomer production plants. p. 43-46 in "The changing nature of work and workforce. Third joint US-Finnish Science Symposium October 22-24, 1986".
NIOSH, Cincinnati, Ohio.
- [4] Bugholz-Meisenheimer, H.; J. Frenzel; R. Pfefferkorn (red.).
Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, 4e Aufl.
Band 1-25 (1972-1984).
- [5] NVVK, VI, VNCI (1984).
Chemiekaarten, gegevens voor veilig werken met chemicaliën.
3e druk
- [6] Young, R.J.; R.W. Hartle; D. Marlow (1977).
Industrial hygiene survey of B.F. Goodrich Chemical Company, Port Neches, Texas.
(NTIS PB81-229064).
- [7] Young, R.J. (1977).
Walk-through survey report of Texas - U.S. Chemical Company, Port Neches, Texas.
(NTIS PB81-229569).

- [8] Crandall, M.S. (1978).
Industrial Hygiene survey of Texas - US Chemical Company, Port Neches, Texas.
(NTIS PB81-229072).
- [9] Johnson, P.; V. Behrens; R. Young (1976).
Walk-through survey of American Synthetic Rubber Corporation Louisville, Kentucky.
(NTIS PB291683).
- [10] Ruhe, R.L.; E.R. Jannerfeldt (1981).
Health Hazard evaluation report no. 80-188-797, Metamora Products Corporation, Elkland, Pennsylvania.
(NTIS PB82-188368).
- [11] Fajen, J.M. (1985).
Industrial hygiene walk-through survey report of DOW Chemical USA, Texas division Freeport, Texas.
(NTIS PB85-207777).
- [11] Fajen, J.M. (1985).
Industrial hygiene walk-through survey report of Union Carbide Corporation, Taftplant, Taft, Louisiana.
(NTIS PB85-207819).
- [13] Geissert, J.O.; J. Herbert (1976).
Health hazard evaluation/Toxicity determination Welch plastics and Manufacturing, Columbus, Ohio.
(NTIS PB-269111).
- [14] NIOSH (1980).
Health hazard evaluation determination, report no. 79-36-656, Bell Helmets, Inc., Norwalk, California.
(NTIS PB80-163181).

- [15] Evans, W.A.; E. Lesh (1978).
Health hazard evaluation determination, report no.
77-114-529, The standard Products Company, 510 Henry
Clay Boulevard, Lexington, Kentucky.
(NTIS PB81-143992).
- [16] Burroughs, G.E. (1979).
Health hazard evaluation determination, report no.
HE-78-110-585, Piper Aircraft Corporation, Vero Beach,
Florida.
(NTIS PB80-196702).
- [17] Alberton, N.I.; S.A. Zimin; S.A. Dzangozina; D.M. Daychenko;
N.V. Poznyakova, e.a. (1981).
Kallikreinkin system parameters in patients with
neurocirculatory dystonia engaged in the manufacture
of synthetic rubber.
Gigiena Truda, December 1981, no. 12, p. 23-26.
- [18] Lichtenstein, N. (1982).
Thermische Zersetzung von Polystyrol und Polybutadien.
Modelluntersuchungen mit Hilfe einer on line-Kopplung
aus Curie-Punkt-Pyrolyse, Gaschromatographie und Mas-
senspektrometrie.
Staub-Reinhalt Luft 42/3, p. 115-118.
- [19] Lichtenstein, N.; K. Quellmalz (1983).
Gasförmige Schadstoffe bei der thermischen Verarbei-
tung von Kunststoffen.
Staub-Reinhalt Luft 43/9, p 379-382.
- [20] Lichtenstein, N.; K. Quellmalz (1984).
Flüchtige Zersetzungsprodukte von Kunststoffen 1: ABS-
polymere.
Staub-Reinhalt Luft 44/11, p. 472-474.

- [21] Handbook of emission factors, Part 2: Industrial sources.
Ministerie VROM, 1983.
- [22] Chemfacts 1981.
- [23] CBS, afdeling in- en export, telefonisch.
- [24] Jones, B. (1981).
Worker exposure to selected sythetic rubber chemicals:
a field comparison of two sampling methods.
Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg. Vol. 1, p. 249-252.
- [25] NIOSH (1984).
Manual Analytical Methods. 3rd ed.
- [26] Rappaport, S.M.; D.A. Fraser (1977).
Air sampling and analysis in a rubber vulcanization
area.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 38/5; p. 205-210.
- [27] Checkoway, H.; T.M. Williams (1982).
A hematology survey of workers at a styrene-butadiene
synthetic rubber manufacturing plant.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 43/3; p. 164-169.
- [28] Cocheo, V.; M.L. Bellomo; G.G. Bombi (1983).
Rubber Manufacture: sampling and identification of
volatile compounds.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 44/7; p. 521-527.
- [29] Krynska, A.; Z. Grabowski (1974).
Composition study of volatile products emitted during
processing of styrene polymers and styrene copolymers
(in Pools, met Engelse samenvatting).
Prace Ciop, vol. 24, no. 83; p. 347-362.

