

De toepasbaarheid van de miniature real-time aërosol monitor (MiniRAM) in arbeidshygiënisch onderzoek

Els J.K. Frankhuijzen^{1,2}, Albert Hollander¹, Hans Kromhout²

Summary

In the seventies the first 'real-time' instrument to monitor particles and aerosols was developed. Further development led to the introduction of the portable MiniRAM (MIE Inc.). The sampling procedure of the MiniRAM is based on the principle of lightscattering.

This article describes the applicability of the MiniRAM in research in the field of occupational hygiene. Practical experience learns that a clear sampling-strategy is required. During try-outs it is necessary to check the MiniRAM for loose cables or connections, which can cause disturbance.

The MiniRAM can be used successfully in situations in which tasks and actions strongly influence the level of exposure to aerosols, for detection of sources of exposure, to measure peak exposures and to evaluate control measures. The laborious calibration makes the MiniRAM less suitable for testing compliance to occupational exposure limits.

trefwoorden: stofmeting, real-time stofmeting, meetstrategie

Inleiding

Methoden voor het meten van deeltjesvormige verontreinigingen bestaan meestal uit twee afzonderlijke gedeeltes, namelijk een monsterneming en een analyse gedeelte. Wanneer gemeten wordt volgens het 'direct-reading' of 'real-time' principe zijn deze twee fasen in één meetinstrument verenigd. Zodoende kunnen meetresultaten snel verkregen en beoordeeld worden. Een belangrijk voordeel van 'real-time' meetinstrumenten ten opzichte van gravimetrische meetapparatuur is dat gewerkt kan worden met een korte middelingstijd. Hierdoor is deze apparatuur in principe zeer geschikt voor onderzoek naar een blootstellingsbron, het meten van de sterkte van een bepaalde bron en bij het karakteriseren van piekblootstelling (Boleij et al., 1995). Dit laatste is van belang, omdat er aanwijzingen zijn dat piekblootstelling een belangrijke factor kan zijn bij het ontstaan van acute luchtweegeffecten, zoals bijvoorbeeld astmatische klachten (Gardiner, 1995). De Landbouwniversiteit Wageningen is in het bezit van enkele exemplaren van een 'real-time' meetinstrument voor deeltjesvormige verontreinigingen, de MiniRAM (Miniature Real-time Aërosol Monitor). De MiniRAM kan gezien zijn grootte en gewicht zowel gebruikt worden voor persoonlijke als voor stationaire monsterneming. In dit artikel wordt verslag gedaan over de bevindingen van de laatste jaren met het meten met de MiniRAM. In een aantal uiteenlopende werksituaties is de deeltjesvormige verontreiniging gekarakteriseerd met behulp van de MiniRAM. Aan de hand van voorbeelden uit deze onderzoeken zullen verschillende aspecten van het meten met de MiniRAM besproken worden. Zodoende wordt een beeld ge-

Samenvatting

In de jaren zeventig werd het eerste 'real-time' instrument voor het meten van aërosol-concentraties ontwikkeld. Verdere ontwikkeling leidde tot de draagbare MiniRAM (MIE Inc.) waarmee op basis van lichtverstrooiing de aërosolconcentratie in de lucht gemeten kan worden.

De laatste jaren is de MiniRAM in verscheidene werksituaties gebruikt voor het karakteriseren van blootstelling aan deeltjesvormige verontreinigingen. In dit artikel wordt de toepasbaarheid van de MiniRAM beschreven aan de hand van ervaringen uit deze onderzoeken. Tevens wordt ingegaan op meetstrategieën en de verwerking van resultaten.

Uit de praktijk blijkt dat voordat gemeten wordt met de MiniRAM een duidelijke meetstrategie opgesteld moet worden. Daarnaast moet de MiniRAM bij proefmetingen goed gecontroleerd worden op verstoringen. Geconcludeerd kan worden dat de MiniRAM zeer bruikbaar is in situaties waar de blootstelling sterk wordt bepaald door handelingen en taken van werknemers, voor bronopsporing, voor het meten van piekblootstelling en voor het meten van effecten van bijvoorbeeld beheersmaatregelen. Gezien de storingsgevoeligheid en de bewerkelijke calibratie en ijking is de MiniRAM minder geschikt voor het exact bepalen van normoverschrijdingen

ven van de bruikbaarheid en toepasbaarheid van de MiniRAM en het 'real-time' principe in arbeidshygiënisch onderzoek.

In de jaren zeventig werd het eerste 'real-time' instrument voor het meten van aërosol concentraties, de Respirable Dust Monitor (RDM-101) door GCA/Technology (tegenwoordig MIE Inc.), gesteund door NIOSH op de markt gebracht (Almich et al., 1975). In 1977 leidde samenwerking tussen de Amerikaanse Mine Safety and Health Administration en GCA/Technology tot de ontwikkeling van de Real-time Aërosol Monitor (RAM) (Lilienfield, 1979). Verdere verbetering van de RAM leidde tot de MiniRAM. De MiniRAM is een kleinere uitvoering van de RAM met verbeteringen die het opslaan van data en het gebruiken van een middelingstijd mogelijk maakten (De Garmo, 1984). Instrumenten die overeenkomsten vertonen met de MiniRAM zijn de Personal Dust Monitor (PDM), de Hand-held Aërosol Monitor (HAM) ontwikkeld door respectievelijk MDA Scientific en PPM Inc en de Hund Tyndallometer voor kleine respirabele deeltjes (Baron, 1988).

