

Maatregelen ter reductie van microbiële blootstelling:

Een praktijkvoorbeeld in een aardappelverwerkend bedrijf

J.P. Zock, H.J. van Faassen, A. Keunen, D.J.J. Heederik*

Samenvatting

Uit een arbeidshygiënisch onderzoek in een aardappelverwerkend bedrijf bleek dat hoge concentraties Gram-negatieve bacteriën (G-b) en endotoxine voorkwamen op de eerste drie afdelingen van het proces: voorwas, nawas en verwerking. Tijdens een verbouwing van de nawas werden zeven afgedekt, de stand van de sproeiërs gewijzigd en de afstand tussen de nawas en de verwerking vergroot en de opening tussen deze afdelingen afgesloten. Om de effectiviteit van deze maatregelen te evalueren, en om de invloed van het sproeiwater op de ongewijzigde voorwas te onderzoeken, werd een vervolgonderzoek op de drie genoemde afdelingen gedaan. Hieruit bleek dat de persoonlijke endotoxineblootstelling met ongeveer 80% was afgenomen. De stationaire concentraties G-b en endotoxine waren op de nawas en de verwerking met 60-90% afgenomen, en op de voorwas met 5-40%. De bron van microbiële blootstelling op de afdeling voorwas bestond uit het vuil dat met de aardappels werd meegevoerd. Mede hierdoor was er geen specifiek soort sproeiwater aan te wijzen dat duidelijk de laagste concentraties G-b en endotoxine in de lucht met zich meebracht. Uit het onderzoek blijkt dat relatief eenvoudige procestechnologische maatregelen kunnen leiden tot een aanzienlijke reductie van de microbiële blootstelling.

Trefwoorden: microbiële blootstelling, endotoxine, aardappelverwerking, beheersmaatregelen.

Inleiding

In veel arbeidssituaties kan microbiële blootstelling optreden. In de eerste plaats geldt dit voor landbouw en veeteelt, zoals bijvoorbeeld varkenshouderijen [Heederik, 1991; Preller, 1995] en kippenstallen [Thelin, 1984]. Verder kan dit ook plaatsvinden in bedrijven die landbouwproducten verwerken. Dit is onder meer het geval in suikerfabrieken [Forster 1989], mengvoederbedrijven [Smid, 1992], de katoenindustrie [Kennedy, 1987] en de aardappelverwerkende industrie [Dutkiewicz, 1994; Hollander, 1994; Zock, 1995]. Onder microbiële blootstelling wordt niet alleen levende micro-organismen (bacteriën en schimmels) verstaan, maar ook uitscheidings- en afbraakproducten hiervan. Een bekend voorbeeld is endotoxine, dat uit de celwand van Gram-Negatieve bacteriën G-b kan vrijkomen na afsterving van het organisme. Inademing van endotoxine kan leiden tot ontstekingsreacties in de luchtwegen, hetgeen kan resulteren in onder andere klachten van droge hoest en kortademigheid, maar ook systemische effecten die resulteren in griepachtige klachten. Het beheersen van beroepsmatige microbiële blootstelling staat arbeidshygiënisch nog in de kinderschoenen. In de praktijk zijn wettelijke grenswaarden voor microbiële componenten op de werkplek niet voorhanden.

* Afdeling Gezondheidsleer, Landbouwuniversiteit Wageningen, Postbus 238, 6700 AE Wageningen, tel. (0317) 48 20 12.

Summary

An occupational hygiene survey in a potato processing plant showed high concentrations of Gram-negative bacteria G-b and endotoxin on the departments comprising the first process steps: prewash, main wash and processing. During a rebuilding of the main wash, sieves were covered, the spraying angle of the sprinkles was changed, the distance between main wash and processing was enlarged and the open connection between these two departments was closed. To evaluate the effectiveness of these measures, and to investigate the influence of the spraying water on the unchanged prewash, a follow-up study was performed in the three departments mentioned. It appeared that personal endotoxin exposure had decreased with about 80%. Stationary concentrations of G-b and endotoxin had decreased with 60-90% on the main wash and processing, and with 5-40% on the prewash. The source of microbial exposure on the prewash department consisted of the dirt carried with the potatoes. It seemed not possible to indicate a specific type of spraying water that resulted in the lowest concentrations of both G-b and endotoxin in the air. Our study indicates that relatively simple process adaptations can lead to substantial reductions in microbial exposures.

Key words: microbial exposure, endotoxin, potato processing, control measures.

