

# Vergelijkend veldonderzoek van IOM- en PAS-6 stofmonsternemer

H. Kromhout<sup>1</sup>, K. Hommes<sup>2</sup> en J. Thissen<sup>3</sup>

## Samenvatting

De resultaten van tachtig vergelijkingsmetingen tussen de PAS-6 en IOM inhaleerbaarstof-monsternemers op negen verschillende werkplekken worden beschreven. De verschillen tussen de IOM en de PAS-6 monsternemers blijken groter te zijn dan op grond van recente windtunnelproeven viel te verwachten. De IOM monsternemer geeft een gemiddeld bijna 65% hogere concentratie stof. De verschillen zijn minimaal daar waar de stofblootstelling bestaat uit kleinere deeltjes (<5 µm). Bij hoge windsnelheden zijn de verschillen aanzienlijk groter. Lokale bronnen lijken niet van invloed te zijn op verschillen tussen de beide stofmonsternemers. Gezien het grote verschil van 65% is het wenselijk dat bij het vaststellen van een grenswaarde voor inhaleerbaar stof aangegeven wordt met welke stofmonsternemer deze grenswaarde dient te worden gecontroleerd. De sterke correlatie tussen de beide stofmonsternemers maakt toepassing in epidemiologisch onderzoek van beiden mogelijk. Wel is het noodzakelijk de gebruikte stofmonsternemer, de heersende windsnelheden en de deeltjes-grootteverdeling te rapporteren.

## Inleiding

Na het van kracht worden van nieuwe conventies voor gezondheidkundig relevante deeltjesgrootteverdelingen van zwevend stof (CEN-EN 481, CEN 1993a) is in Nederland de discussie over het op een juiste manier meten van met name de inhaleerbare fractie opgelaaid (Jongeneelen 1993, Kromhout en Boleij 1993, Verboeket en Scheffers 1995). Recent windtunnelonderzoek van inhaleerbaarstofmonsternemers uitgevoerd in het kader van een EU 'Standards, Measurements and Testing' project, liet echter geringe verschillen (20-40%) in performance zien tussen een achttal geteste stofmonsternemers (CEN 1993b, CEN 1996, Kenny et al. 1997, Kromhout 1996). De resultaten van dit windtunnelonderzoek waren moeilijk interpreteerbaar door grote experimentele fouten in het testsysteem (de windtunnel). Bovendien komen in de praktijk op werkplekken vaak grotere deeltjes voor dan de in de windtunnel toegepaste deeltjes. Daarnaast zijn op werkplekken veelal lokale bronnen aanwezig en zijn de heersende windsnelheden meestal lager dan 0,5 m/s (de laagste in de windtunnelproeven geteste windsnelheid). Uit de literatuur blijken de verschillen in de praktijk tussen de IOM, de Seven hole en de Millipore monsternemers nogal eens groter te zijn dan op basis van de windtunnelproeven te verwachten zou zijn (Vaughan et al. 1990, Lillienberg en Brisman 1994, Marley 1994).

In Nederland worden voornamelijk de door TNO ontworpen PAS-6 (ter Kuile 1984) en de IOM (Mark en Vincent 1986) stofmonsternemers toegepast bij het meten van de blootstelling aan inhaleerbaar stof. Vergelijkingsmetingen tussen deze monsternemers zijn schaars, omdat de PAS-6 tot voor kort alleen in Nederland werd toegepast. In dit artikel worden de resultaten besproken van tachtig verge-

## Summary

The results of 80 simultaneous PAS-6 and IOM inhalable dust measurements in 9 different workplaces are reported. The differences in performance between the PAS-6 and IOM are larger than expected on the basis of a recent windtunnel experiment. The IOM sampler collects on average 65% more dust. Differences between the samplers are minimal in situations with a dust exposure with small particle sizes (<5 µm). In situations with high wind speeds, differences in performance between the samplers become significant. Local sources seem not to be important in this respect. An occupational exposure limit for inhalable dust should specify the sampler needed to assess compliance with, because of the significant difference of 65% between the samplers. The high correlation between the samplers makes application of both samplers in epidemiological studies possible. However, the specific sampler, existing wind speeds and particle size distribution must be reported.

