

BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN EN HET VOORKOMEN VAN KLACHTEN BIJ WERKNEMERS VAN RIOOLWATER- ZUIVERINGSINSTALLATIES



RAPPORT

2004

41

BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN EN HET VOORKOMEN VAN KLACHTEN
BIJ WERKNEMERS VAN RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIES

RAPPORT

2004

41

ISBN 90.5773.273.4



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 62 30 500 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

COLOFON

Utrecht, 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

AUTEURS, UITVOERING EN ANALYSES

Drs. S. Spaan, IRAS

Ir. L. Smit, IRAS

M.J. Visser, IRAS

Ir. H.J.J.M. Arts, ArboProfit

Dr. Ir. I.M. Wouters, IRAS

Prof. Dr. Ir. D.J.J. Heederik, IRAS

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Ing. R. van den Berg, voorzitter (Hoogheemraadschap van Schieland)

Ing. A.C. Besems (Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid)

Ing. J.W. Brouns (Waterschapsbedrijf Limburg)

Ir. P. Eckstein (Unie van Waterschappen)

J. Groenewegen van der Weide, bedrijfsarts (Arbo-Unie Zuid-West)

Ing. J.J. Jonk (Waterschap Brabantse Delta)

Ing. M.J.J. van Stee (Waterschap Zeeuwse Eilanden)

Ir. C.A. Uijterlinde (STOWA)

FOTO'S

Passieve monsternamen: Ir. H.J.J.M. Arts

Omslag en praktijkproeven: M.J. Visser

Aanvullend onderzoek: Drs. S. Spaan

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2004-41
ISBN nummer 90.5773.273.4

TEN GELEIDE

Blootstelling aan biologische agentia tijdens het werk staat in toenemende mate in de belangstelling. Een belangrijke aanzet daarvoor is de wet- en regelgeving op het gebied van Legionella geweest en in het kielzog daarvan de wet- en regelgeving voor endotoxinen. Korte tijd is voor blootstelling aan endotoxinen een MAC-waarde van kracht geweest. Deze MAC-waarde is echter weer door het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid ingetrokken. De belangrijkste reden daarvoor was dat het voldoen aan deze MAC-waarde in een aantal sectoren vanuit praktisch / economisch oogpunt niet haalbaar zou zijn. Bij het intrekken van de MAC-waarde is bepaald dat in sectoren / branches waar blootstelling aan endotoxinen mogelijk tot gezondheidsproblemen leidt, de aard en omvang van deze problemen geïnventariseerd moet worden. Aan de hand van deze inventarisatie moet een Plan van Aanpak op branche- en bedrijfsniveau worden opgesteld.

Door STOWA is in 2002 een onderzoek uitgevoerd, waarbij is nagegaan of er op rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) bronnen van endotoxinen zijn. Uit dit onderzoek is gebleken dat deze op rwzi's aanwezig zijn. Uit deze bronnen kunnen endotoxinen vrijkomen in concentraties waarbij gezondheidseffecten tot de mogelijkheden behoren. De in de praktijk voorkomende gemiddelde dagblootstelling van medewerkers aan endotoxinen is in dat eerste onderzoek *niet* vastgesteld. Op basis van de uitkomsten van het eerste onderzoek en de verplichting op brancheniveau de blootstelling en mogelijke gezondheidseffecten in kaart te brengen, is door STOWA besloten een vervolgonderzoek uit te laten voeren.

Door het uitvoeren van dit onderzoek en op basis van de bevindingen die in dit rapport zijn verwoord, heeft de branche voldaan aan eis die het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid op dit gebied heeft gesteld. Maatregelen op brancheniveau zijn, blijkens dit onderzoek, niet noodzakelijk. Het voornemen bestaat om dit in een gesprek met het ministerie gezamenlijk vast te stellen.

Voor de afzonderlijke waterschappen biedt dit rapport voldoende aanknopingspunten om de medewerkers die blootstaan aan endotoxinen een reëel beeld te geven over de aard en omvang van de risico's. Daarnaast kan een aantal maatregelen getroffen worden om, daar waar nodig, de blootstelling te reduceren.

Utrecht, januari 2005

De directeur van STOWA,
Ir. J.M.J. Leenen

SAMENVATTING

ACHTERGROND

Werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) kunnen worden blootgesteld aan een groot aantal biologische agentia, waaronder endotoxinen. Endotoxinen zijn onderdeel van de celwand van Gram-negatieve bacteriën, welke bijna altijd aanwezig zijn in organisch stof en zich (ook) kunnen binden aan aërosolen. Endotoxinen zijn meetbaar wanneer voldoende bacteriële groei is opgetreden en komen vrij wanneer de cel sterft.

Blootstelling aan endotoxinen is in verschillende onderzoeken gerelateerd aan het voorkomen van klachten. Endotoxine is een van de eerste van de biologische agentia waarvoor een Maximale Aanvaarde Concentratie (MAC-waarde) is voorgesteld. Deze MAC-waarde is nog niet van kracht, maar branches welke met blootstelling aan endotoxinen te maken hebben zijn verplicht een Plan van Aanpak op te stellen waarin wordt aangegeven hoe de branche de (mogelijke) endotoxinen-problematiek gaat aanpakken.

AANLEIDING EN VOORGESCHIEDENIS

Het STOWA-onderzoek "het voorkomen van endotoxinen op rwzi's" is uitgevoerd om bronnen van endotoxinen-blootstelling in kaart te brengen, om zo na te gaan of blootstelling aan endotoxinen een factor is waar door beheerders en medewerkers van rwzi's rekening moet worden gehouden. Daaruit bleek dat werkzaamheden waarbij werknemers met slib in aanraking kunnen komen, schoonmaakwerkzaamheden, en de mate van aërosolvorming van invloed kunnen zijn op de blootstelling van werknemers aan endotoxinen. Naar aanleiding van dat onderzoek is het huidige onderzoek opgezet. Dit project bestaat uit de volgende onderdelen:

- het kwantificeren van de persoonlijke blootstelling aan endotoxinen van werknemers van rwzi's;
- het onderzoeken van een aantal verschillende aspecten van (mogelijke) blootstelling aan endotoxinen op rwzi's (praktijkproeven);
- het uitproberen van een nieuwe meetmethode voor het meten van endotoxinen: passieve monsternamen;
- een globale inventarisatie van mogelijke gezondheidseffecten bij deze groep werknemers.

RESULTATEN

Blootstellingsmetingen

Er zijn persoonlijke, ruimtelijke, taakgerichte en modelmatige metingen uitgevoerd. Verder zijn er vragenlijsten afgenomen bij de werknemers van een aantal rwzi's. Uit de blootstellingsmetingen blijkt dat de blootstelling aan endotoxinen op rwzi's over het algemeen laag is, met uitzondering van een beperkt aantal metingen die hogere niveaus laten zien. Er zijn duidelijke verschillen in blootstelling tussen functies en werkzaamheden, maar in geen van de gevallen is de gemiddelde blootstelling hoog. Slechts 0,3% van de persoonlijke blootstellingsmetingen overschrijdt de voorgestelde MAC-waarde van 200 EU/m³ en slechts 3,7% van deze metingen is boven de gezondheidskundige advieswaarde van 50 EU/m³. Deze percentages liggen iets hoger voor de ruimtelijke metingen, waaruit blijkt dat de 'bronnen' van blootstelling wel degelijk voorkomen en voor een hogere blootstelling (kunnen) zorgen.

maar door de relatief korte verblijftijd van werknemers in deze ruimtes is de invloed op de blootstelling van de werknemers, gemeten over een gehele werkdag, niet zo groot.

De lage persoonlijke blootstelling zoals gevonden in dit onderzoek komt overeen met de resultaten van andere onderzoeken. Ook in eerdere studies in Nederland, en buitenlandse studies bleek de gemeten blootstelling ook laag te zijn, hoewel er ook een groot aantal, voornamelijk Scandinavische, studies is waar de gevonden concentraties duidelijk hoger liggen. Waardoor de verschillen worden veroorzaakt is niet onderzocht, maar mogelijk bestaan verschillen in (wijze van) overkapping van bepaalde procesonderdelen en ventilatie. De spreiding in de persoonlijke blootstelling wordt voor circa twee-derde verklaard door verschillen die van dag tot dag voorkomen in de blootstelling van personen. Circa één-derde van de spreiding wordt verklaard door werkelijke verschillen tussen personen. De weersomstandigheden zijn verantwoordelijk voor een belangrijk deel van de dag-tot-dag variatie. De verschillen tussen werknemers hangen vooral samen met de installatie (en alle mogelijke kenmerken die daar onder vallen) en functie of functiecategorie.

PRAKTIJKPROEVEN NAAR INVLOED VAN BEPAALDE HANDELINGEN EN WERKWIJZE OP DE BLOOTSTELLING

De praktijkproeven wijzen uit dat (schoonmaak)werkzaamheden invloed hebben op de gemeten blootstelling. Werkzaamheden waarbij gebruik wordt gemaakt van effluent, het ontbreken van goede ventilatie en het gebruiken van hoge druk (door middel van een dichte spuitmond van een brandslang) tijdens spuitwerkzaamheden dragen bij aan een significant hogere blootstelling. Het gebruik van bijvoorbeeld breekwater of oppervlaktewater, een goed functionerende ruimteventilatie of met lage druk spuiten resulteert in een lagere blootstelling. Deze resultaten zijn ook een leidraad voor het treffen van beheersmaatregelen om de endotoxinenblootstelling waar dat noodzakelijk is te reduceren.

PASSIEVE MONSTERNAME

Er is gebleken dat met gebruikmaking van de passieve monsternamemethode, zoals is getest in deze studie, het ook mogelijk is om endotoxinen te meten. De correlatie tussen de endotoxinenconcentraties van de actieve monsternamemethode met filters en pompjes en de passieve methode was redelijk goed. Wel moet de bruikbaarheid in de praktijk nog verder worden uitgewerkt.

GEZONDHEIDSKLACHTEN

Onder werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties worden diverse symptomen gerapporteerd die mogelijk met het werk op een rwzi in verband staan, zoals pijn in de gewrichten, griepachtige klachten die worden samengevat met de term 'Organic Dust Toxic Syndrome' (ODTS) en diarree. Er worden drie verschillende clusters van met elkaar correlerende symptomen onderscheiden:

- systemische en griepachtige symptomen
- symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie
- symptomen van de bovenste luchtwegen.

Deze drie clusters verklaren een substantieel deel van de variantie in het voorkomen van klachten. De gevonden klachten en clusters van klachten komen overeen met resultaten uit ander, nationaal en internationaal, vragenlijstonderzoek onder werknemers van rwzi's dat in het verleden is gedaan.

Bij het vergelijken van het voorkomen van luchtwegklachten van rwzi-medewerkers met een steekproef uit de algemene bevolking worden astma, hoesten, slijm ophoesten en kortademigheid in rust significant vaker gerapporteerd door de rwzi-medewerkers. Wakker

worden door een hoestbui of met een gevoel van beklemming op de borst kwam juist minder vaak voor bij rwzi-medewerkers dan bij de algemene bevolking.

Ondanks de lage gemeten blootstelling in dit onderzoek bleek het vóórkomen van klachten gerelateerd te zijn aan de endotoxinenblootstelling. Met name met een endotoxinenblootstelling hoger dan 50 EU/m³. Determinanten als schoonmaakwerkzaamheden, werkzaamheden met influent, roostergoed of slib, en eten of drinken tijdens werkzaamheden zijn ook geassocieerd met het voorkomen van klachten. Deze bevinding laat zien dat microbiële agentia zoals endotoxinen en (mogelijk pathogene) bacteriën een rol spelen bij het ontstaan van deze werkgerelateerde symptomen. Gezien de lage blootstellingsniveaus lijkt het niet waarschijnlijk dat alleen endotoxine de oorzaak van alle klachten is. Endotoxine in de lucht moet wellicht meer worden gezien als een relatief goed meetbare indicator van de algemene microbiële blootstelling. Aanvullende metingen lieten ook zien dat op verschillende plaatsen in het proces Gram-negatieve en Gram-positieve bacteriën en schimmels in verhoogde mate voorkwamen. De concentraties zijn licht verhoogd ten opzicht van de achtergrondniveaus. Aanvullende metingen met verschillende analysemethoden (viable metingen, LAL-assay, GC-MS en Fluorescentie Microscopie) lieten zien dat de aanwezigheid van diverse micro-organismen op rwzi's waarschijnlijk interfereert met de LAL-assay. In deze specifieke situatie wordt de blootstelling in beperkte mate door de LAL-assay overschat. De overschatting is beperkt, maar in deze specifieke situatie wel van belang omdat de absolute niveaus aan endotoxine laag zijn.

CONCLUSIES

Over het algemeen is de persoonlijke blootstelling aan endotoxinen van werknemers op rioolwaterzuiveringsinstallaties laag. Er zijn een aantal werkzaamheden die een hogere blootstelling met zich meebrengen (zoals schoonmaakwerkzaamheden), en ook een aantal ruimten (zoals de slibontwatering en het roostergoed) die een verhoogde blootstelling laten zien. Over het algemeen zijn de gevonden concentraties ruim onder de voorgestelde MAC-waarde van 200 EU/m³. Uit een aantal praktijkproeven blijkt dat de blootstelling goed beheersbaar is door de volgende maatregelen:

- het zo min mogelijk gebruiken van effluent bij (schoonmaak)werkzaamheden waarbij werknemers zich in de buurt bevinden
- het vermijden van het gebruik van hoge druk
- het plaatsen van goed functionerende ruimteventilatie.

Het vragenlijstonderzoek toont dat er ondanks de lage endotoxinenconcentraties wel klachten en klachtenclusters voorkomen. Deze zijn gerelateerd aan de blootstelling aan endotoxinen. Endotoxine moet worden gezien als een merker voor algemene microbiële blootstelling. De gecombineerde blootstelling aan micro-organismen en hun componenten (waaronder endotoxine) is naar alle waarschijnlijkheid verantwoordelijk voor het voorkomen van klachten. Blootstellingreducerende maatregelen, zoals bovengenoemde, in combinatie met een goede persoonlijke hygiëne en voorlichting zijn belangrijke instrumenten om klachten als gevolg van deze blootstelling te beheersen en te voorkomen.

AANBEVELINGEN

Aanbevelingen voor de beheerders en medewerkers van rwzi's:

- Het is aan te bevelen om maatregelen te treffen om het vrijkomen van endotoxinen bij enkele specifieke werkzaamheden te beperken. Hierbij wordt gestreefd naar beperking van de blootstelling door de bron, daarna naar afschermen van de overdrachtsweg en als laatste optie door het verstrekken van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) aan de werknemer.

- In ruimtes waar aërosolisatie van slib, influent en/of effluent plaats kan vinden is het plaatsen van geforceerde ventilatie een manier om de blootstelling aan endotoxinen te verlagen.
- Het afdekken en/of omkappen van bronnen van blootstelling is een manier om de blootstelling aan endotoxinen te verminderen.
- Het informeren van medewerkers over het effect van het gebruik van hoge druk tijdens schoonmaakwerkzaamheden. Het (inpandig) gebruik van schoonmaakapparatuur, waarbij een combinatie van hoge druk en effluent wordt gebruikt, wordt afgeraden.
- Het inpandig gebruik van effluent voor schoonmaakwerkzaamheden wordt afgeraden. Het gebruik van effluent in de buitenlucht is minder bezwaarlijk. Verder is het opstellen van een protocol voor het inpandig werken met effluent wenselijk. Het bewust omgaan met de risico's door de werknemers maakt de situatie ook meer beheersbaar.
- De verblijftijd van werknemers in (de buurt van) 'probleemgebieden' waar ze blootgesteld kunnen worden aan slib en/of aërosolen verminderen is ook een manier om eventuele blootstelling te verminderen.
- De medewerkers van rwzi's een reëel inzicht geven in de gevaren van blootstelling aan endotoxinen en de werkzaamheden waarbij blootstelling aan endotoxinen beperkt moet worden. Bewustwording van de situatie is belangrijk bij het beschermen van de werknemers, bijvoorbeeld door het plaatsen van signaalbordjes en het geven van voorlichting over de risico's van bepaalde handelwijzen.
- Door middel van een goede hygiëne en 'good housekeeping' kan er voor worden gezorgd dat de werknemers niet (onbewust) hoger worden blootgesteld. Dit kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd door de aanwezigheid van omkleedruimtes en het nadrukkelijk verzoeken dat medewerkers zich omkleden op het werk, het ter beschikking stellen van bedrijfskleding, het wassen van de bedrijfskleding door de installatie en het voorschrijven dat er alleen in de kantine gegeten en/of gedronken mag worden.
- Indien het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) waaronder adembescherming tijdens bepaalde werkzaamheden een vereiste is, is het van belang dat de PBM standaard aanwezig zijn op die locatie. Ook is het belangrijk dat de PBM hygiënisch kunnen worden opgeborgen, een goede instructie over het gebruik van PBM aan de werknemers wordt gegeven, en dat het gebruik van PBM in werkinstructies en/of protocollen wordt opgenomen.

AANBEVELINGEN VOOR DE BRANCHE/SECTOR

- Dit onderzoek kan worden gezien als branche brede inventarisatie zoals door de overheid wordt gevraagd uit te voeren in het kader van het actieplan endotoxinen. In verband hiermee zal de overheid op de hoogte worden gebracht van de uitkomsten en de aanbevelingen die uit dit onderzoek voortvloeien. Uitgebreid onderzoek op het niveau van individuele waterzuiveringsinstallaties lijkt hiermee niet noodzakelijk.
- Aan de hand van de in dit onderzoek gebruikte vragenlijst kan een PAGO-lijst worden ontwikkeld, wat als een hulpmiddel voor Arbodiensten en de waterschappen kan dienen.

ALGEMENE AANBEVELINGEN

- Alle maatregelen die op het gebied van endotoxinen worden genomen, moeten in het juiste kader worden geplaatst. Er is sprake van blootstelling, maar de gemeten concentraties geven geen reden om ernstige endotoxine-gerelateerde gezondheidsproblemen te verwachten binnen de gangbare takenpakketten op rwzi's.

- Bij een bepaald aantal specifieke handelingen wordt naar een beperking van de endotoxinenblootstelling gestreefd, zoals bij schoonmaakwerkzaamheden in de slibontwatering en het in pandig gebruik van effluent bij (schoonmaak)werkzaamheden.
- Het vóórkomen van klachten van medewerkers die in verband worden gebracht met blootstelling aan endotoxinen kan een indicatie zijn van een gezondheidskundig onwenselijke situatie. Wanneer deze klachten in verband worden gebracht met bepaalde werkzaamheden en maatregelen worden genomen, kunnen deze klachten wellicht in de toekomst worden voorkomen.
- Het indicatief monitoren van de endotoxinenblootstelling bij specifieke werkzaamheden en/of bij verhoogd gevoelige individuen is wenselijk.

SUMMARY

BACKGROUND

Workers of sewage treatment plants can be exposed to a wide range of biological agents, including endotoxins. Endotoxins are an integral part of the cell wall of Gram negative bacteria, which are ubiquitous and present in organic dust or organic dust aerosols. Endotoxins are measurable after lysis of the cell and release into the environment.

Exposure to endotoxins has been related to respiratory and systemic symptoms. Endotoxins are among the first biological agents for which exposure standards have been proposed, including a Health Based Recommended Exposure Limit (HBROEL) by the Dutch Health Council of 50 EU/m³. The Socio-economic council proposed a MAC Value of 200 EU/m³ based on this HBROEL. This proposed value has not been implemented. However, industries with exposure to endotoxins have to develop plans in which it is described how potential exposure and resulting health risks will be dealt with.

EARLIER STUDIES

STOWA has initiated an earlier study that focused on the identification of potential sources of endotoxin exposure in sewage treatment plants. The aim was to evaluate whether exposure might occur and if exposure risks might be present for the workers in these installations. Conclusions of this study were that contact with sewage and contact with aerosols from certain processes (cleaning, sludge dewatering, etc.) could be associated with increased exposure risks. This study was started to evaluate the actual exposure risk for workers involved in specific activities and has the following elements:

quantification of personal exposure to endotoxins of employees from sewage treatment plants;

- field testing of different cleaning and exposure control regimes;
- evaluation of the use of passive sampling device for measurement of endotoxin in the work environment air;
- inventory of respiratory and systemic symptoms in a sample of sewage treatment plant workers.

RESULTS

Exposure measurements

Personal and environmental (eight hour and task based) measurements have been conducted. The exposure measurements show that the endotoxin exposure on sewage treatment plants is in general relatively low with the exception of a few tasks that can be associated with somewhat higher exposure levels. Only 0.3% of the measurements were above the proposed MAC value of 200 EU/m³ and 3.7% of the measurements were above the HBROEL of 50 EU/m³. These percentages were somewhat higher than those observed for the stationary samples, which indicate that exposure sources are present in different working environments. This can lead to elevated exposure levels. However, workers are present in these environments only for a short period of time, and the contribution to their eight hour averaged exposure is therefore small.

The low personal exposure levels are in agreement with observations by others. Earlier studies in the Netherlands and abroad suggested relatively low exposure levels, although some studies, especially from Scandinavian countries, do suggest higher levels. The reasons for

these differences are not clear, although differences in processes and exposure control technology may well contribute to these differences in exposure.

