

Een uitgave van

NI
A

en

Kluwer

Oorspronkelijk werk

Stof in de Nederlandse mengvoederindustrie

Tjabe Smid^{1,2} Dick Heederik¹
Gert Mensink^{1,2} Jan S.M. Boleij²
Remko Houba^{1,2}

Summary

In the Dutch animal feed industry approximately 6000 workers are exposed to organic dust, mainly originating from raw materials such as grain, pulses and waste products from the vegetable oil and starch industry. In this study 79 stationary dust samples and 530 personal dust samples from eight animal feed production facilities were analyzed. The stationary total dust samples showed gravimetric concentrations ranging from 0,2 to 25 mg/m³ (Geometric Mean 1,3 mg/m³), and endotoxin concentrations from 0,1 to 1850 ng/m³ (GM = 2,6 ng/m³). Concentrations of smaller particle fractions were considerably lower. Colony forming units of fungi ranged from 130 to 15300 CFU/m³ (GM = 2300 CFU/m³), and were stronger related to endotoxin than to dust concentrations. Endotoxin appeared to be less prevalent in respirable dust than in larger dust fractions. Personal inspirable dust concentrations were considerably higher than stationary concentrations, and were strongly related to job titles. Pooled inspirable dust concentrations ranged from 0,2 to 450 mg/m³ (GM = 2,4 mg/m³). After adjusting for difference between inspirable and total dust 25% of the measurements exceeded the Dutch MAC for total nuisance dust (10 mg/m³), and 42% exceeded the ACGIH TLV for grain dust (4 mg/m³). Endotoxin concentrations ranged from 0,2 to 1870 ng/m³ inspirable dust (GM = 5,1 ng/m³). Concentrations in dust

appeared to be related to the production process.

Considering the extensive literature on effects of grain dust and other organic dust, it is concluded that steps have to be taken to reduce the exposure in the animal feed industry.

Inleiding

Onlangs verscheen in het Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg een overzicht van de literatuur over gezondheidsrisico's van beroepsmatige blootstelling aan graanstof. In dit overzicht werd een schatting gemaakt van de blootgestelde populatie in Nederland. Van de circa 10 000 buiten de landbouw aan graanstof blootgesteld bleek het grootste deel (6000) in de mengvoederindustrie te werken (Smid & Heederik 1989). Dit artikel beschrijft een onderzoek naar de expositie aan stof van werknemers van de Nederlandse mengvoederindustrie.

In dit artikel zal eerst een algemeen beeld van de mengvoederindustrie in Nederland en het produktieproces

¹ Landbouwuniversiteit, vakgroep Gezondheidsleer, Dreijenlaan 1, Postbus 238, 6700 AE Wageningen.

² Landbouwuniversiteit, vakgroep Lucht-hygiëne en -verontreiniging.

worden beschreven. Daarna wordt aan de hand van metingen in een achttal bedrijven een overzicht van de expositieniveaus van werknemers geschetst.

Mengvoederproductie in Nederland

Het productieproces van mengvoeder is in principe eenvoudig en staat schematisch weergegeven in figuur 1. De grondstoffen komen meestal per binnenschip en soms per auto of trein binnen, worden gelost en na weging en reiniging opgeslagen in de grond-

van 15 000 000 ton mengvoeder, waarvan ongeveer 80% particuliere en 20% coöperatieve bedrijven. Hoewel er een groot aantal kleine bedrijfjes zijn, vond het overgrote deel van de productie in de grote bedrijven plaats. Zo produceerde 9% van de bedrijven elk meer dan 100 000 ton per jaar, en nam daarmee ruim de helft van de landelijke productie voor zijn rekening.

Het grootste deel van de mengvoederproductie vindt in de provincies met veel intensieve veehouderij

ca, maïsgluten, melasse en citruspulp, die aanzienlijk goedkoper zijn dan de hoogwaardige granen zelf. In 1954/1955 was het procentueel aandeel van granen in het mengvoeder nog 68%, in 1985/1986 was dat nog slechts 13%. De Europese Commissie streeft er echter naar het gebruik van graan uit de EG te bevorderen en dat van graanvervangers uit andere landen af te remmen (Produktschap voor Veevoeder 1987). Ten minste in kwalitatieve zin zal de stofblootstelling van de werknemers daardoor aan duidelijke veranderingen onderhevig zijn.

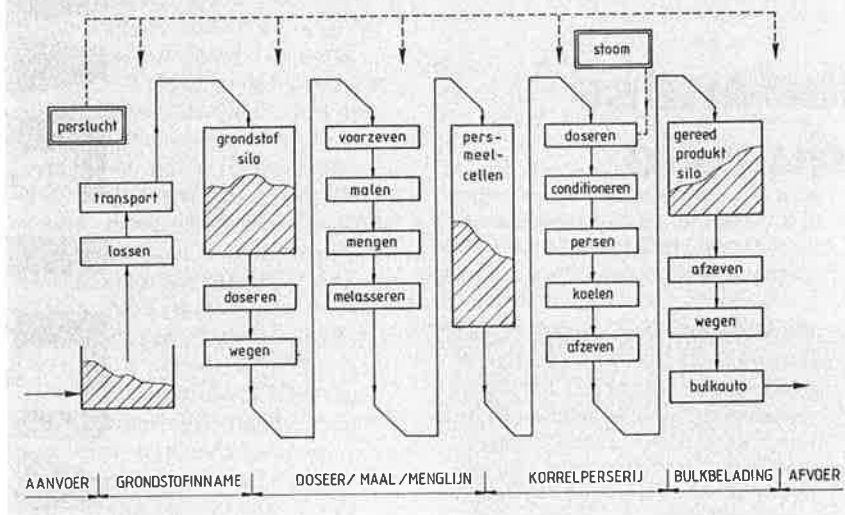
De aard van het stof

Zoals alle soorten organisch stof is het graanstof waaraan de werknemers zijn blootgesteld een zeer heterogeen mengsel. Het is in de eerste plaats afkomstig van de grondstoffen zelf, maar kan daarnaast andere stoffen bevatten als schimmels en bacteriën en hun uitscheidingsproducten, insecten en delen daarvan met hun uitwerpselen, pesticiden en niet organische deeltjes (Smid & Heederik 1989). In de Verenigde Staten hanteert de ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) een grenswaarde (TVL) van 4 mg/m³ totaal graanstof, tijdsgewogen gemiddeld over acht uur (ACGIH 1989). Graanstof wordt omschreven als afkomstig van tarwe, haver en gerst. In Nederland geldt geen afzonderlijke MAC-waarde voor graanstof. De in feite geldende grenswaarde is dan ook die voor hinderlijk stof, van 10 mg/m³ totaal- en 5 mg/m³ respirabel stof, hoewel uit de literatuur blijkt dat de definitie van hinderlijk stof 'stofdeeltjes (...) waarvan bekend is dat zij zelfs bij jarenlange, niet excessieve, blootstelling geen schadelijke effecten op de gezondheid tot gevolg gehad hebben' (Arbeidsinspectie 1989), niet van toepassing kan zijn op graanstof omdat een groot aantal componenten in het stof in verband is gebracht met, voornamelijk met respiratoire, gezondheidseffecten bij blootgestelde werknemers (Smid & Heederik 1989).