Daarnaast is nog relatief weinig ervaring opgedaan in het ontwikkelen en evalueren van beheersmaatregelen op de werkplek. Arbeidshygiënist die worden geconfronteerd met deze problematiek, kunnen meestal niet verder gaan dan het adviseren van persoonlijke beschermingsmiddelen of van het aanbrengen of aanpassen van een ventilatiesysteem. Uit een arbeidshygiënisch onderzoek bij vier aardappelverwerkende bedrijven [Zock, 1995] bleek dat op veel afdelingen ongewenst hoge concentraties bacteriën en endotoxine in de lucht aanwezig waren. Bij één van deze vier bedrijven was dit met name het geval op de afdelingen 'voorwas', 'nawas' en 'verwerking'. Deze voor een belangrijk deel geautomatiseerde afdelingen vormen de eerste stappen in het proces van aardappelverwerking. De aangevoerde aardappels komen via een waterstroom op de voorwas, waar het ergste vuil wordt weggevoerd, en stenen en loof worden afgescheiden. Er wordt gebruik gemaakt van schudbakken, sproeiërs, zeven en borstels. Vervolgens worden de aardappels via een waterstroom naar de nawas getransporteerd. Hier wordt de rest van het vuil verwijderd, en restanten stenen en loof weggevoerd. Vervolgens gaan de aardappels via een transportband naar de verwerking, waar in een gesloten systeem de uiteindelijke verwerking begint. Bedrijfswater wordt in verschillende stappen gezuiverd en hergebruikt in het proces. De werknemers op de wasserijen voeren voornamelijk controlerende en schoonmaakwerkzaamheden uit.

Uit een analyse van mogelijke aangrijpingspunten voor beheersmaatregelen [Boleij, 1995] ter verlaging van de microbiële blootstelling kwam een aantal mogelijkheden naar voren. In volgorde van arbeidshygiënische hiërarchie waren dat:

- waterstromen aanpassen;
- type schudbakken aanpassen;
- plaatsing van sproeiers t.o.v. wateroppervlak wijzigen;
- afdekken van open bakken en zeven;
- scheiden van werkplekken;
- persoonlijke beschermingsmiddelen toepassen.

In 1994 werd de afdeling nawas verbouwd. Hierbij is rekening gehouden met procestechnologische maatregelen om de microbiële blootstelling terug te dringen. De volgende maatregelen zijn verwezenlijkt:

1. De sproeikoppen op de nawas werden naar beneden gericht, terwijl de sproeikoppen op de ongewijzigde voorwas nog evenwijdig aan waterstroom staan gericht.
2. De zeven die het verwijderde loof versnipperen op de nawas ('snipperzeven') werden afgedekt.
3. De afstand tussen de nawas en de verwerking werd vergroot, en er werd een afscheiding tussen deze twee afdelingen geplaatst.

Na de verbouwing is eind 1994 een vervolgonderzoek uitgevoerd. Het doel hiervan was tweeledig. In de eerste plaats diende de doeltreffendheid van de genomen maatregelen op de nawas en de verwerking te worden geëvalueerd. Daarnaast was de vraag gerezen wat de invloed van het type bedrijfswater was op de concentraties G-b en endotoxine op de ongewijzigde voorwas. Omdat geen MAC-waarden voor G-b en endotoxine bestaan, werden concentraties vergeleken met richtwaarden van 1000 KVE/m³ voor G-b [Nevalainen, 1989] en 50 EU/m³ voor endotoxine [Heederik & Douwes, 1997].

Methoden

Meetstrategie

De metingen voor dit onderzoek vonden plaats in de periode oktober/november 1994. Elke week werd een ander type sproeiwater op de voorwas gebruikt, aangeduid als waswater, kanaalwater en proceswater. Om de effectiviteit van de genomen maatregelen zo goed mogelijk te evalueren, zijn persoonlijke endotoxinemetingen verricht bij werknemers die op de afdelingen voorwas, nawas of verwerking werkten. Daarnaast is een groot aantal stationaire metingen naar Gram-negatieve bacteriën en endotoxine verricht. Om de resultaten van dit onderzoek te kunnen vergelijken met de resultaten van het onderzoek uitgevoerd in 1992, zijn hiervoor meetplaatsen gekozen die zo goed mogelijk overeen kwamen. Daarnaast zijn stationaire metingen uitgevoerd op plaatsen waar werknemers vaak langs moesten lopen en waar tevens hoge concentraties werden verwacht. Om de primaire microbiële verontreiniging van de drie typen water te vergelijken, zijn de gehalten G-b en endotoxine in het water bepaald.