The variability in exposure can be explained for two thirds by day-to-day variability in exposure. Only one third reflects systematic differences between workers. The day-to-day variability is to a large extent related to meteorological conditions that influence the exposure during performance of outdoor tasks. Differences between workers are explained by differences in between process installations and all aspects that related to that, and job title.

FIELD EXPERIMENTS

The field experiments suggest that cleaning activities influence the worker's exposure to a large extent. Activities that make use of effluent, absence of proper ventilation and the use of high-pressurized cleaning devices during cleaning with water contribute to a statistically significantly higher exposure. The use of surface water from rivers and canals, proper ventilation and use of low pressure are associated with lower exposure levels. These results give some guidance with regard to the exposure control options that are available to reduce the exposure.

PASSIVE SAMPLING

The passive sampler can be used to measure endotoxin in the work environment. The correlation between conventional active samplers that make use of a pump and the passive sampler was reasonably good. More experience with this sampler is required before it can be used under practical conditions.

RESPIRATORY AND SYSTEMIC SYMPTOMS

Workers from sewage treatment plants have a higher prevalence of symptoms that might be worker related. Symptoms indicative of the 'Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS)' like joint pains, flue like symptoms are observed regularly. Also diarrhea is reported more frequently. Several clusters of correlated symptoms could be observed:

- systemic and flue like symptoms
- symptoms of the lower airways and skin irritation
- symptoms of the upper airways

These three clusters explained a substantial part of the variability in responses. These clusters have also been observed in earlier studies in the Netherlands and abroad.

In a comparison of workers from sewage treatment plants with a sample from the Dutch general population it appeared that asthma, chronic (productive) cough, and shortness of breath were reported more often by the sewage treatment workers. These symptoms were associated with the measured exposure, despite the low exposure levels. Especially an exposure above 50 EU/m³, involvement in cleaning activities, exposure to sewage and consumption of foods and drinks in the work environment were associated with the reported symptoms. These findings show that endotoxin exposure and possibly other microbial agents, including pathogenic bacteria, may be associated with the observed work related symptoms. It seems unlikely that endotoxin is the sole cause of these symptoms, because of the low exposure levels observed. Endotoxin is probably a good marker for the overall exposure to microbial agents. Additional measurements showed that Gram-positive and negative bacteria as well as moulds were present in the working environment. Additional measurements using viable sampling equipment, GC-MS analysis of dust samples and fluorescence microscopy suggest that the presence of these other organisms interfere with the LAL assay, which was used in this study to quantify the exposure levels. It seems that the exposure is overes-

timated by the LAL assay. The overestimation is limited but noticeable given the low overall exposure levels in these environments.

CONCLUSIONS

Personal exposure to endotoxins is low in sewage treatment plants. Some tasks are associated with elevated exposure levels (like cleaning, dehydration of sewage, etc.). Exposure levels were generally below the recommended MAC value of 200 EU/m³. Field experiments suggest that the exposure can be reduced and controlled by taking some measures:

- limit the use of effluent
- avoid using high pressure water spraying equipment
- use of adequate general ventilation.

The questionnaire survey has shown that symptoms occur despite the low endotoxin levels. It is remarkable that these symptoms are associated with the measured exposure levels. It seems likely that endotoxin is a marker for exposure to microbial agents. Furthermore, endotoxin is not (only) responsible for the symptoms observed. Combined exposure to endotoxins and other microbial agents is the most likely explanation for the observed findings. Exposure reducing measures, as those described above, in combination with good hygiene practices, seem the instruments to reduce potential health risks for the workers in these environments.

RECOMMENDATIONS

For managers and workers of sewage treatment plants:

- potential hot spot are the sludge dewatering and the debris removal area
- use of effluent inside buildings and facilities should be discouraged. Use in the outdoor environment is less problematic, although specific protocols are required that describe the use of effluent and the conditions under which use is acceptable. Good housekeeping and good practices approaches should be developed and implemented;
- measures should be taken to reduce exposure at some specific hot spots;
- in areas where aerosolization occurs ventilation controls should be implemented to reduce source strength or exposure.
- Covering and shielding of sources can in some cases contribute to reduced exposure levels.
- employees should be informed about potential health risks associated with occupational exposure to endotoxins. Awareness of potential health risks is a first step in prevention;
- Use of personal protective equipment (PPE) should be required during some activities. Proper maintenance and cleaning of PPEs is required and deserves more attention;

RECOMMENDATIONS FOR THE SECTOR AT LARGE

- This study can be seen as a branche wide inventory, which was requested by the Dutch government within the framework of the action plan endotoxins. The responsible health and safety bodies like the labor inspectorate will be informed about the results and the recommendations of this study. Extended research at the level of individual sewage treatment plants seems not necessary.
- The specific health questionnaire as used in this study is available and will be brought under the attention of the water boards and work and health services

GENERAL RECOMMENDATIONS

- All measures relevant for endotoxin exposure need to be put in perspective. Exposure levels are low, and there are no immediate apparent health risks for the workers;
- The presence of symptoms among groups of workers should be considered as an important sign of a potential undesirable situation. These symptoms can be prevented when relationships with specific activities have been identified.
- Indicative monitoring of endotoxin exposure is useful under specific circumstances and among high-risk categories of workers.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstututen en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, znodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

INHOUD

TEN GELEIDE
SAMENVATTING
SUMMARY
STOWA IN HET KORT

1	ALGEMENE INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Endotoxinen	2
1.3	Effecten van blootstelling aan endotoxinen	3
1.4	Beroepsmatige blootstelling aan endotoxinen	4
	1.4.1 Algemeen	4
	1.4.2 Blootstelling aan endotoxinen op rwzi's	4
1.5	Aërosolvorming en contact met slib op rwzi's	5
	1.5.1 Het zuiveringsproces	5
	1.5.2 Contact van werknemers van rwzi's met aërosolen en slib	7
1.6	Maximale Aanvaarde Concentratie (MAC-waarde)	8
1.7	Doelstelling en opzet van huidige onderzoek	8

2	MATERIAAL & METHODE	11
2.1	Onderzoekspopulatie	11
2.2	Opzet expositieonderzoek	11
2.2.1	Persoonlijke blootstellingsmetingen	11
2.2.2	Ruimtelijke metingen	12
2.2.3	Taakgerichte metingen	13
2.2.4	Praktijkproeven: invloed van verschillende handelingen / werkwijzen op de endotoxinenblootstelling van werknemers	14
2.3	Passieve monsternamen	16
2.4	Aanvullend onderzoek	17
2.5	Vragenlijst	17
2.6	Bedrijfschecklist	18
2.7	Statistische analyse	18
2.7.1	Statistische analyse expositieonderzoek	18
2.7.2	Statistische analyse vragenlijstonderzoek	19
3	RESULTATEN EXPOSITIEONDERZOEK	21
3.1	Meetgegevens	21
3.2	Blootstelling aan endotoxinen op rwzi's	21
3.2.1	Persoonlijke blootstelling aan endotoxinen en inhaleerbaar stof	21
3.2.2	Ruimtelijke blootstelling	22
3.2.3	Taakgerichte blootstelling	23
3.2.4	Praktijkproeven: invloed van verschillende handelingen / werkwijzen op de endotoxinenblootstelling van werknemers	24
3.3	Vergelijking met MAC-waarde	29
3.4	Determinanten van blootstelling	30
3.5	Passieve monsternamen	30
3.6	Aanvullend onderzoek	31
4	RESULTATEN VRAGENLIJSTONDERZOEK	32
4.1	persoonskenmerken van de studiepopulatie	32
4.2	Prevalentie van symptomen	33
4.3	Factor analyse	34
4.4	Symptoomclusters en blootstelling	37
4.5	Luchtwegklachten vergeleken met een steekproef uit de algemene bevolking	39
5	DISCUSSIE	41
5.1	Discussie expositieonderzoek	41
5.1.1	Algemene bevindingen	41
5.1.2	Vergelijking met eerdere metingen	45
5.1.3	Mogelijke beperkingen van het onderzoek	45
5.2	Discussie vragenlijstonderzoek	46
5.2.1	Voorkomen van klachten bij RWZI medewerkers	46
5.2.2	Clustering van klachten	47
5.2.3	Relaties tussen klachten(clusters) en determinanten van expositie	47
5.2.4	Mogelijke beperkingen van en vertekeningen in de studie	48
5.2.5	Rol van endotoxine en andere microbiële factoren	48
5.3	Samenvattende eindconclusie	50
6	AANBEVELINGEN	52
6.1	Samenvattende conclusies	52
6.2	Aanbevelingen	52
6.2.1	Aanbevelingen voor de beheerders en medewerkers van rwzi's	52

6.2.2	Aanbevelingen voor de branche / sector	55
6.2.3	Algemene aanbevelingen	56

LITERATUUR

Bijlage 1	Indeling van installatieonderdelen op rwzi's naar de mate van aërosolvorming	63
Bijlage 2	Aantal ingevulde gezondheidsvragenlijsten per rwzi	64
Bijlage 3	Beschrijving van uitvoering van conventionele monsternamen, opwerken en analyseren van de monsters	66
Bijlage 4	Uitleg passieve monsternamen	68
Bijlage 5	Aanvullend onderzoek	70
Bijlage 6	Blootstellinggegevens per rwzi	80
Bijlage 7	Resultaten praktijkproeven	83
Bijlage 8	Verschillen in blootstelling aan endotoxinen tussen metingen met de GSP-kop en de Impinge	88
Bijlage 9	Afstand tot de bron in relatie tot endotoxinenconcentraties	89
Bijlage 10	Determinanten van blootstelling	91
Bijlage 11	Resultaten passieve monsternamen	95
Bijlage 12	Resultaten regressie-analyse: vergelijkbaarheid conventionele en passieve monsternamenmethode	97
Bijlage 13	Inventarisatie van de gevolgen van een advies vanuit de STOWA aan waterschappen om bij schoonmaakwerkzaamheden geen gebruik meer te maken van effluent	99
Bijlage 14	Vragenlijst zoals gebruikt in dit onderzoek als leidraad voor het van een PAGO-lijst	101

1

ALGEMENE INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) kunnen worden blootgesteld aan hele kleine druppeltjes, aërosolen, die een grote verscheidenheid aan infectieuze, immunotoxische en allergene biologische agentia kunnen bevatten. De infectieuze agentia omvatten (Pra mo, 2003):

- virussen (hepatitis A, poliovirussen, coxsackievirussen, echovirussen, rotavirussen, adenovirussen, Norwalk virus)
- bacteriën (Salmonella spp., Shigella spp., Campylobacter jejuni, Yersinia enterocolitica, Legionella pneumophila, Helicobacter pylori, Listeria monocytogenes, Mycobacterium xenopi)
- parasiterende protozoa
- parasitaire wormen

Een significant risico wordt ook gevormd door microbiologische allergenen en toxinen, waarvan endotoxinen als het belangrijkste risico wordt gezien. Er wordt een verband gesuggereerd tussen blootstelling aan niet-infectieuze bio-aërosolen en het voorkomen van gastro-intestinale symptomen, koorts, respiratoire symptomen, huidaandoeningen, oogirritatie, hoofdpijn, vermoeidheid en misselijkheid bij werknemers van waterzuiveringsinstallaties (Rylander, 1999; Laitinen, 1994; Lundholm, 1983; Mattsby, 1978; Melbostad, 1994; Mulloy, 2001).

Het is bekend dat medewerkers op zuiveringsinstallaties blootgesteld kunnen worden aan bio-aërosolen, schimmels en endotoxinen. Blootstellingsniveaus variëren hierbij al naar gelang de procesonderdelen van de installatie, de uitgevoerde werkzaamheden en het weer. Er wordt gewerkt aan een in te stellen MAC-waarde voor blootstelling aan endotoxinen naar aanleiding daarvan wordt de branches die met endotoxinen te maken hebben gevraagd een Plan van Aanpak op te stellen.

Uit het STOWA-onderzoek "Het voorkomen van endotoxinen op rwzi's" bleek dat werkzaamheden waarbij werknemers van rwzi's met slib in aanraking komen, schoonmaakwerkzaamheden en de mate van aërosolvorming van invloed kunnen zijn op de blootstelling van werknemers aan endotoxinen (STOWA, 2002). Daarbij lag de nadruk op het identificeren van bronnen van blootstelling, maar is nog geen beeld ontstaan van de werkelijke persoonlijke blootstelling van werknemers.

Naar aanleiding van deze bevindingen en het op te stellen Plan van Aanpak door de branche is een kwantitatief onderzoek uitgevoerd bij een representatieve steekproef van waterschappen. Het doel van dit onderzoek was:

- het kwantificeren van de persoonlijke endotoxinenblootstelling van werknemers van rwzi's
- het onderzoeken van een aantal verschillende aspecten van (mogelijke) blootstelling aan endotoxinen in rioolwaterzuiveringsinstallaties

- het maken van globale inventarisatie van mogelijke gezondheidseffecten bij deze groep werknemers.
- Het onderzoeken van de relatie tussen deze klachten en de endotoxinenblootstelling.

1.2 ENDOTOXINEN

Endotoxinen zijn onderdeel van de celwand van Gram-negatieve bacteriën. Endotoxinen zijn bijna altijd aanwezig in organisch stof en ook kunnen voorkomen in aërosolen in de lucht. Indien voldoende bacteriële groei heeft plaatsgevonden en de cel sterft, komen endotoxinen vrij en zijn ze meetbaar.

Endotoxinen bestaan uit eiwitten, lipiden en lipopolysacchariden (LPS). Het LPS-molecuul is stabiel en bestaat uit een lipide en een polysaccharide-deel. Het lipide-deel (lipide A) is verantwoordelijk voor het grootste deel van de toxische kenmerken van endotoxinen. Het polysaccharide-deel is verantwoordelijk voor de serologische specificiteit en maakt ook de oplosbaarheid van het molecuul in water mogelijk. In de verschillende Gram-negatieve soorten hebben endotoxinen dezelfde basale structuur, maar zijn er soort- en stamspecifieke verschillen. Als gevolg hiervan zijn de ziekteverschijnselen uniform, maar verschillen ze in ernst. Verder is de ernst van de ziekteverschijnselen ook afhankelijk van de concentratie van het specifieke endotoxine waaraan blootstelling heeft plaatsgevonden (Rietschel, 1985).

Er bestaan vrijwel geen gegevens over de absorptie en distributie van ingeademde endotoxinen in het lichaam. Endotoxinen die, aan deeltjes gebonden, terechtkomen in de bovenste luchtwegen, worden via slijmtransport (mucociliair transport) verwijderd. Aangenomen wordt dat dieper doorgedrongen endotoxinen verwijderd worden door macrofagen en specifieke witte bloedlichaampjes (polymorfonucleaire leukocyten) (Gezondheidsraad, 1998).

Het belangrijkste type cel in de longen dat verantwoordelijk is voor de verdediging tegen externe biologische agentia, is de macrofaag. Het is zeer waarschijnlijk dat zowel de acute als de chronische effecten worden veroorzaakt door ontstekingsreacties in de longen, waarbij macrofagen in de longblaasjes een rol spelen.

Inhalatie van endotoxinen heeft een verminderde functie van de longen tot gevolg, wat gemeten kan worden met behulp van spirometrie. Verder kunnen endotoxinen de reactiviteit van de longen vergroten (= de vergrootte reactie van de longen op het inademen van stoffen) en een subjectief gevoel van beklemming op de borst veroorzaken (Michel, 1989; Rylander, 1989). Ook zijn er aanwijzingen voor chronische ontstekingen in de luchtwegen na langdurige blootstelling aan endotoxinen (Rylander, 1994a/b).

De toxische reacties die worden veroorzaakt door endotoxinen hebben enige gelijkenis met allergische reacties. Het is moeilijk maar belangrijk onderscheid te kunnen maken tussen toxische en allergische reacties gezien het verschil in ontstaansmechanisme en daarmee samenhangend, de maatregelen die genomen moeten worden om gezondheidsklachten in het vervolg te voorkomen. Daarbij kan worden gedacht aan de behandelmethode, maar ook aan de manier waarop blootstelling wordt veroorzaakt en kan worden voorkomen.

1.3 EFFECTEN VAN BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN

Endotoxinen kunnen na inhalatie ontstekingsreacties veroorzaken met als gevolg het optreden van een of meer van de volgende symptomen:

- griepachtige verschijnselen (rillingen, transpireren, malaise gevoel)
- respiratoire klachten (droge hoest)
- acute longfunctieveranderingen
- chronische longfunctieveranderingen (indicatief voor chronische bronchitis).

Deze effecten zijn waargenomen in onderzoek bij vrijwilligers die zuiver endotoxine of endotoxine-houdend stof inhaleerden, en bij werknemerpopulaties met een hoge beroepsmatige endotoxine blootstelling. In onderzoek dat is uitgevoerd onder werknemers van mengvoederbedrijven en varkenshouders is aangetoond dat de longfunctie versneld afneemt, hetgeen wijst op een verhoogd risico op het ontwikkelen van chronische bronchitis.

Personen met een reeds bestaande luchtwegaandoening, zoals astma en bronchitis blijken sterker te reageren op endotoxinenblootstelling. Tevens is voor deze risicogroep een lagere effectdrempel voor endotoxinenblootstelling aangetoond. Uit epidemiologisch en proefdieronderzoek zijn aanwijzingen verkregen dat langdurige blootstelling aan endotoxinen kan leiden tot chronische bronchitis en vermindering van de longfunctie (Gezondheidsraad, 1998). Een veel voorkomend ziektebeeld als gevolg van een te hoge blootstelling aan endotoxinen is het organisch stof toxisch syndroom (ODTS). Deze zogenaamde 'maandagmorgen malaise' is een van de bekendste voorbeelden van de effecten die een beroepsmatige inhalatoire endotoxinenblootstelling kan veroorzaken (Rylander, 1994a)

Recent zijn er literatuurstudies verschenen die er op duiden dat endotoxinen ook een positief (beschermend) effect zouden kunnen hebben op de ontwikkeling van allergieën (Douwes, 2002). Op dit gebied is echter nog veel nader onderzoek noodzakelijk voordat deze conclusie definitief getrokken kan worden.

Er zijn geen gegevens die duiden op kankerverwekkende, mutagene of reproductietoxische eigenschappen van endotoxinen (Gezondheidsraad, 1998).

De Gezondheidsraad concludeerde op grond van een analyse van de beschikbare gegevens uit de internationale literatuur dat juist geen effecten worden waargenomen bij een inhalatoire blootstelling aan endotoxine van 90-1800 EU/m³ (Gezondheidsraad, 1998). Op grond van de laagst waargenomen concentratie waar geen effecten meer optreden en gebruikelijke toepassing van een aantal onzekerheidsfactoren is een zogenaamde gezondheidskundige advieswaarde voor blootstelling aan endotoxine afgeleid van 50 EU/m³. Hierbij moet worden opgemerkt dat na publicatie van het gezondheidsrapport nieuwe studies zijn verschenen waarin rond dit niveau effecten zijn waargenomen, maar niet uitgesloten kan worden dat ook andere agentia in het stof, naast endotoxinen, hebben bijgedragen aan de waargenomen effecten (Wouters, 2002; Zock, 1998a/b).

In de nabije toekomst zal een Maximale Aanvaarde Concentratie (MAC-waarde) voor beroepsmatige blootstelling aan endotoxinen van 200 endotoxine-units (EU)/m³ in werking treden. In dit kader en gezien het feit dat de gezondheidskundige advieswaarde van 50 EU/m³ waarschijnlijk uiteindelijk de streefwaarde voor maximale blootstelling zal worden, is het van belang om een beeld te krijgen van de feitelijke blootstelling van werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties.

1.4 BEROEPSMATIGE BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN

1.4.1 ALGEMEEN

Het voorkomen van endotoxinen in de lucht is gerelateerd aan de aanwezigheid van Gram-negatieve bacteriën of celwandfragmenten van deze bacteriën in deeltjes in de lucht. Deze bacterie-houdende deeltjes zijn voornamelijk afkomstig van (dierlijke) fecaliën (uitwerpselen) en van besmet plantaardig materiaal. Bij het werken met plantaardige producten kunnen hoge concentraties aan endotoxinen gevonden worden als gevolg van microbiële groei op het land of tijdens de opslag. Endotoxinen in bijvoorbeeld varkenshouderijen zijn vooral afkomstig uit de fecaliën en in mindere mate uit het voer. In sommige fabrieksprocessen kan microbiële groei optreden door gunstige procesomstandigheden (temperatuur, vochtigheid, aanwezigheid van nutriënten). Een voorbeeld hiervan is in warm recirculerend proceswater, met hoge endotoxinenblootstelling als gevolg. Beroepsmatige (hoge) blootstelling aan endotoxinen komt vooral voor in de agrarische industrie, de afvalverwerkende sector en aanverwante bedrijfstakken en procesindustrieën (Zock, 1998a/b; Wouters, 2002; Jongeneelen, 2000; IRAS 2002). Uit eerder onderzoek, zowel in Nederland als in het buitenland, is bijvoorbeeld bekend dat hoge blootstelling aan endotoxinen voor kan komen in de varkenshouderij, mengvoederbedrijven, aardappelverwerkende industrie, de composteersbranche en bij rwzi's (Chun, 2002; Douwes, 2000; Heederik, 1991a/b; Post, 1998; Peller, 1995; Van Rooij, 2001; Sarantila, 2001; Zock, 1998; IRAS, 2002). Uit onderzoek in verschillende takken van de agrarische sector blijkt dat in, met uitzondering van de vleesverwerkende industrie, overschrijding van de MAC-waarde meer regel dan uitzondering is (IRAS, 2002).