In dit onderzoek werden gravimetrisch bepaalde stofconcentraties onderzocht van verschillende deeltjes-grootte fracties. Verder werd in de stofmonsters de hoeveelheid endotoxine bepaald, een toxine dat afkomstig is uit de celwand van gram-negatieve bacteriën en de laatste jaren vaak in verband wordt gebracht met effecten op het ademhalingsorgaan (Heederik e.a. 1987).

Ten slotte werden kiemtallen van schimmels gemeten.

Figuur 1. Schematisch overzicht van de productie van mengvoeder (naar Beumer 1984)



stoffensilo's. Daarna begint de eigenlijke productie van de verschillende soorten eindproduct: de grondstoffen worden gemalen en gemengd en er worden vitamines, mineralen en vloeistoffen als vet en melasse aan toegevoegd. Het ontstane product kan dan worden opgeslagen in silo's (meelcellen) en als zodanig worden verkocht. Vrijwel altijd, en met name bij de grotere bedrijven, volgt nog een persgang, waarbij het meel onder toevoeging van stoom wordt geperst tot brokken en soms tot koeken. De brokken vormen het eindproduct en worden opgeslagen in 'gereed product' silo's. Van hieruit wordt het met bulkwagens afgevoerd naar de boer. Een doorgaans klein deel van de productie wordt als zakgoed verkocht. Bij de meeste bedrijven gebeurt het malen, mengen en de besturing van het transport van grondstoffen en produkten in de verschillende bewerkingsfasen nagenoeg automatisch, gestuurd vanuit een centrale bedieningsruimte. In Nederland waren in 1983/1984 477 bedrijven betrokken bij de productie

plaats: Noord-Brabant, Gelderland en Overijssel (Mengvoederenquête 1983/1984). Zoals hiervoor al vermeld zijn daarbij circa 6000 werknemers rechtstreeks bij de productie betrokken en dus potentieel aan stof blootgesteld.

De grondstoffen die worden gebruikt voor de bereiding van mengvoeder kunnen, afgezien van toevoegingen als mineralen, vitamines, vet en melasse, zijn:

- granen (met name mais, tarwe en gerst);
- andere plantaardige produkten, zoals tapioca (cassave) en bonen (sojabonen, paardbonen, erwten);
- bijprodukten van de levensmiddelenindustrie, zoals citruspulp, sojashroot, maïsgluten, bietenpulp, kopraschroot.

Van de mengvoedergrondstoffen is 35% afkomstig uit EG-landen, waarvan ongeveer de helft uit Nederland. Een opvallende tendens van de laatste dertig jaar is de verschuiving van het gebruik van granen naar graanvervangende produkten, zoals tapioca,

Onderzoeksoepzet

Bedrijven

Bij een achttal bedrijven in Nederland werden één of meer dagen persoonlijke en stationaire stofmetingen verricht. Het aantal dagen dat werd gemeten liep uiteen van 1 tot 24. Bij zeven bedrijven waren de metingen verdeeld over twee perioden, met circa een half jaar tussentijd. In het achtste werd slechts één dag gemeten. Twee bedrijven waren op- en overslagbedrijven, waar alleen grondstoffen werden gelost, opgeslagen en

bedrijven waar de meeste werknemers ambulante functies hebben. De stationaire metingen hadden dan ook niet tot doel de blootstelling van de werknemers in kaart te brengen, daarvoor zijn immers persoonlijke metingen de aangewezen methode. Elke stationaire meting bestond uit parallele metingen van vier verschillende deeltjesgrootte fracties gedurende circa acht uur. Op een willekeurig tijdstip gedurende de meettijd werden (kortdurende) schimmelmetingen verricht. Alle metingen vonden plaats op een hoog-

deeltjesfractie afgevangen dan door de totaalstof filterhouder. Het resultaat is ongeveer gelijk aan het zogenaamde inspirabelstof (Boleij e.a. 1987), dat wordt gekenmerkt door een theoretische D_{50} van circa $30 \mu\text{m}$ (ISO 1981). In de filterhouders werden glasvezelfilters (Whatman GF/A) gebruikt met een diameter van 2,4 cm;

– *thoracaalstof*. De thoracale fractie van het inspirabelstof heeft volgens de definitie van D_{50} van rond $10 \mu\text{m}$ (ISO 1981). Voor de thoracaalstof monsternamen werden dezelfde filters

Tabel 1. Kenmerken van de onderzochte bedrijven

| nr. | aantal werknemers ¹ | ouderdom ² | wijze van aanvoer | aard van het bedrijf | voornaamste produkten | automa-tisering ³ | stofb. maatr. ⁴ | dagen ⁵ |
|-----|--------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | 1 | 3 | schip | overslag | – | 0 | 0 | 6 |
| 2 | 1 | 1 | schip | overslag | – | ++ | + | 6 |
| 3 | 2 | 2 | schip | overslag/ productie | bulk/zakgoed | + | 0 | 2 |
| 4 | 2 | 3 | auto | productie | zakgoed | + | 0 | 2 |
| 5 | 2 | 3 | schip | productie | bulk/zakgoed | 0 | 0 | 12 |
| 6 | 2 | 2 | schip | productie | bulk | ++ | + | 1 |
| 7 | 3 | 2 | schip | productie | bulk/zakgoed | + | + | 24 |
| 8 | 2 | 1 | schip/ trein | productie | bulk | ++ | + | 12 |

¹ Aantal produktiemedewerkers; 1 = < 25, 2 = 25-50, 3 = > 50 medewerkers.

² Ouderdom van het bedrijf; 1 = < 10, 2 = 10-25, 3 = > 25 jaar.

³ Productie-automatisering; 0 = weinig, + = redelijk, ++ = hoog geautomatiseerd.

⁴ Stofbepalende maatregelen (zoals gescheiden produktieruimtes, stofafzuiging, gesloten controleruimtes, regelmatige schoonmaak enz.) 0 = weinig, + = redelijk.