*Trefwoorden: vergelijkend veldonderzoek, PAS-6 stofmeter, IOM stofmeter*

lijkmetingen uitgevoerd op negen verschillende werkplekken in een drietal studies. Doel van deze vergelijkingsmetingen was verschillen in performance tussen de PAS-6 en de IOM monsternemer te achterhalen en deze verschillen vervolgens aan de omstandigheden op de verschillende werkplekken te relateren.

## Materiaal en methode

In tabel 1 staat een overzicht van de onderzochte werkplekken. Op alle werkplekken, behalve in het proefdiercentrum en in de aardappelmeelfabriek, werden stationaire metingen verricht. Tevens werden bij medewerkers van de aardappelmeelfabriek, het proefdiercentrum, het mengvoederbedrijf en de veehouderijen persoonlijke metingen verricht, waarbij de werknemers twee pompjes droegen met respectievelijk een IOM en PAS-6 monsternemers in de ademhalingszone. Zowel de PAS-6 als de IOM monsternemers werden volgens standaardprotocollen toegepast met één uitzondering. In het onderzoek in de tegelfabriek werd niet de cassette van de IOM monsternemer gewogen, maar werd het filter uit de cassette genomen en vervolgens apart gewogen. Dit heeft een onderschatting van de hoeveelheid verzameld stof tengevolge, daar deze monsternemer zodanig is ontwikkeld dat op de cassettewanden verzameld stof meegewogen dient te worden (Mark en Vincent 1986). In eerder onderzoek in de houtverwerkende industrie (van den Berg et al. 1993) werd zowel de cassette als het filter van de IOM monsternemer gewogen. De correlatie tussen deze twee bleek zeer hoog te zijn. Voor de stationaire metingen werd de volgende relatie gevonden: cassettegewicht = 0,00 + 1,53 filtergewicht (n = 103, r = 0,96). De relatie was slechts iets minder sterk voor de persoonlijke metingen: cassettegewicht = 0,07 + 1,27 filtergewicht (n = 106, r = 0,91). De eerste regressievergelijking is gebruikt om de resultaten van de stationaire metingen met de IOM monsternemer in de tegelfabriek te corrigeren.

In de drie studies zijn de metingen vergelijkbaar uitgevoerd op een aantal kleine verschillen na. In het onderzoek van Thissen (1992) werden de stationaire IOM-metin-

1. Vakgroep Luchtkwaliteit, Landbouwniversiteit Wageningen, Postbus 8129, 6700 EV Wageningen, tel.: 0317-484147, fax: 0317-485093.

2. BGD Zuid-Limburg, Regionale Arbodienst.

3. Vakgroep Humane Epidemiologie en Gezondheidsleer, Landbouwniversiteit Wageningen.

**Tabel 1. Omschrijving van de werkplekken en het aanwezige stof**

Werkplek	windsnelheid	soort stof	lokale bronnen	referentie
Aardappelmeelfabriek	<0,5 m/s	fijn	nee	Thissen, 1992
Proefdiercentrum	<0,5 m/s	fijn	nee	Thissen, 1992
Mengvoederbedrijf	>0,5 m/s	grof	ja	Thissen, 1992
Veehouderijen	>0,5 m/s	grof	ja	Thissen, 1992
Houtverwerkend bedrijf	<0,5 m/s	grof	ja	Thissen, 1992
Tegelfabriek	<0,5 m/s	grof	nee	Hommel, 1995
Cementfabriek	<0,5 m/s	grof	ja	Bakker, 1996
Laswerkplaats	<0,5 m/s	fijn	ja	Bakker, 1996
Sinterfabriek	>0,5 m/s	grof	nee	Bakker, 1996