Meet- en analysemethoden

Gram-negatieve bacteriën (G-b) in de lucht zijn gemeten met behulp van de N6-modificatie van de Andersen-sampler [Jones et al, 1985] met voedingsbodems die uit Plate Count Agar (Oxoid, Hampshire, Engeland) met 1 mg/L kristalviolet (Merck, Darmstadt,

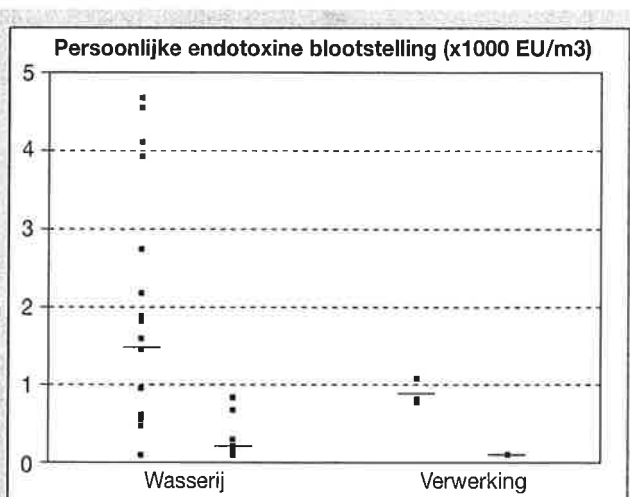
Duitsland) bestonden. Er werd gemonsterd met een aanzuigdebiet van 28,3 L/min. Op elk meetpunt is gedurende 1 minuut een duplo- en een blanco-bepaling uitgevoerd op 1,5 m hoogte. Na incubatie van ongeveer 24 uur bij 37°C werd het aantal kolonies geteld, gecorrigeerd voor de blanco en voor 'multiple hits' [Andersen, 1958], en de concentratie in de lucht berekend als Kolonie Vormende Eenheden per m³ (KVE/m³).

Stationaire en persoonlijke metingen naar endotoxine in de lucht zijn uitgevoerd met PAS 6 monsternemers [Ter Kuile, 1984] in combinatie met Whatman GF/A glasvezelfilters bij een debiet van 2,0 L/min gedurende ongeveer 8 uur. Bij de persoonlijke metingen werd de monsternemer op één van de schouders bevestigd met de aanzuigopening naar beneden gericht. Bij de stationaire metingen werd de monsternemer op 1,5 m hoogte bevestigd, eveneens met de aanzuigopening naar beneden gericht. De filters werden geëxtraheerd en geanalyseerd op endotoxine met een kinetische modificatie van de 'Limulus Amoebocyte Lysate' (LAL) test [Hollander, 1993]. De concentratie in de lucht werd berekend als 'Endotoxin Units' per m³ (EU/m³). Monsters van bedrijfswater werden op verschillende plaatsen van het proces op de voorwas en de nawas genomen, en ook hierin werd volgens internationaal overeengekomen methoden de concentratie endotoxine en G-b bepaald.