⁵ Aantal dagen waarop metingen plaatsvonden.

vervolgens afgevoerd. In vijf gevallen ging het om productiebedrijven en in één bedrijf vond zowel productie als op- en overslag plaats. De bedrijven verschilden van elkaar in een aantal kenmerken, zoals ouderdom, aantal werknemers en produktiewijze. In tabel 1 zijn een aantal onderscheidende kenmerken weergegeven. Omwille van de anonimiteit is slechts een globale karakterisering gegeven. De onderzochte bedrijven geven vooral een beeld over de arbeidsomstandigheden in middelgrote en grote bedrijven in Nederland. Alleen de zeer kleine bedrijven, die in aantal wel maar in productie en aantallen werknemers nauwelijks een rol spelen in de bedrijfstak, zijn niet vertegenwoordigd.

Stationaire metingen

In zeven van de acht bedrijven werd een aantal stationaire stofmetingen verricht op plaatsen waar min of meer regelmatig werkzaamheden werden verricht. Zulke plaatsen zijn overigens moeilijk te vinden in de grote en verregaand gemechaniseerde

te van circa 1,50 meter.

De volgende grootte fracties werden gemeten:

– *totaalstof*. Het totaalstof is gedefinieerd als het stof dat gemonsterd wordt met een aanzuigsnelheid van 1,25 m/s in de aanzuigopening (Arbeidsinspectie 1989). Deze opening is gedurende de monsternamen naar beneden gericht (Staubforschungsinstituut 1973). Voor de monsternamen werden Schleicher en Schüll PL050/1 filterhouders (doorsnede aanzuigopening: 2,0 cm) en glasvezel filters (Whatman GF/A) met een doorsnede van 4,7 cm gebruikt. Het debiet van de pomp werd op 23,5 l/min ingesteld, zodat de vereiste luchtsnelheid in de aanzuigopening werd bereikt;

– *inspirabelstof*. Bij de stationaire inspirabel stofmetingen werd gebruik gemaakt van draagbare Dupont (P-2500) pompjes en zogenaamde PAS-6 filterkopjes (ter Kuile 1984) met een aanzuigsnelheid van 2 l/min. Hoewel volgens de totaalstof definitie wordt gemonsterd, wordt door factoren als dimensionering, windgevoeligheid en wandeffecten een kleinere

gebruikt als voor de totaalstof monsternamen. Als filterhouders werden cyclonen gebruikt met een zijwaartse inlaatopening die bij een debiet van 15 l/min theoretisch een D_{50} van 8,5 micrometer hebben, zoals beschreven door Vrins en Hofschreuder (1983). De thoracale fractie wordt hiermee goed benaderd;

– *respirabelstof*. Voor de respirabelstof monsternamen werden dezelfde filters en cyclonen gebruikt als voor de thoracaalstof metingen, maar door de hogere aanzuigsnelheid (50 l/min) is de D_{50} $3,5 \mu\text{m}$. Deze methode is in overeenstemming met de voorschriften van het Staubforschungsinstituut (1973).

Naast de gravimetrische stofconcentratiebepaling werd in alle monsters een endotoxinebepaling gedaan met de Limulus Amoebocyte Lysate test (Heederik e.a. 1987). Voor het bepalen van de concentratie van schimmelkolonievormende deeltjes (CFU = Colony Forming Units) in de lucht is de N6-modificatie van de Andersen sampler gebruikt (Jones ▶

e.a. 1985) met als medium moutex-tract-agar. De metingen duurden 1 minuut en werden in duplo verricht bij een aanzuigsnelheid van 28,3 l/min. Details van de gebruikte methoden zijn beschreven door Smid e.a. (1989).

Persoonlijke stofmetingen

Bij de bedrijven werd in principe van alle produktiemedewerkers de persoonlijke blootstelling aan inspirabel stof één of meer dagen vastgesteld. De gebruikte methode was gelijk aan de hiervoor beschreven inspirabelstof meting, met dien verstande dat nu pompje en PAS-6 kopje gedurende de meettijd door de werknemer (in de ademzone) werden gedragen. Behalve gravimetrisch bepaalde stofconcentraties werden ook de endotoxineconcentraties gemeten. Niet-produktiemedewerkers als monteurs van de technische dienst en laboratoriumpersoneel werden niet in het onderzoek betrokken.

Bij de beoordeling van de persoonlijk gemeten belasting is onderscheid gemaakt tussen een aantal functiecategorieën om de grote verscheidenheid aan functies en taken binnen de mengvoederbedrijven enigszins te ordenen. De taken binnen een functie kunnen per bedrijf verschillen. Veel medewerkers hebben gecombineerde functies of een slechts in algemene termen omschreven functie. Vaak worden verschillende termen gebruikt voor vrijwel dezelfde functie of taken bij de verschillende bedrijven. Enkele van de onderscheiden functiecategorieën zijn zeer nauw omschreven terwijl andere zijn samengesteld uit functies die op dezelfde locatie worden uitgevoerd of uit soortgelijke taken bestaan; functies dus waarvan men eenzelfde stofblootstelling kan verwachten. De functiecategorieën die zijn onderscheiden zijn de volgende:

1. de *losser* brengt een aanzienlijk deel van zijn tijd door in het te lossen binnenschip, waar hij de zuigpijp bedient of waar hij op een kleine shovel (Bobcat) of met een bezem het produkt voor de grijper ophoopt;
2. de *kraanmachinist* bedient de kraan waarmee het schip gelost wordt;
3. de *medewerker bedieningsruimte/bulkbelader* brengt het grootste deel van zijn tijd door in de controlekamer waar het proces wordt bestuurd of in een controleruimte van waaruit het vullen van de bulkauto's wordt bestuurd;
4. de *perser* bedient de korrelpersen. Hij regelt en controleert het proces en vervangt de matrijzen waar het produkt door wordt geperst. Bij

sommige bedrijven is bij de persen een kleine controleruimte gebouwd om geluid- en stofoverlast te beperken, waarin de perser een deel van zijn tijd doorbrengt;

5. de *produktiechef* en zijn eventuele assistent zijn in het algemeen niet direct bij produktiewerkzaamheden betrokken, maar brengen doorgaans wel veel tijd door in de produktieomgeving. Bij grote bedrijven ligt de nadruk meer op het administratieve werk dan bij kleine;
6. de *expeditiemedewerker* rijdt soms op een heftruck, maar kan ook an-

verwezen naar het onderzoeksverslag (Mensink e.a. 1989).