1.4.2 BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN OP RWZI'S

In opdracht van de Arbeidsinspectie is door de afdeling Gezondheidsleer van Universiteit van Wageningen naar biologische agentia bij rwzi's gekeken. Op grond van een literatuuronderzoek werd gesteld dat met redelijke zekerheid kan worden geconcludeerd dat de beroepsmatige blootstelling aan microbiële componenten, en in het bijzonder endotoxinen, effecten op de gezondheid tot gevolg hebben (Westveer, 1993). Op een drietal Nederlandse waterzuiveringen heeft tevens een oriënterend onderzoek naar de mogelijke bronnen van microbiële blootstelling plaatsgevonden. In dat onderzoek is een duidelijk verhoogde concentratie endotoxinen geconstateerd, met zuiveringsslib als voornaamste bron. Zeer hoge endotoxinenconcentraties zijn gemeten nabij de zeefbandpersen. Op één zuivering was de concentratie zo hoog dat acute effecten (griepachtige verschijnselen) te verwachten waren. Ook acute maagdarmlachten van werknemers zijn gedeeltelijk aan deze endotoxinenblootstelling toegeschreven. Op grond van dit oriënterende onderzoek werden chronische effecten op rwzi's niet uitgesloten.

In 1993 is op twee installaties onderzoek uitgevoerd naar de blootstelling van werknemers aan biologische agentia (Douwes, 1993). Hierin bleek dat de klachten die door werknemers werden gerapporteerd in sterke mate overeen komen met de in internationale literatuur beschreven klachten bij werknemers van zuiveringsinstallaties. Met name verhoogde blootstelling aan endotoxinen kon een groot aantal klachten verklaren. Verhoogde endotoxinenconcentraties zijn op vrijwel alle bemonsterde installatieonderdelen van beide rwzi's gemeten en persoonlijke blootstellingsmetingen gaven aan dat werknemers incidenteel aan hoge concentraties endotoxinen worden blootgesteld. Bij werknemers zijn lichte longveranderingen geconstateerd, maar duidelijk werkgerelateerd bleken de afwijkingen niet. Het totaal aantal personen met klachten was hoog.

Uit onderzoek bij werknemers van meerdere installaties is geconcludeerd dat een grote variëteit aan gezondheidsklachten voorkomt en dat de klachten werkgerelateerd blijken te zijn. Dit geldt in het bijzonder voor griepachtige en neurologische symptomen. Ernstige luchtwegklachten komen meer voor bij werknemers die langer (5-10 jaar) bij een rwzi werken. Persoonlijke endotoxinen-concentraties waren op twee rwzi's laag. Geconcludeerd is dat het waarschijnlijk is dat de klachten worden veroorzaakt door meer dan alleen de blootstelling aan endotoxinen (Douwes, 2001). Beroepsmatige blootstelling van zuiveringsmedewerkers aan endotoxinen, als onderdeel van de microbiële blootstelling, zou voor een deel van de gerapporteerde klachten verantwoordelijk kunnen zijn, maar in veel gevallen moet het causale verband voor het ontstaan van gezondheidseffecten nog worden vastgesteld (Thorn, 2001).

In Finland zijn bronnen van endotoxinen opgespoord door het uitvoeren van plaatsgebonden metingen in de lucht. In dit onderzoek is nabij het beluchtingsbassin tot 420 EU/m³ (endotoxinen-units) en bij de slibverwerking tot 1.240 EU/m³ gemeten. De hoogste waarde in dit onderzoek is gemeten bij het ontwateren van slib (3.750 EU/m³) (Sarantila, 2001). Hierbij moet wel worden vermeld dat het gaat om de waterzuiveringen bij houtverwerkende bedrijven.

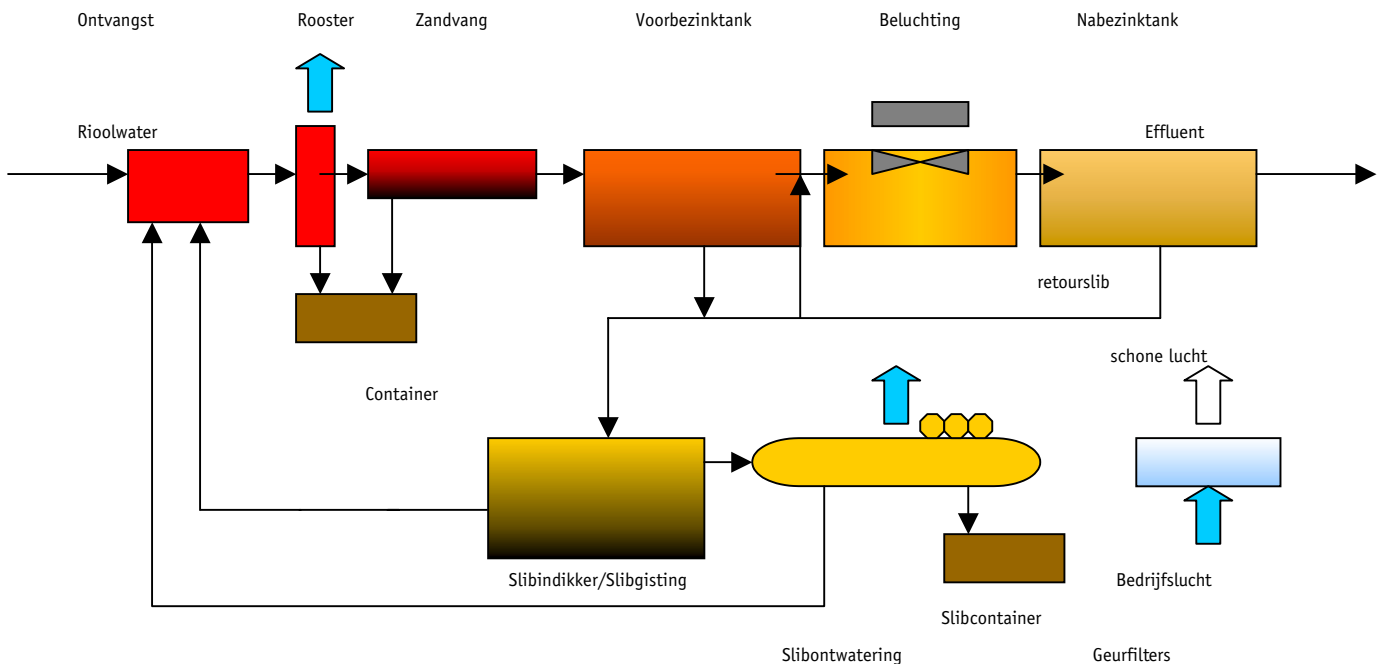
1.5 AËROSOLVORMING EN CONTACT MET SLIB OP RWZI'S

1.5.1 HET ZUIVERINGSPROCES

Op dit moment is Nederland verdeeld in 25 waterschappen met een zuiverende taak die samen meer dan 400 rioolwaterzuiveringsinstallaties beheren. Het aantal waterschappen is aan verandering onderhevig. In 1970 waren er nog 1007 waterschappen, in 1990 nog maar 129, en als gevolg van fusies neemt het aantal waterschappen nog steeds af (www.uvw.nl). Daarnaast is er nog een groot aantal afvalwaterzuiveringsinstallaties in handen van bedrijven en instellingen.

De communale rwzi's zijn bedoeld om het huishoudelijk en industrieel afvalwater te zuiveren van grof vuil, zand, zwevend slib, organisch materiaal, fosfaat en stikstofverbindingen voordat het water geloosd wordt op het oppervlaktewater. Rioolwater, dat varieert in samenstelling al naar gelang de oorsprong ervan (% huishoudelijk, % industrie, etc.). Het water wordt verzameld in het rioleringsysteem en wordt dan naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie getransporteerd via vrij verval en/of een persleidingensysteem, via (een aantal) rioolgemalen.

FIGUUR 1 SCHEMATISCH OVERZICHT VAN EEN VOORBEELD VAN EEN RWZI



Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van het zuiveringsproces in een conventionele zuivering. Het binnenkomende water wordt via het ontvangstwerk eerst door een rooster-goedinstallatie geleid om de grove delen te kunnen verwijderen. Het water wordt dan via een zandvang naar een voorbezinktank geleid, waar de zwaardere deeltjes (primair slib) kunnen bezinken en drijvend materiaal (vet of schuim) naar de oppervlakte komt en kan worden verwijderd. Het water stroomt hierna naar het beluchtingsbassin. Organische bestanddelen kunnen door micro-organismen worden afgebroken. Verontreinigingen worden voor het merendeel omgezet in vaste en vluchtige bestanddelen, oftewel slib, CO₂ en H₂O. Slib uit een beluchtingsbassin wordt actief slib genoemd. Waterzuivering vindt plaats door het afvalwater biologisch te zuiveren, meestal ingezet door de toevoeging van actief slib. Een deel van de zuiveringsprocessen zijn aerob. Er zijn meerdere manieren voor het inbrengen van zuurstof voor de biologische zuivering, waaronder bellensbeluchting en (al dan niet omkapt) puntbeluchting. Na het verblijf in het beluchtingsbassin wordt het gezuiverde water gescheiden van het slib in een nabezinktank. Het gezuiverde water, effluent, wordt eventueel nabehandeld of direct geloosd. Het retourslib wordt grotendeels teruggevoerd naar de beluchting en gedeeltelijk afgevoerd naar de slibverwerking (spuislib). Primair slib wordt altijd gestabiliseerd. Stabilisatie houdt meestal in dat het slib (anaëroob) wordt vergist, waarbij biogas ontstaat. In enkele gevallen wordt slib aëroob of thermisch gestabiliseerd. Spuislib wordt meestal mee vergist (InfoMil, 1997; Mulloy, 2001).

Het slib dat uit de bezinktank komt bestaat voor 1-3% uit droge stof. In de meeste installaties wordt het slib eerst ingedikt tot ongeveer 5% droge stof. Voordat het slib wordt afgevoerd (na eventuele stabilisatie), wordt het vaak ontwaterd. Slibontwatering gebeurt voornamelijk mechanisch, met gebruikmaking van centrifuges, zeefbandpersen of kamerfilterpersen, nadat aan het slib een polymeer als flocculatiemiddel is toegevoegd. Zuiveringsslib wordt door gespecialiseerde verwerkingsbedrijven gedroogd, verbrand of gecomposteerd (InfoMil, 1997; Mulloy, 2001).

Om aan de fosfaateisen te voldoen wordt op veel rwzi's fosfaatverwijdering toegepast. Dit kan *chemisch* (in de voorbezinking of beluchting worden ijzer- of aluminiumzouten toegevoegd. Het fosfaat slaat neer en wordt met het slib mee afgevoerd) of *biologisch* (hiervoor zijn speciale bacteriën en een verblijf in een anaërobe tank nodig) (InfoMil, 1997; Mulloy, 2001).

Om aan de eisen voor stikstof te voldoen worden steeds meer installaties omgebouwd tot ultralaagbelaste installaties met een zuurstofloze zone (anoxisch). De aanwezige micro-organismen zullen de nitraten die gevormd zijn door aërobe afbraak van organische stikstofverbindingen als zuurstofbron gebruiken, waardoor nitraten worden omgezet in stikstofgas (InfoMil, 1997; Mulloy, 2001).

Om geuroverlast in de omgeving van rwzi's te voorkomen zijn bepaalde procesonderdelen vaak afgedekt of omkapt. De lucht van de procesonderdelen waar de geuroverlast ontstaat wordt vaak door een ventilatiesysteem over een compost- of lavafilter geleid om geuroverlast in de omgeving te voorkomen. Roostergoedverwijdering en slibontwateringsapparatuur zijn doorgaans in afgedekte en betreedbare ruimtes opgesteld.

1.5.2 CONTACT VAN WERKNEMERS VAN RWZI'S MET AËROSOLEN EN SLIB

In het onderzoek 'Risico van blootstelling aan Legionella op rwzi's' van STOWA (STOWA, 2002-16), is een inventarisatie gemaakt van installatieonderdelen met aërosolvorming op rwzi's. De mate waarin aërosolen worden gevormd, is mede bepalend voor de concentratie endotoxinen in de lucht. En aangezien het inademen van endotoxinen één van de belangrijkste blootstellingroutes is voor werknemers, is de mate van aërosolvorming een belangrijke factor. In Bijlage 1 is de inventarisatie van locaties waar aërosolvorming op kan treden op rwzi's weergegeven. Hieruit komt naar voren dat het schoonmaken van installaties en de roostergoedverwijdering de grootste veroorzakers van aërosolen zijn. Maar ook de verschillende manieren van beluchting kunnen aërosolen veroorzaken.

Verder is uit onderzoek naar het voorkomen van endotoxinen op rwzi's gebleken dat het voorkomen van aërosolen alleen geen goede indicatie is voor de blootstelling aan endotoxinen. Ook het contact van werknemers met zuiveringsslib is van belang bij het ontstaan van endotoxinenblootstelling (STOWA, 2002-44).

In het onderzoek naar Legionella-blootstelling is aan de hand van een checklist ook geïnventariseerd in welke mate werknemers op de plaatsen waar aërosolvorming op kan treden aanwezig zijn (STOWA, 2002-16). Deze indeling geeft ook inzicht in de mate van mogelijk contact van werknemers met zuiveringsslib.

De verdeling van de blootstelling is scheef onder werknemers van rwzi's: de blootstelling van veel werknemers is kort of infrequent, terwijl een kleine groep regelmatig en/of lang aanwezig is op plaatsen waar verhoogde concentraties aërosolen aanwezig zijn. De kans op gezondheidseffecten is in de laatste groep werknemers het grootste. Ook zijn de frequentie en de duur van de aanwezigheid omgerekend naar het aantal minuten dat de werknemer per dag aanwezig is op de betreffende locatie. In het algemeen waren de mediaan en het 95-percentiel het hoogst voor de veel voorkomende werkomstandigheden en de maxima het hoogst voor de bijzondere omstandigheden. Uit de gegevens blijkt dat de werknemers het meest aanwezig zijn in de slibontwateringsruimte. Op de overige plaatsen is een rwzi-werknemer gemiddeld enkele minuten per dag werkzaam (STOWA, 2002-16).

1.6 MAXIMALE AANVAARDE CONCENTRATIE (MAC-WAARDE)

Endotoxine is een van de eerste biologische agentia waarvoor een MAC-waarde (Maximale Aanvaarde Concentratie) is voorgesteld.

In Nederland is door de Werkgroep van Deskundigen van de Gezondheidsraad een gezondheidskundige advieswaarde voorgesteld van 50 Endotoxine Units (EU)/m³ (5 ng/m³). De metingen moeten worden uitgevoerd volgens CEN-protocol voor het meten van inhaleerbaar stof en het bepalen van endotoxinen in inhaleerbaar stof. De advieswaarde is de gemiddelde persoonsgebonden concentratie over een 8-urige dag (8-uurs tijdgewogen gemiddelde).

Naar aanleiding van dit voorstel is er in de Sociaal Economische Raad (SER) een discussie ontstaan over de economische haalbaarheid van deze advieswaarde en is geadviseerd om uit te gaan van een wettelijke MAC-waarde van 200 EU/m³, waarna binnen een termijn van twee jaar de norm zou worden bijgesteld tot 50 EU/m³. De invoering van de wettelijke MAC-waarde van 200 EU/m³ is in eerste instantie uitgesteld van 1 juli 2001 tot 1 januari 2003. Het belangrijkste argument voor uitstel is dat er weinig bekend is over de aanwezigheid van endotoxinen in verschillende sectoren van de agrarische industrie en welke beheersmaatregelen toegepast kunnen worden. Verder is het ook nog niet duidelijk welke werknemers een gezondheidsrisico lopen en in welke mate dit het geval is. Ook is door verschillende branches (zoals de agrarische sector en de afvalverwijderingsbranche) aangegeven dat zij technisch/economisch niet in staat zijn de endotoxinen-blootstelling van werknemers in afdoende mate terug te brengen. Per 1 januari 2003 is de nieuwe MAC-waarde voor endotoxinen-blootstelling van kracht geworden. Korte tijd hierna heeft de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid deze MAC-waarde ook weer (voor onbepaalde tijd) ingetrokken, onder voorwaarde dat de betrokken branches een Plan van Aanpak opstellen dat zich richt op vermindering van de blootstelling aan endotoxinen.

1.7 DOELSTELLING EN OPZET VAN HUIDIGE ONDERZOEK

De doelstellingen en de opzet van dit onderzoek worden hier uiteen gezet:

I. BLOOTSTELLING VAN MEDEWERKERS AAN ENDOTOXINEN EN STAND DER TECHNIEK:

Aan de hand van blootstellingsmetingen bij een relevante steekgroep van bedrijven en werknemers in de waterzuiveringsbranche is een indruk verkregen van de blootstelling van werknemers aan endotoxinen. Verder verschaffen ruimtelijke metingen informatie over bronnen van blootstelling en geven taakgerichte metingen inzicht in pieken in de blootstelling van werknemers en risicovolle taken.

Tegelijkertijd is de relatie tussen de heersende blootstelling en gebruikte technieken, beheersmaatregelen en dergelijke onder de loep genomen om indien noodzakelijk te kunnen adviseren op welke wijze de blootstelling kan worden gereduceerd.

Mogelijke determinanten voor verschillen in blootstelling tussen en binnen werknemers zijn verzameld. Voorbeelden hiervan zijn aard en plaats van de werkzaamheden, proceskenmerken, meteorologische kenmerken, 'good housekeeping', onderhoud en aanwezigheid en effectiviteit van beheersmaatregelen. Verder zijn de gevonden concentraties vergeleken met de voorgestelde MAC-waarde en gezondheidskundige advieswaarde om de kans op MAC-waarde overschrijding te berekenen.

II. PRAKTIJKPROEVEN NAAR HET EFFECT VAN SPECIFIEKE HANDELINGEN/FACTOREN:

Contaminatie van objecten en werkruimten met slib vormt een belangrijke bron van blootstelling bij onder andere schoonmaakwerkzaamheden. Ook bestaat er enige zorg over het

gebruik van effluent of bedrijfswater als schoonmaakmedium. Omdat schoonmaken vaak een kortdurende taak is, zal het moeilijk zijn om het effect van verschillende schoonmaakmethoden vast te stellen aan de hand van metingen gedurende een werkdag. Daarom is bij een aantal installaties de invloed van deze factoren op de blootstelling onderzocht aan de hand van metingen onder verschillende condities (hoge versus lage druk, effluent versus breekwater versus leidingwater, etc.). Foto 1 laat een voorbeeld van een praktijkproef zien.

III. ORIËNTEREND ONDERZOEK NAAR PASSIEVE MEETMETHODE VOOR BEPALEN ENDOTOXINEN-BLOOTSTELLING:

Als gevolg van de introductie van een MAC-waarde zal de vraag naar uitvoering van metingen toenemen. De op het moment gebruikelijke meetmethode is gebonden aan het gebruik van pompen en monstername-koppen die op een specifieke manier (pyrogeen-vrij) behandeld moeten worden, wat de noodzaak van gekwalificeerd personeel en eisen aan vervoer en dergelijke met zich meebrengt. Ondertussen zijn er passieve monstername methoden ontwikkeld, die kunnen worden uitgevoerd door personeel zonder specifieke opleiding en waar minder eisen wat betreft transport aan worden gesteld. Daardoor zullen de kosten voor het uitvoeren van metingen afnemen. Wel moet worden nagegaan of deze methode geschikt is voor de bepaling van endotoxinen in de aerosoldeeltjes die met de passieve methode gemonsterd worden, en of de detectielimiet voldoet. Daarom zijn een aantal metingen met de passieve monstername-methode parallel uitgevoerd met de 'gewone' metingen, om een beter beeld te krijgen van de bruikbaarheid van de passieve monstername-methode in deze branche.

IV. INVENTARISATIE GEZONDHEIDSKLACHTEN EN UITWERKING TOT PAGO-VRAGENLIJSTEN:

Tegelijkertijd met de uitvoering van de blootstellingsmetingen (onder I) is bij een groep werknemers in de branche een vragenlijst uitgezet. Deze vragenlijst is eerder opgesteld en ontwikkeld voor werknemers met endotoxinenblootstelling en specifieke klachten die daarmee samenhangen. Aan de hand hiervan is het mogelijk het voorkomen van endotoxinen-gerelateerde klachten en de directe samenhang met functie en taken te onderzoeken. Het vermoeden bestaat dat blootstelling zeer wisselend is en dat eventuele MAC-waarde overschrijding, indien die voorkomt, in de vorm van pieken is. Daardoor is het niet duidelijk of deze populatie wat betreft het voorkomen van klachten vergelijkbaar is met andere aan endotoxinen blootgestelde werknemersgroepen, of dat de problematiek zich misschien minder voordoet in verband met sterk variërende expositie. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat endotoxinen-gerelateerde klachten in verhoogde mate voor lijken te komen, maar een directe relatie met de gemeten endotoxinenconcentratie is toen niet gelegd. Ook is geen vergelijking gemaakt met andere populaties. Het voorkomen van bepaalde klachten in vergelijking met andere populaties, het voorkomen van klachten in relatie tot geïdentificeerde determinanten van blootstelling en eventuele clustering in het voorkomen van klachten is onderzocht. Verder zullen de vragen die het meest onderscheidend zijn voor de blootstelling aan endotoxinen worden gebruikt om in samenwerking met Arbodiensten te komen tot een voorstel voor een Periodiek Arbeids Gezondheidskundig Onderzoek (PAGO) voor endotoxinen.