**Tabel 2. cv-waarden op basis van stationaire duplo-waarnemingen**

Werkplek	Soort	n	CV <sub>t</sub> (%)
Mengvoederbedrijf,			
Veehouderij, Aardappelmeelfabriek	IOM	13	14.7
Tegelfabriek	IOM	26	9.8
Tegelfabriek	PAS-6	26	6.4

n = aantal duplo's

CV<sub>t</sub> = totale (monsternamen en analyse) variatiecoëfficiënt

gen in duplo uitgevoerd en in het onderzoek van Hommes (1995) werden zowel de IOM- als de PAS-6 metingen in duplo uitgevoerd. Het merendeel van de metingen werd met glasvezel filters uitgevoerd. Alleen de metingen in de veehouderijen (varkens), een tweetal metingen in de tegelfabriek, de cementfabriek, de laswerkplaats en de sinterfabriek werden met teflonfilters uitgevoerd. De monsternem-

mers werden bij de stationaire metingen in één vlak op 150 cm hoogte opgesteld. De duplo-metingen met de IOM monsternemer werden in het onderzoek van Thissen (1992) op 5 centimeter afstand van elkaar uitgevoerd. De afstand tussen de PAS-6 en IOM monsternemers was variabel daar tevens een drietal andere stofmonsternemers werd meegenomen en voor de positie werd geloot. De monsternemers bevonden zich in een cirkel rond een stationair. De afstand tussen twee aangrenzende monsternemers bedroeg 30 cm. Bij de persoonlijke metingen uitgevoerd door Thissen (1992) bedroeg de afstand tussen de PAS-6 en de IOM monsternemer 5 cm en de positie (binnen- of buitenkant van het lichaam) werd geloot. Bij linkshandigen werden de monsternemers aan de rechterkant van het lichaam bevestigd en bij de rechts- en tweehandigen aan de linkerkant van het lichaam. In de tegelfabriek werden de stationaire metingen eveneens op 150 cm hoogte uitgevoerd, maar de vier monsternemers (duplo-metingen voor zowel de IOM als de PAS-6) werden hier afwisselend op geringe afstand in serie geplaatst. De stationaire

**Tabel 3. Gemiddelde en spreiding van de gemeten concentraties inhaleerbaar stof**

Werkplek	Soort <sup>1</sup>	Monsternemer	n	AM	GM	GSD	Range
Totaal <sup>2</sup>	p+s	PAS-6	80	4,74	2,43	3,38	0,20-29,9
Totaal	p+s	IOM	80	7,68	3,99	3,32	0,36-39,9
Aardappelmeelfabriek	p	PAS-6	14	6,69	3,74	3,02	0,99-29,9
Aardappelmeelfabriek	p	IOM	14	10,9	6,58	2,95	1,35-39,9
Proefdiercentrum	p	PAS-6	3	0,31	0,30	1,47	0,20-0,43
Proefdiercentrum	p	IOM	3	0,53	0,52	1,21	0,44-0,64
Mengvoederbedrijf	p	PAS-6	6	3,90	2,52	2,69	0,74-12,5
Mengvoederbedrijf	p	IOM	6	8,55	4,44	3,03	1,25-35,5
Mengvoederbedrijf	s	PAS-6	2	2,67	2,39	1,95	1,49-3,84
Mengvoederbedrijf	s	IOM	2	2,87	2,83	1,28	2,38-3,36
Veehouderijen	p	PAS-6	7	2,68	2,15	2,33	0,38-4,75
Veehouderijen	p	IOM	7	4,76	3,80	2,06	1,36-11,3
Veehouderij	s	PAS-6	1	1,54			
Veehouderij	s	IOM	1	1,78			
Houtverwerkend bedrijf	s	PAS-6	10	0,85	0,58	2,35	0,20-3,62
Houtverwerkend bedrijf	s	IOM	10	1,20	1,01	1,81	0,36-3,39
Tegelfabriek	s	PAS-6	25	8,00	5,66	2,52	0,59-24,6
Tegelfabriek	s	IOM	25	8,11	6,02	2,33	0,99-22,9
Tegelfabriek (gecorrigeerd)	s	IOM	25	12,4	9,21	2,33	1,51-35,0
Cementfabriek	s	PAS-6	3	0,95	0,84	1,93	0,40-1,43
Cementfabriek	s	IOM	3	2,16	1,43	3,01	0,56-4,83
Laswerkplaats	s	PAS-6	6	1,66	1,53	1,57	0,78-2,77
Laswerkplaats	s	IOM	6	1,63	1,46	1,65	0,80-3,03
Sinterfabriek	s	PAS-6	3	4,68	3,22	3,32	0,85-8,70
Sinterfabriek	s	IOM	3	9,80	8,65	1,91	4,20-14,7