Stationaire metingen

In totaal waren 79 complete sets metingen beschikbaar, dat wil zeggen metingen waarbij geen stof-, endotoxine- of schimmelconcentraties ontbraken. De metingen waren afkomstig van 7 bedrijven; alleen van bedrijf 6 waren geen gegevens beschikbaar. Hoewel tussen de bedrijven (in verhouding tot de totale spreiding geringe) verschillen in gemeten concentraties aanwezig

Tabel 2. Statistische kenmerken van stationaire metingen: vier stoffracties, vier endotoxinefracties en CFU-concentraties schimmels (n = 79)

| stoffractie (mg/m ³) | GM | GSD | bereik |
|--|-----|-----|-----------|
| totaal | 1,3 | 2,9 | 0,2-25 |
| inspirabel | 0,8 | 3,4 | 0,2-20 |
| thoracaal | 0,4 | 2,9 | 0,7-4,9 |
| respirabel | 0,1 | 2,6 | 0,1-1,8 |
| endotoxinefractie (ng/m ³) | | | |
| totaal | 2,6 | 6,7 | 0,1-1850 |
| inspirabel | 1,9 | 4,9 | 0,2- 160 |
| thoracaal | 0,8 | 5,0 | 0,2- 610 |
| respirabel | 0,1 | 4,0 | 0,1- 17 |
| schimmels (CFU/m ³ * 1000) | 2,3 | 2,6 | 0,13-15,3 |

GM = geometrisch gemiddelde
GSD = geometrische standaardafwijking

dere taken hebben, zoals het storten van zogenaamde big bags met grondstoffen en het klaarmaken van bestellingen en palleten (gevulde zakken op pallets stapelen);

7. de *afzacker* werkt bij de afvulmachine waar hij de zakken op de vulpijp schuift;
8. de *overige produktiefuncties* worden gekenmerkt door een scala van taken die niet duidelijk aan een bepaalde functie gekoppeld zijn, zoals machines bedienen en controleren, kleine hoeveelheden vitaminen en mineralen bijstorten, silo's controleren, schoonmaken enzovoort. In alle bedrijven zijn een aantal functies met wisselende benamingen waarbij dergelijke taken tot het takenpakket behoren.

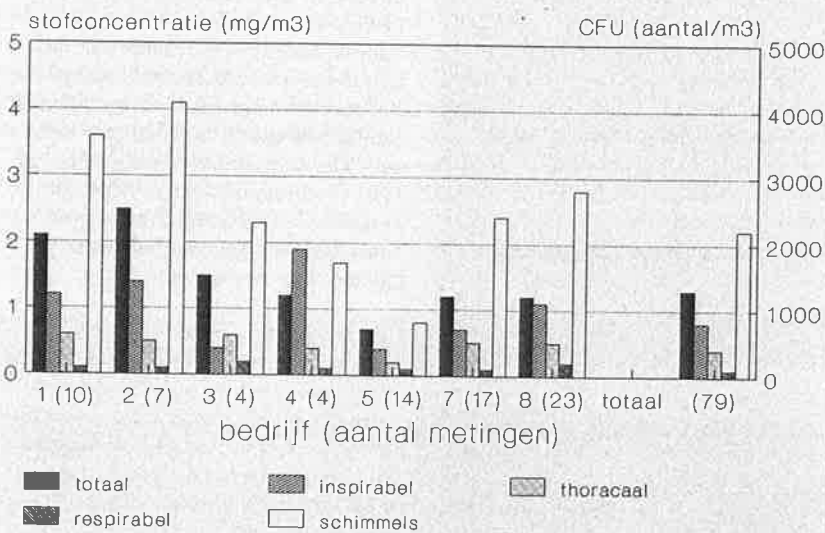
Resultaten

Detectiegrenzen, reproduceerbaarheid en frequentieverdeling
Voor elke monsternamemethode zijn detectiegrenzen en variatiecoëfficiënten berekend. Voor details van de hiervoor gebruikte methoden wordt

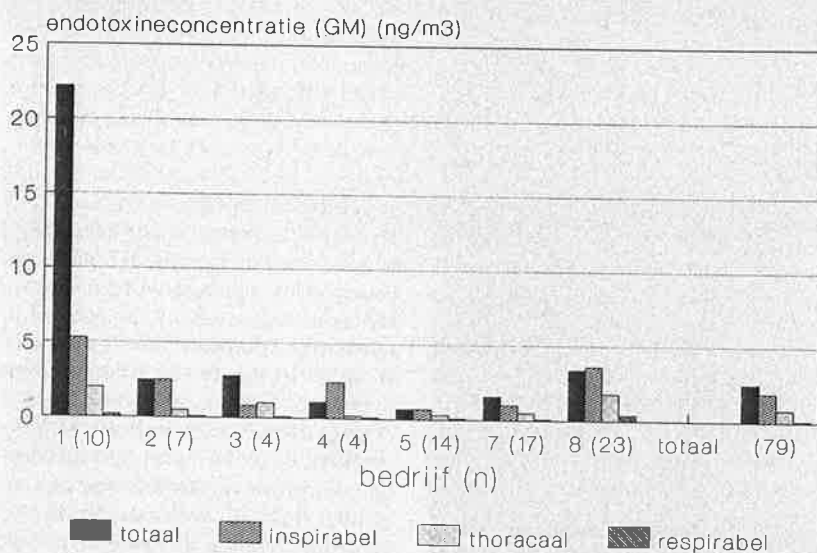
waren, wordt in de analyses geen onderscheid gemaakt. Doel van de stationaire metingen was immers andere kenmerken dan de hoogte van de blootstelling te achterhalen. Niettemin zijn, ter illustratie, in figuur 2 en 3 de geometrisch gemiddelde stof-, CFU- en endotoxineconcentraties en aantallen metingen per bedrijf weergegeven. In tabel 2 zijn een aantal kenmerken van de gemeten concentraties weergegeven voor alle 79 metingen; geometrisch gemiddelde en standaardafwijking, het bereik voor alle stof- en endotoxinefracties en de CFU-concentraties.