Een ander meetinstrument dat volgens het 'real-time' principe werkt, is de Fibrous Aërosol Monitor (FAM). De FAM is door GCA/Technology in 1977 ontwikkeld voor het meten van asbestvezels (Lilienfield et al., 1979). Om meer informatie te verkrijgen omtrent de grootte van de gemeten aërosolen in de respirabele fractie werd in 1981 door TSI Inc. de Aerodynamic Particle Sizer (APS) ontwikkeld. Het huidige model heeft tevens een mogelijkheid voor het opslaan van data (Baron, 1988). Later is de Grimm ontwikkeld. Deze heeft de mogelijkheid de concentratie van respirabele deeltjes in 4 grootte-categorieën te meten (1-2 mm; 2-5 mm; 5-10 mm; >10 mm).

Materiaal en methode

De MiniRAM is een klein meetinstrument waarmee door

1. Vakgroep Humane Epidemiologie en Gezondheidsleer, Landbouwniversiteit Wageningen.

2. Vakgroep Luchtkwaliteit, Landbouwniversiteit Wageningen.

middel van lichtverstrooiing aërosolconcentraties gemeten kunnen worden. De uitkomsten van de MiniRAM zijn geïjkt met behulp van een gravimetrische standaard waarbij Arizona Road Dust gebruikt is. De resultaten van de MiniRAM zijn het meest betrouwbaar voor deeltjes met een grootte tussen 0.1 en 10 µm, waarbij het meetbereik loopt van 0.01 tot 100 mg/m³.

De MiniRAM zelf heeft een beperkte mogelijkheid voor het opslaan van data. Er is een uitgang om data door te geven aan andere instrumenten. De MiniRAM geeft dan, afhankelijk van de gemeten concentratie, een bepaald voltage aan spanning door aan bijvoorbeeld een datalogger of een videomixer (Picture Mix Exposure-opstelling, PIMEX), waar een camera aan verbonden kan worden. De datalogger kan de binnengekomen spanning omzetten in numerieke waarden voor de gemeten deeltjesconcentratie. Gegevens die door de datalogger opgeslagen zijn, kunnen via een speciaal software programma (Metrosoft) geanalyseerd en in grafieken weergegeven worden. Tevens bestaat de mogelijkheid de gegevens om te zetten in ASCII-data.

In plaats van aan een datalogger kan het signaal ook worden doorgegeven aan een videomixer. Door gelijktijdig video-opnamen te maken, kan via de mixer op het scherm de stofconcentratie weergegeven worden. De stofconcentratie wordt relatief, op een balk afgebeeld. De datalogger en de videocamera kunnen eventueel gelijk op de MiniRAM aangesloten worden.

Voordat met deze instrumenten gemeten kan worden, moet gecalibreerd worden. Het uitgangssignaal van de MiniRAM is een bepaalde spanning. Deze spanning in volts moet door de datalogger of videomixer omgezet worden in concentratiewaarden. De calibratie is als het ware de vertaling van spanning (in volts) naar deeltjesconcentratie (in mg/m³). Meten met de MiniRAM vereist een duidelijke strategie. Doordat iedere seconde een waarde verkregen kan worden, zal snel een groot databestand gecreëerd worden. Afhankelijk van de doelstelling van de meting kan eventueel gekozen worden voor het weergeven van data over een middelingstijd. De MiniRAM geeft dan de gemiddelde concentratie over bijvoorbeeld 5 seconden weer, in plaats van de concentratie per seconde. Wanneer de MiniRAM in combinatie met de datalogger gebruikt wordt, is het nodig de meetsituatie goed te beschrijven. Veranderingen in de deeltjesconcentratie kunnen dan gerelateerd worden aan bepaalde activiteiten.

Om een situatie goed te kunnen beoordelen, is het nodig de toxiciteit van de aërosolen te betrekken bij de keuze welke deeltjesgrootte wordt bemonsterd. Met de MiniRAM kan zowel met actieve luchtaanzuiging als op basis van diffusie (passief) gemeten worden. Als passief gemeten wordt, is de deeltjesfractie waarvan de concentratie gemeten wordt onbekend. Om meer te weten te komen over de deeltjesfractie kan naast de MiniRAM ook een gravimetrische meetmethode gebruikt worden. Bij actieve luchtaanzuiging meet de MiniRAM de concentratie aan respirabele deeltjes, waarbij de monsternamemethode mede bepaald wordt door de plaats in de longen waar depositie van de deeltjes plaatsvindt.

Met behulp van een aangekoppelde cycloon met een filter kan de samenstelling van de gemeten aërosolfractie chemisch of biologisch worden geanalyseerd.

De MiniRAM in arbeidshygiënisch onderzoek

In dit gedeelte wordt achtereenvolgens de toepasbaarheid van de MiniRAM in verschillende fasen, namelijk een oriënterende, meer gerichte en een modelleringsfase van arbeidshygiënisch onderzoek besproken.