FOTO 1

VOORBEELD PRAKTIJKPROEVEN



2

MATERIAAL & METHODE

2.1 ONDERZOEKSPOPULATIE

Het onderzoek naar de blootstelling aan endotoxinen bij werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties is uitgevoerd bij de werknemers van 43 installaties, vallend onder 21 waterschappen. De waterschappen hebben zelf aangegeven bij welke installaties en bij hoeveel werknemers zij het onderzoek uitgevoerd wilden hebben en deze installaties en werknemers zijn een (zoveel mogelijk) redelijke doorsnede van de verschillende soorten zuiveringen in Nederland.

Op alle rwzi's zijn persoonlijke, ruimtelijke, taakgerichte en/of modelmatige metingen uitgevoerd en op vrijwel elke rwzi is een bedrijfschecklist doorgenomen. In totaal zijn er 879 endotoxinenmetingen uitgevoerd, waarvan 462 persoonlijke, 48 ruimtelijke, 110 taakgerichte en 259 modelmatige metingen. De persoonlijke metingen zijn uitgevoerd bij 220 personen, waarbij dus een groot aantal herhaalde metingen is uitgevoerd (bij één persoon is maximaal zes keer gemeten). Alle werknemers hebben vooraf informatie en een instructie gekregen en toestemming verleend voor het onderzoek. De metingen zijn uitgevoerd in 3 meetseries, om verschillen in blootstelling ten gevolge van de seizoenen, aanvoer, werkzaamheden en dergelijke te kunnen ondervangen. De nadruk lag in eerste instantie op persoonlijke 8-uurs blootstellingsmetingen, maar is gaandeweg verlegd naar kortdurende taakgerichte metingen. De meetperiode is geweest van eind april 2003 tot en met eind januari 2004.

In totaal namen medewerkers van 67 rwzi's deel aan het gezondheidsonderzoek. In aanvulling op de 43 rwzi's waar het endotoxine blootstellingonderzoek werd uitgevoerd werden 24 extra rwzi's geselecteerd. De vragenlijsten werden aan 463 werknemers uitgedeeld tijdens meetdagen of tijdens een van tevoren afgesproken bezoek in de periode juni tot en met september 2003. Er werden 461 (99,6%) ingevulde vragenlijsten ingeleverd, twee werknemers vulden de lijst niet in vanwege het binnenkort beëindigen van het dienstverband. Bijlage 2 toont een overzicht van het aantal ingevulde vragenlijsten per bedrijf.

2.2 OPZET EXPOSITIEONDERZOEK

De omschrijving van de manier waarop de metingen van het expositieonderzoek zijn uitgevoerd (de 'conventionele meetmethode'), en de manier waarop de monsters zijn opgewerkt en geanalyseerd, staat beschreven in bijlage 3.

2.2.1 PERSOONLIJKE BLOOTSTELLINGSMETINGEN

Tijdens het maken van de afspraken met de bedrijven, en ten dele ook op de meetdagen zelf, zijn met de contactpersoon afspraken gemaakt over de selectie van de deelnemende werknemers, taken en locaties in de installatie, om zo een representatief beeld te krijgen van de blootstelling aan endotoxinen bij relevante functies en/of taken. Waar mogelijk werden alle aanwezige werknemers betrokken in het onderzoek. In de meeste gevallen werd

echter een steekproef van de aanwezige werknemers meegenomen, zo dat alle relevante functies en werkzaamheden in het onderzoek vertegenwoordigd waren.

De meetduur van de 462 persoonlijke blootstellingsmetingen was gemiddeld 6,4 uur (range 1,3-8,2 uur). Vrijwel alle persoonlijke blootstellingmonsters zijn in duplo bepaald (97%). Alle metingen met een niet-detecteerbare waarde (n=2) kregen een waarde van 2/3 van de detectielimiet van de bepaling toegekend. Van de duplo-bepalingen is ook de variatiecoëfficiënt (cv-waarde) bepaald om de reproduceerbaarheid van een bepaling te berekenen. Van de persoonlijke metingen was de gemiddelde cv-waarde redelijk, namelijk 21,9%. Foto 2 geeft een voorbeeld van een persoonlijke meting.

FOTO 2

VOORBEELD PERSOONLIJKE METING: SCHOONSPUITEN ROOSTERGOEDVERWIJDERING



TIJDSREGISTRATIE

Alle deelnemende werknemers is gevraagd om tijdens de meetdag een tijdsregistratie-formulier bij te houden, om zo de werkzaamheden van een persoon tijdens de meting en de verschillende locaties waar is gewerkt te registreren.

2.2.2 RUIMTELIJKE METINGEN

Om het mogelijk te maken endotoxinen-niveaus (immissie) in ruimtes of op plekken waar werknemers komen te onderzoeken zijn er ruimtelijke metingen uitgevoerd. Indien er tijdens het plannen van de metingen en/of een rondgang over het bedrijf bleek dat er bij zowel de onderzoekers als de rwzi-medewerkers interesse was naar de blootstelling aan endotoxinen op een bepaalde plaats in het bedrijf/proces, werd er met name in de tweede en derde meetperiode voor gekozen om op deze plekken een ruimtelijke meting op te zetten om zo mogelijke ruimtes waar mogelijk een verhoogde blootstelling kan voorkomen in kaart te brengen. Met een ruimtelijke meting wordt een meting bedoeld die de gehele meetduur op één plek in een bepaalde ruimte staat. Het kan in feite ook gezien worden als een soort bronnenonderzoek, waarbij moet worden opgemerkt dat dit soort metingen niet zijn te vergelijken met de metingen zoals gedaan in het voorgaande STOWA-onderzoek. In dat onderzoek is uitgegaan van de bron zelf en is zo dicht mogelijk bij de bron gemeten, terwijl bij het opstellen van de ruimtelijke metingen in het huidige onderzoek is uitgegaan van de werknemer. Dat houdt in dat de meting is opgesteld op 'werknemerhoogte', vaak wel in de nabijheid van de 'bron', maar wel op een plaats waar de werknemer zich bevindt. Er is hetzelfde materiaal voor gebruikt als bij de persoonlijke metingen, met als verschil dat

het pompje op een statief wordt geplaatst op ongeveer 1,5 meter van de grond en de aanzuigopening van de monsternamekop naar de bron toe. De bepaling van de endotoxinenconcentratie staat beschreven in bijlage 3.

In totaal zijn 48 ruimtelijke metingen gedaan met een gemiddelde meetduur van 5,6 (min. 0,5 – max. 7,8) uur. Vrijwel alle monsters zijn in duplo bepaald en de gemiddelde cv-waarde is 17,2%. Van alle ruimtelijke metingen waren er 3 niet-detecteerbaar en deze kregen een waarde van 2/3 van de detectielimiet van de bepaling toegekend. Foto 3 is een voorbeeld van een ruimtelijke meting.

FOTO 3

VOORBEELD RUIMTELIJKE METING: ZEEFBANDPERS



2.2.3 TAAKGERICHTE METINGEN

Onder taakgerichte metingen worden metingen verstaan die zich slechts richten op de blootstelling van een werknemer tijdens het uitvoeren van één bepaalde taak, onder andere om te kijken wat de invloed van deze taak is op de totale blootstelling van die werknemer over de hele dag en eventuele verdunning van de blootstelling over een meetdag in kaart te brengen.

In zowel de eerste als de tweede meetperiode zijn incidenteel taakgerichte metingen uitgevoerd. Bij de derde meetperiode is nadruk gelegd op taakgerichte metingen, om zo eventuele piekblootstelling in kaart te kunnen brengen. In de derde meetperiode zijn dan ook de meeste taakgerichte metingen gedaan (en is het aantal persoonlijke metingen verminderd).

Van de in totaal 110 taakgerichte metingen zijn er 98 in de derde meetperiode verricht. De gemiddelde meetduur was 0,9 (min. 0,1 – max. 5,0) uur. Van alle taakgerichte metingen waren 9 monsters niet-detecteerbaar en deze hebben een waarde van 2/3 van de detectielimiet van de bepaling toegekend gekregen. Op een enkele uitzondering na zijn alle monsters in duplo bepaald en de gemiddelde cv-waarde is 17,0%.

2.2.4 PRAKTIJKPROEVEN: INVLOED VAN VERSCHILLENDE HANDELINGEN / WERKWIJZEN OP DE ENDOTOXINENBLOOTSTELLING VAN WERKNEMERS

Tijdens het uitvoeren van verschillende (in scène gezette) (schoonmaak)-werkzaamheden zijn er onder verschillende omstandigheden en op verschillende bedrijfslocaties kortdurende persoonlijke en stationaire blootstellingsmetingen verricht. Aangezien tijdens schoonmaakwerkzaamheden de luchtvochtigheidsgraad hoog kan zijn, is er kans dat de filters onbruikbaar worden vanwege een te hoog vochtgehalte. Om dit te controleren zijn parallel aan de stationaire metingen random metingen gedaan met een liquid Impinger. Een liquid Impinger is een glazen reservoir waar deeltjes in vloeistof worden opgevangen. De vloeistof bestond uit pyrogeenvrij water met een volume van in de meeste gevallen 20 ml, en een enkele keer 10 ml. Omdat de aangezogen lucht direct in een vloeistof terecht komt en er geen filters worden gebruikt heeft dit apparaat geen hinder van een hoge luchtvochtigheid.

Naar aanleiding van eerder onderzoek naar bronnen van endotoxinen-blootstelling zijn verschillende bedrijfsonderdelen naar voren gekomen. Hier is gekozen voor de onderdelen waar de werknemers langer verblijven of waar contact met slib mogelijk is, aangezien endotoxinen in hoge concentratie voorkomen in slib: roostergoed, zeebandpers, kamerfilterpers, en slibcentrifuge. Verder zijn verschillende manieren van schoonmaken in scène gezet. De volgende aspecten zijn onderzocht:

- a. De bijdrage van een schoon te maken object aan de endotoxinenblootstelling. Hiervoor zijn verschillende objecten schoongemaakt onder verder zoveel mogelijk dezelfde omstandigheden (dezelfde wijze van schoonmaken, dezelfde druk, hetzelfde soort water), zoals zeebandpers, kamerfilterpers, roostergoed en slibbuffertank.
- b.
 1. De bijdrage van het soort water dat wordt gebruikt tijdens de schoonmaakwerkzaamheden aan de endotoxinenblootstelling (effluent, gefiltreerd effluent, breekwater, oppervlaktewater, leidingwater). Hiertoe is met de verschillende soorten water op een relatief schoon oppervlak gespoten.
 2. De invloed van het gebruikte water op de blootstelling tijdens schoonmaakwerkzaamheden. Dit is bekeken door hetzelfde (vuile) object met verschillende soorten water (effluent, gefiltreerd effluent, breekwater, oppervlaktewater, leidingwater) schoon te maken.
- c. De invloed van spuitwerkzaamheden onder hoge of lage druk op de blootstelling aan endotoxinen. Objecten zijn hiertoe met hetzelfde soort water maar onder wisselende (hoog, laag, brandslang) druk schoongemaakt. Ook is bij de opzet zoals onder b2 beschreven met de waterdruk gevarieerd.
- d. De mate van een concentratiegradiënt afgaande op de afstand van de persoon tot het object. Dit is bekeken door middel van stationaire metingen op drie verschillende afstanden tijdens schoonmaakwerkzaamheden en tijdens de metingen zoals beschreven onder b1.
- e. De mate van bescherming door mechanische ventilatie. In het roostergoedgebouw en de zeebandpersruimte zijn metingen gedaan met en zonder mechanische ventilatie.

Verder zijn er productmonsters genomen van onder andere het effluent en het slib op de verschillende installaties om ook hierin de endotoxinenconcentratie te bepalen. De monsters zijn indien mogelijk genomen uit aanwezige 24-uurs monsternamenpunten om een zo representatief mogelijk monster te krijgen. In de andere gevallen zijn er steekmonsters genomen.

Aan de hand van tijdens het onderzoek verzamelde informatie zijn 3 rwzi's uitgezocht met verschillende kenmerken. Ook is er gemeten bij een slibverwerkend bedrijf (slibverbrandingsinstallatie). Voorafgaand aan de metingen zijn met de deelnemende bedrijven afspraken gemaakt over waar en onder welke omstandigheden gemeten zou worden. In totaal zijn er 259 experimentele metingen verricht, verdeeld over persoonlijke en stationaire metingen. Verder zijn er 17 metingen gedaan met een zogenaamde "liquid Impinger" en zijn er 12 productmonsters genomen. De gemiddelde meetduur was 93 (15-430) minuten. Van het totaal aantal metingen waren 42 monsters niet-detecteerbaar. Deze metingen hebben waarde van 2/3 van de gemiddelde detectielimiet gekregen, met een waarde van 0,0448 EU/ml. Vrijwel alle monsters zijn in duplo bepaald en de gemiddelde cv-waarde is 13%.

Voordat er een regressieanalyse gedaan kon worden in het gebruikte statistiekprogramma (SAS), moest de dataset enigszins worden aangepast. Allereerst zijn de data gescheiden in persoonlijke en stationaire metingen, gezien de verschillen in blootstelling tussen deze metingen. Door de beweging van een persoon is het blootstellingpatroon bij persoonlijke metingen anders dan bij metingen die continu op één plaats staan. Vervolgens zijn zowel bij de persoonlijke als de stationaire metingen de data uit de slibverbrandingsinstallatie verwijderd, omdat deze niet vergelijkbaar zijn met die van de rwzi's. Bij de persoonlijke metingen is een referentiecategorie opgenomen, bestaande uit metingen bij 'kantoorpersoneel', afkomstig uit het blootstellingonderzoek zoals hierboven beschreven. Als referentiegroep voor de stationaire metingen zijn de 'achtergrondmetingen' genomen: metingen aan een object wanneer er niet schoongemaakt werd. Zes metingen, waarvan de pompjes na korte tijd waren uitgevallen, zijn uit de dataset weggelaten.

Foto 4 en 5 zijn voorbeelden van metingen die zijn gedaan in het kader van de praktijkproeven. In bijlage 7 en 9 zijn ook nog een aantal foto's opgenomen.

FOTO 4: SCHOONSPUITEN GOOT KAMERFILTERPERS



FOTO 5: SCHOONSPUITEN WARMTEWISSELAAR



2.3 PASSIEVE MONSTERNAME

Aangezien de conventionele monsternamemethode zoals hier beschreven een kostbare en arbeidsintensieve methode is, is in dit onderzoek een monsternamemethode uitgetoetst waarvoor geen pompjes nodig zijn, maar dat gebruik maakt van plakkerige folies (voor uitleg, zie bijlage 4).

Voor het uitproberen van de passieve meetmethode is een zuiveringsinstallatie uitgekozen met een groot aantal werknemers waar ook de stofconcentratie relatief gezien wat hoger is. Op deze zuivering zijn parallel 14 persoonlijke en 7 stationaire metingen verricht, verdeeld over twee meetdagen, met een gemiddelde meetduur van 6,7 (2,3 - 7,3) uur. Foto's 6 en 7 zijn voorbeelden van een persoonlijke en een stationaire parallele meting met beide monsternamemethoden. Verder zijn om een aantal positieve controles te verkrijgen wat betreft endotoxinenconcentratie, ook een aantal stationaire passieve metingen gedaan in een varkensstal (daarvan is bekend dat de endotoxinenconcentratie hoog is). Hiervan was de meetduur van twee metingen 31 uur. Tijdens deze metingen bij de varkensstal is bij een meting parallel een meting met de conventionele methode gedaan.

FOTO 6: PERSOONLIJKE METING MET ZOWEL DE CONVENTIONELE ALS DE PASSIEVE MONSTERNAMEMETHODE



FOTO 7: RUIMTELIJKE METING MET PARALLELE DE CONVENTIONELE EN DE PASSIEVE SAMPLERS (BIJ ZEEFBANDPERS)



2.4 AANVULLEND ONDERZOEK

In de eerste fase van het onderzoek naar blootstelling aan endotoxinen onder werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties werden er hogere concentraties endotoxinen gevonden in de impingermetingen dan in de filtermetingen. Om te onderzoeken waar dit verschil door zou kunnen worden veroorzaakt en om te zien wat nu de werkelijke blootstelling is van werknemers van rwzi's, is een aanvullend onderzoek uitgevoerd. Met behulp van de volgende analysemethoden is de blootstelling aan endotoxinen en micro-organismen bepaald:

- LAL-assay
- Gas chromatografie – massa spectrometrie, uitgevoerd door het Departement van Microbiology, Dermatology and Infection, Division of Bacteriology, Universiteit van Lund, Zweden
- Fluorescentie microscopie, uitgevoerd door het National Institute of Occupational Health te Oslo, Noorwegen
- Viable metingen met behulp van een Andersen N6 sampler

Verdere informatie over dit aanvullende onderzoek en de resultaten hiervan is te vinden in bijlage 5. Foto 8 geeft een idee van de opstelling van de verschillende monsternamemethoden die zijn gebruikt tijdens het aanvullende onderzoek.

FOTO 8

OPSTELLING AANVULLEND ONDERZOEK BIJ ROOSTERGOEDVERWIJDERING



2.5 VRAGENLIJST

De vragenlijst die gebruikt werd in dit onderzoek was gebaseerd op een ingekorte en aangepaste versie van een standaard vragenlijst die in het kader van een EU project was ontwikkeld voor bio-aërosol gerelateerde gezondheidseffecten in de afvalverwerkende industrie (Wouters, 2003a). De vragenlijst bestond uit drie delen:

1. persoonskenmerken en werkzaamheden
2. gezondheidsklachten
3. rookgewoonten

Het eerste gedeelte van de vragenlijst werd aangepast om de relevantie voor de rioolwaterzuiveringbranche te verhogen, bijvoorbeeld door het toevoegen van vragen die betrekking hebben op persoonlijke hygiëne en schoonmaakwerkzaamheden met effluent. Het gezondheidsklachtengedeelte bestond uit vragen over:

- algemene luchtwegklachten
- andere klachten zoals diarree, allergieën en griepachtige verschijnselen die kunnen wijzen op het organische stof toxisch syndroom (ODTS)
- een lijst van 27 symptomen waarvan werd gevraagd hoe vaak (dagelijks, wekelijks, maandelijks of zelden/nooit) de deelnemer er last van had tijdens de afgelopen 12 maanden of, indien korter werkzaam bij het bedrijf, gedurende een deel ervan.

De vragen over algemene luchtwegklachten waren vergelijkbaar met vragen uit een eerder onderzoek dat in Europees verband was uitgevoerd (European Community Respiratory Health Survey) zodat een vergelijking kon worden gemaakt met een steekproef uit de algemene bevolking (Rijcken et al., 1996). De overige klachten konden worden vergeleken met de klachtenprevalentie van een steekproef van werknemers van de composteringsbranche (Wouters, 2003a).

De vragenlijsten werden door de deelnemers ingevuld waarna een onderzoeker de lijsten controleerde op niet- of deels ingevulde vragen die vervolgens nagevraagd werden bij de deelnemers.

2.6 BEDRIJFSCHECKLIST

In vrijwel elke installatie die was betrokken in dit onderzoek is een bedrijfschecklist doorgenomen met iemand van de bedrijfsleiding dan wel een arbo-coördinator, een zuiverings-technicus of een veiligheidskundige. De bedrijfschecklist is ontwikkeld voor evaluatie van het proces en het arbobeleid op de installatie. De bedrijfschecklist bevat vragen over de procesvoering in het bedrijf, de aanvoer, verwerking, afvoer, beleid op het gebied van arbeidsomstandigheden en hygiëne, en mogelijke knelpunten qua blootstelling aan endotoxinen.

2.7 STATISTISCHE ANALYSE

2.7.1 STATISTISCHE ANALYSE EXPOSITIEONDERZOEK

De statistische analyses zijn uitgevoerd met SAS statistische software (The SAS System for Windows, 8^e versie; SAS Institute Inc.) Aangezien de blootstellinggegevens een log-normale verdeling hebben, zijn voor het berekenen van de endotoxinen-concentraties zowel het rekenkundig gemiddelde (AM) en standaarddeviatie (SD), als het geometrisch gemiddelde (GM) met de geometrische standaarddeviatie (GSD) gegeven. Het geometrisch gemiddelde wordt berekend op basis van zogenaamde log-getransformeerde concentraties en is daardoor minder gevoelig voor een enkele extreem hoge waarde. De geometrische standaarddeviatie is de standaarddeviatie in deze getransformeerde concentratiewaarden. Het rekenkundig gemiddelde is ook gegeven omdat dit voor een gezondheidskundige interpretatie een relevantere maat is.