Uit figuur 2 en 3 en tabel 2 blijkt dat de stof- en endotoxineconcentratie duidelijk oplopen met de deeltjesgrootte. De afwijkingen van dit beeld die bij sommige bedrijven aangetroffen werden, kunnen waarschijnlijk worden teruggevoerd op het geringe aantal metingen per bedrijf. De extreem hoge endotoxineconcentraties in bedrijf 1 zijn terug te voeren op slechts twee van de tien metingen; de

Figuur 2. Geometrisch gemiddelde stationair gemeten stofconcentratie en CFU-schimmelconcentratie, per bedrijf (n = 79)



Figuur 3. Geometrisch gemiddelde stationair gemeten endotoxineconcentratie, per bedrijf (n = 79)



Tabel 3. Correlatiecoëfficiënten (Pearson's R) van gelogarithmiseerde CFU-concentraties met gelogarithmiseerde stof- en endotoxineconcentraties (n = 79)

| stoffractie | CFU-stof | CFU-endotoxine |
|------------------------|----------|----------------|
| totaalstof fractie | 0,11 | 0,38** |
| inspirabelstof fractie | 0,23 | 0,32* |
| thoracaalstof fractie | 0,29* | 0,38** |
| respirabelstof fractie | 0,21 | 0,37** |

* = p < 0,05
 ** = p < 0,01

overige acht vertoonden een beeld dat meer in de lijn van de andere bedrijven lag. Opvallend is dat de spreiding in stofconcentraties aanzienlijk kleiner was dan die in de endotoxineconcentraties, blijkend uit duidelijk geringere geometrische standaarddeviaties. Waar de GSD's voor de vier soorten stofmetingen rond 3 lagen, varieerden ze voor endotoxine tussen 4 en de zeer hoge waarde van 6,7. Het algemene beeld voor endotoxine was dat van doorgaans lage waarden van slechts enkele nanogrammen per m³, met extreem hoge uitschieters. De voor stationaire stofmetingen grote spreiding is voor een deel terug te voeren op de heterogene samenstelling van de groep van 79 metingen, die immers op uiteenlopende plaatsen in uiteenlopende bedrijven plaatsvonden.

De concentraties van schimmels lagen in de orde van grootte van enkele duizenden CFU's per m³, met een spreiding die iets kleiner bleek te zijn dan die van de stofmetingen (GSD = 2,6).

In tabel 3 zijn de correlatiecoëfficiënten tussen de gelogarithmiseerde CFU-concentraties en de gelogarithmiseerde overige acht blootstellingsvariabelen weergegeven. Hieruit blijkt dat de CFU-concentratie nauwelijks samenhang met de stofconcentraties, maar in duidelijk sterkere mate met de endotoxineconcentraties, blijkend uit Pearson correlatiecoëfficiënten tussen 0,32 en 0,38 (p < 0,05 met inspirabel endotoxine en p < 0,01 met de overige fracties). De onderlinge samenhang tussen de acht overige variabelen was overigens veel sterker; op één na lagen alle coëfficiënten tussen 0,37 en 0,83 (p < 0,01).

Tabel 4 geeft de concentratie endotoxine in de verschillende stoffracties weer in ng/mg. Omdat de verdelingen pas na logtransformatie een normale verdeling benaderden, zijn de kenmerken van de verdeling als geometrisch gemiddelde en standaardafwijking weergegeven. Uit de tabel blijkt dat de spreiding van de endotoxineconcentraties in stof kleiner is dan die in lucht (zoals weergegeven in tabel 2). Opvallend is dat in de drie grootste stoffracties de (geometrisch) gemiddelde concentratie endotoxine vrijwel niet uiteen liep, terwijl in de respirabele fractie de spreiding veel lager lag.

De onderlinge verhoudingen tussen de stoffracties uitgedrukt in verhouding tot de totaalstof concentratie waren 0,65 (inspirabel/totaal), 0,37 (thoracaal/totaal) en 0,10 (respirabel/totaal). Omdat de verdeling van alle drie verhoudingen scheef naar rechts ►

Tabel 4. Concentratie endotoxine in stof (ng/mg) in stationair gemeten deeltjesgrootte fracties (n = 79)

| stoffractie (mg/m ³) | GM | GSD | bereik |
|----------------------------------|-----|-----|---------|
| totaal | 2,0 | 4,6 | 0,1-270 |
| inspirabel | 2,3 | 2,7 | 0,2- 32 |
| thoracaal | 1,9 | 3,3 | 0,2-120 |
| respirabel | 1,1 | 3,4 | 0 - 35 |

GM = geometrisch gemiddelde

GSD = geometrische standaardafwijking

Tabel 5. Variantie-analyse van de gelogarithmiseerde persoonlijk gemeten stof- en endotoxineconcentratie (n = 530)

| | Df | MS | F | p (F > 1) |
|-------------------------|-----|------|------|-----------|
| stoffactor | | | | |
| functiegroep | 7 | 28,2 | 15,8 | 0,000 |
| bedrijf | 7 | 11,6 | 6,5 | 0,000 |
| rest | 515 | 1,8 | | |
| endotoxinefactor | | | | |
| functiecategorie | 7 | 37,2 | 14,3 | 0,000 |
| bedrijf | 7 | 18,8 | 7,2 | 0,000 |
| rest | 515 | 2,6 | | |

Df = aantal vrijheidsgraden

MS = gemiddelde kwadraatsom

Tabel 6. Statistische kenmerken van persoonlijke stofmetingen per functie-groep (in mg/m³) en percentages metingen boven twee mogelijke normen

| functie (n) | GM | GSD | bereik | % boven 10 mg/m ³ | % boven 4 mg/m ³ |
|---------------------------|-----|-----|----------|------------------------------|-----------------------------|
| losser (69) | 9,8 | 4,6 | 0,2-450 | 57 | 80 |
| kraanmachinist (23) | 2,5 | 4,7 | 0,2- 27 | 35 | 52 |
| bedieningsmedewerker (63) | 0,8 | 2,7 | 0,2- 9,4 | 2 | 16 |
| perser (54) | 1,3 | 3,2 | 0,2-100 | 7 | 17 |
| produktiechef (42) | 1,6 | 3,5 | 0,2- 49 | 14 | 33 |
| expeditiemedewerker (61) | 1,2 | 2,8 | 0,2- 14 | 8 | 18 |
| afzakker (20) | 3,4 | 2,9 | 1,1- 45 | 25 | 55 |
| overige (198) | 3,2 | 4,9 | 0,2-250 | 31 | 52 |
| totaal (530) | 2,4 | 4,7 | 0,2-450 | 25 | 42 |

GM = geometrisch gemiddelde

GSD = geometrische standaardafwijking

Tabel 7. Statistische kenmerken van persoonlijke endotoxine metingen per functie-groep (in ng/m³) en percentages metingen boven twee mogelijke normen

| functie (n) | GM | GSD | bereik | % boven 100 ng/m ³ | % boven 10 ng/m ³ |
|---------------------------|------|-----|----------|-------------------------------|------------------------------|
| losser (69) | 28,5 | 5,4 | 0,2-1150 | 22 | 71 |
| kraanmachinist (23) | 10,6 | 8,7 | 0,2- 420 | 13 | 57 |
| bedieningsmedewerker (63) | 1,2 | 4,3 | 0,2- 50 | 0 | 14 |
| perser (54) | 2,3 | 4,2 | 0,2- 160 | 4 | 13 |
| produktiechef (42) | 3,5 | 5,0 | 0,3- 160 | 2 | 21 |
| expeditiemedewerker (61) | 2,4 | 5,2 | 0,2- 880 | 3 | 11 |
| afzakker (20) | 3,7 | 3,8 | 0,5- 75 | 0 | 25 |
| overige (198) | 7,0 | 6,0 | 0,2-1870 | 7 | 43 |
| totaal (530) | 5,1 | 6,7 | 0,2-1870 | 7 | 35 |

GM = geometrisch gemiddelde

GSD = geometrische standaardafwijking

was, maar een logtransformatie geen duidelijke verbetering in de richting van normaliteit liet zien, zijn hier de mediane verhoudingen berekend. De mediane verhoudingen vertonen een duidelijke samenhang met de deeltjesgrootte. De verhouding 0,65 voor de inspireerbare fractie kan worden gebruikt voor een schatting van het relatieve aantal overschrijdingen van de totaalstof normen (zie hierna). Uit de mediane verhouding van 0,10 voor respirabelstof blijkt dat de respirabele fractie slechts in geringe mate de stofbelasting van werknemers kan weergeven.