Oriënterend werkplekonderzoek

In de eerste, oriënterende fase van werkplekonderzoek dient een indruk verkregen te worden van bronnen en aard van blootstelling aan een bepaald agens. Wanneer de MiniRAM gebruikt wordt in de PIMEX-opstelling kunnen bronnen van deeltjesvormige verontreinigingen vrij eenvoudig opgespoord worden. De PIMEX-techniek kan in principe gebruikt worden met elk 'real-time' meetinstrument. Het meetinstrument wordt gekoppeld aan een videocamera. Op het beeld wordt de gemeten concentratie relatief, op een balkje, weergegeven. Op deze manier kan de werkplek als het ware verkend worden, voordat meer gerichte metingen uitgevoerd worden. Daarnaast kunnen de videobeelden, waarbij de relatieve concentratie weergegeven wordt, gebruikt worden als voorlichtingsmateriaal voor bijvoorbeeld werknemers en werkgevers.

In een onderzoek naar beheersmaatregelen voor de blootstelling aan houtstof in de houtverwerkende industrie is de PIMEX-opstelling als 'snuffelaar' gebruikt naast andere meetmethoden (Hoek et al., 1992). Zodoende werd zichtbaar gemaakt waar bij een machine en bij welke handelingen deeltjesvormige verontreinigingen vrijkwamen en waar de afzuigingsinstallatie onvoldoende functioneerde. In een onderzoek naar houtstofblootstelling tijdens houtbewerking (Scheeper et al., 1995) is met de PIMEX onder andere aangetoond dat een afzuiginstallatie boven een transportband niet alle houtstof effectief verwijderde, dat stof op werkbanken regelmatig in de lucht opwarrelde tijdens werkzaamheden aan de werkbank en dat met name het schuren van houten meubelen een hoge deeltjesconcentratie veroorzaakte.

Gericht werkplekonderzoek

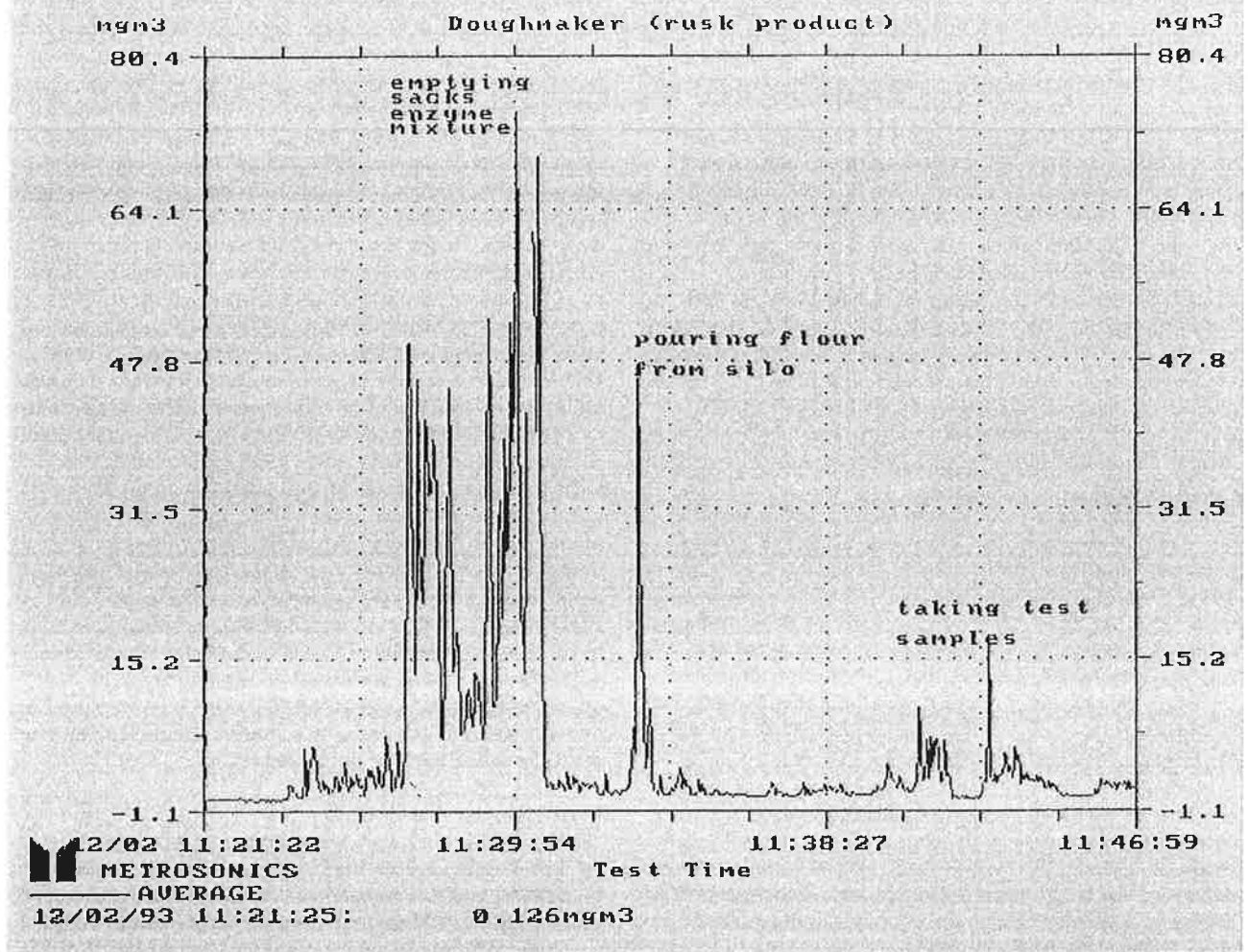
De MiniRAM kan tevens in een meer gerichte fase van werkplekonderzoek gebruikt worden. Hierbij kan het blootstellingspatroon nader bekeken worden en kunnen pieken in het blootstellingspatroon toegewezen worden aan bepaalde handelingen. Wanneer aan de MiniRAM in plaats van een videocamera een datalogger aangesloten wordt, slaat de datalogger de gemeten concentratiewaarden per tijdseenheid op. De gegevens in de datalogger kunnen later uitgelezen worden met behulp van een speciaal computerprogramma (Metrosoft). Met behulp van dit programma kunnen 15 minuten en 8 uursgemiddelden en standaarddeviaties berekend worden. Tevens bestaat de mogelijkheid grafieken te maken waarin het concentratieverloop van de deeltjes in de tijd te zien is.