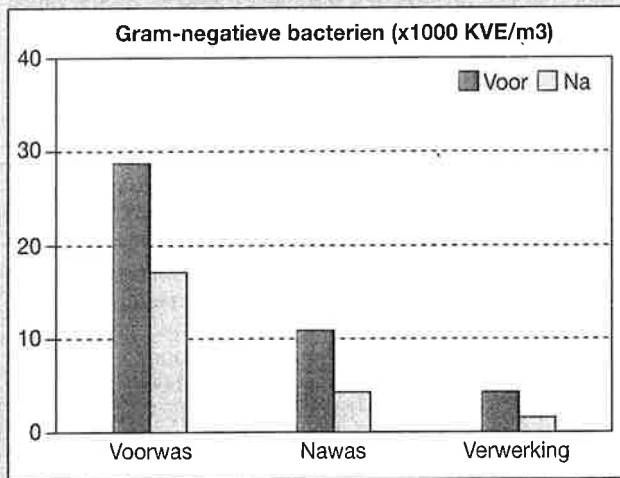
Resultaten

Vergelijking voor en na maatregelen

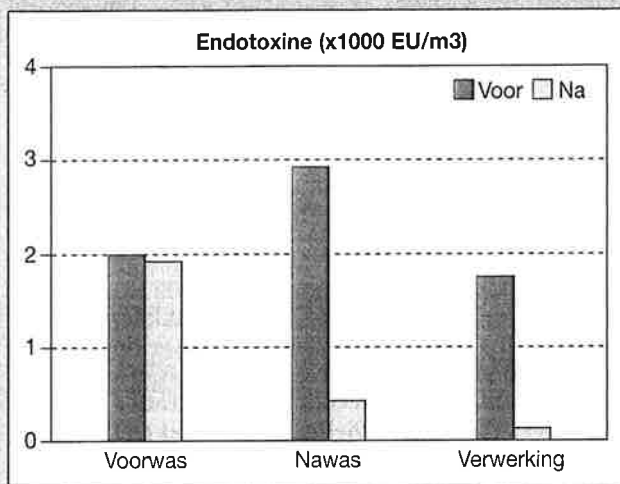
Er zijn 18 persoonlijke endotoxinemetingen bij 14 werknemers verricht. In Figuur 1 staan de resultaten grafisch weergegeven. Op basis van het takenpakket is onderscheid gemaakt in wasserij en verwerking. Voor beide afdelingen staan links de concentraties in het onderzoek uit 1992, en rechts de concentraties in dit onderzoek. Voor beide afdelingen geldt dat de blootstelling met gemiddeld ±80% is afgenomen. Omdat Gram-Negatieve bacteriën (G-b) niet persoonlijk gemeten konden worden, en omdat operators 'wasserij' op zowel de voorwas als de nawas werkzaam waren, staan in Figuren 2 en 3 de stationair gemeten concentraties van respectievelijk G-b en endotoxine weergegeven. Om de vergelijking met de situatie vóór maatregelen (1992) zo goed mogelijk te maken is het geometrisch gemiddelde (GM) genomen van de dagen



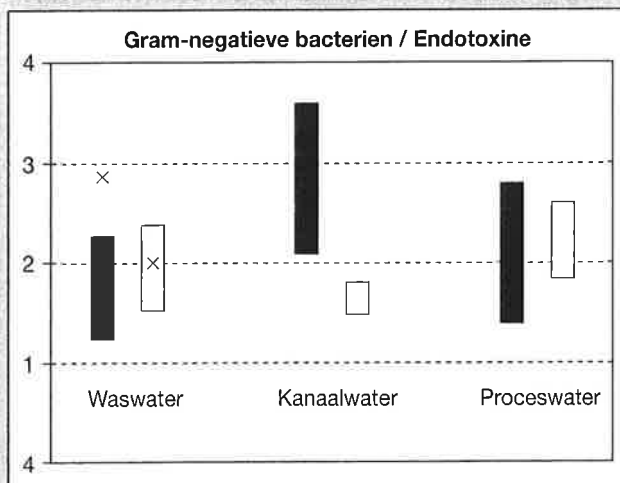
Figuur 1: Persoonlijke endotoxineblootstelling (EU/m³) zowel vóór (1992) als na maatregelen (1994). (— : Geometrisch gemiddelde.)



Figuur 2a: Geometrisch gemiddelde stationaire concentratie Gram-negatieve bacteriën tijdens het gebruik van 'waswater', zowel voor (1992) als na maatregelen (1994).



Figuur 2b: Geometrisch gemiddelde stationaire concentratie endotoxine tijdens het gebruik van 'waswater', zowel voor (1992) als na maatregelen (1994).



Figuur 3: 95% betrouwbaarheidsintervallen van de geometrisch gemiddelde concentratie Gram-negatieve bacteriën (zwart; 10⁴ KVE/m³) en endotoxine (wit; 10³ EU/m³) op de voorwas, ingedeeld naar gebruikt watertype. De kruisjes geven het geometrisch gemiddelde aan zoals gemeten vóór maatregelen (1992).

dat 'waswater' werd gebruikt voor de sproeiërs op de voorwas. Figuur 2a laat zien dat de concentratie G-b op alle afdelingen is afgenomen; op de nawas en verwerking met meer dan 50%. In Figuur 2b is te zien dat op nawas en verwerking de concentratie endotoxine met ±90% is verminderd, terwijl de concentratie op de voorwas gelijk is gebleven. Pearson's correlatiecoëfficiënt tussen de gelogaritmiseerde concentraties G-b en endotoxine bedroeg 0.26 op de voorwas, 0.82 op de nawas en -0.06 op de verwerking.