Persoonlijke metingen

In totaal waren de resultaten van 530 metingen beschikbaar die werden verricht bij 131 werknemers van alle acht bedrijven. Een grafische weergave van de frequentieverdeling van stof- en endotoxineconcentraties is weergegeven in figuur 4. Het beeld van een lognormale verdeling wordt met deze figuur duidelijk bevestigd. Om na te gaan of de verschillen in blootstellingsniveaus in meer of mindere mate afhankelijk waren van de functie van de betrokkenen dan wel van het bedrijf, werd een variantie-analyse verricht op de gelogarithmiseerde stof- en endotoxineconcentraties, waarbij als verklarende variabelen bedrijf en functie in het model werden gebracht. Uit tabel 5, waarin de resultaten van deze beide analyses zijn weergegeven, blijkt dat zowel de stof- als endotoxineconcentratie in sterkere mate bepaald worden door de functie dan door het bedrijf. Ook wanneer de beide factoren na elkaar in het model gebracht werden, of wanneer voor de onevenwichtige verdeling van waarnemingen over de factoren werd gecorrigeerd door gewogen waarnemingen te gebruiken, bleef het beeld bestaan dat de verschillen tussen functies aanzienlijk duidelijker waren dan de verschillen tussen de bedrijven. Tegen deze achtergrond zijn de gegevens in tabel 6, die betrekking hebben op gemiddelde en verdeling van de stofblootstelling, opgesplitst naar functie. Behalve het geometrisch gemiddelde, de geometrische standaardafwijking en het bereik van de gemeten concentraties is ook het percentage metingen aangegeven dat ligt boven de huidige Nederlandse MAC-waarde voor hinderlijk stof en de Amerikaanse TLV-waarde voor graanstof (resp. 10 en 4 mg/m³ totaalstof). Daartoe zijn de gemeten waarden eerst gedeeld door de mediane verhouding tussen de stationair gemeten inspireerbare- en totaalstofconcentraties (0,65). Opvallend is dat

de geometrisch gemiddelde blootstellingen van alle functiecategorieën lagen tussen 0,8 en 3,4 mg/m³, met uitzondering van die van de lossers (categorie 1), die zich duidelijk in negatieve zin onderscheidde door een geometrisch gemiddelde blootstelling van 9,8 mg/m³. De spreiding was voor alle functiecategorieën vrij groot, blijkend uit GSD's tussen 2,8 en 4,9. Het aantal overschrijdingen van de MAC-waarde voor hinderlijk stof was aanzienlijk: 25% van de gemeten waarden lag boven 10 mg/m³. Voor de groep lossers was dit

dat de verschillen tussen de functies in grote lijnen overeenkomen met de resultaten van de stofmetingen: de lossers (functie 1) onderscheidden zich in negatieve zin van de overige zeven functies. Opvallend is dat de GSD's aanzienlijk groter waren dan die bij de stofconcentraties en op liepen tot een extreem van 8,7 bij de kraanmachinisten. De reden hiervoor is waarschijnlijk dat bij sommige bedrijven de kraanmachinisten soms taken als lossers vervullen, naast het relatief weinig stoffige kraandrijven. De eveneens hoge GSD van 6,0 bij

hierdoor met slechts enkele procenten.

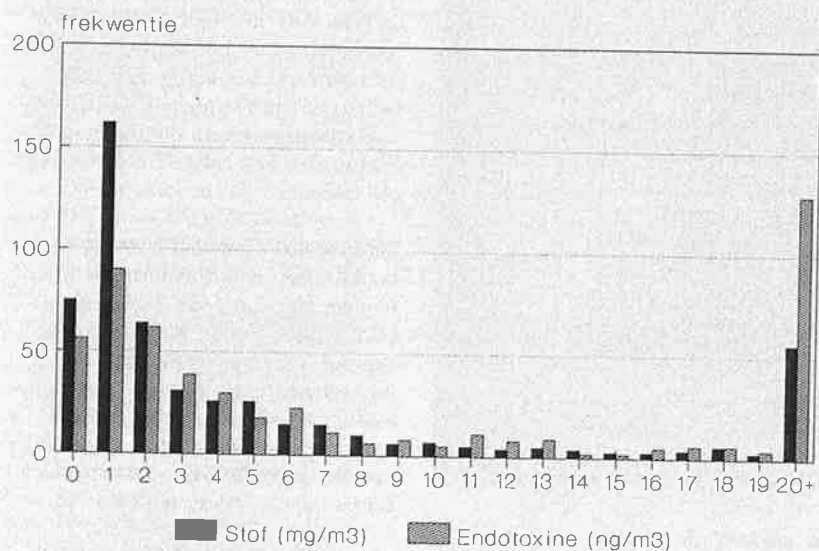
Ten slotte zijn in tabel 8 de geometrisch gemiddelde concentraties endotoxine in het gemonsterde stof opgenomen. Opvallend is dat bij de twee functies die vrijwel uitsluitend met de grondstoffen in contact komen (losser en kraanmachinist) het aandeel endotoxine in stof duidelijk hoger lag dan bij de andere functies. De enige functie waarbij vrijwel geen contact met de grondstoffen, maar uitsluitend met het eindproduct voorkomt (afzakker) werd gekenmerkt door een lager aandeel endotoxine in het stof. De werknemers met de overige functies kunnen zowel met stof van grondstoffen als met dat van het eindproduct in contact komen. Het lijkt er dan ook op dat het aandeel endotoxine in het stof afneemt na de verwerking van de grondstoffen tot het eindproduct.