In onderzoeken naar allergieën onder bakkers zijn pieken toegewezen aan taken en handelingen die op dat moment uitgevoerd werden (Jongedijk et al., 1993, 1995; Timmermans, 1994). Een voorbeeld van een dergelijke MiniRAM-meting is weergegeven in figuur 1. In dit onderzoek is het aantal pieken boven 4 mg/m³ geteld en weergegeven per bewerking per bakkerij. Zodoende werd aangetoond dat piekconcentraties duidelijk verschilden tussen bewerkingen en tussen bakkerijen.

In een onderzoek naar blootstelling aan silicastaof in de bouw is op een vergelijkbare manier de deeltjesblootstelling bij verschillende werkzaamheden gekarakteriseerd (Van Amelsfort et al., 1994). Met behulp van de MiniRAM is de deeltjesblootstelling bij verschillende technieken die gebruikt worden bij sloop- en straalwerkzaamheden in kaart gebracht. Uit de meetresultaten bleek dat wanneer gewerkt werd in een omgeving die vochtig gehouden werd of wanneer aan het straalmiddel (bijvoorbeeld zand) water toegevoegd werd, de deeltjesblootstelling afnam met een factor gemiddeld tussen 2 en 10.

De MiniRAM kan ook gebruikt worden voor het beoordelen van het effect van beheersmaatregelen. In een onderzoek naar proefdiërallergie (Frankhuijzen, 1995) is het

Figuur 1. Een MiniRAM-meting (Metrosoft-uitdraai) bij bakkerswerkzaamheden



effect van een afzuiging bij een schoonmaakopstelling voor proefdierbakken duidelijk zichtbaar gemaakt. Uit resultaten van MiniRAM-metingen tijdens het schoonmaken van proefdierbakken bleek dat nadat de afzuiging defect raakte de deeltjesconcentratie sterk toenam (figuur 2).

Modellering van de blootstelling

Wanneer de MiniRAM verbonden wordt aan de datalogger kunnen de gemeten concentratiewaarden in tekenprogramma's, spreadsheets of databestanden verwerkt worden. Door statistische bewerking kan vervolgens het blootstellingspatroon geanalyseerd worden, waardoor verbanden tussen concentratie en taken en/of handelingen gelegd kunnen worden.