Vergelijking van drie typen sproeiwater op de voorwas
Om te onderzoeken wat de invloed van het type sproeiwater op de voorwas was op de concentratie G-b en endotoxine, zijn allereerst bepalingen in de drie typen sproeiwater uitgevoerd. De resultaten staan in Tabel 1. Concentraties G-b in 'proceswater' waren niet beschikbaar. De tabel laat zien dat wel wat verschillen bestaan tussen de drie typen water zoals dat uit de sproeiërs komt, maar deze verschillen vallen in het niet vergeleken met de enorme toename van de concentratie na contact met de aardappelstroom.

Per type water werden 16-28 stationaire luchtmetingen van G-b en endotoxine op de voorwas verricht. De resultaten staan in Figuur 3. Per type water staat links het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het GM van de concentratie G-b (zwarte balk) en rechts het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het GM van de concentratie endotoxine (witte balk). De kruisjes geven het GM aan van de concentratie zoals gemeten in 1992. Het gebruik van kanaalwater brengt gemiddeld de laagste endotoxineconcentratie met zich mee. Uit deze figuur is echter geen type water aan te wijzen dat voor zowel G-b als endotoxine de laagste concentratie oplevert.

Discussie

Dit onderzoek laat zien dat relatief eenvoudige proces-technologische maatregelen een substantiële daling van microbiële blootstelling kunnen bewerkstelligen. Het vermijden van overdracht van de verontreiniging (afdekken zeven) en het scheiden van werkplekken (vergroten van afstand en afsluiten van verbinding nawas-verwerking) hebben geleid tot een 90% reductie van de concentratie endotoxine op de nawas en de verwerking. De persoonlijke endotoxineblootstelling van de operators wasserij en verwerking was met 80% gedaald. De operators wasserij brengen ook een deel van de werktijd door op de voorwas, waar de stationaire endotoxineconcentratie niet was afgenomen. De verwerking bestaat uit een gesloten systeem, en in 1992 lag de bron van blootstelling op de nawas, waarvan dan verontreinigde luchtstromen de verwerking konden bereiken.

De nevelvorming die vóór de verbouwing visueel aanwezig was boven de snipperzeven op de nawas is afgenomen. Er was echter nog wel nevelvorming waarneembaar boven de schudzeven. Na dit onderzoek zijn deze ook afgedekt, waardoor de nevelvorming ook hier zichtbaar is afgenomen.

De voorwas was niet aangepast en de concentratie endotoxine bleek nog steeds even hoog. De concentraties G-b op de voorwas bleken echter wel (±40%) te zijn afgenomen. Een verklaring voor deze discrepantie kan moeilijk worden bedacht. Ook de metingen op nawas en verwerking vertoonden enigszins verschillende patronen voor G-b en endotoxine. Het is mogelijk dat het proces waarbij endotoxine vrij kan komen - het afsterven van de bacteriën - anders plaatsvindt bij verschillende procesomstandigheden. Dit wordt bevestigd

Monsterpunt	Gram-negatieve bacteriën (10 ³ KVE/mL)		Endotoxine (10 ³ EU/mL)		
	Waswater	Kanaalwater	Waswater	Kanaalwater	Proceswater
Sproeiers voorwas	0.5	4	17	0.1	5.5
Sproeiers nawas	46	—	0.5	0.03	0.08
Transportwater aardappels voorwas	2505	1650	27	28	76
Idem, na sproeiproces	—	2070	—	18	—
Transportwater voorwas→nawas	2093	2518	21	45	66
Transportwater aardappels nawas	980	1110	22	21	59
Afvalwater voor hergebruik	1035	228	12	4.6	—

Tabel 1: Concentraties Gram-negatieve bacteriën en endotoxine in bedrijfswater, ingedeeld naar watertype zoals gebruikt op de voorwas.

door de veel lagere correlatie tussen G-b en endotoxine op voorwas en verwerking, vergeleken met de nawas. Er is onderzocht of het gebruikte type sproeiwater op de voorwas van invloed was op de concentraties G-b en endotoxine. In het bedrijfswater waren de concentraties G-b en endotoxine enigszins verschillend tussen de drie typen, maar telkens laag. Nadat dit water in contact was gekomen met de aardappels, bleek de microbiële verontreinigingsgraad van het water sterk te zijn gestegen. Dit impliceert dat de bron van de microbiële blootstelling niet het water zelf is, maar het vuil (voornamelijk restanten grond) dat met de aardappels wordt meegevoerd. Een andere factor van invloed kan de druk zijn geweest waarmee het water uit de sproeiers komt; een hogere druk leidt waarschijnlijk tot meer verneveling.