Discussie en conclusies

Zoals al in de inleiding is vermeld is het gepresenteerde overzicht in grote lijnen als representatief te beschouwen voor het overgrote deel van de Nederlandse mengvoederindustrie. De generaliseerbaarheid van uitkomsten van dit onderzoek wordt ondersteund door de constatering dat voor wat betreft de persoonlijke metingen verschillen tussen bedrijven minder duidelijk zijn dan verschillen tussen functiecategorieën. De belasting van werknemers wordt dus in sterkere mate bepaald door het werk dat men doet dan door kenmerken van het bedrijf. Omdat per bedrijf steeds alle produktiemedewerkers even vaak werden bemeaten, zullen de uitkomsten van het onderzoek ook een goede weergave zijn van het over-all beeld in de Nederlandse mengvoederindustrie. Een tweetal groepen werknemers moet echter worden uitgesloten van dit beeld. In de eerste plaats zijn dit de mensen die geen produktiewerk doen, zoals onderhoudspersoneel en storingsmoniteurs. Daarnaast is het personeel van kleine en weinig gemechaniseerde bedrijfjes geen onderwerp van studie geweest.

Uit de resultaten van de stationaire metingen blijkt dat het stof voornamelijk uit de grotere fracties bestaat. De mediane verhoudingen geven aan dat het totaalstof voor slechts 10% bestaat uit de respirabele fractie; de thoracale en inspirabele fractie hebben een groter aandeel. Het geringe aandeel van het respirabele stof geeft aan dat voor een kwantificering van de belasting voor het menselijk lichaam met name de grotere fracties ►

Figuur 4. Histogram van persoonlijk gemeten stof- en endotoxineblootstelling (n = 530)



zelfs meer dan de helft. Slechts voor de bedieningsmedewerkers (functie 3) lag het percentage onder 5%. Een nog zorgelijker beeld ontstaat wanneer de metingen worden gerelateerd aan de Amerikaanse TLV-waarde voor graanstof. Ruim 42% van de metingen lag boven 4 mg/m³ en in de helft van de onderscheiden functies lag meer dan de helft van de metingen daar boven.

Tabel 7 laat soortgelijke gegevens zien voor de endotoxineblootstelling. Omdat voor endotoxine geen MAC- of TLV-waarden bestaan is het percentage 'norm'overschrijdingen gerelateerd aan twee mogelijke grenswaarden: 100 ng/m³, zoals is gesuggereerd als mogelijke grens door een internationale werkgroep (Workinggroup 1985); en 10 ng/m³, een waarde die meer in overeenstemming zou zijn met het no-effect level van 9 ng/m³ dat wordt geschat op basis van een longfunctieonderzoek door Castellán e.a. (1987). Uit tabel 7 blijkt

groep 8 (overige productiefuncties) kan verklaard worden door het zeer uiteenlopende takenpakket van degenen die tot deze groep behoren. Deze hoogste GSD's voor endotoxineblootstelling werden gevonden bij de twee groepen die ook bij de stofblootstelling de meeste spreiding vertoonden. Ten aanzien van de 'norm'overschrijdingen van de endotoxineconcentratie kan worden opgemerkt dat bij een grenswaarde van 100 ng/m³ het percentage overschrijdingen, afhankelijk van de functie, varieerde van 0 tot 22%. Wanneer een norm van 10 ng/m³ werd gehanteerd werden deze percentages aanzienlijk hoger: van 11 tot 71%, terwijl van alle metingen 35% boven deze grenswaarde lag. Overigens zijn de endotoxineconcentraties niet naar analogie van de stofconcentraties gecorrigeerd naar de totaalstof fractie. Wanneer dit wel werd gedaan veranderde het beeld nauwelijks; de percentages 'grenswaarde'overschrijdingen stegen

moeten worden gemeten. Het inspirabelstof, zoals in dit onderzoek voor de persoonlijke blootstelling is gebruikt, lijkt daarom een goede keuze. Totaalstof (in de in Nederland gebruikelijke zin) is voor de belasting van de mens een minder goede maat dan de inspireerbare fractie, omdat bij de eerste een deel niet het nasopharyngale deel van de luchtwegen passeert. Deze laatste overweging speelde in dit onderzoek met name een rol, omdat ook de relatie tussen belasting en effecten op het respiratoire apparaat onderwerp van studie

microbiologische laboratoria werden over het algemeen lagere concentraties gevonden (Smid e.a. 1989). Opvallend is dat de concentraties CFU's een duidelijke correlatie vertoonden met de endotoxineconcentratie. Dit wijst op het bestaan van microbiële activiteit, die deels onafhankelijk is van de hoeveelheid stof. Dat deze microbiële activiteit een eigen plaats heeft wordt bevestigd door de constatering dat de concentratie endotoxine in stof een samenhang lijkt te vertonen met de bewerkingsgraad van het produkt.

als uitgangspunt werd genomen, bleek het aandeel normoverschrijdingen maar liefst 40% te bedragen. Hoewel een aantal functies in dit verband met name een bijdrage leverde, bleek toch voor geen enkele functie normoverschrijdingen uitgesloten.

Een interessante uitkomst van dit onderzoek is dat de persoonlijke blootstelling in veel sterkere mate door de functie bepaald wordt dan door het bedrijf. Dit wijst er op dat binnen deze groep bedrijven de aanzienlijke verschillen in mechanisatiegraad en in implementatie van stofbeperkende maatregelen weinig verband houden met de stofbelasting van de medewerkers. Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat de aard van de werkzaamheden in moderne bedrijven verschilt van die in oudere bedrijven; door het verdwijnen van routinewerkzaamheden gaan stofbelastende taken als het verhelpen van storingen en schoonmaakwerkzaamheden een relatief belangrijker rol spelen.

De mogelijke winst die wordt geboekt door de stofbeperkende maatregelen zou dan door deze taakverschuivingen te niet kunnen worden gedaan. De maatregelen die nodig zijn om een vermindering van de stofblootstelling in de bedrijfstak te realiseren zullen dan ook niet eenvoudig te treffen zijn. Dat maakt ze echter niet minder noodzakelijk.

Tabel 8. Concentratie endotoxine in stof (ng/mg) in persoonlijk gemeten stof

| stoffractie (mg/m ³) | GM | GSD | bereik |
|----------------------------------|-----|-----|-----------|
| losser (69) | 2,9 | 4,3 | 0,1 - 94 |
| kraanmachinist (23) | 4,3 | 3,5 | 0,3 - 130 |
| bedieningsmedewerker (63) | 1,5 | 2,4 | 0,2 - 12 |
| perser (54) | 1,8 | 2,5 | 0,2 - 66 |
| produktiechef (42) | 2,2 | 2,3 | 0,5 - 17 |
| expeditiemedewerker (61) | 2,0 | 4,0 | 0,02-1620 |
| afzakker (20) | 1,1 | 2,8 | 0,07- 7 |
| overige (198) | 2,2 | 3,2 | 0,01- 740 |
| totaal (530) | 2,1 | 3,2 | 0,01-1620 |

GM = geometrisch gemiddelde
GSD = geometrische standaardafwijking

was. De resultaten van dit deel van het onderzoek zullen overigens binnenkort worden gepubliceerd, en zijn nu reeds in de vorm van een verslag beschikbaar (Houba e.a. 1989). De stationaire endotoxinemetingen lieten een soortgelijk beeld zien voor wat betreft de verdeling over de deeltjesgrootte fracties. Zeer opvallend was dat de concentratie endotoxine in het respirabelstof aanzienlijk lager was dan die in de overige fracties. Een verklaring voor dit fenomeen is niet voorhanden.