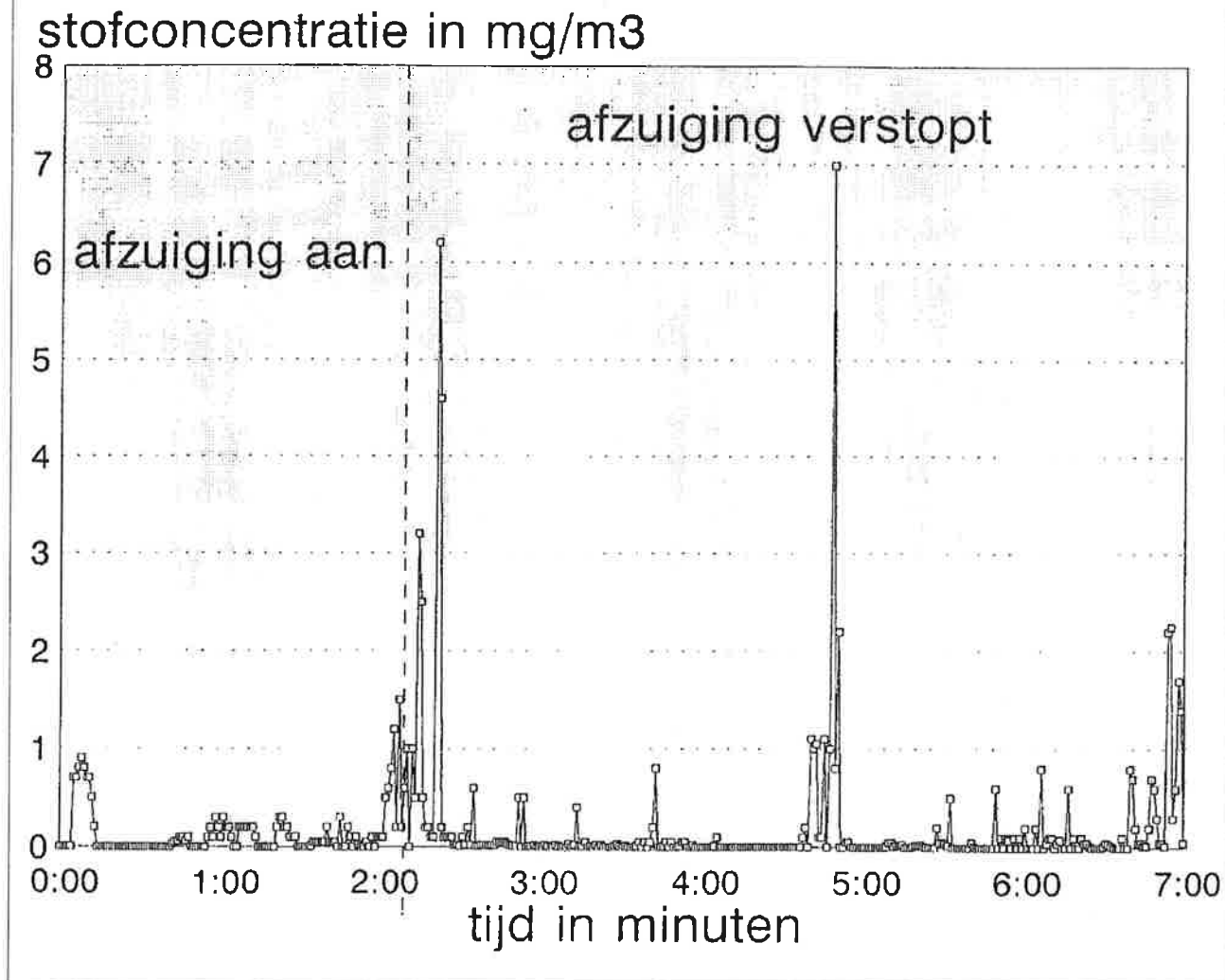
In een studie naar proefdierallergie hebben Groenewold en Terlouw (1994) een onderzoek naar taakgerichte blootstelling onder proefdierverzorgers, biotechnici en onderzoekers uitgevoerd. Hierbij hebben zij onder andere gebruik gemaakt van de MiniRAM in combinatie met de datalogger. Om een idee te krijgen van piekbelasting hebben zij voor verschillende taken het percentage van de pieken boven respectievelijk 0.25 mg/m^3 en 1.00 mg/m^3 berekend (figuur 3). Van deze taken hebben met name het overzetten van dieren van een vuile naar een schone bak en het schoonmaken van de vuile bakken een hoge deeltjesblootstelling. De blootstelling aan deeltjes tijdens werkzaamheden van de biotechnicus en de onderzoeker is duidelijk lager.

In het kader van hetzelfde onderzoek naar proefdierallergie heeft Frankhuijzen (1995) geprobeerd kortdurende

piekblootstellingen te karakteriseren. Door op verschillende wijzen de MiniRAM-data te verwerken is een aanzet gegeven voor het ontwikkelen van een methode om Real-time Aërosol metingen kwantitatief te verwerken. Hierbij is aanvankelijk uitgegaan van absolute concentratiewaarden op de wijze waarop Groenewold en Terlouw (1994) hun gegevens geanalyseerd hebben. Per taak werden verschillende handelingen nader bekeken. Aanvankelijk is uitgegaan van de gemeten concentraties. In de verdere analyse is tevens gebruik gemaakt van een zogenaamde relatieve concentratie, namelijk de gemeten concentratie gedeeld door de gemiddelde concentratie per taak. Zodoende kunnen metingen onderling met elkaar vergeleken worden zonder dat versturende factoren, zoals een onnauwkeurige ijking een rol kunnen spelen. Later is gekozen voor het definiëren van een nieuwe parameter voor kortdurende piekblootstelling. Deze parameter was afgeleid van de gemeten deeltjesconcentratie. Per keer dat een handeling voorkwam, werd over de desbetreffende periode het aantal seconden dat de deeltjesconcentratie boven een bepaalde waarde, bijvoorbeeld 0.25 mg/m^3 of 1.00 mg/m^3 was, gedeeld door de totale duur van die handeling. Het resultaat was een getal tussen 0 en 1 dat een maat voor de piekblootstelling voorstelde. Een voorbeeld van de drie verschillende methoden per handeling wordt gegeven in tabel 1.

Met behulp van variantieanalyse is gebleken dat tijdens het uitoefenen van bepaalde handelingen waar direct gewerkt wordt met strooisel, zoals het weggoien van strooisel en het verwijderen van de afvalzak of -container,

Figuur 2. Effect van afzuiging tijdens het schoonmaken van proefdierbakken.



significant meer piekblootstelling plaatsvindt. Tevens bestaan onderlinge verschillen tussen de proefdiercentra ten aanzien van piekblootstelling. Met name in oudere gebouwen, waar de ruimte veelal beperkt is, komen frequent hoge piekblootstellingen voor. Daarnaast traden verschillen op tussen diersoorten. Gedurende het werken met ratten bleken meer piekblootstellingen voor te komen dan wanneer met andere diersoorten (muis of cavia) gewerkt werd.