De gemiddelde concentraties zijn berekend per soort meting, en daarbinnen per meetserie, per functie(categorie), taak of locatie en per installatie.

De gevonden concentraties van de persoonlijke en ruimtelijke blootstellingsmetingen zijn vergeleken met de voorgestelde MAC-waarde van 200 EU/m³ en de gezondheidskundige advieswaarde van 50 EU/m³. De kans op overschrijding (p) is berekend volgens de formules gegeven in Boleij et al (1995), die uitgaan van het GM en de GSD. De theoretische uitleg van deze berekening is:

$$Z = \ln(\text{OEL} \cdot \text{GM}^{-1}) \cdot \{\ln(\text{GSD})\}^{-1},$$

waarbij Z = standaard normale variabele

OEL= occupational exposure limit

GM = geometrisch gemiddelde

GSD = geometrische standaarddeviatie

De kans op overschrijding kan dan aan de hand van Z worden afgeleid uit een tabel met de cumulatieve normale verdeling.

Vervolgens is onderzocht welke factoren (zoals bijvoorbeeld taken, bedrijfskenmerken, meteo-gegevens, etc) samenhangen met de gemeten blootstelling. Hiervoor is gebruik gemaakt van zogenaamde “mixed models”, welk nader wordt uitgelegd in de literatuur (Rappaport, 1999).

Ook voor de verschillende locaties en omstandigheden waarbij in de praktijkproeven in deze studie metingen zijn gedaan, zijn voor het berekenen van de endotoxinen-concentraties zowel het rekenkundig gemiddelde (AM) en standaarddeviatie (SD), als het geometrisch gemiddelde (GM) met de geometrische standaarddeviatie (GSD) berekend. Verder is om na te gaan of het verschil in blootstelling tussen twee verschillende werkmethoden en/of werk-omstandigheden significant is, een t-toets voor gepaarde waarnemingen gedaan. Aan de hand van een multivariate regressieanalyse in SAS (PROC GENMOD) zijn de modelmatige metingen, apart voor de taakgerichte en stationaire metingen, ook geanalyseerd op de bijdrage van verschillende variabelen (object waar gewerkt is, ventilatie, soort water, druk) aan de blootstelling. Dit om een regressievergelijking op te kunnen stellen die de mate van blootstelling voorspelt na correctie voor de andere variabelen in het model. Hierbij is eerst gekeken naar de invloed van de hoofdeffecten op de blootstelling (soort water, gebruikte druk en ventilatie), en daarna zijn er modellen met meerdere variabelen samen opgesteld, en zijn er waar informatief ook interactie-effecten tussen verschillende variabelen toegevoegd. Aangezien ventilatie niet voor alle metingen bekend is, in de invloed van ventilatie alleen bekeken in de subset van de data waarvan de ventilatie wel een aspect van de proefopstelling was.

Voor de beschouwing van de resultaten van de passieve monsternamen is de Spearman-correlatie berekend tussen verschillende parameters van de conventionele en de passieve meetmethode. Ook is aan de hand van regressieanalyse (PROC REG in SAS) nagegaan in welke mate de passieve meetmethode de blootstelling gemeten met de conventionele meetmethode voorspelt.

2.7.2 STATISTISCHE ANALYSE VRAGENLIJSTONDERZOEK

Allereerst is naar het voorkomen van klachten gekeken (prevalentie). Verschillen in prevalentie zijn uitgedrukt in zogenaamde prevalentieratio's van symptomen (prevalentie in de blootgestelde groep gedeeld door prevalentie in de controle groep). Deze ratio's werden berekend met zogenaamde Cox proportional hazard regressie, waarbij effecten van blootstellingsvariabelen op de prevalentie werden bestudeerd, terwijl werd gecorrigeerd voor mogelijke versturende variabelen of confounders zoals geslacht, rookgewoonten en leeftijd. Het

minimaal maandelijks voorkomen van een van de 27 diverse symptomen werd gedefinieerd als positieve respons voor dit symptoom versus zelden tot nooit als negatieve respons.

Daarnaast is factoranalyse uitgevoerd om te kijken of bepaalde vragenlijstscores zijn geclusterd. Een zogenaamde exploratieve factoranalyse werd gebruikt om te onderzoeken of de correlaties tussen de verschillende symptomen verklaard kunnen worden door een klein aantal onderliggende, relatief onafhankelijke variabelen ('factoren') (Kleinbaum et al., 1988). Op deze manier wordt een groot aantal individuele, aspecifieke symptomen vervangen door betekenisvolle clusters van klachten die regelmatig in combinatie met elkaar worden gerapporteerd. Deze clusters kunnen mogelijk leiden tot een beter inzicht in de oorzaak van symptomen.

Factoren werden geïdentificeerd op basis van 'eigenvalues', die aangeven hoeveel variantie door een factor wordt verklaard. Factoren met een eigenvalue > 1.0 werden bewaard en de zogenaamde 'orthogonale varimax rotatie' werd toegepast om een optimaal factorpatroon tot stand te brengen. De factoren werden gedefinieerd door symptomen met een factorlading >0.30 (de correlatie tussen een symptoom en de factor) te clusteren. Dit criterium is arbitrair, maar geeft in de regel een aanvaardbare indicatie of een factorlading significant is (Kline, 1994). Een positieve score voor een symptoomcluster bij een deelnemer werd gedefinieerd als de prevalentie van een minimum aantal individuele symptomen binnen de cluster. Als afkappunt werd een prevalentie van circa 15% gekozen.

3

RESULTATEN EXPOSITIEONDERZOEK

3.1 MEETGEGEVENS

In totaal zijn er 462 persoonlijke blootstellingsmetingen uitgevoerd bij 220 werknemers van 43 rwzi's vallend onder 21 waterschappen verspreid over vrijwel heel Nederland. Verder zijn er ook nog 48 ruimtelijke, 110 taakgerichte en 259 modelmatige metingen uitgevoerd. Twee van de persoonlijke metingen konden niet worden meegenomen in de statistische analyse wegens technische storingen in de meetapparatuur en/of fouten tijdens de bepalingen. Dientengevolge waren er dus 460 persoonlijke metingen beschikbaar voor analyse. Van alle metingen waren er 56 monsters niet-detecteerbaar voor endotoxinen, waarvan 42 metingen van de praktijkproeven. Alle metingen met een niet-detecteerbare waarde is een waarde van 2/3 van de gemiddelde detectielimiet van de platen per meetserie toegekend. Voor vrijwel alle monsters is de endotoxinenconcentratie in duplo bepaald.

Van de persoonlijke, ruimtelijke en taakgerichte monsters is ook de stofconcentratie berekend door de filters voor en na de meting te wegen. Van 85 metingen van de tweede meetperiode het nagewicht niet bepaald, waardoor de gegevens van de stofconcentratie niet compleet zijn. De blootstelling aan inhaalbaar stof op waterzuiveringsinstallaties is relatief laag, waardoor een groot aantal van de stofconcentraties niet-detecteerbaar (n=84) is. Deze metingen hebben een waarde van 2/3 van de detectielimiet toegekend gekregen (0,0066 mg/filter).

3.2 BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN OP RWZI'S

3.2.1 PERSOONLIJKE BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN EN INHALEERBAAR STOF

De geometrisch gemiddelde concentraties van alle persoonlijke blootstellingsmetingen was 5,42 EU/m³ voor endotoxinen (zie Tabel 1) en dus laag met een enkele uitzondering daar gelaten. De spreiding in de blootstelling is niet erg groot (GSD = 3,7) en ook de verschillen tussen de meetperiodes zijn niet groot.

Wanneer de persoonlijke blootstellinggegevens worden onderverdeeld naar functie en functiecategorie (Tabel 1) blijkt dat er duidelijke verschillen in blootstelling zijn tussen de verschillende functies en -categorieën. De hoogste concentraties worden gevonden bij de functies monteur (5,3 EU/m³), operator (5,7 EU/m³) en slibverwerker (6,5 EU/m³). Bij de functie(categorie) operator is ook de hoogste individuele concentratie gemeten (418 EU/m³). Ook tussen de verschillende rwzi's waar is gemeten zijn duidelijk verschillen te zien (bijlage 6, Tabel 1).

Aangezien endotoxinen worden bepaald uit een inhaalbaar stofmonster, zijn voor de metingen ook de stofconcentraties bepaald. De gemiddelde persoonlijke blootstelling aan inhaalbaar stof is laag: GM=0,2 (0,0-23,5) mg/m³ (data niet compleet). Er zijn slechts een paar uitschieters geregistreerd in stofbelasting, voorkomend bij de functies monteur en slibverwerker (data niet weergegeven). De stofblootstelling van de ruimtelijke en taakgerichte metingen was nihil, zodat deze gegevens buiten beschouwing worden gelaten.

TABEL 1

PERSOONLIJKE ENDOTOXINENBLOOTSTELLING: TOTAAL, PER FUNCTIE EN PER FUNCTIECATEGORIE (EU/M³)

	N	AM (SD)	GM (GSD)	range
Totaal	460	14,3 (35,3)	5,4 (3,7)	0,1 – 418,6
Functie				
Administratie / huishoudelijk*	1	4,1 (-)	4,1 (-)	-
Analist*	1	1,5 (-)	1,5 (-)	-
Elektrotechnicus**	15	5,5 (5,0)	3,9 (2,4)	1,1 – 17,2
Beheerder / kantoor*	18	3,0 (4,8)	1,5 (2,9)	0,3 – 19,6
Monteur**	67	10,2 (19,0)	5,3 (2,8)	0,6 – 140,3
Operator***	254	15,7 (39,3)	5,7 (3,9)	0,1 – 418,6
Slibverwerker****	104	16,8 (38,2)	6,5 (3,7)	0,3 – 301,2
Functiecategorie				
Kantoorfunctie*	20	3,0 (4,5)	1,6 (2,8)	0,3 – 19,6
Operator***	254	15,7 (39,3)	5,7 (3,9)	0,1 – 418,6
Slibverwerker****	104	16,8 (38,2)	6,5 (3,7)	0,3 – 301,2
Technisch**	82	9,3 (17,3)	5,0 (2,8)	0,6 – 140,3

N = aantal metingen AM= rekenkundig gemiddelde SD = standaarddeviatie
GM = geometrisch gemiddelde GSD = geometrische standaarddeviatie

3.2.2 RUIMTELIJKE BLOOTSTELLING

Het geometrisch gemiddelde van de ruimtelijke metingen is 7,6 EU/m³, wat iets hoger is dan die van de persoonlijke blootstellingsmetingen, maar nog steeds relatief laag. De spreiding (GSD = 5,9) is groter dan die van de persoonlijke metingen (zie Tabel 2).

TABEL 2

RUIMTELIJKE ENDOTOXINENBLOOTSTELLING: TOTAAL, PER LOCATIE EN PER LOCATIECATEGORIE (EU/M³)

	N	AM (SD)	GM (GSD)	range
Totaal	48	23,9 (43,1)	7,6 (5,9)	0,2 – 279,5
Locatie				
Aanvoer/ontvangst roostergoed *	4	10,4 (4,9)	9,5 (1,7)	5,1 – 16,4
Harkrooster *	3	24,9 (21,7)	16,7 (3,4)	4,3 – 47,6
Roostergoedwasser *	1	2,6 (-)	-	-
Roostergoedcontainer *	1	279,5 (-)	-	-
Zandwasser *	1	0,4 (-)	-	-
Voorbezinktank ** (schoonsputten)	2	12,9 (3,4)	12,7 (1,3)	10,5 – 15,3
Beluchtingstank **	4	13,7 (18,3)	6,5 (4,3)	1,3 – 40,7
Nabezinktank **	1	1,2 (-)	-	-
Pompenkelder **	3	0,5 (0,03)	0,4 (1,1)	0,4 – 0,5
Bandindikker***	10	15,5 (21,0)	3,8 (8,7)	0,2 – 59,8
Centrifuge ***	2	14,9 (10,2)	13,1 (2,1)	7,7 – 22,1
Kamerfilterpers ***	1	47,7 (-)	-	-
Zeebandpers ***	9	33,8 (29,3)	23,9 (2,4)	7,9 – 91,6
Zeebandpers (geltechniek) ***	3	40,1 (2,9)	40,0 (1,1)	36,8 – 41,8
Slibverlading ***	3	2,2 (1,2)	2,1 (1,7)	1,4 – 3,6
Locatiecategorie				
Aanvoer influent en roostergoed *	10	39,9 (85,3)	10,0 (6,0)	0,4 – 279,5
Zuiveringsproces (vnL. buiten) **	10	8,3 (12,5)	2,8 (5,3)	0,4 – 40,7
Slibontwatering ***	28	23,7 (23,9)	9,9 (5,7)	0,2 – 91,6

NB: het aantal sterretjes geeft aan welke locatie in welke locatiecategorie terechtkomt

De ruimtelijke metingen zijn ingedeeld in groepen aan de hand van de locatie waar is gemeten. Hierbij is het belangrijk om te realiseren dat het gaat om metingen gericht op de blootstelling van de werknemer. De opzet is dus niet zozeer is gericht op het lokaliseren van bronnen van blootstelling, zoals in eerder onderzoek is gedaan (STOWA, 2002-44).

Uit de gemiddelde concentraties per locatiecategorie blijkt dat de hoogste blootstelling aan endotoxinen voorkomt bij de aanvoer influent en roostergoed, en de slibontwatering. De blootstelling bij de rest van de procesonderdelen op de zuivering is duidelijk lager (zie Tabel 2). In bijlage 6, Tabel 2 staat een overzicht van de stationaire metingen per installatie gegeven.

In Tabel 2 zijn ook de gemiddelde endotoxinenconcentraties per locatie weergegeven. Bij de zeefbandpers ($GM=23,9 \text{ EU/m}^3$), het harkrooster ($GM=16,7 \text{ EU/m}^3$) en tijdens schoonmaakwerkzaamheden van de voorbezinktank ($GM=12,7 \text{ EU/m}^3$) zijn de hoogste concentraties gemeten. Ook de metingen tijdens het uitproberen van een nieuwe schoonmaakmethode (geltechniek) bij een zeefbandpers laten een vrij hoge concentratie zien ($GM=40,0 \text{ EU/m}^3$). Dit zijn metingen over een korte periode, waardoor deze metingen niet goed te vergelijken zijn met de rest van de metingen. De hoogste concentratie, 280 EU/m^3 , is gemeten in de ruimte waar een roostergoedcontainer stond opgesteld.

3.2.3 TAAKGERICHTE BLOOTSTELLING

De gemiddelde endotoxinenblootstelling van de taakgerichte metingen is $15,5 \text{ EU/m}^3$, en de spreiding van deze metingen is vrij laag ($GSD=3,5$) gegeven de relatief korte meetduur. Ook bij deze metingen is de blootstelling aan endotoxinen niet hoog te noemen, maar de blootstelling is wel duidelijk hoger dan de metingen over een hele werkdag (zie Tabel 3).

Ook de taakgerichte metingen zijn ingedeeld naar soort taak en taakcategorie aan de hand van de gegevens die zijn genoteerd tijdens de metingen. De taken met de hoogste blootstelling zijn werkzaamheden aan de zeefbandpers ($GM=59,7 \text{ EU/m}^3$) en werkzaamheden in de slibdroging ($GM=39,9 \text{ EU/m}^3$). De hoogste endotoxinenconcentratie van de taakgerichte metingen, namelijk 427 EU/m^3 , is ook gemeten tijdens werkzaamheden aan de zeefbandpers. Er zijn vrij grote verschillen in blootstelling tussen taken. Als categorie hebben werkzaamheden bij de slibdroging ($GM=39,9 \text{ EU/m}^3$) en de slibontwatering ($GM=24,0 \text{ EU/m}^3$) de hoogste blootstelling (zie Tabel 3). In de bijlagen staat een overzicht van alle taakgerichte metingen per installatie (Bijlage 6, Tabel 2).

TABEL 3

TAAKGERICHTE ENDOTOXINENBLOOTSTELLING: TOTAAL, PER TAAK EN PER TAAKATEGORIE (EU/M³)

	N	AM (SD)	GM (GSD)	range
Totaal	110	36,9 (66,9)	15,5 (3,5)	1,6 – 427,0
Taak				
gemaal *	2	11,6 (11,1)	8,5 (3,2)	3,8 – 19,4
werkzaamheden influentgoot *	2	9,1 (3,0)	8,9 (1,4)	7,0 – 11,3
werkzaamheden roostergoed *	19	28,2 (34,2)	19,0 (2,3)	5,9 – 146,2
werkzaamheden zandvang *	5	55,5 (92,6)	20,2 (4,5)	4,7 – 220,1
werkzaamheden zuivering **	20	41,3 (78,8)	13,5 (4,1)	1,8 – 263,5
monstername **	9	9,7 (11,6)	5,8 (2,8)	1,9 – 34,6
werkzaamheden slibpomp **	5	43,9 (49,0)	24,2 (3,8)	3,8 – 124,6
gaswasser **	2	6,7 (0,3)	6,7 (1,1)	6,4 – 6,9
werkzaamheden polymeer-aanmaak ***	1	12,2 (-)	-	-
werkzaamheden bandindikker ****	4	34,1 (6,4)	33,6 (1,2)	24,5 – 37,9
werkzaamheden zeefbandpers ****	10	118,0 (140,0)	59,7 (3,7)	6,0 – 427,0
lossen kamerfilterpers ****	7	7,7 (4,6)	6,5 (1,9)	2,3 – 14,6
schoonmaken kamerfilterpers ****	6	28,9 (16,1)	24,3 (2,0)	8,1 – 47,4
combinatie werkzaamheden slibverwerking ****	8	40,4 (63,3)	20,4 (3,1)	4,5 – 194,3
werkzaamheden slibdroging *****	2	54,2 (51,9)	39,9 (3,2)	17,5 – 90,9
werkzaamheden slibverlading *****	8	8,4 (9,4)	5,0 (2,9)	1,6 – 25,1
Taakcategorie				
werkzaamheden aanvoer influent en roostergoed*	28	30,5 (47,3)	17,2 (2,6)	3,8 – 220,1
werkzaamheden zuiveringsproces **	36	31,9 (62,5)	11,4 (3,7)	1,8 – 263,5
werkzaamheden polymeer-aanmaak ***	1	12,2 (-)	-	-
werkzaamheden slibontwatering ****	35	53,3 (88,9)	24,0 (3,4)	2,3 – 427,0
werkzaamheden slibdroging *****	2	54,2 (51,9)	39,9 (3,2)	17,5 – 90,9
werkzaamheden slibverlading *****	8	8,4 (9,4)	5,0 (2,9)	1,6 – 25,1

NB: het aantal sterretjes geeft aan welke taak in welke taakcategorie terechtkomt

3.2.4 PRAKTIJKPROEVEN: INVLOED VAN VERSCHILLENDE HANDELINGEN / WERKWIJZEN OP DE ENDOTOXINENBLOOTSTELLING VAN WERKNEMERS

In totaal zijn er 259 persoonlijke en ruimtelijke blootstellingsmetingen uitgevoerd. De gevonden endotoxinenconcentraties varieerden van 0,7 EU/m³ tot 5.080 EU/m³, met een rekenkundig gemiddelde van 57,9 EU/m³ (SD 335 EU/m³) en een geometrisch gemiddelde van 13,3 EU/m³ (GSD 4,9 EU/m³). Zes metingen, waarvan de pompjes na korte tijd waren uitgevallen, zijn uit de dataset weggelaten. Er zijn verschillen in blootstelling bij het gebruik van verschillende soorten water (bijv. effluent of breekwater), de hoogte van de druk die wordt gebruikt bij spuitwerkzaamheden, en het aan/uitstaan van de ventilatie. Bij het openen van de centrifuge en het schoonmaken van de zeefbandpers en het roostergoed zijn vrij hoge concentraties gevonden. Ook het schoonspuiten van de goten aan de zijkanten van de kamerfilterpers gaf een hoge endotoxinenblootstelling, vooral wanneer er met hoge druk gespoten werd. De verschillen in spreiding tussen de metingen per object kunnen vrij groot zijn (zie bijlage 7, Tabel 1).

Om te controleren of filters niet dichtsloegen vanwege een te hoge luchtvochtigheid, zijn parallel aan de stationaire metingen op willekeurige wijze ook metingen gedaan met een liquid Impinger. Uit de resultaten van de impinger-metingen blijkt dat er bij een aantal 'vochtige' taken mogelijk sprake is geweest van het dichtslaan van filters. De middels een stoffilter gemeten endotoxinenconcentraties zijn lager dan die van de impinger-metingen (zie bijlage 8). Het verschil kan wellicht ten dele worden verklaard door het dichtslaan van de filters. Bij 14 filters van de complete meetreeks kon echt worden vastgesteld dat deze

waren dichtgeslagen en bij acht van deze 14 filters is parallel met een impinger-meting uitgevoerd. Verder suggereert nader onderzoek dat de hogere niveaus in de impingers worden veroorzaakt door sterfte van micro-organismen, en dat in zowel de stofmetingen met filters als de impingermetingen de micro-organismen interfereren met de LAL-assay.