- [30] Pullinger, D.H.; N.C. Christopher; P.R.M. Dare (1979).
Inhalation toxicity studies with 1,3-butadiene-1.
Atmosphere generation and control.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 40/9; 789-795.
- [31] Meinhardt, T.J.; R.A. Lemen; M.S. Crandall, R.J. Young
(1982).
Environmental epidemiologic investigation of the
styrene-butadiene rubber industry.
Scand. J. Work Environ. Health 8, p. 250-259.
- [32] Lichtenstein, N. (1988)
Auswahl von Leitkomponenten bei gas- und dampfförmigen
Stoffgemischen.
Staub 48, p. 163-167.
- [33] Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (1987).
Jaarverslag 1986. Leidschendam.
- [34] Bayens, G.I.H.M. & B.J. Tappèl (1986).
Bedrijfsveiligheidszorg in Nederland. Eindrapport van
een onderzoek naar de kwalitatieve en kwantitatieve
aspecten van de bedrijfsveiligheidszorg in grote Neder-
landse ondernemingen.
Amsterdam, Stichting "Het veiligheidsinstituut" (tegen-
woordig: NIA).
- [35] ACGIH (1987).
Threshold limit values and biological exposure indices
for 1987-1988.
Cincinnati, Ohio.

BIJLAGE A LIJST MET VERKLARING VAN AFKORTINGEN

ABS	Acrylnitril-butadiëenrubber
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AI	Arbeidsinspectie
BD	1,3-butadiëen
BGD	Bedrijfsgezondheidsdienst
BGZ	Bedrijfsgezondheidszorg
BIA	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz
BRD	Bondsrepubliek Duitsland
BVZ	Bedrijfsveiligheidszorg
CAO	Collectieve arbeidsovereenkomst
CAS	Chemical Abstract Service
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CGGS	Commissie Grenswaarden Gezondheidsschadelijke Stoffen
CID	Centrum voor Informatie en Documentatie van TNO
COB	Commissie Ontwikkelingsproblematiek Bedrijven
CS ₂	Koolstofdissulfide
CV _T	Coëfficiënt of Variation (Total)
DGA	Directoraat Generaal van de Arbeid
FID	Vlamionisatie detector
GSD	Geometrische Standard Deviatie
HSE	Health and Safety Executive
ILO	International Labour Organisation
kPa	kilopascal
LEL	Lower Explosion Limit
LUW	Landbouw Universiteit Wageningen

MAC	Maximaal Aanvaarde Concentratie
N	Groepsgrootte in personen of aantal metingen
n.e.g.	Niet eerder genoemd
NFK	Nederlandse Federatie van Kunststoffen
NIA	Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NVVK	Nederlandse Vereniging van Veiligheidskundigen
OSHA	Occupational Safety and Health Agency
OR	Ondernemingsraad
Pa	pascal
ppm	parts per million
SBI	Standaard Bedrijfsindeling van het CBS
SB(R)	Styreen-butadiëenrubber
SER	Sociaal Economische Raad
TNO	Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TRK	Technische Richtkonzentration
TUD	Technische Universiteit Delft
VNCI	Vereniging Nederlandse Chemische Industrie
VRM	Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
VN	Verenigde Naties
VS	Verenigde Staten van Noord-Amerika
WGD	Werkgroep van Deskundigen

BIJLAGE B LIJST MET VERKLARING RELEVANTE BEDRIJFSGROEPEN

SBI-nummer	Bedrijfsgroep
22.5	Tapijtfabrieken en vloermatten
29.0	Chemische industrie
29.2	Kunstharsfabrieken e.d.
29.4	Industriële gassenfabrieken Anorganische chemische grondstoffenfabrieken n.e.g. Synthetische reuk- en smaakstoffenfabrieken Organische chemische grondstoffenfabrieken n.e.g.
31.1	Rubberbandenfabrieken, rubberartikelenfabrieken, rubberverwerkende industrie n.e.g.
31.2	Loopvlakvernieuwingsbedrijven
31.3	Kunststofverwerkende fabrieken