Discussie

Duidelijk is dat met de MiniRAM in heel korte tijd veel meetgegevens verkregen kunnen worden. Hierdoor is de MiniRAM uiterst geschikt voor kortdurende metingen, in situaties met een grote variatie in aerosolconcentratie. In de Verenigde Staten hebben Woskie et al. (1994) de MiniRAM in combinatie met datalogger gebruikt om de deeltjesblootstelling onder natrium-boraat werkers te karakteriseren. Zij hebben gewerkt met een middelingstijd van 15 minuten. In dit onderzoek kon ongeveer 50% van de variantie in deeltjesblootstelling verklaard worden door de 'binnen-dag' variantie in blootstelling. Een andere belangrijke bron van variantie waren de interindividuele verschillen. Deze werden met name veroorzaakt door verschillende manieren van werken.

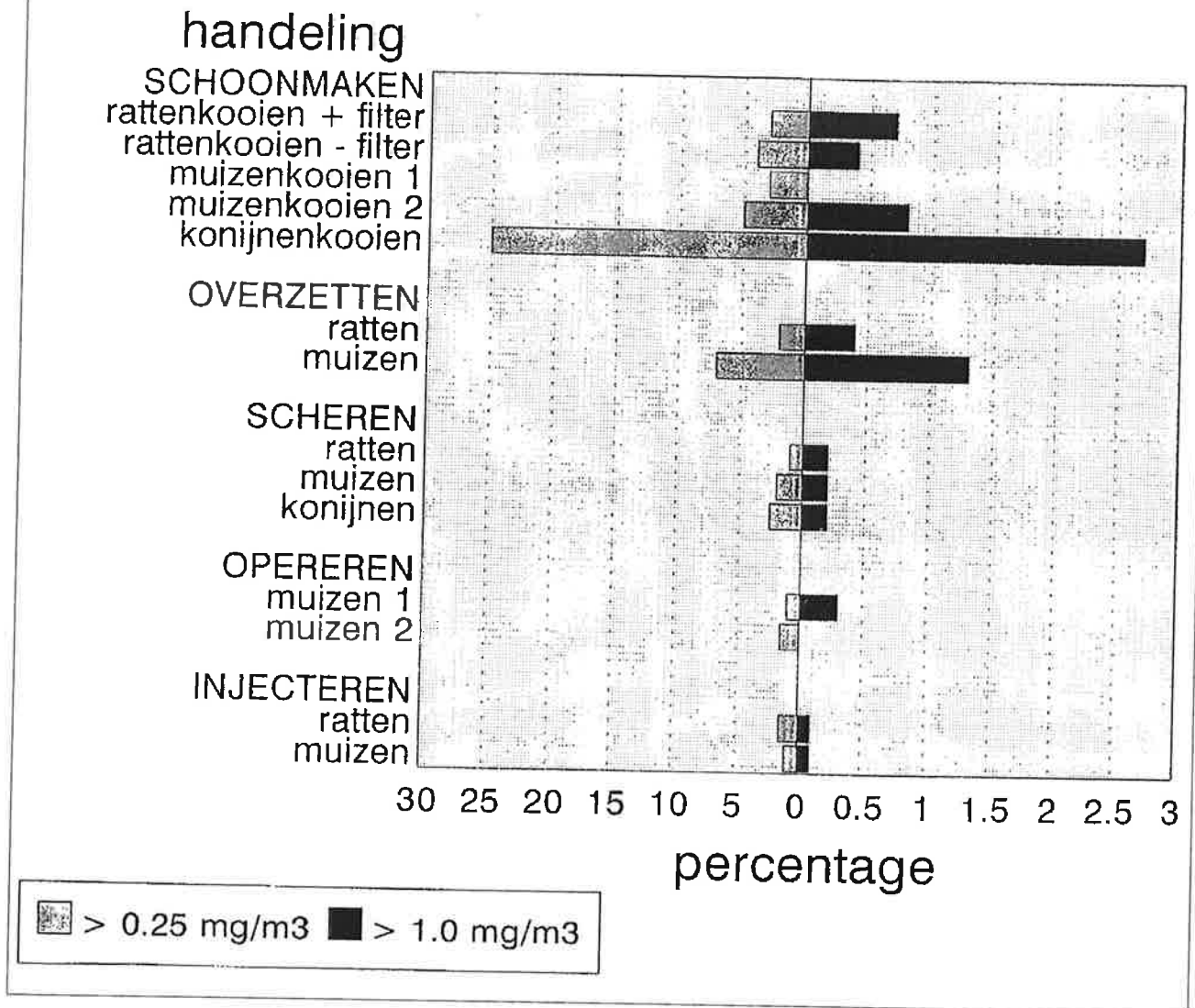
De MiniRAM meet het meest nauwkeurig wanneer de grootte van de te meten deeltjes ligt tussen 0.1 en 10 mm. Grotere deeltjes, waaronder waterdruppels, kunnen leiden tot een verstoring in de waarneming van de Mini-

RAM. Wanneer gemeten wordt in een omgeving waar de aerosolconcentratie hoger dan 100 mg/m³ is, zijn de meetresultaten van de MiniRAM niet betrouwbaar. Wanneer passief gemeten wordt met de MiniRAM, is het niet mogelijk kwalitatief onderscheid te maken tussen verschillende deeltjes op basis van bijvoorbeeld afmeting of aard. Additionele metingen met andere monsternamen apparatuur kan meer informatie bieden omtrent de aard van de gemeten deeltjes.