Van de drie bemeten types van slibverwerking (de zeefbandpers, kamerfilterpers en centrifuge) heeft de centrifuge de laagste achtergrondconcentratie aan endotoxinen (resultaten niet weergegeven). Bij het openen en schoonmaken van de centrifuge is echter wel sprake van een relatief verhoogde endotoxinenconcentratie. De zeefbandpers heeft een hoge achtergrondconcentratie, die in enkele gevallen zelfs hoger is dan de concentraties tijdens schoonmaakwerkzaamheden. Dit komt waarschijnlijk omdat bij de achtergrondmeting alle kappen van de zeefbandpers open stonden, terwijl deze tijdens de werkzaamheden voor het grootste deel gesloten waren. Achter de omkapping van de kamerfilterpers werd een gemiddeld tot lage achtergrondconcentratie gemeten wanneer de pers in bedrijf was. De endotoxinenconcentratie tijdens de (automatische) zelfreiniging van de pers was veel hoger. Het schoonspuiten van de goten aan de zijkanten van de pers gaf een hoge endotoxinenblootstelling, vooral als er met hoge druk werd gespoten. Foto's 9 en 10 geven een beeld van de praktijkproeven die zijn uitgevoerd bij de kamerfilterperssen.

FOTO 9: AUTOMATISCHE ZELFREINIGING KAMERFILTERPERS



FOTO 10: METING KAMERFILTERPERS



Omdat wordt verwacht dat slib relatief hoge endotoxinenconcentraties bevat, werden ook hoge concentraties verwacht bij de metingen op een slibverbrandingsinstallatie. In dit bedrijf wordt slib vanuit een grote regio aangevoerd met vrachtwagens, waarna het centraal verwerkt wordt. Het schoonmaken van de stenenvanger in dit bedrijf gaf inderdaad een relatief hoge endotoxinenblootstelling, maar voor de rest van de metingen was de endotoxinenconcentratie laag.

Verder zijn er endotoxinenconcentraties gemeten in onder andere effluent en diverse soorten slib. De resultaten hiervan zijn te zien in Tabel 4. De slibmonsters zijn afgedraaid in een centrifuge waarna de endotoxinenconcentraties voor het vaste (sediment) en vloeibare (supernatant) deel apart zijn bepaald. Hieruit blijkt dat de endotoxinen zich concentreren in het vaste deel van het slib. Ook is te zien dat de endotoxinenconcentraties in het effluent sterk kunnen verschillen tussen bedrijven en ook binnen hetzelfde bedrijf op verschillende dagen.

TABEL 4 ENDOTOXINENCONCENTRATIE (EU/•L OF EU/•G) VAN PRODUCTMONSTERS

Monsters in vloeibare vorm	Concentratie in EU / µl
Oppervlaktewater (van de Dieze)	0,4
Effluent (rwzi 34)	0,9
Effluent (rwzi 6, dag 1)	6,8
Water voorbezinktank (rwzi 4)	25,0
Effluent (rwzi 6, dag 2)	39,6
Slib uit buffertank, supernatant (rwzi 6)	103,8
Slib uit warmtewisselaar, supernatant (rwzi 6)	132,0
Condenswater uit slibdrogingsinstallatie	4,0 E-04
Monsters in vaste vorm	Concentratie in EU / µg
Slib uit zeefbandpers (rwzi 6)	64,1
Slib uit buffertank, sediment (rwzi 6)	65,1
Slib uit warmtewisselaar, sediment (rwzi 6)	88,5
Slib uit kamerfilterpers (rwzi 34)	147,4
Slib uit slibcontainers (rwzi 4)	160,1
Slib uit stenenvanger van slibdrogingsinstallatie	583,2

REGRESSIE-ANALYSE PRAKTIJKPROEVEN

Met behulp van een regressie-analyse in het statistische computerprogramma SAS zijn de invloeden van het gebruikte water, de gebruikte druk en het schoon te maken object op de endotoxinenblootstelling bekeken. Het standaard model voor de endotoxinenblootstelling is als volgt:

$$Y = \text{Intercept} + {}_1V_1 + {}_2V_2 + {}_3V_3 + \dots + {}_NV_N$$

waarin Y = Endotoxinenblootstelling (EU/m³)
 = Intercept (achtergrondblootstelling)

V_1 t/m V_N = Variabelen

${}_1$ t/m ${}_N$ = Coëfficiënten van de variabelen

Met variabelen (V_1 t/m V_N) worden hier de verschillende manieren van schoonmaken (hoge of lage druk, leidingwater of effluent, met ventilatie aan of uit) bedoeld. Deze variabelen hebben de waarde "1" als ze aanwezig zijn, en de waarde "0" als ze afwezig zijn, en worden vermenigvuldigd met hun bijbehorende coëfficiënt.

In het uiteindelijke model (Tabel 5 en 6) zijn de variabelen geselecteerd die de meeste invloed op de endotoxinenblootstelling hebben. De persoonlijke en stationaire metingen zijn hierbij apart genomen. Een ruimtelijke meting staat namelijk de hele tijd op één punt, terwijl een persoon vaak van plaats verwisselt. Om deze reden mogen de resultaten van beide soorten metingen niet gezamenlijk worden geanalyseerd. Omdat de aan- of afwezigheid van ventilatie niet in alle gevallen bekend was, is er voor de invloed van ventilatie een apart model gemaakt waarin alleen de metingen waarbij de ventilatie wel bekend was zijn meegenomen.

TABEL 5 REGRESSIEMODEL VOOR SOORT WATER, DRUK EN RELEVANTE OBJECTEN

Variabele	Persoonlijk (N = 103)		Ruimtelijk (N=111)	
	Vermenigvuldigingsfactor	95%	Vermenigvuldigingsfactor	95%
		Betrouwbaarheids-interval		betrouwbaarheids-interval
Intercept *	1,7	(1,1 – 2,5)	2,3	(1,7 – 3,2)
Leidingwater	7,5	(4,4 – 12,7)	4,9	(2,6 – 9,1)
Oppervlaktewater	9,0	(3,3 – 24,3)	3,1	(1,6 – 6,0)
Effluent	17,1	(10,2 – 28,7)	12,6	(7,1 – 22,2)
Lage druk	n.e.		n.e.	
Hoge druk	n.s.		n.s.	
Brandslang, gereduceerde waterdruk **	1,8	(0,4 – 7,5)	4,2	(1,9 – 9,2)
Brandslang, verhoogde waterdruk **	5,4	(1,6 – 10,0)	5,4	(2,7 – 10,8)
Buiten op terrein, gemorst slib wegsputten	0,1	(0,04 – 0,4)	0,1	(0,03 – 0,1)
Kamerfilterpers (goten) schoonmaken met hoge druk	13,4	(3,5 – 50,7)	9,8	(3,3 – 28,6)

N = aantal metingen

n.e. = niet berekend

n.s. = effect niet significant

* Het intercept bestaat in het geval van de persoonlijke metingen uit gemeten 8-uurs blootstelling van kantoorpersoneel op RWZI's, en in het geval van de stationaire metingen uit (stationaire) metingen terwijl geen schoonmaakwerkzaamheden plaatsvonden

** Deze variabele is alleen gemeten bij het roostergoed en het slib wegsputten buiten op het terrein

De endotoxinenblootstelling van een werknemer kan geschat worden met behulp van de modellen in Tabellen 5 en 6. In afwijking van het standaard model, waarbij coëfficiënten van verschillende variabelen worden opgeteld, moeten deze hier echter worden vermenigvuldigd. Dat komt omdat het model is berekend in een logaritmische schaal en er later wordt teruggerekend naar een 'normale' schaal. Het schatten van de blootstelling kan worden toegelicht aan de hand van een aantal voorbeelden:

- Voorbeeld 1: Een werknemer heeft de hele dag op kantoor gewerkt en heeft niet schoongemaakt. Alle variabelen zijn dan 0, zodat zijn blootstelling gelijk is aan die van het intercept ($1,7 \text{ EU/m}^3$).
- Voorbeeld 2: Een werknemer heeft een willekeurig object schoongemaakt met effluent. Volgens het model (persoonlijke metingen) wordt zijn endotoxinenblootstelling hierdoor verhoogd met een factor 17,1. Zijn blootstelling kan dan worden geschat op $1,7 * 17,1 = 28,4 \text{ EU/m}^3$.
- Voorbeeld 3: Een werknemer heeft het roostergoed schoongemaakt met een brandslang, met verhoogde waterdruk. Zijn blootstelling kan geschat worden op $1,7 * 5,4 = 9,0 \text{ EU/m}^3$.
- Voorbeeld 4: Een werknemer heeft nu buiten gemorst slib weggespoten met verhoogde waterdruk. Het object "buiten gemorst slib wegsputten" levert een extra bijdrage aan de blootstelling (in dit geval een verlagende), zodat de blootstelling nu geschat kan worden op $1,7 * 5,4 * 0,1 = 1,1 \text{ EU/m}^3$.
- Voorbeeld 5: Een werknemer is bezig geweest met het schoonmaken van het roostergoed, waarbij de ventilatie aan stond. Zijn blootstelling kan volgens tabel 5 geschat worden op $12,6 \text{ EU/m}^3$. Als de ventilatie in het roostergoedgebouw uit had gestaan, zou zijn blootstelling geschat worden door $12,6 * 1,4 = 17,2 \text{ EU/m}^3$.

De modelgegevens van de stationaire metingen kunnen worden gebruikt om het effect van bepaalde maatregelen op de expositie in een ruimte te bepalen.

Uit de Tabellen 5 en 6 is af te leiden dat het gebruik van effluent de endotoxinenblootstelling aanzienlijk verhoogt. Het gebruik van hoge druk blijkt geen invloed te hebben, behalve bij het schoonmaken van de kamerfilterpers. Het verder openzetten van de spuitmond van een brandslang blijkt de blootstelling significant te verlagen, maar hierbij moet opgemerkt worden dat dit experiment slechts tijdens een beperkt aantal werkzaamheden is uitgevoerd. De aanwezigheid van ventilatie blijkt de endotoxinenconcentratie omlaag te brengen, vooral in de zeefbandpershal.

TABEL 6 REGRESSIEMODEL VOOR VENTILATIE

Variabele	Persoonlijk (N = 63)		Ruimtelijk (N = 84)	
	Vermenigvuldigingsfactor	95% Betrouwbaarheidsinterval	Vermenigvuldigingsfactor	95% Betrouwbaarheidsinterval
Intercept algemeen *	11,8	(5,3 – 26,2)	1,9	(1,3 – 2,7)
Ventilatie afwezig algemeen *	1,9	(1,1 – 3,2)	1,8	(1,3 – 2,6)
Intercept bij roostergoed **	12,6	(9,0 – 17,7)	12,0	(10,0 – 14,3)
Ventilatie afwezig bij roostergoed **	1,4	(1,0 – 1,9)	1,7	(1,4 – 2,0)
Intercept bij zeefbandpers **	19,8	(6,7 – 58,6)	13,9	(3,8 – 51,4)
Ventilatie afwezig bij zeefbandpers **	6,0	(2,5 – 14,2)	4,9	(1,8 – 14,0)
Intercept bij buffertank **	8,5	(4,4 – 16,3)	3,2	(1,8 – 5,9)
Ventilatie afwezig bij buffertank **	n.s.		2,4	(1,2 – 4,9)

N = aantal metingen

n.s. = effect niet significant

* gecorrigeerd voor de invloeden van water, druk en object

** gecorrigeerd voor de invloeden van water en druk

NB: Intercepten zijn concentraties tijdens schoonmaakwerkzaamheden

T-TESTEN

Naast de regressieanalyse zijn er ook statistische t-testen uitgevoerd om de effecten van water, druk, ventilatie en object te bekijken. Bij een t-test wordt het verschil in gemiddelde concentratie tussen twee situaties getoetst. De resultaten van de t-testen zijn te zien in bijlage 7, Tabellen 2-4. In het algemeen geven de t-testen hetzelfde beeld als de regressieanalyse. Uitzondering is het gebruik van hoge druk, dat in de regressieanalyse geen effect blijkt te hebben, maar in de t-testen wel een significant effect heeft. In de t-testen wordt echter niet gecorrigeerd voor invloeden van andere variabelen (bijvoorbeeld gebruik van effluent) en zijn persoonlijke en stationaire metingen ook niet gescheiden.

In bijlage 7 staan ook de mogelijke beperkingen bij het uitvoeren van de praktijkproeven en het doen van statistische analyse met behulp van t-testen beschreven.

AFSTAND TOT DE BRON

Tijdens een aantal schoonmaakwerkzaamheden zijn meerdere stationaire metingen gedaan op verschillende afstanden van het schoon te maken object, om te zien of er een concentratiegradiënt optrad. De resultaten hiervan staan samengevat in bijlage 9. In het algemeen

zijn geen duidelijke verschillen te zien tussen de metingen op verschillende afstanden. Bij het schoonmaken van het roostergoed, de zeebandpers, de kamerfilterpers en de stenen-vanger zijn bij sommige taken wel verschillen te zien. Ook bij het spuiten met effluent op een schoon oppervlak is de dichtstbijzijnde meting duidelijk hoger dan de metingen op 2 of 3 meter afstand. Foto 11 geeft een meetopstelling weer waarbij de afstand tot de bron is meegenomen.

FOTO 11

PRAKTIJKPROEF AFSTAND TOT DE BRON



3.3 VERGELIJKING MET MAC-WAARDE

Een van de belangrijkste doelen van dit onderzoek is het vergelijken van de gevonden blootstellingen aan endotoxinen met de toekomstige grenswaarde voor endotoxinen in de lucht (MAC-waarde), om zo een beeld te krijgen van de situatie wat betreft blootstelling aan endotoxinen in rioolwaterzuiveringsinstallaties. De MAC-waarde gaat uit van de persoonlijke blootstelling over een werkdag. Voor de volledigheid is ook een overzicht gegeven voor de ruimtelijke metingen, maar aangezien er voor blootstelling aan endotoxinen geen plafondwaarde is toegekend, zijn bij deze berekeningen de taakgerichte en de modelmatige metingen achterwege gelaten.

TABEL 7

VERDELING TEN OPZICHTE VAN GRENSWAARDEN VOOR ENDOTOXINENBLOOTSTELLING

	Persoonlijke metingen	Ruimtelijke metingen
	Berekend percentage overschrijding grenswaarde	Berekend percentage overschrijding grenswaarde
0-50 EU/m ³	96%	86%
50-200 EU/m ³	3,7%	11%
> 200 EU/m ³	0,3%	3%

Van alle persoonlijke blootstellingsmetingen was 4% boven 50 EU/m³ en slechts 0,3% boven 200 EU/m³, waaruit blijkt dat in deze meetinspanning de blootstelling aan endotoxinen niet gezondheidsbedreigend te noemen is. Van de ruimtelijke metingen is 11% van de metingen boven 50 EU/m³ en 3% boven 200 EU/m³, maar ook hier is het aantal niet noemenswaardig

hoog. Het percentage ruimtelijke metingen boven 200 EU/m^3 is groter is dan het percentage persoonlijke blootstellingsmetingen (zie Tabel 7). De 'bronnen' van blootstelling in deze ruimtes hebben zijn dus wel degelijk van invloed op de persoonlijke blootstelling.

De gemiddelde concentratie inhaleerbaar stof ligt ruim onder de MAC-waarde voor hinderlijk inhaleerbaar stof, welke in de Nationale MAC-lijst 2001 is gesteld op 10 mg/m^3 . Slechts een heel enkele meting ligt boven deze 10 mg/m^3 , en komt voor bij slibverwerkers en monteurs (gegevens niet weergegeven). Aangezien een MAC-waarde nooit mag worden overschreden, is het van belang om bij slibverwerkers en monteurs erg stoffige werkzaamheden te voorkomen.

3.4 DETERMINANTEN VAN BLOOTSTELLING

Uit het model met alleen het random effect van de werknemers blijkt dat van de totale geometrische standaarddeviatie van de persoonlijke blootstelling aan endotoxinen ($\text{GSD}=3,7$) ongeveer 73% wordt verklaard door de spreiding van dag-tot-dag en 27% wordt verklaard door systemische verschillen tussen personen. In bijlage 10 zijn de determinanten van blootstelling verder uitgewerkt (bijlage 10, tabellen 1 en 2).

Het verschil in blootstelling tussen werknemers wordt voor het grootste gedeelte verklaard door alle installatie-eigenschappen bij elkaar en de functie(categorie) van een werknemer. De weersomstandigheden verklaren voor het grootste deel de dag-tot-dag variantie. Door de correctie voor herhaalde metingen worden de verschillen in blootstelling tussen functies iets minder groot, maar blijven nog steeds duidelijk aanwezig, waarbij de functies monteur, operator en slibverwerker respectievelijk een 3,7 maal, 3,9 maal en 4,4 maal hogere blootstelling hebben dan de leidinggevendenden.

3.5 PASSIEVE MONSTERNAME

Er is sprake van een grote variatie in endotoxinenconcentraties, zowel tussen filter en folies, als tussen de folies van een meting onderling (zie bijlage 11, Tabel 1). Ook in de mate van verminderde doorlaatbaarheid van een folie na een meting zijn verschillen tussen de folies. Verder zijn er correlaties berekend tussen verschillende parameters voor de 4 richtingen van de passieve sampler en het bijbehorende filter (zie bijlage 11, Tabel 2 en grafieken 1-3) Hieruit ontstaat geen eenduidig beeld, met voor de verschillende relaties tussen parameters verschillende belangrijke folie-richtingen.

Foto 12 en 13 laten een stationaire opstelling van de passieve monsternamemethode zien. Ook is met de set beschikbare gegevens regressieanalyse uitgevoerd, om te kijken in welke mate de blootstelling zoals gemeten met de conventionele meetmethode te voorspellen is aan de hand van de concentraties zoals gemeten met de passieve meetmethode. Dit blijkt te kunnen, gezien een regressievergelijking met een R^2 van 76%. Hierbij is de invloed van de concentratie van de voorwaartse folie het grootste (zie bijlage 12).

Tijdens het bepalen van de endotoxinenconcentraties van de folies is een aantal van deze folies gespiked met een bekende hoeveelheid endotoxinen, om zo te onderzoeken wat het percentage 'recovery' is van die hoeveelheid endotoxinen in de bepaling. Het percentage recovery van de bepalingen bleek hoger dan de verwachte 100%, waarschijnlijk door interacties tussen de endotoxinen en de folie (data niet weergegeven). Naarmate de verdunning van de bepaling hoger werd genomen, schoof de recovery meer naar 100%, overeenkomstig met bevindingen uit lopend onderzoek.

FOTO 12: STATIONAIRE METING, PARALLEL ACTIEVE EN PASSIEVE MONSTERNAME



FOTO 13: STATIONAIRE METING, PARALLEL ACTIEVE EN PASSIEVE MONSTERNAME



3.6 AANVULLEND ONDERZOEK

Tijdens het aanvullend onderzoek zijn er verschillende meet- en analysemethoden gebruikt. Hieronder staat een overzicht van de resultaten. Voor een uitgebreid overzicht van de resultaten, zie bijlage 5

Met zowel viable als non-viable meettechnieken is de aanwezigheid van micro-organismen aangetoond. Hierbij zijn relatief grote aantallen Gram-positieve bacteriën en schimmels gevonden in respectievelijk de slibontwatering en het roostergoed.

Er zijn vergelijkbare concentraties endotoxinen gevonden als in het voorgaande onderzoek. Ook waren de concentraties van de impingermetingen over het algemeen hoger dan van de filtermetingen.

De hoeveelheden lipopolysaccharide (LPS) en muramic acid (MuAc), zoals gevonden met de GC-MS, zijn over het algemeen laag. Van de impingermetingen waren alle monsters niet detecteerbaar. De correlatie tussen resultaten van de GC-MS en de LAL-assay is goed.

Gezien de ook in het aanvullende onderzoek gevonden verschillen in concentraties tussen filter- en impingermetingen en het feit dat zowel met de viable als non-viable meettechnieken de aanwezigheid van micro-organismen op rwzi's is aangetoond, is de conclusie dat naar alle waarschijnlijkheid sprake is van interferentie in het LAL-assay. Deze interferentie is bij hogere endotoxinniveaus van beperkt belang, maar bij deze lage niveaus zorgt de aanwezigheid van relatief hoge aantallen Gram-positieve bacteriën in de slibontwatering en schimmels in het roostergoedgebouw waarschijnlijk voor een overschatting zijn van de werkelijke endotoxinenblootstelling.

4

RESULTATEN VRAGENLIJSTONDERZOEK

4.1 PERSOONSKENMERKEN VAN DE STUDIEPOPULATIE

De persoonskenmerken van de studiepopulatie staan weergegeven in Tabel 8. Op basis van de gerapporteerde gegevens over functie, werkzaamheden en werkplekken werden de deelnemers ingedeeld in vier functiecategorieën: 'operator' (procesmedewerkers, klaarmeesters, algemene werkzaamheden), 'slibverwerker' (medewerker met als hoofdfunctie slibontwatering of slibdroging), 'monteur' (algemeen of elektromonteur), en 'kantoorfunctie' (analist, beheerder, administratieve of huishoudelijke functie: voornamelijk werkzaamheden in kantoor, bij sommigen incidentele blootstelling aan slib of rioolwater).

Er was geen verschil in werkervaring en rookgewoonten tussen de vier functiegroepen. Wel was het percentage mannen ongelijk verdeeld over de vier functies ($p < 0,001$). Over het algemeen waren werknemers met een kantoorfunctie ouder dan de operators ($p < 0,005$). Ook waren er verschillen tussen de vier functiegroepen met betrekking tot werkzaamheden en de persoonlijke hygiëne.