Op een afdeling eindafwerking van een ander aardappelverwerkend bedrijf bleek dat de temperatuur van het bedrijfswater van invloed was op de concentratie G-b en endotoxine [Zock, 1995]. Hieruit werd geconcludeerd dat verlaging van de temperatuur om bacteriegroei te remmen, een mogelijke beheersmaatregel zou zijn. Er zijn ook andere mogelijkheden om bacteriegroei in bedrijfswater te remmen. Het toevoegen van biociden, zoals bijvoorbeeld toegepast in een sanitairpapierfabriek [Heederik, 1987], is in dit bedrijf waar voedingsmiddelen worden gemaakt, niet mogelijk. Bestraling van het water, middels gamma- of ultraviolet straling, is te duur en gezien de enorme volumina praktisch niet haalbaar. Uit deze studie blijkt dat ook zonder dit soort ingrijpende maatregelen een substantiële reductie kan worden bereikt. Wel moet worden opgemerkt dat ook na maatregelen de heersende concentraties G-b en endotoxine nog boven gezondheidskundige richtwaarden liggen van respectievelijk 1000 KVE/m³ en 50 EU/m³.

Hoewel het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen de laagste prioriteit heeft en zoveel mogelijk moet worden vermeden, kan gebruik hiervan tijdens bepaalde werkzaamheden waarbij hoge blootstellingen kunnen worden verwacht, zoals schoonmaak en onderhoud, gewenst zijn. Eigen onderzoek heeft aangetoond dat, mits regelmatig vervangen, een halfgelaatsmasker met een P3 filter een aanzienlijk deel van het endotoxine bevattend stof tegenhoudt.

Literatuur

- Andersen, A.A. New sampler for the collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. *J. Bacteriol.* 76 (1958) 471-84.
- Boleij, J.S.M., Buringh, E., Heederik, D., et al. *Occupational Hygiene of Chemical and Biological Agents*. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1995.
- Dutkiewicz, J. Bacteria, fungi and endotoxin as potential agents of occupational hazard in a potato processing plant. *Am. J. Ind. Med.* 25 (1994) 43-6.
- Forster, H.W., Crook B., Platts B.W., et al. Investigation of organic aerosols generated during sugar beet slicing. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 50 (1989) 44-50.
- Heederik, D., Burdorf, L., Boleij, J., et al. Pulmonary function and intradermal tests in workers exposed to soft-paper dust. *Am. J. Ind. Med.* 11 (1987) 637-45.
- Heederik, D., Brouwer R., Biersteker, K., et al. Relationship of airborne endotoxin and bacteria levels in pig farms with the lung function and respiratory symptoms of farmers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 62 (1991) 595-601.
- Heederik, D., Douwes, J. Towards and occupational exposure limit for endotoxins? *Ann. Agric. Environ. Med* 4 (1997) 17-9.
- Hollander, A., Heederik, D., Versloot, P., et al. Inhibition and enhancement in the analysis of airborne endotoxin levels in various occupational environments. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 54 (1993) 647-53.
- Jones, W., Morring, K., Morey, Ph., et al. Evaluation of the Andersen viable impactor for single stage sampling. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 46 (1985) 294-8.
- Kennedy, S.M., Christiani D.C., Eisen E.A., et al. Cotton dust and endotoxin exposure-response relationships in cotton textile workers. *Am. Rev. Respir. Dis.* 135 (1987) 194-200.
- Ter Kuile, W.M. Vergleichungsmessungen mit verschiedenen Geräten zur Bestimmung der Gesamtstaubkonzentration am Arbeitsplatz - Teil II. *Staub Reinhalt. Luft* 44 (1984) 211-6.
- Nevalainen, A. Bacterial aerosols in indoor air. (1989) National Public Health Institute, Helsinki, Finland.
- Preller, L., Heederik D., Boleij, J.S.M., et al. Lung function and chronic respiratory symptoms of pig farmers: focus on exposure to endotoxins and ammonia an use of disinfectants. *Occup. Environ. Med.* 52 (1995) 654-60.
- Smid, T., Heederik, D., Mensink, G., et al. Exposure to dust, endotoxin and fungi in the animal feed industry. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 53 (1992) 362-8.
- Thelin, A., Tegler, O. & Rylander, R. Lung reactions during poultry handling related to dust and bacterial endotoxin levels. *Eur. J. Respir. Dis.* 65 (1984) 266-71.
- Zock, J.P., Heederik, D. & Kromhout, H. Exposure to dust, endotoxin and micro-organisms in the potato processing industry. *Ann. Occup. Hyg.* 39 (1995) 841-54.