n = aantal vergelijkingen

AM = rekenkundig gemiddelde

GM = geometrisch gemiddelde

GSD = geometrische standaarddeviatie

1. p = persoonlijk, s = stationair

2. inclusief 25 gecorrigeerde waarden voor de tegelfabriek

**Tabel 4: Regressievergelijkingen (ln IOM = intercept + ln PAS-6)**

Werkplek	Soort <sup>1</sup>	n	intercept	coëfficiënt	r
Totaal <sup>2,3</sup>	p + s	80	0,56	0,92	0,94
Aardappelmeelfabriek	p	14	0,79	0,83	0,85
Proefdiercentrum	p	3	-0,37	0,23	0,47
Mengvoederbedrijf	p	6	0,54	1,02	0,92
Veehouderijen	p	7	0,75	0,76	0,89
Houtverwerkend bedrijf	s	10	0,34	0,60	0,86
Tegelfabriek	s	25	0,24	0,90	0,98
Tegelfabriek (gecorrigeerd)	s	25	0,66	0,90	0,98
Cementfabriek	s	3	0,63	1,48	0,89
Laswerkplaats	s	6	-0,08	1,09	0,98
Sinterfabriek	s	3	1,62	0,43	0,86

n = aantal vergelijkingen

coëfficiënt = regressie coëfficiënt

r = correlatie

1. p = persoonlijk, s = stationair

2. inclusief 25 gecorrigeerde waarden voor de tegelfabriek

3. inclusief 1 stationaire meting bij een veehouder en 2 stationaire metingen in mengvoederbedrijf

**Tabel 5: Verschil tussen concentraties inhaleerbaar stof gemeten met IOM monsternemer t.o.v. met PAS-6 monsternemer (Percentage van de PAS-6 concentratie)**

Werkplek	Soort <sup>1</sup>	n	% verschil
Totaal <sup>2</sup>	p + s	80	64
Aardappelmeelfabriek	p	14	76
Proefdiercentrum	p	3	75
Mengvoederbedrijf	p	6	76
Veehouderijen	p	7	77
Houtverwerkend bedrijf	s	10	76
Tegelfabriek	s	25	6
Tegelfabriek (gecorrigeerd)	s	25	63
Cementfabriek	s	3	72
Laswerkplaats	s	6	-4
Sinterfabriek	s	3	169

N = aantal vergelijkingen

% verschil = ((IOM - PAS-6) / PAS-6) x 100%

1. p = persoonlijk, s = stationair

2. inclusief 25 gecorrigeerde waarden voor de tegelfabriek

metingen met de IOM en de PAS-6 in het onderzoek van Bakker werden op 5 cm van elkaar uitgevoerd.

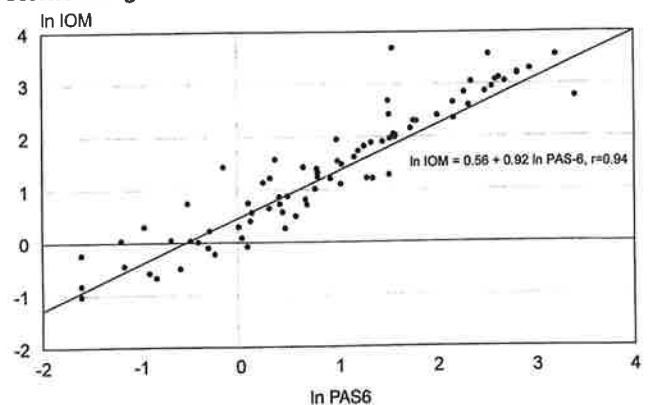
## Resultaten

De concentraties van beide meetseries waren lognormaal verdeeld (Shapiro en Wilks test:  $W = 0,96$ ,  $P > 0,05$  en  $W = 0,97$ ,  $P > 0,10$  respectievelijk voor de loggetransformeerde IOM en PAS-6 waarden). De vergelijkingen zijn dan ook met de loggetransformeerde concentraties uitgevoerd. De CVt-waarden voor de situaties waar duplometingen werden verricht bleken zeer acceptabel te zijn (zie tabel 2). In tabel 3 staan de gemiddelde concentraties en spreidingen zoals die op de verschillende werkplekken werden gemeten. De hoogste inhaleerbaar-stofconcentraties werden aangetroffen in de tegelfabriek, de aardappelmeelfabriek en de sinterfabriek. De spreiding in de afzonderlijke meetseries lag in de normale orde van grootte (range GSD's van 1,2 tot 3,3).