Voordat gemeten kan worden met de MiniRAM in combinatie met de datalogger moet het systeem geïkkt worden. Deze ijking is nogal omslachtig en vereist veel precisie. Om een goede indicatie te krijgen van een achtergrondswaarde (die eventueel als nulwaarde beschouwd kan worden) zou eerst een meting van ongeveer een minuut uitgevoerd kunnen worden terwijl de proefpersoon in rust is, alvorens te beginnen met het monitoren van de activiteiten en werkzaamheden.

De praktijk leert dat meten met de MiniRAM storingsgevoelig kan zijn. Door het bewegen van de draden en steekertjes waarmee de MiniRAM bevestigd is aan de datalogger kan verandering in het blootstellingspatroon optreden. Belangrijk is bij het proefmeten de draden te controleren op eventuele breuken of beschadigingen. Versteving van de draden en contacten met tape zal verstoring door breuken en beschadigingen tegen gaan. Groenewold en Terlouw (1994) maken in hun onderzoek melding van een eventuele verstoring van elektrische apparatuur op het concentratieverloop. Vanuit andere onderzoeken is

Figuur 3. Voorbeeld van piekpercentages (Groenewold en Terlouw, 1994)



hier nog niets over bekend. Bij het koppelen van activiteiten aan concentratieveranderingen is het van het grootste belang dat de tijdsregistratie synchroon verloopt met de registratie van aerosolconcentraties door de MiniRAM. Een bijkomend probleem is dat eventueel een vertraging optreedt in de waarneming van aerosolconcentraties door de MiniRAM (Onos, 1995). Vanuit de opgedane ervaring worden in tabel 2 een aantal adviezen gegeven voor het meten van deeltjesvormige verontreinigingen met de MiniRAM. Het zal duidelijk zijn dat meten met de MiniRAM een

aantal voordelen en nadelen met zich meebrengt. Het is zeer belangrijk een goede meetstrategie te kiezen, die goed aansluit bij de doel- en vraagstelling van het onderzoek. Wanneer lukraak gemeten wordt met de MiniRAM bestaat het gevaar dat een zeer grote, weinig informatieve dataset verkregen wordt. In tabel 3 worden de voor- en nadelen van meten met de MiniRAM nog eens weergegeven.

De kracht van de MiniRAM schuilt in het feit dat bronnen die variërende blootstelling veroorzaken, waarbij de werk-

Tabel 1. Overzicht piekpercentages per handeling (Frankhuijzen, 1995)

		pakken bak met strooisel	weggoeien strooisel	leegschrapen bakken	afvalzak vervangen	vegen en spuiten ruimte
concentratie (mg/m ³)	≥ 0.25	63%	18%	41%	25%	22%
	≥ 1.00	33%	7%	25%	7%	4%
relatieve concentratie (mg/m ³)	≥ 1.00	49%	15%	34%	17%	12%
	≥ 3.00	21%	2%	17%	4%	1%
piek25*	≥ 0.25	95%	39%	78%	100%	100%
	≥ 0.75	38%	4%	4%	25%	0%

* Afeiding 'Piek25': Per keer dat een handeling voorkomt, wordt over de desbetreffende periode het aantal seconden dat de deeltjesconcentratie boven 0.25 mg/m³ was, gedeeld door de totale duur van die handeling. De variabele Piek25 kan dus een waarde aannemen van 0 tot 1.

Tabel 2. Advies voor het meten van deeltjesvormige verontreinigingen met de MiniRAM

1. Maak een duidelijke meetstrategie zodat gedurende korte tijd (± 20 à 30 min) gemeten kan worden.
2. Test de apparatuur op verstoring door losse contacten en beschadigde snoeren.
3. Doe alvorens te gaan meten een meting voor het bepalen van de achtergrondswaarde.
4. Zorg voor voldoende variatie en roulatie in handelingen of verschillende technieken tijdens de meting.
5. Voer eventueel additionele, gravimetrische metingen uit voor het onderzoeken van de deeltjes-grootte-verdeling en de aard van de deeltjes.
6. Let op verstorende deeltjes, zoals waterdruppeltjes.
7. Maak een nauwkeurige beschrijving van de gebeurtenissen op elk moment.
8. Eindig een meting weer met een meting van de achtergrondswaarde.
9. Kijk na het meten de resultaten gelijk na, zodat eventuele onverwachte resultaten meteen gerelateerd kunnen worden aan de situatie tijdens het meten en fouten opgespoord kunnen worden.
10. Bespreek de resultaten met de bemonsterde werknemer.