TABEL 8 PERSOONSKENMERKEN VAN DE STUDIEPOPULATIE (N = 461).

	Totaal (N = 461)	Kantoorfunctie (N = 97)	Monteur (N = 109)	Operator (N = 200)	Slibverwerker (N = 55)
Geslacht (% man) ***	93,5	77,3	100	96,0	100
Leeftijd in jaren **	44,2 (10,1)	47,3 (9,9)	44,8 (9,9)	42,6 (9,9)	43,7 (10,0)
Aantal jaren werkzaam bij RWZI #	13,2 (9,3)	14,9 (10,2)	13,8 (9,3)	12,2 (8,7)	11,8 (9,2)
Rookgewoonten (%)					
Roker	28,1	25,8	30,8	28,4	25,9
Gestopt met roken	32,1	38,1	30,8	30,5	29,6
Nooit gerookt	39,8	36,1	38,3	41,1	44,4
Werkzaamheden (%)					
Schoonmaakwerk ***	72,3	21,9	73,2	89,2	98,2
Schoonmaken met effluent ***	57,3	13,5	59,3	72,8	74,6
Influent/roostergoed ***	64,6	39,2	75,2	79,0	36,4
Slibverwerking ***	73,5	45,4	71,6	81,0	100,0
Persoonlijke hygiëne (%)					
Eten of drinken tijdens werkzaamheden *	34,4	24,7	43,0	36,2	27,8
Thuis omkleden ***	43,7	65,1	42,1	30,9	36,5
Douchen na de werkdag ***					
Op het werk	24,6	6,2	29,9	22,8	52,7
Thuis	56,2	48,5	57,0	64,3	40,0

Rekenkundig gemiddelde (standaard deviatie)

* $p < 0,05$, Chi-kwadraat test

*** $p < 0,001$, Chi-kwadraat test

† $p < 0,01$; kantoorfunctie versus operator, variatieanalyse (ANOVA) gevolgd door meervoudig vergelijkende t-test

4.2 PREVALENTIE VAN SYMPTOMEN

Er is onderzocht of de prevalentie van diverse zelfgerapporteerde symptomen verschilde tussen werknemers met een kantoorfunctie en monteurs, operators of slibverwerkers (Tabel 9). Ruwe prevalentieratio's¹ liepen uiteen van 0,25 tot 4,12. Een prevalentie ratio is significant verhoogd als de ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval (95% CI) boven de 1,00 ligt. Dit was het geval voor ODTS klachten en diarree bij operators².

TABEL 9 SYMPTOMEN DIE MINIMAAL EEN KEER PER MAAND WERDEN ERVAREN GEDURENDE DE AFGELOPEN 12 MAANDEN BIJ DE STUDIEPOPULATIE VERDEELD OVER 4 FUNCTIECATEGORIEËN

Symptoom	Kantoorfunctie	Monteur	Operator	Slibverwerker
	(N = 97)	(N = 109)	(N = 200)	(N = 55)
	(%)	(%)	(%)	(%)
Luchtweg symptomen				
Droge hoest	17,5	17,4	17,0	14,6
Slijm ophoesten	8,3	15,6	17,0	20,0
Piepen op de borst	7,2	8,3	9,0	1,8
Kortademigheid met piepen	5,2	10,1	7,5	0,0
Kortademigheid	12,4	11,9	12,5	3,6
Benaauwd	9,3	9,2	9,5	5,5
Verstopte neus	27,8	23,9	28,5	25,5
Loopneus	17,5	18,4	17,5	14,6
Prikkend gevoel in neus of niezen	22,7	22,9	17,5	18,2
Droge keel of keelpijn	8,3	8,3	16,5	16,4
Huid en oog symptomen				
Jeukende, prikkende, tranende ogen	18,6	13,8	16,5	12,7
Jeukende of rode huid meer dan 2 dagen	6,2	5,5	8,0	5,5
Huiduitslag	10,3	9,2	12,5	7,3
Systemische en griepachtige symptomen				
Hoofdpijn	17,5	25,7	29,0	32,7
Zwaar/drukkend gevoel in hoofd	11,3	11,9	16,0	14,6
Duizeligheid	11,3	8,3	10,0	5,5
Ongewoon gevoel van moeheid	20,6	15,6	22,0	21,8
Concentratieproblemen	9,3	9,2	10,5	12,7
Koorts	2,1	3,7	1,0	1,8
Rillerig, aanvallen van rillingen	3,1	1,8	2,5	3,6
Pijn in gewrichten	15,5	17,4	23,5	14,6
Spierpijn (niet door sporten)	10,3	8,3	14,5	5,5
ODTS [#]	20,6	26,6	35,0	23,6
Maag-darm symptomen				
Misselijkheid	4,1	2,8	7,5	10,9
Opkomend maagzuur	12,4	11,0	14,0	16,4
Verminderde eetlust	2,1	4,6	8,5	1,8
Overgeven/braken	1,0	0,9	4,0	0,0
Diarree [§]	26,8	42,2	42,0	30,9
Overige symptomen:				
Hartkloppingen	4,1	2,8	5,0	1,8

[#] ODTS: griepachtige klachten die kunnen wijzen op het organische stof toxisch syndroom. Minimaal een keer aanwezig gedurende de afgelopen 12 maanden

[§] Minimaal een keer aanwezig gedurende de afgelopen 12 maanden

¹ prevalentie ratio (PR) = prevalentie monteurs, operators of slibverwerkers gedeeld door prevalentie kantoorpersoneel

² ODTS: PR 1,70; 95% CI 1,03 – 2,79, diarree: PR 1,57; 95% CI 1,01 – 2,43

Blootstelling aan endotoxinen wordt in de literatuur geassocieerd met griepachtige verschijnselen zoals rillingen, transpireren, koorts en malaise-gevoel, die worden samengevat als Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS). Ook wordt endotoxinenblootstelling geassocieerd met luchtwegklachten, en dan met name droge hoest, benauwdheid en kortademigheid (Gezondheidsraad, 1998).

Geslacht bleek de prevalentie ratio's van alle symptomen niet te beïnvloeden ($p > 0,10$ in de regressiemodellen). Rookgewoonten en leeftijd waren wel voor veel symptomen een significante variabele in het regressiemodel. Deze determinanten verschilden echter niet tussen de vier functies (alleen operators waren jonger dan kantoorpersoneel), waardoor de prevalentie ratio's na correctie voor deze variabelen (rookgewoonten en leeftijd) nauwelijks veranderden. Er werden significant verhoogde gecorrigeerde prevalentie ratio's gevonden voor pijn in gewrichten bij operators³ en voor ODTS bij operators⁴. Diarree bij operators was na correctie niet meer significant.

4.3 FACTOR ANALYSE

Factoranalyse maakt het mogelijk om clusters te maken van klachten die regelmatig in combinatie worden gerapporteerd. In plaats van het bestuderen van de individuele symptomen, die vaak niet erg specifiek zijn, en niet altijd even duidelijk met de blootstelling samenhangen, wordt nu het voorkomen van clusters van symptomen bestudeerd, die worden verkregen door middel van factor analyse (Douwes et al, 2001). De factoren worden geïdentificeerd door aan de hand van statistische criteria de samenhang tussen individuele klachten te onderzoeken. (berekening van zogenaamde 'eigenvalues'). Op deze manier wordt duidelijk hoe sterk de individuele vragen met elkaar samenhangen. Als deze samenhang voldoende sterk is dan kan men in verdere analyses met clusters werken (in de regel worden clusters of factoren samengesteld als sprake is van een factorlading $> 0,30$).

In deze studie konden de volgende drie clusters van symptomen worden onderscheiden (zie Tabel 10):

- systemische en griepachtige symptomen
- symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie
- symptomen van de bovenste luchtwegen

Deze drie clusters verklaarden een zeer groot deel van de totale gemeenschappelijke variatie in het voorkomen van klachten (85,2%). Omdat het symptoom 'hartkloppingen' niet hoog correleerde met de gevonden clusters, werd dit symptoom niet meegenomen in de verdere analyses. De symptomen 'rillerig, aanvallen van rillingen' correleerden minder dan 0,3 (0,28) met de cluster 'systemische en griepachtige symptomen', maar omdat dit symptoom in de regel wordt toegeschreven aan een endotoxineblootstelling, werd deze wel in de cluster opgenomen. Geen van de symptomen correleerden meer dan 0,35 met meer dan één factor.

³ PR 1,86; 95% CI 1,03 – 3,35

⁴ PR 1,68; 95% CI 1,01 – 2,79

Ook is onderzocht of maximaal zes in plaats van de drie clusters tot statistisch gezien betere resultaten leidden. Hiervoor bestonden aanwijzingen op basis van een gedetailleerde statistische analyse. Echter, omdat de clusters te klein werden (twee clusters bestonden uit slechts twee symptomen) en omdat de statistische eigenschappen van dit model niet optimaal waren is geconcludeerd dat een beschrijving van de resultaten op basis van drie clusters de beste weergave van de verbanden te zien zou geven.

TABEL 10 CLUSTERS VAN CORRELERENDE SYMPTOMEN (MET CORRELATIE TUSSEN SYMPTOOM EN FACTOR NA ORTHOGONALE VARIMAX ROTATIE) RESULTEREND UIT FACTORANALYSE VAN 26 SYMPTOMEN BIJ DE GEHELE STUDIEPOPULATIE (N=461)

Systemische en griepachtige symptomen		Symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie		Symptomen van de bovenste luchtwegen	
29,5 %		29,5 %		26,2 %	
Concentratieoefeningen	(0,56)	Kortademigheid met piepen	(0,76)	Prikkend gevoel neus/niezen	(0,66)
Ongewone moeheid	(0,52)	Piepen op de borst	(0,72)	Loopneus	(0,58)
Zwaar gevoel in hoofd	(0,50)	Benauwd	(0,67)	Verstopte neus	(0,57)
Duizeligheid	(0,47)	Kortademigheid	(0,60)	Jeukende, tranende ogen	(0,47)
Verminderde eetlust	(0,45)	Jeukende/rode huid	(0,44)	Droge hoest	(0,44)
Hoofdpijn	(0,43)	Slijm ophoesten	(0,39)	Droge keel of keelpijn	(0,44)
Misselijkheid	(0,42)	Huiduitslag	(0,34)		
Overgeven/braken	(0,42)				
Pijn in gewrichten	(0,41)				
Koorts	(0,38)				
Spierpijn	(0,37)				
Opkomend maagzuur	(0,36)				
Rillerig	(0,28)				

De studiepopulatie was groot genoeg om afzonderlijke factoranalyses uit te voeren in de twee subgroepen 'procesmedewerkers' (operators, monteurs en slibverwerkers; N = 364) en 'kantoorpersoneel' (N = 97). De analyse van symptomen bij de subgroep procesmedewerkers leverde een factorpatroon op dat in essentie overeenkwam met het patroon van de gehele studiepopulatie. Het enige verschil was dat de twee symptomen over huidirritatie het hoogst correleerden met het cluster 'symptomen van de bovenste luchtwegen' in plaats van met het cluster 'symptomen van de onderste luchtwegen'. Factoranalyse van symptomen bij kantoorpersoneel resulteerde daarentegen niet in de identificatie van betekenisvolle, interpreteerbare clusters.

TABEL 11 PREVALENTIE (%) VAN DE SYMPTOOMCLUSTERS BIJ DE STUDIEPOPULATIE (N=461), PER AANTAL INDIVIDUELE SYMPTOMEN BINNEN DE SYMPTOOMCLUSTER

Symptoomcluster	Aantal symptomen						
	× 1	× 2	× 3	× 4	× 5	× 6	× 7
Systemische/griepachtige symptomen	49,0	34,3	22,6	15,8 [†]	8,7	4,8	2,4
Symptomen onderste luchtwegen/huidirritatie	30,4	14,5 [†]	9,1	5,4	4,1	2,0	1,5
Symptomen van de bovenste luchtwegen	44,0	29,5	19,3 [†]	10,0	5,0	2,0	-

[†] Afkappunt voor een positieve respons voor de symptoomcluster

De prevalentie van individuele symptomen binnen de drie symptoomclusters staat weergegeven in Tabel 11. Bij elk symptoomcluster had meer dan de helft van alle deelnemers voor geen van de symptomen een positieve respons. Bij de 'symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie' werd zelfs door 70% van de deelnemers geen enkel symptoom gerapporteerd. Als afkappunt voor een positieve respons voor de cluster 'systemische en griepachtige symptomen' werd een score van minimaal 4 symptomen uit de 7 gehanteerd. Voor de clusters 'symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie' en 'symptomen van de bovenste luchtwegen' was dit afkappunt de prevalentie van respectievelijk minimaal 2 van de 7 en minimaal 3 van de 6 symptomen.

4.4 SYMPTOOMCLUSTERS EN BLOOTSTELLING

Associaties tussen diverse blootstellingsvariabelen en symptoomclusters (gecorrigeerd voor leeftijd en rookgewoonten) staan weergegeven in Tabel 12. Van 216 werknemers waren zowel gegevens van endotoxinenblootstelling als vragenlijstgegevens beschikbaar. Werknemers waarbij meer dan één persoonlijke blootstellingsmeting was uitgevoerd, kregen de gemiddelde waarde van deze metingen toegekend.

Endotoxinenblootstelling werd in drie categorieën ingedeeld: 0 - @13 EU/m³ (75-percentiel), 13 - @50 EU/m³ en > 50 EU/m³, waarbij 50 EU/m³ de gezondheidskundige advieswaarde is en daarom is gekozen bij het indelen in blootstellingcategorieën. Endotoxinenblootstelling boven 50 EU/m³ was significant geassocieerd met 'systemische en griepachtige symptomen' en 'symptomen van de bovenste luchtwegen'⁵.

Er bleek geen relatie te zijn tussen prevalentie voor een bepaalde symptoomcluster en de functie. Werknemer die schoonmaakwerkzaamheden, werkzaamheden met influent of roostergoedmateriaal en in mindere mate met slib uitvoerden, hadden meer gezondheidsklachten. Schoonmaken met effluent had een significante respectievelijk bijna significante relatie met 'systemische/griepachtige symptomen' en 'symptomen van de onderste luchtwegen'⁶. Ook werkzaamheden met influent of roostergoed en eten of drinken tijdens werkzaamheden waren bijna significant geassocieerd met 'systemische/griepachtige symptomen'⁷. 'Symptomen van de bovenste luchtwegen' waren niet gerelateerd met werkzaamheden of persoonlijke hygiëne.

Klachten uit het cluster 'symptomen van de onderste luchtwegen' bleken een sterke positieve relatie te vertonen met het aantal jaren werkervaring⁸. Deze relatie werd versterkt door leeftijdscorrectie⁹. Bij de twee andere symptoomclusters werd geen relatie met werkervaring gevonden. Werkervaring was de enige variabele waarbij correctie voor leeftijd en roken invloed had op de prevalentie ratio. Leeftijd was negatief geassocieerd met de symptoomclusters, dit effect was significant bij 'symptomen van de bovenste luchtwegen'¹⁰. Rokers rapporteerden meer symptomen dan niet-rokers, hoewel deze verschillen niet significant waren.

Omdat er associaties bestonden tussen symptoomclusters en werkzaamheden werd onderzocht of individuele symptomen (gecorrigeerd voor leeftijd en roken) gerelateerd waren met deze werkzaamheden. Binnen de cluster 'systemische en griepachtige symptomen' was pijn in de gewrichten geassocieerd met schoonmaken¹¹, schoonmaken met effluent¹² en werkzaamheden met influent of roostergoed¹³. Verder was het hebben van spierpijn geassocieerd met schoonmaken¹⁴.

⁵ PR 2,34 en 2,52; p<0,05

⁶ PR 1,69; p<0,05 en PR 1,62; p<0,10

⁷ PR 1,66 en 1,49; p<0,10

⁸ bij >20 jaar: PR 6,16; p<0,001

⁹ de ongecorrigeerde PR was 2,04 (p<0,05)

¹⁰ (bij >53 jaar, PR 0,49; p<0,05)

¹¹ PR 2,13; 95%CI 1,22-3,73; p<0,01

¹² PR 2,00; 95%CI 1,25-3,21; p<0,01

¹³ PR 1,81; 95%CI 1,10-2,96; p<0,05

¹⁴ PR 2,36; 95%CI 1,10-5,04; p<0,05

TABEL 12 ASSOCIATIES TUSSEN BLOOTSTELLINGSVARIABLEN EN SYMPTOOMCLUSTERS UITGEDRUKT ALS PREVALENTIE RATIO (PR) MET 95% BETROUWBAARHEIDINTERVALLEN (95% CI), GECORRIGEERD VOOR LEEFTIJD EN ROOKGEWOONTEN

	N	Systemische en griep- achtige symptomen	Symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie	Symptomen van de bovenste luchtwegen
		PR (95% CI)	PR (95% CI)	PR (95% CI)
Endotoxine blootstelling				
Ö 13 EU/m ³	162	1,0	1,0	1,0
> 13 - Ö 50 EU/m ³	44	0,93 (0,40-2,14)	0,65 (0,24-1,79)	0,94 (0,45-1,98)
> 50 EU/m ³	10	2,34 (1,02-5,39)*	1,98 (0,72-5,44)	2,52 (1,10-5,79)*
Functie				
Kantoorfunctie	97	1,0	1,0	1,0
Monteur	109	0,72 (0,35-1,50)	1,01 (0,48-2,12)	0,95 (0,50-1,79)
Operator	200	1,02 (0,56-1,87)	1,21 (0,63-2,32)	0,96 (0,55-1,70)
Slibverwerker	55	1,00 (0,44-2,28)	0,67 (0,24-1,88)	0,93 (0,43-2,02)
Werkzaamheden				
Schoonmaakwerkzaamheden	328	1,48 (0,83-2,63)	1,71 (0,91-3,22) ‡	0,94 (0,59-1,52)
Schoonmaken met effluent	260	1,69 (1,02-2,80)*	1,62 (0,95-2,76) ‡	1,02 (0,66-1,58)
Werkzaamheden influent/roostergoed	298	1,66 (0,97-2,83) ‡	1,36 (0,80-2,32)	1,33 (0,83-2,12)
Werkzaamheden slibverwerking	339	1,24 (0,71-2,17)	1,34 (0,74-2,43)	1,15 (0,70-1,91)
Persoonlijke hygiëne				
Eten of drinken tijdens werkzaamheden	156	1,49 (0,93-2,38) ‡	1,25 (0,76-2,06)	0,95 (0,61-1,48)
Thuis omkleden	193	0,66 (0,40-1,09)	0,80 (0,48-1,32)	0,70 (0,45-1,10)
Niet douchen na de werkdag	87	0,85 (0,46-1,58)	1,00 (0,53-1,87)	0,98 (0,57-1,69)
Werkervaring				
Ö 4 jaar	112	1,0	1,0	1,0
> 4 - Ö 13 jaar	118	1,62 (0,84-3,11)	1,87 (0,84-4,15)	1,19 (0,66-2,16)
> 13 - Ö 20 jaar	108	0,72 (0,31-1,67)	1,98 (0,79-4,94)	0,79 (0,37-1,67)
> 20 jaar	121	1,03 (0,42-2,51)	6,16 (2,21-17,16)***	1,60 (0,71-3,61)
Leeftijd #				
Ö 37 jaar	111	1,0	1,0	1,0
> 37 - Ö 45 jaar	129	0,81 (0,43-1,53)	0,81 (0,43-1,54)	0,64 (0,37-1,10)
> 45 - Ö 53 jaar	108	0,99 (0,53-1,88)	0,73 (0,36-1,48)	0,68 (0,38-1,20)
> 53 jaar	110	0,80 (0,41-1,57)	0,88 (0,45-1,72)	0,49 (0,26-0,92) *
Rookgewoonten \$				
Nooit gerookt	181	1,0	1,0	1,0
Gestopt met roken	146	1,35 (0,76-2,41)	0,78 (0,41-1,46)	1,20 (0,71-2,03)
Roker	128	1,53 (0,87-2,69)	1,30 (0,75-2,26)	1,31 (0,79-2,17)

‡ p < 0,10, * p < 0,05, *** p < 0,001; Cox proportional hazard regressie

Alleen gecorrigeerd voor rookgewoonten

\$ Alleen gecorrigeerd voor leeftijd (als continue variabele)

Van de 'symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie' was alleen slijm ophoesten significant geassocieerd met schoonmaken¹⁵, schoonmaken met effluent¹⁶ en werkzaamheden met slib¹⁷.

Binnen de cluster 'symptomen van de bovenste luchtwegen' was keelpijn gerelateerd met schoonmaken¹⁸, en schoonmaken met effluent¹⁹. Een verstopte neus was gerelateerd met werkzaamheden met influent of roostergoed²⁰.