De schimmels zijn bepaald als kolonievormende deeltjes per hoeveelheid lucht: deeltjes die in staat zijn een kolonie te vormen op een plaat met medium. Omdat een deeltje soms meer sporen kan bevatten wordt de concentratie aan sporen in de lucht met deze methode onderschat. Een correctie hiervoor is met de gebruikte methode niet mogelijk. Een grenswaarde voor het aantal CFU's is niet aan te geven. Wel is duidelijk dat de concentraties enigszins verhoogd zijn ten opzichte van die in andere arbeidssituaties. In een meelfabriek, een gemeentelijk archief en twee

De persoonlijk gemeten stofconcentraties waren aanzienlijk hoger dan men op grond van de ruimtelijke metingen zou verwachten. Een voor de hand liggende oorzaak is dat bij lokale werkzaamheden met hoge stofconcentraties (vegen, storingen verhelpen) de werknemer met zijn monsternamen-set zich doorgaans veel dicht bij de bron van het stof zal bevinden dan een stationaire meetopstelling. Daarnaast is op een aantal plaatsen met zeer hoge stofconcentraties (bijvoorbeeld in een schip met grondstoffen) niet stationair gemeten omdat daar door technische oorzaken geen mogelijkheden voor waren. Duidelijk is in ieder geval dat op grond van stationaire metingen geen conclusies ten aanzien van normoverschrijdingen kunnen worden getrokken. Op basis van persoonlijke metingen kon het aantal overschrijdingen van totaalstof normen worden geschat, als werd gecorrigeerd met de mediane inspireabel/totaalstof verhouding. Een zeer aanzienlijk deel van de persoonlijke stofblootstelling lag boven de grenswaarde voor hinderlijk stof: 25%. Wanneer de Amerikaanse grenswaarde voor graanstof

Nawoord

Dit onderzoek werd verricht in het kader van een opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Naast de blootstelling werden ook de effecten op de longfunctie bestudeerd. Over dat deel van het onderzoek zal binnenkort afzonderlijk worden gepubliceerd. In het licht van de op handen zijnde behandeling van een mogelijke MAC-waarde voor graanstof in de Werkgroep van Deskundigen en de Adviescommissie Grenswaarden is deze informatie van groot belang.

De auteurs bedanken voor hun medewerking allereerst de betrokken werknemers, de bedrijven en de bedrijfsgezondheidsdiensten. Verder zijn wij voor hun waardevolle hulp dank verschuldigd aan Rudolf van der Haar, Hans Marquart, Anita Groenendijk, Mieke Lumens, Tonnie Zweers, Reini Pater, Pieter Versloot en Jos van Hutten en aan de leden van de begeleidingscommissie van het project.

Literatuur

- ACGIH; Treshold limit values 1987. Cincinatti, 1988.
- Arbeidsinspectie; Nationale MAC-lijst 1986. Voorburg, 1986.
- Beumer, H.; Procesbeschrijving van de mengvoederindustrie. De Molenaar, nr. 45, 1984.
- Boleij, J., D. Heederik, H. Kromhout; Karakterisering van blootstelling aan chemische stoffen in de werkomgeving. Pudoc, Wageningen, 1987.
- Castellan, R.M., S.A. Olenchock, K.B. Kinsley, J.L. Hankinson; Inhaled endotoxin and decreased spirometric values. N. Eng. J. Med. 317 (1987), 605-610.
- Heederik, D., R. Brouwer, T. Smid, P. Attwood; Beroepsmatige blootstelling aan endotoxinen. T. Soc. Gezondheidsz. 65 (1987), 414-420.
- Houba, R., D. Heederik, T. Smid; Longfunctieveranderingen door blootstelling aan organisch stof en endotoxine in de Nederlandse mengvoederindustrie. Landbouwniversiteit Wageningen, vakgroepen Gezondheidsleer en Luchthygiëne en -verontreiniging, 1989.
- ISO; Size definitions for particle sampling. Am. Ind. Hyg. Ass. J. 42 (1981) A 64-68.
- Jones, W., K. Moring, P. Morey, W. Sorenson; Evaluation of the Andersen viable impactor for single stage sampling. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 46 (1984), 294-298.
- Kuile, W.M. ter; Vergleichsmessungen mit verschiedenen Geräten zur Bestimmung der Gesamtstaubkonzentration am Arbeitsplatz: Teil II. Staub-Reinhaltung der Luft 44 (1984), 211-216.
- Mengvoeder-enquête 1983-1984; Produktschap voor Veevoeder, Den Haag, 1984.
- Mensink, G.B.M., T. Smid, D. Heederik; Blootstelling aan stof in de mengvoederindustrie in Nederland. Vakgroepen Gezondheidsleer en Luchthygiëne en -verontreiniging. Wageningen, 1989.
- Produktschap voor Veevoeder; Jaarverslag 1986. Produktschap voor Veevoeder, Den Haag, 1987.
- Smid, T., E. Schokking, J.S.M. Boleij, D. Heederik; Enumeration of viable fungi in occupational environments: a comparison of samplers and media. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 50 (1989a), 235-239.
- Smid, T., D. Heederik; Graanstof en gezondheid – een literatuuroverzicht. T. Soc. Gezondheidsz. 67 (1989b), 53-60.
- Staubforschungsinstitut; Empfehlungen zur Messung und Beurteilung von gesundheitsgefährlichen Stauben. Staub-Reinhaltung der Luft 33 (1973), 1-3.
- Vrins, E., P. Hofschreuder; Sampling total suspended particulate matter. Journal of Aerosol Science 14 (1983), 318-321.
- Wal, J.F. van der; Vergleichsmessungen mit verschiedenen Geräten zur Bestimmung der Gesamtstaubkonzentration am Arbeitsplatz. Teil I. Staub-Reinhaltung der Luft 43 (1983), 291-294.
- Working group on work related lung disorders among farmers; Augustus 1985. Kuopio Finland, blz. 11-16.