BIJLAGE C OVERZICHT BLOOTSTELLINGSNIVEAUS 1,3-BUTADIËEN

De Nederlandse meetwaarden vóór oktober 1986 zijn steeds gerelateerd geweest aan de toen geldende MAC-waarde van 2200 mg/m^3 . In de VS is de officiële grenswaarde (OSHA) momenteel nog steeds 2200 mg/m^3 terwijl de ACGIH een aanbevolen waarde hanteert van 22 mg/m^3 [35]. Alle hieronder genoemde meetwaarden betreffen 8-uurs tijdgewogen gemiddelden, tenzij anders vermeld.

Ten aanzien van de produktie van butadiëen kan gesteld worden dat alle blootstellingen onder de huidige MAC-waarde (110 mg/m^3) liggen. Bij persoonsgebonden blootstellingsmetingen in één van de BD producerende bedrijven is de range $0,5\text{-}3 \text{ mg/m}^3$ ($N = 5$). Plaatsgebonden concentratiemetingen in de produktie-unit bij pompen en drainpunten liggen in het interval van $1\text{-}30 \text{ mg/m}^3$ ($N = 22$), met een gemiddelde van 10 mg/m^3 .

Bij een ander BD producerend bedrijf in Nederland is de gemiddelde blootstelling van het produktiepersoneel $0,2\text{-}1 \text{ mg/m}^3$, met een maximum van 10 mg/m^3 . Voor het onderhoudspersoneel is de gemiddelde blootstelling $0,2 \text{ mg/m}^3$ met een maximum van 2 mg/m^3 . Gedurende shut-downs en bij specifieke werkzaamheden kunnen blootstellingen van $22\text{-}110 \text{ mg/m}^3$ voorkomen.

In één van de Nederlandse BD verwerkende fabrieken komen met name in het tankpark en het laboratorium hoge uitschieters voor in de blootstellingen. Persoonsgebonden metingen geven aan dat de range van de blootstellingen voor mensen werkzaam in de fabriek (maar buiten het tankpark en het laboratorium) loopt van $0,5\text{-}20 \text{ mg/m}^3$ met een gemiddelde van 2 mg/m^3 ($N = 40$). Blootstellingen in het tankpark variëren van $1\text{-}100 \text{ mg/m}^3$, met een gemiddelde van 29 mg/m^3 ($N = 8$). In het laboratorium liggen blootstellingen tussen $1\text{-}50 \text{ mg/m}^3$, met als gemiddelde 23 mg/m^3 ($N = 20$).

Plaatsgebonden metingen in de buurt van emissiepunten leveren hogere concentraties op: $0,5\text{-}180 \text{ mg/m}^3$ bij pompen en colonnes met een gemiddelde van 18 mg/m^3 ($N = 30$) en bij tankputten variëren de concentraties van 1 tot 220 mg/m^3 , met een gemiddelde van 40 mg/m^3 ($N = 13$).

Bij één van de latex producerende bedrijven heeft het produktiepersoneel gemiddeld te maken met een blootstelling van 0,2-3 mg/m³, met een maximum van 10 mg/m³.

Voor het onderhoudspersoneel is dit 0,1-1 mg/m³, met ook weer een maximum expositie van 10 mg/m³. Gedurende shut-downs en bij speciale werkzaamheden kunnen blootstellingen tot 55 mg/m³ voorkomen.

Bij een ander latex producerend bedrijf is de blootstelling van het produktiepersoneel gemiddeld 1,6 mg/m³ en van het onderhoudspersoneel 0,4 mg/m³. Via persoonlijke monsterneming wordt daar per functie jaarlijks zesmaal een meting uitgevoerd.

Andere Nederlandse BD-rubber producerende bedrijven geven aan dat de blootstelling ver onder de huidige MAC-waarde van 110 mg/m³ ligt.

De bovengenoemde Nederlandse gegevens komen qua beeld aardig overeen met de in de literatuur gepresenteerde meetgegevens.

In [3] wordt een samenvatting gegeven van elf "walk-through surveys" en vier gedetailleerde surveys in BD produktiebedrijven in de VS.