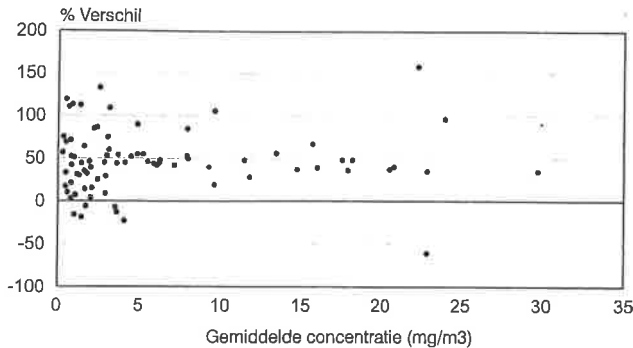
Tabel 4 geeft de regressievergelijkingen voor alle metingen gezamenlijk en per werkplek uitgesplitst. In figuur 1 is dit voor alle metingen tezamen ook grafisch weergegeven. De correlatie tussen de twee stofmonsternemers was in het algemeen hoog ( $r \geq 0,85$ ). De enige uitzondering vormden de metingen in het proefdiercentrum alwaar de concentraties in de buurt lagen van de detectielimieten

van beide monsternemers. De correlatie bedroeg bij deze kleine meetserie ( $n = 3$ ) slechts 0,47.

In tabel 5 staat het verschil in gemeten inhaleerbaar-stofconcentratie tussen beide monsternemers weergegeven als percentage van de concentratie zoals vastgesteld met de PAS-6. Gemiddeld werd met de IOM monsternemer 64% meer stof verzameld dan met de PAS-6 (95% betrouwbaarheidsinterval 49-81%). Dit verschil werd gereduceerd tot 6% (95% BTBHI: 1% - 14%) als bij de IOM monsternemer i.p.v. de cassette slechts het filter werd gewogen (in de tegelfabriek). Ook in de laswerkplaats bleken de verschillen tussen de twee monsternemers miniem te zijn. De geringe deeltjesgrootte van de lasrook zal hierbij zeker een rol hebben gespeeld. Een uitschieter deed zich voor in de sinterfabriek, waar hoge windsnelheden heersten. Hier bleek het verschil tussen de PAS-6 en de IOM zeer groot te zijn, waarbij de IOM monsternemer bijna een factor 3 meer stof verzamelde. Zoals bekend is de performance van de PAS-6 windgevoelig en is de monsternamer-efficiëntie bij hoge windsnelheden gering (Boleij et al. 1987). De IOM monsternemer is ook windgevoelig, maar blijft efficiënter monsteren bij hogere windsnelheden (deze monsternemer is dan ook speciaal ontwikkeld voor toepassing in de mijnbouw waar relatief hoge windsnelheden heersen). In het merendeel van de onderzochte situaties bleek het verschil tussen de IOM en de PAS-6 ongeveer 75% te bedragen. Het verschil als percentage van de gemiddelde concentratie bleek niet toe te nemen als het uitgezet werd tegen de gemiddelde concentratie (gemiddelde van PAS-6 en IOM concentratie) (figuur 2).