Tabel 3. Overzicht voor- en nadelen van de MiniRAM

voordelen	nadelen
kleine meetopstelling	calibratie/tijking onnauwkeurig
data in grafiek (Metrosoft)	computerprogramma vereist voor
data inlezen en bewerken	uitlezen datalogger
in bijv. statistische	synchronisatie tijdsregistratie
programma's	bepalen normoverschrijding
relatie situatie en	onmogelijk
concentratie	
voorlichtingsmedium	
bronopsporing mogelijk	

situatie en -omgeving van invloed is op de aerosolconcentratie goed en snel in kaart gebracht kunnen worden. Daarnaast kan de MiniRAM goed gebruikt worden voor bronopsporing, voor het meten van piekblootstelling in arbeidshygiënisch onderzoek en voor het beoordelen van effecten van beheersmaatregelen. Door zijn geringe afmetingen kan de MiniRAM zeer goed gebruikt worden voor persoonlijke monsternamen.

Hoewel een grote variatie in deeltjesgrootteverhouding in de beperkingen oplegt aan de meetmethode (Baron, 1988), kunnen Real-time Aerosol Monitors met name dus goed gebruikt worden bij kortdurende, sterk variërende blootstelling en bij het opsporen van bronnen van expositie.

Literatuur

- Almich, B., Solomon, M., Carson, G. A. theoretical and laboratory evaluation of a portable direct-reading particulate mass instrument. DHEW (NIOSH) Report (1975) 76-114.
- Amelsfort, M. van, Schipper, A., Sol, S. Stof? ... Ik zie niets! Een arbeidshygiënisch onderzoek naar de silicastofblootstelling bij sloop- en straalwerkzaamheden. V-348, Vakgroep Luchtkwaliteit, Landbouwniversiteit Wageningen, 1994.
- Baron, P.A., Modern real-time aerosol samplers. In: Advances in Air Sampling. Papers from the ACGIH Symposium, Feb. 16-18, 1987. ACGIH Air Sampling Procedures Committee, 1988.
- Boleij, J., Buringh, E., Heederik, D., Kromhout, H. Occupational hygiene of chemical and biological agents. Elsevier, Amsterdam, 1995.
- De Garmo, S.J. Evaluation of a passive real-time miniature

aerosol monitor. M.S. Thesis, University of Cincinnati, Institute of Environmental Health, 1984.

- Frankhuijzen, E.J.K. Piekblootstelling bij proefdierwerkers. Het ontwikkelen van een methode om Real-time Aerosol metingen te verwerken. Internverslag Epidemiologie (1995) 187, Vakgroep Humane Epidemiologie en Gezondheidsleer, Landbouwniversiteit Wageningen, 1995.
- Gardiner, K. Exposure profiles and respiratory sensitizers (editorial). Occup. Hyg. 1 (1995) 243-245.
- Groenewold, M., Terlouw, P. Taakgerichte allergeen- en stofblootstelling bij proefdierwerkers. Internverslag Epidemiologie (1994) 179, Vakgroep Humane Epidemiologie en Gezondheidsleer, Landbouwniversiteit Wageningen, 1994.
- Hoek, F., Knol, V., Laar, E. van de. Beheersmaatregelen in een houtverwerkend bedrijf. Een arbeidshygiënisch onderzoek bij ISO DEK B.V. V-322, Vakgroep Luchthygiëne en -verontreiniging, Landbouwniversiteit Wageningen, 1992.
- Jongedijk, T., Meijler, M., Steenstra, F. Karakterisering van blootstelling aan meelstof bij ambachtelijke bakkers in Utrecht. Internverslag Epidemiologie (1993) 141, Vakgroep Humane Epidemiologie en Gezondheidsleer, Landbouwniversiteit Wageningen, 1993.
- Jongedijk, T., Meijler, M., Houba, R., Heederik, D. Tijdstudies en vergelijkende piekblootstellingsmetingen in ambachtelijke bakkerijen. Tijdschr. Toegep. Arb. 1 (1995) 2-8.
- Lilienfield, P. Improved light scattering dust monitor. BOM Contract HO-377092, Bureau of Mines OFR 90-79; NTIS Pub. No. PB299 938. Richmond VA, 1979.
- Lilienfield, P., Elterman, P., Baron, P. Development of a prototype Fibrous Aerosol Monitor. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 40 (1979) 270.
- Onos, T. Stageverslag Harvard School of Public Health. S-279, Vakgroep Luchtkwaliteit, Landbouwniversiteit Wageningen, 1995.
- Scheeper, B., Kromhout, H., Boleij, J.S.M. Wood-dust exposure during wood-working processes. Ann. Occup. Hyg. 39 (1995) 141-154.
- Timmermans, H. Meelstof. Een arbeidshygiënisch onderzoek naar de stofblootstelling in een beschuitfabriek. Internverslag 1994-154, Vakgroep Humane Epidemiologie en Gezondheidsleer & Intern verslag Luchtkwaliteit IV-198, Vakgroep Luchtkwaliteit, Landbouwniversiteit Wageningen, 1994.
- Woskie, S.R., Shen, P., Eisen, E.A., Finkel, M.H., Smith, Th.J., Wegman, D.H. The real-time dust exposures of sodium borate workers: Examination of exposure variability. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 55 (1994) 207-217.