De range van persoonsgebonden blootstellingsmetingen van bijna alle beroepsgroepen loopt van 0,04 tot 13 mg/m³. Uitzonderingen vormen de mensen betrokken bij de verlading en distributie in tankwagons (range: 0,2-250 mg/m³, N = 9), de mensen werkzaam in de pompstraat (range: 0,2-70 mg/m³, N = 28) en de laboratoriummedewerkers betrokken bij het leegmaken van cylinders (range: 0,8-750 mg/m³, N = 3). Van deze laatste groep bedroeg de geometrisch gemiddelde concentratie 16 mg/m³ met een zeer grote GSD van 33,6!

Het overige personeel op het laboratorium en in het tankpark had blootstellingen ver onder 22 mg/m³. De geometrisch gemiddelde blootstelling van de verschillende beroepscategorieën bedroeg 0,4-2,2 mg/m³. De GSD's zijn aanzienlijk: 4 tot 9.

Ook de plaatsgebonden concentratiemetingen geven eenzelfde beeld te zien. Bij de terminal van de tankwagens en het tankpark be-

droeg de range respectievelijk 0,1-140 mg/m³ (N = 19) en 0,3-50 mg/m³ (N = 5). Overal elders waren de concentraties minder dan 13 mg/m³. De geometrisch gemiddelde concentraties bedroegen maximaal 4 mg/m³ met GSD's die variëren van 3 tot 8.

De Amerikaanse meetgegevens bij de produktie van BD-rubbers wijzen in dezelfde richting als de Nederlandse.

De oudere meetgegevens (vóór ±1980) zijn meestal iets hoger.

In [6], [7] en [8] worden metingen in 1977-1978 in twee vergelijkbare rubber producerende bedrijven beschreven die in dezelfde plaats liggen (Port Neches, Texas). De verschillen tussen het ene en het andere bedrijf zijn vrij uitgesproken. In het ene bedrijf was geen enkele blootstelling hoger dan 9 mg/m³ (N = 137) en in het andere bedrijf liepen de blootstellingen op tot 380 mg/m³ (N = 99). Acht keer was in het laatstgenoemde bedrijf de blootstelling meer dan 22 mg/m³. Dit was bij het onderhoudspersoneel (3 van de 12 keer), de operators (2 van de 24 keer), de storingsmonteur (1 van de 17 keer), de tuinman (1 van de 4 keer) en de instrumentenmaker (1 van de 3 keer).

In een ander bedrijf dat synthetisch rubber produceert was alleen de blootstelling van de operator van het tankpark 25 mg/m³. De andere zes bemonsterde personeelsleden hadden blootstellingen die varieerden van 2-13 mg/m³ [9].

Bij meer recente metingen in de VS bij andere dan de bovengenoemde bedrijven zijn lagere concentraties en blootstellingen aangetroffen.

In 1981 werden bij een bedrijf in Texas dat BD produceert metingen uitgevoerd. Bij een drietal operators bedroeg de gemiddelde blootstelling 9-11 mg/m³. De range bedroeg 2 tot 32 mg/m³. De operator betrokken bij de verlading en distributie had een gemiddelde blootstelling van 3 mg/m³ met een range van 1-10 mg/m³ en een technicus had een gemiddelde blootstelling van 1 mg/m³ met een range van 0,4-1 mg/m³ [11].

In een ander bedrijf werden in de periode 1981-1984 de volgende blootstellingen gevonden [12]: technici van de BTX-eenheid

(N = 8) gemiddeld 0,8 mg/m³ (range: 0,7-1,4 mg/m³), technici van de afdeling olefinen (N = 74) gemiddeld 4 mg/m³ (range: 0,7-75 mg/m³), technici van het laboratorium (N = 14) gemiddeld 4 mg/m³ (range: tot 8 mg/m³), onderhoudspersoneel (N = 29) gemiddeld 0,7 mg/m³, personeel betrokken bij verlading en distributie (N = 5) gemiddeld 0,7 mg/m³ (range: 0,7-1,4 mg/m³), personeel betrokken bij distributie per boot (N = 17) gemiddeld 4 mg/m³ (range: 0,7-8 mg/m³).

De conclusie met betrekking tot produktie van 1,3-butadien en verwerken van op basis van BD gevormde synthetische rubbers is dat in het algemeen een maximale blootstelling onder 22 mg/m³ in de praktijk haalbaar lijkt, mits voldoende aandacht besteed wordt aan het preventieve technische onderhoud van met name het tankpark, het distributiesysteem en de werkzaamheden van laboratoriumpersoneel dat monsters moet nemen. Uit het feit dat zowel in de VS als in Nederland bij pompen, drainpunten, colonnes, tankputten en het tankpark de hoogste concentraties gevonden worden, kan worden afgeleid dat een betere afsluiting, ter voorkoming van ademverliezen nodig is. Voor shut-down operaties en specifieke werkzaamheden (schoonmaken, onderhoud) zal het personeel met persoonlijke ademhalingsbeschermingsmiddelen dienen te worden uitgerust.