**Figuur 1. Relatie tussen de met de IOM en de PAS-6 monsternemer gemeten concentraties inhaleerbaar stof**

**Figuur 2. Percentage verschil uitgezet tegen de gemiddelde concentratie inhaleerbaar stof.**



### Conclusies en discussie

De vergelijkingsmetingen zijn uitgevoerd in een redelijk aantal verschillende situaties onder uiteenlopende omstandigheden. Het beeld dat uit de vergelijkingen naar voren komt is dat de verschillen tussen de IOM en de PAS-6 groter zijn dan op basis van de windtunnelproeven viel te verwachten. Dit is reeds eerder aangetoond voor verschillen tussen andere onderzochte inhaleerbaar-stofmonster-nemers (Lillienberg en Brisman 1994, Peelen et al. 1996). De IOM monsternemer verzamelde gemiddeld bijna 65% meer massa dan de PAS-6 monsternemer. Dit verschil is een factor 2 tot 3 groter dan het verschil in de windtunnelproeven. De verschillen blijken minimaal te zijn in situaties waarin de stofblootstelling voornamelijk bestaat uit kleinere deeltjes met een aerodynamische diameter <5 µm, zoals in dit onderzoek het geval was in de laswerkplaats waar de blootstelling vooral bestond uit lasrook. Bekend is dat de PAS-6 in de windtunnelproeven grotere deeltjes (>50 µm) minder efficiënt vangt. Dit was reeds eerder geconcludeerd uit beperkte Nederlandse windtunnelproeven (Boleij et al. 1987). De IOM monsternemer vertoonde in dit gebied het omgekeerde effect, wat naar alle waarschijnlijkheid terug te voeren is op impactie van grotere deeltjes op de cassette en het filter gegeven de naar voren gerichte aanzuigopening.

Bij hoge windsnelheden (in buitensituaties en bij openstaande deuren) zijn de verschillen tussen beide stofmonsternemers aanzienlijk groter dan 65% en kunnen de verschillen oplopen tot een factor 3. Over het effect van lokale bronnen is op basis van dit onderzoek niet veel te concluderen. Zoals reeds eerder opgemerkt kan de naar voren gerichte opening van de IOM monsternemer leiden tot geforceerde belading van het filter en de cassette. Bij lokale bronnen waarbij de deeltjesvormige verontreinigingen met hoge snelheid worden geëmitteerd (bijvoorbeeld houtbewerkingsmachines, slijptollen etc.) kan dit aanleiding geven tot vertekende resultaten met de IOM monsternemer. De naar beneden gerichte opening van de PAS-6 kan bij onzorgvuldig bevestigen op de te bemonsteren persoon daarentegen afgesloten worden door de gedragen kleding, hetgeen een onderschatting van heersende concentraties tengevolge kan hebben. Op basis van het vrij constante percentage verschil bij de persoonlijke metingen lijken lokale bronnen bij deze vergelijkingsmetingen geen rol van betekenis te hebben gespeeld. Verwacht werd dat de lokale bronnen vooral van invloed zouden zijn op de persoonlijke metingen, maar afgezien van de metingen in de laswerkplaats (fijne deeltjes) en de sinterfabriek (hoge luchtsnelheden) zijn de verschillen niet anders dan bij de stationaire metingen.

Op basis van deze vergelijkingsmetingen kan niet worden geconcludeerd welke van de twee monsternemers dichter bij de werkelijke concentratie inhaleerbaar stof uitkomt. Uit de windtunnelproeven bleken beide monsternemers in

principe te voldoen, waarbij de IOM monsternemer wel de neiging vertoonde te veel te monsteren bij lage windsnelheden en de PAS-6 te weinig monsterde bij hogere windsnelheden ( $\geq 1$  m/s). Op basis van het windtunnelonderzoek zijn correctie-factoren voorgesteld voor 0,5 en 1 m/s (bij 4 m/s voldeed geen van de onderzochte monsternemers) (Kenny et al. 1997, Kromhout, 1996). Deze correctiefactoren zullen de in de praktijk geconstateerde verschillen tussen de PAS-6 en IOM niet volledig teniet doen. Verheugend is de uitstekende correlatie tussen de concentraties deeltjesvormige verontreiniging verkregen met behulp van beide monsternemers. Dit betekent dat voor epidemiologisch onderzoek beide monsternemers in principe voldoen. Bij controle op normoverschrijding is een verschil van gemiddeld 65% wel zeer relevant. De opsteller van grenswaarden voor inhaleerbaar stof zal dan ook moeten aangeven voor welke stofmonsternemer de norm geldt. Een keuze voor toepassen van één van beide inhaleerbaar-stofmonsternemers zal ons inziens voornamelijk worden bepaald door facetten als gebruikersvriendelijkheid en de kostprijs. Het is vooralsnog niet noodzakelijk de ene monsternemer te vervangen door de andere (Kromhout 1996). Wel zal het noodzakelijk zijn bij het rapporteren van concentraties deeltjesvormige verontreiniging de gebruikte monsternemer te vermelden, de heersende windsnelheid vast te leggen en te rapporteren en de deeltjesgrootteverdeling te onderzoeken. Het uitvoeren van inhaleerbaar-stofmetingen in buitensituaties en tochtige binnen omgevingen lijkt weinig zinvol wanneer slechts de zeer windgevoelige huidige generatie inhaleerbaar-stofmonsternemers wordt toegepast. Het gelijktijdig uitvoeren van stationaire vergelijkingsmetingen met behulp van gestandaardiseerde grote cyclonen kan inzicht geven in de onderschatting van de heersende concentraties inhaleerbaar stof.