Er zijn geen Nederlandse meetgegevens gevonden van BD bij de thermische bewerking van kunststoffen (extrusie, spuitgieten). In de VS zijn dienaangaande wel metingen uitgevoerd, daarbij werd ofwel geen BD aangetoond (onder de detectielimiet) [10], [15] ofwel waren de concentraties minder dan 1-4 mg/m³ [16], of ver onder de grenswaarde [14].

Toch kan wel degelijk butadien ontstaan bij het verhitten van op basis van BD gesynthetiseerde rubbers [18], [19], [20] en [32]. Behalve kleine hoeveelheden BD ontsnappen ook andere (giftige) produkten. In [13] wordt een overzicht gegeven van het % materiaalverlies bij de verhitting van kunststoffen (zie Tabel 7).

Tabel 7 Gewichtsverlies in procenten bij verhitting van plastics [13].

Materiaal	Temperatuur			
	25°C	200°C	240°C	290°C
zwart ABS	0	0,4	0,5	2,0
wit ABS	0	0,3	0,5	1,1
PVC vellen	0	0,5	2,0	41,3
hergebruikt PVC-ABS	0	1,1	1,2	5,7

Daar de vorming van verontreiniging ten gevolge van materiaalverlies sterk afhankelijk is van met name de temperatuur, zijn weinig algemene conclusies te trekken behalve:

- dat doeltreffende plaatselijke afzuiging bij thermische verwerking van kunststoffen noodzakelijk is
- en dat indien deze voorziening aanwezig is BD-concentraties onder 22 mg/m³ haalbaar lijken te zijn.

Er zijn ook geen Nederlandse meetgegevens gevonden met betrekking tot BD-concentraties in de rubberverwerkende industrie en de tapijtindustrie. Meetgegevens uit de VS en Italië wijzen op lage concentraties.

In een bedrijfsonderdeel waar rubbervulcanisatie plaats vond zijn in de VS metingen verricht van de aanwezige luchtverontreinigingen [26]. Men trof daarbij verschillende oligomeren aan van 1,3-butadien in concentraties van 0,007 tot 1,1 ppm. De styreenconcentraties varieerden van 0,3 tot 0,6 mg/m³. Onder aanname van een ongeveer 3x zo grote gewichtshoeveelheid butadien in het uitgangsmateriaal SBR mag een BD-concentratie van 1-2 mg/m³ worden aangenomen.

In Italië is een onderzoek verricht naar de luchtverontreiniging bij de vulcanisatie tijdens het spuitgieten (180-240°C) in een schoenzoelfabriek, de vulcanisatie- en twee extrusie-afdelingen van een loopvlakvernieuwingsbedrijf (145-165°C) en de extrusie

bij een kabelfabriek (90°C) [28]. Door de gevolgde analysemethode zijn wel een honderdtal verbindingen aangetoond maar was het onmogelijk om de BD-concentratie te bepalen.

De styreenconcentraties varieerden van 0,09-0,5 mg/m³ bij de schoenzoelfabriek (N = 13), 0,002-0,18 mg/m³ (N = 6) en 0,001 tot 0,02 mg/m³ (N = 6) bij het loopvlak vernieuwingsbedrijf en 0-0,005 mg/m³ (N = 10) bij de kabelfabriek.

Onder dezelfde vooronderstellingen als hierboven mag aangenomen worden dat de BD-concentraties onder 1,5 mg/m³ liggen.

Als de rubbers geen styreen bevatten maar uit bijvoorbeeld polybutadieen bestaan, wordt naast BD ook 4-vinylcyclohexeen gevormd [20], [32]. Bij een temperatuur van 400°C ligt de gevormde hoeveelheid 4-vinylcyclohexeen in dezelfde orde van grootte als de hoeveelheid BD [32]. Uitgaande van de Italiaanse metingen waar maximaal 0,2 mg/m³ 4-vinylcyclohexeen werd gevonden [28], mag aangenomen worden dat de BD-concentraties onder 1 mg/m³ liggen, als alle rubber uit polybutadieen zou bestaan.