### Literatuur

- Bakker, M., 1996. Persoonlijke mededeling.
- Boleij, J.S.M., D. Heederik, H. Kromhout, 1987. Karakterisering van blootstelling aan chemische stoffen in de werkomgeving. Pudoc, Wageningen.
- CEN, 1993a. EN 481: Workplace atmospheres. Size fraction definitions for measurement of airborne particles.
- CEN, 1993b. Draft prestandard: Air quality - Assessment of performance of instruments used for health-related sampling of particles at workplaces. CEN/TC137/WG3/N100.
- CEN, 1996. Pilot study of CEN protocols for the performance testing of workplace aerosol sampling instruments. In press.
- Hommes, C.W., 1995. Persoonlijke mededeling.
- Jongeneelen, F, 1993. Nieuwe richtlijnen voor stofmetingen op de werkplek. Arbeidsomstandigheden 69.
- Kenny, L.C., R. Aitken, C. Chalmers, J.F. Fabriès, E. Gonzalez-Fernandez, H. Kromhout, G. Lidén, D. Mark, G. Riediger, V. Prodi, 1997. Outcome of a collaborative European study of personal inhalable aerosol sampler performance. The Annals of Occupational Hygiene. In press.
- Kromhout, H., J.S.M. Boleij, 1993. Voorbarige conclusies over richtlijnen voor stofmetingen? Arbeidsomstandigheden 69: 681-682.
- Kromhout, H., 1996. Inhaleerbaar-stofmonsternemers getest. Resultaten van CEN-studie beschikbaar. Tijdschrift voor toegepaste Arbowetenschap 9: 42-45.
- Kuile, W.M. ter, 1984. Vergleichsmessungen mit verschiedenen Geraten zur Bestimmung der Gesamtstaubkonzentration am Arbeitsplatz: Teil II. Staub-Reinhaltung der Luft 44: 211-216.
- Lillienberg, L., J. Brisman, 1994. Flour dust in bakeries. A comparison between methods. The Annals of Occupational Hygiene 38, suppl.1: 571-575.
- Mark, D., J.H. Vincent, 1986. A new personal sampler for airborne total dust in workplaces. The Annals of Occupational Hygiene 30: 89-102.
- Marley, K.A., 1994. Field performance of a new design of a total inhalable dust sampling head. The Annals of Occupational Hygiene 38: 895-902.

– Peelen, S.J.M., D. Heederik, H.D. Dimich-Ward, M. Chan-Yeung, S.M. Kennedy, 1996. Comparison of dust related respiratory effects in Dutch and Canadian grain handling industries: a pooled analysis. *Occupational and Environmental Medicine* 53: 559-566.

– Thissen, J., 1992. Vergelijkend onderzoek naar methoden voor de monsternamen van inhaalbaar stof. Vakgroep Luchthygiëne en -verontreiniging, Landbouwuniversiteit Wageningen, V-311.

– Vaughan, N.P., C.P. Chalmers, R.A. Bothman, 1990. Field comparison of personal samplers for inhalable dust. *The Annals of Occupational Hygiene* 34: 553-573.

– Verboeket, M. & T. Scheffers, 1995. Hoe moeten we nu eigenlijk stof meten? *Nieuwsbrief van de NVVA* 6: juni 1995.