¹⁵ PR 2,69; 95%CI 1,33-5,44; p<0,01

¹⁶ PR 1,88; 95%CI 1,11-3,18; p<0,05

¹⁷ PR 2,36; 95%CI 1,17-4,76; p<0,05

¹⁸ PR 2,34; 95%CI 1,11-4,96; p<0,05

¹⁹ PR 2,06; 95%CI 1,14-3,72; p<0,05

²⁰ PR 1,51; 95%CI 1,00-2,27; p<0,05

ODTS (niet meegenomen in de factoranalyse) was significant geassocieerd met niveaus in endotoxinenblootstelling tussen 13 en 50 EU/m³²¹ en met niveaus hoger dan 50 EU/m³²². ODTS was ook significant geassocieerd met schoonmaakwerkzaamheden²³. Diarree (niet meegenomen in de factoranalyse) was significant geassocieerd met niveaus in endotoxinenblootstelling tussen 13 en 50 EU/m³²⁴.

4.5 LUCHTWEGKLACHTEN VERGELEKEN MET EEN STEEKPROEF UIT DE ALGEMENE BEVOLKING

In een volgende analyse is een vergelijking gemaakt in gerapporteerde luchtwegklachten tussen rwzi werknemers en een steekproef van 2.698 volwassen Nederlanders (Rijcken, 1996) (Tabel 13). Deze steekproef uit de algemene bevolking bestond voor 50,3% uit vrouwen²⁵ en de gemiddelde leeftijd was 45,5 jaar²⁶. In de algemene bevolking bevonden zich meer rokers²⁷. Prevalentieratio's werden gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht en rookgewoonten.

Astma, hoesten, slijm ophoesten en kortademigheid in rust werden significant vaker gerapporteerd door werknemers van rwzi's dan door de algemene bevolking (prevalentie ratio's uiteenlopend van 1,43 tot 2,61). Wakker worden door een hoestbui of met een gevoel van beklemming op de borst kwam juist minder vaak voor bij rwzi werknemers (PR respectievelijk 0,65 en 0,62).

De ruwe en gecorrigeerde prevalentie ratio's waren in essentie gelijk. Ook wanneer alleen gegevens van mannen of niet-rokers werden geanalyseerd, bleef hetzelfde beeld bestaan.

²¹ PR 1,82; 95%CI 1,19-2,78; p<0,01

²² PR 2,17; 95%CI 1,28-3,70; p<0,01

²³ PR 1,59; 95%CI 1,02-2,46; p<0,05

²⁴ PR 1,59; 95%CI 1,12-2,25; p<0,01

²⁵ Chi-kwadraat; p<0,001

²⁶ t-test; p=0,07

²⁷ 36,7%, Chi-kwadraat; p<0,001

TABEL 13 VOOR LEEFTIJD, GESLACHT EN ROKEN GECORRIGEEERDE PREVALENTIES EN PREVALENTIERATIO'S (95% BETROUWBAARHEIDINTERVAL) VAN LUCHTWEGKLACHTEN DIE MINIMAAL ÉÉN KEER WERDEN ERVAREN GEDURENDE DE AFGELOPEN 12 MAANDEN BIJ RWZI WERKNEMERS EN BIJ EEN STEEKPROEF UIT DE ALGEMENE BEVOLKING

	Algemene bevolking (n=2698)		RWZI werknemers (N=461)	
	%	PR	%	PR (95% CI)
Hoesten				
Vrijwel dagelijks hoesten	15,8	1,0	20,6	1,43 (1,12-1,82) **
Slijm ophoesten	10,0	1,0	15,6	1,56 (1,18-2,06) **
Wakker door hoestbui	31,8	1,0	15,0	0,62 (0,48-0,80) ***
Kortademigheid, piepen op de borst				
Kortademigheid in rust	7,6	1,0	9,3	1,49 (1,04-2,15) *
Kortademigheid na inspanning	21,0	1,0	19,1	1,07 (0,84-1,37)
Wakker door kortademigheid	6,4	1,0	6,9	1,29 (0,86-1,94)
Piepen op de borst	23,8	1,0	18,2	0,88 (0,69-1,12)
Kortademig tijdens piepen op de borst	15,7	1,0	10,0	0,75 (0,54-1,03)
Piepen op de borst terwijl niet verkouden	13,0	1,0	12,1	1,05 (0,78-1,43)
Wakker geworden met beklemming op de borst	12,1	1,0	6,9	0,65 (0,45-0,96) *
Kortademigheid bij haast of traplopen	19,3	1,0	15,2	1,02 (0,78-1,33)
Kortademigheid in vergelijking met leeftijdsgenoten	3,1	1,0	3,3	1,41 (0,77-2,57)
Astma				
Wel eens aanvallen benauwdheid (astma) gehad	4,9	1,0	8,9	1,77 (1,20-2,60) **
Astma, door arts bevestigd	4,7	1,0	6,7	1,46 (0,95-2,25)
In afgelopen 12 maanden astma-aanval	1,6	1,0	2,8	2,61 (1,25-5,44) *
Gebruik medicijnen tegen long/luchtwegklachten	2,5	1,0	4,3	1,85 (1,07-3,21) *

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; Cox proportional hazard regressie

5

DISCUSSIE

5.1 DISCUSSIE EXPOSITIEONDERZOEK

5.1.1 ALGEMENE BEVINDINGEN

In dit onderzoek is gekeken naar de blootstelling aan endotoxinen onder werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties onder verschillende omstandigheden en in verschillende settings. Het doel van het onderzoek was inzicht te krijgen in de (persoonlijke) blootstelling van de werknemers tijdens bepaalde werkzaamheden, van bepaalde functies, en in verschillende soorten installaties in de branche.

BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN:

Werknemers in de onderzochte installaties, welke zoveel mogelijk een dwarsdoorsnede geven van de hele branche, hebben te maken met een gemiddeld matige blootstelling aan endotoxinen, met een geometrisch gemiddelde persoonlijke endotoxinenblootstelling van de werknemers van alle bedrijven van 5,4 EU/m³. Natuurlijk zijn er verschillen in blootstelling tussen de bemeten installaties, met uitschieters in de lage en hoge regionen, maar op een enkele individuele meting na is de blootstelling overal vrij laag. Er zijn wel duidelijke verschillen tussen functies en functiecategorieën, met een hogere blootstelling voor de werknemers die tijdens hun werkzaamheden met influent/roostergoed, effluent en voornamelijk de sliblijn in aanraking komen, maar ook voor werknemers in deze functie-categorieën is de gemiddelde blootstelling niet hoog.

De ruimtelijke metingen laten een iets hogere gemiddelde blootstelling zien dan de persoonlijke blootstellingsmetingen, hoewel in absolute termen ook voor deze metingen geldt dat de concentraties niet extreem hoog waren. Op zich is het opvallend dat de ruimtelijke niveaus hoger zijn dan de persoonlijk gemeten niveaus. In de regel is dit andersom, omdat persoonlijke metingen dicht bij de bron worden genomen. Deze uitzondering op de regel hangt vermoedelijk samen met het feit dat er sprake is van blootstelling gedurende relatief korte perioden, afgewisseld met langere blootstellingvrije perioden. Op basis van deze gegevens kan dus geconcludeerd worden dat er de bronnen van blootstelling in deze ruimtes zeker invloed hebben op de mate van blootstelling aan endotoxinen van de werknemers, maar doordat de tijd die de werknemers in de nabijheid van de verschillende bronnen doorbrengen op een gemiddelde werkdag niet lang is en dat het in veel gevallen ook om een controlerende taak gaat, is de persoonlijke blootstelling over een hele werkdag niet hoog.

Ook de taakgerichte metingen laten een zelfde beeld zien. Wanneer alleen de blootstelling bij een bepaalde taak wordt gemeten, zijn er wel degelijk taken waarbij de blootstelling aan endotoxinen relatief hoog kan zijn, met de werkzaamheden bij de verschillende zeefbandpersen als belangrijkste taken. Bepaalde werkzaamheden brengen dus zeker wel risico's met zich mee wat betreft blootstelling aan endotoxinen. Feit is dat er geen aparte MAC-waarde voor kortdurende piekblootstelling aan endotoxinen is opgesteld en dat er daarom van moet worden uitgegaan dat deze piekblootstellingen dus geen extra risico geven.

Slechts een klein deel van de persoonlijke blootstellingsmetingen, 0,3%, overschrijdt de voorgestelde MAC-waarde van 200 EU/m³ en 3,7% van de metingen overschrijdt de gezondheidskundige advieswaarde van 50 EU/m³. Bij de ruimtelijke metingen zijn deze percentages respectievelijk 3% en 11%. Ook dit staft de conclusie dat wat betreft de persoonlijke blootstelling aan endotoxinen van werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallatie er in de meeste gevallen geen sprake is van een gezondheidskundig onwenselijke situatie. Wel moet daarbij worden opgemerkt dat overschrijding van een MAC-waarde in principe helemaal niet mag voorkomen en dit is bijna niet het geval. Ook is het belangrijk om te realiseren dat er wel degelijk situaties zijn waarin een piek in endotoxinenblootstelling kan voorkomen. Bijvoorbeeld tijdens grote onderhouds- of schoonmaakwerkzaamheden die niet behoren tot de dagelijkse routine is waakzaamheid en bewust omgaan met de situatie geboden.

De meetresultaten lieten een hogere concentratie endotoxinen in de impingermetingen ten opzichte van de 'gewone' stofmetingen met glasvezelfilters zien, wanneer geanalyseerd met behulp van het LAL-assay. Aanvullend onderzoek heeft aangegeven dat dit verschil waarschijnlijk wordt verklaard door interferentie van het LAL-assay voor meting van blootstelling aan endotoxinen door micro-organismen en hun componenten (zie bijlage 5). Waarschijnlijk overschat het LAL-assay in dit specifieke geval, bij deze lage endotoxinenconcentraties, de blootstelling aan endotoxinen. Het uitvoeren van persoonlijke blootstellingsmetingen door middel van filters en pompjes is wel de standaard, en de resultaten van deze metingen zijn dus ook het belangrijkste.

DETERMINANTEN VAN BLOOTSTELLING:

Ondanks de lage blootstelling aan endotoxinen in de onderzoekspopulatie was het toch mogelijk, dankzij het grote aantal uitgevoerde metingen, om determinanten van blootstelling te identificeren. Hierbij is rekening gehouden met de mogelijke correlatie tussen herhaalde metingen door gebruik te maken van zogenaamde 'mixed models'. Uit deze analyse bleek dat het grootste deel van de spreiding in blootstelling wordt veroorzaakt door spreiding van dag tot dag. Een oorzaak hiervan is zeer waarschijnlijk de variatie in werkzaamheden van werknemers van dag tot dag in combinatie met variatie in weersomstandigheden over de tijd. Ook is de tendens dat werknemers meer allround actief zijn over een zuivering en niet meer een specifiek onderdeel van het proces onder hun hoede hebben. Veel van de werkzaamheden bestaan uit controle van het proces en bij grote klussen worden regelmatig externe specialisten ingeschakeld. Ook zijn er per dag verschillen in de weersomstandigheden en de inhoud van het aangevoerde influent, die ook weer invloed hebben op de blootstelling. De weersomstandigheden bleken ook een deel van de dag-tot-dag variantie te verklaren, waarbij met name het voorkomen van neerslag de belangrijkste determinant is.

In het onderzoek naar bronnen van endotoxinenblootstelling is aan de hand van een aantal variabelen getracht om rwzi's in te delen in categorieën. Deze indeling is niet goed toe te passen op de huidige studiepopulatie, omdat er door de vele verschillen tussen installaties teveel categorieën zouden ontstaan met te weinig statistisch onderscheidend vermogen. Het blijkt dat een deel van de dag-tot-dag variantie wel door deze combinatie van determinanten wordt verklaard, waarbij de belasting van de rwzi de belangrijkste onderliggende determinant is.

De individuele rwzi geheel blijkt het grootste deel van de spreiding tussen personen te verklaren, en samen met de 'functiecategorie' is het de belangrijkste determinant van verschillen in blootstelling tussen personen. De 'rwzi' omvat alle kenmerken van een installatie die in meer of mindere mate invloed hebben op de blootstelling. Tijdens het afnemen van de bedrijfschecklist is getracht om zoveel mogelijk installatiekenmerken te onderscheiden, maar verdere analyses lieten geen duidelijk beeld zien. Functie(categorie) is, zoals verwacht, en dat blijkt ook uit eerdere vergelijking van blootstellingsniveaus tussen functies, een belangrijke verklarende variabele wat betreft endotoxinenblootstelling. De verschillen tussen de functies zijn significant en operators, monteurs en slibverwerkers hebben een 3,7-4,4 maal hogere blootstelling dan beheerders/kantoorpersoneel. Er zijn ook nog verschillende andere variabelen die een significant hogere blootstelling met zich meebrengen, en enkele daarvan zijn wel opmerkelijk. Zo blijken werknemers die in hun werkkleding naar het werk komen en zich dus niet omkleden op de installatie, een 1,8 maal statistisch significant hogere blootstelling te hebben ten opzichte van werknemers die zich wel op het werk omkleden. Wellicht raakt de kleding gecontamineerd met endotoxinen en wisselen werknemers op deze manier minder vaak van kleding. Ook is het mogelijk dat er andere onderliggende factoren van invloed zijn, zoals het al dan niet aanwezig zijn van een omkleed/ doucheruimte of de aard van de werkzaamheden die de werknemers uitvoeren. Met goede afspraken over hygiëne is dus een reductie in endotoxinenblootstelling te realiseren. Ook werknemers die schoonmaakwerkzaamheden verrichten hebben een (1,65 maal) hogere blootstelling dan werknemers die niet schoonmaken. Schoonmaken is dus een activiteit extra risico op blootstelling met zich meebrengt en dus extra aandacht behoeft. Ook enkele proceskenmerken veroorzaken een significant hogere blootstelling, zoals een oxidatietank als beluchtingsbassin en niet omkapte puntbeluchting als beluchtingssysteem. Vooral de laatste variabele geeft aan dat de mate waarmee actief slib in beweging wordt gebracht van invloed kan zijn op aërolisatie en (dus) de blootstelling. Het afdekken van bronnen van blootstelling blijkt ook een manier te zijn om de blootstelling te reduceren. Blootstelling is bijvoorbeeld 1,6 maal lager is wanneer het roostergoed is afgedekt ten opzichte van een niet afgedekte roostergoedverwijdering en een afgedekte puntbeluchter resulteert in een lagere blootstelling dan een open puntbeluchter. Verder geeft onderhoud door een extern bedrijf een 4,4 maal hogere blootstelling bij deze externe werknemer, dan wanneer het onderhoud door alle werknemers van een rwzi wordt gedaan. Vaak gaat het in dit geval om onderhoudsbedrijven die bijvoorbeeld zijn gespecialiseerd in onderhoud van centrifuges. Deze werknemers zijn dus ook vrijwel de gehele werkdag met deze taken bezig. De werknemers van een rwzi hebben gedurende een dag naast de schoonmaakwerkzaamheden ook andere taken. De rwzi's die dergelijk werk uitbesteden zijn wel verplicht om deze risico's aan te geven aan de uitvoerenden.

Eén van de redenen om het onderzoek uit te voeren in drie verschillende meetperioden was het kunnen onderzoeken van mogelijke seizoensinvloeden op de blootstelling aan endotoxinen, aangezien hogere temperaturen samen kunnen hangen met een grotere bacteriegroei en daardoor ook hogere bacteriesterfte. Bij de opzet van het huidige onderzoek is daarmee rekening gehouden, en is zoveel mogelijk in drie afzonderlijke seizoenen (voorjaar, zomer, najaar/winter) gemeten. Echter de verschillen qua temperatuur en neerslag tussen de eerste (voorjaar, begin zomer) en de tweede (zomer) meetperiode waren niet noemenswaardig, omdat het een erg mooi voorjaar was. Ook de najaar/winterperiode laat geen significante verschillen in blootstelling zien. Op basis van de beschikbare gegevens bleek meetseizoen geen determinant van blootstelling te zijn.

EEN ANDERE MANIER VAN MONSTERNAME: PASSIEF IN PLAATS VAN ACTIEF

Uit de eerste proeven met de passieve monsternamemethode blijkt dat het mogelijk is om endotoxinen te bepalen op de folies zoals gebruikt in deze studie. Deze manier van monstername is voor in de toekomst een optie wat betreft het meten van blootstelling maar moet nog verder worden uitgewerkt. Het is nu zaak om een grotere set gegevens te verkrijgen, om zo tot ijkreeksen te komen op basis van de relatie tussen de folies en de 'actieve' manier van monstername te onderzoeken. Aan de hand van regressie-analyses kan een ijklijn opgesteld worden waarmee aan de hand van de concentratie op de folies de totale concentratie kan worden voorspeld. Ook kan er nader worden ingegaan op de mogelijkheden van het meten van de doorlaatbaarheid van de folies en het mogelijk berekenen van een stof- en/of endotoxinen concentratie daaruit.

Aangezien het de eerste keer is dat deze passieve meetmethode wordt gebruikt in Nederland en in de waterzuiveringsbranche, is er nog weinig informatie over de mogelijke invloeden van bijvoorbeeld de manier van bewaren en opwerken van de folies. Vele, in de meeste gevallen nog onbekende, factoren kunnen invloed hebben op de gemeten concentratie en het uitzoeken welke dit zijn en hoe ze gecontroleerd kunnen worden is een belangrijk onderdeel van eventueel vervolgonderzoek naar het gebruik van deze meetmethode.

PRAKTIJKPROEVEN: EXPERIMENTEREN MET DE WERKWIJZE VAN BEPAALDE TAKEN EN WERKZAAM-HEDEN EN HUN INVLOED OP DE BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN

In het algemeen kan geconcludeerd worden dat het (in pandig) gebruik van effluent duidelijk bijdraagt aan een hogere endotoxinenblootstelling, en dat (in pandige) (schoonmaak)werkzaamheden waarbij werknemers gebruik maken van effluent zoveel mogelijk moeten worden voorkomen. Dan wel dat bij zulke werkzaamheden bewust omgaan met de risico's noodzakelijk is.

Het effect van het gebruik van hoge druk is niet geheel duidelijk, aangezien uit de t-testen naar voren komt dat het gebruik van hoge druk is gerelateerd aan een hogere blootstelling aan endotoxinen, maar hoge druk in de regressievergelijking (bij correctie voor andere variabelen) geen invloed op de blootstelling heeft. Het verder openzetten van de spuitmond bij gebruik van een brandslang geeft een duidelijk lagere endotoxinenblootstelling dan een zo dicht mogelijke spuitmond (vergelijkbaar met hoge druk).

Een goede ventilatie met voldoende capaciteit brengt de blootstelling bij in pandige blootstelling aan endotoxinen omlaag. Alleen het (tegen elkaar) open zetten van deuren is hierbij niet voldoende. Verder is het volledig omkappen van een machine en het afzuigen van de lucht binnen deze omkapping ook een goede manier om de blootstelling aan endotoxinen in een ruimte te verlagen. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat een omkapping niet altijd even goed wordt toegepast in de praktijk.

Het vergroten van de afstand van de werknemer tot het schoon te maken object is vrijwel niet van invloed op de blootstelling. Dichtbij het object is de blootstelling duidelijk hoger, maar op enige afstand vindt er zoveel en snel verdunning plaats door bijvoorbeeld wind, ventilatie en dergelijke, zodat er niet echt van een concentratiegradiënt gesproken kan worden.

5.1.2 VERGELIJKING MET EERDERE METINGEN

In het onderzoek naar het voorkomen van endotoxinen op rwzi's (STOWA, 2002-44) is in het verlengde van een onderzoek naar blootstelling aan Legionella (STOWA, 2002-16) voornamelijk gekeken naar mogelijke bronnen van blootstelling. De concentraties zoals gevonden in de huidige studies zijn beduidend lager dan in het voorgaande onderzoek. Dat is te verklaren doordat de metingen van het bronnenonderzoek voornamelijk in de directe nabijheid van de 'bron' uitgevoerd zijn, terwijl de persoon zelf vaak verder van de bron (de zeefbandpers, de roostergoedverwijdering, het opspattende water/slib tijdens schoonmaakwerkzaamheden) verwijderd is. De concentratie verdunt dus snel naarmate de afstand tot de bron groter wordt. Verder zijn de bronmetingen specifiek op bepaalde objecten gericht geweest, terwijl een persoon gedurende een werkdag vrijwel nooit bij een bepaald procesonderdeel aan het werk is maar verschillende taken uitvoert. Ook bij het vergelijken van de concentraties van de ruimtelijke metingen met de uitkomsten van het eerdere onderzoek moet in het achterhoofd gehouden worden dat de opzet van de metingen geheel anders is, met in dit onderzoek oog voor de mate van emissie in ruimtes of op plekken waar werknemers komen en waarbij de metingen dus in de meeste gevallen op 'werknemerhoogte' zijn geplaatst, en bij de opzet van het vorige onderzoek uitgegaan is van de bron zelf. Wel is het zo dat het beeld dat uit beide onderzoeken naar voren komt overeenkomsten heeft. Zo komen uit beide onderzoeken de zeefbandpers(ruimte) en het roostergoed(gebouw) naar voren als kritieke punten in het proces en is schoonmaken een taak waarbij voorzichtigheid is geboden. Ook het afgedekt/inpandig zijn van procesonderdelen is een factor waarmee rekening gehouden moet worden.

Het beeld qua blootstelling aan endotoxinen onder werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties zoals hier gevonden komt overeen met nationale en internationale studies waar ook lage concentraties geconstateerd, zoals 0-52 EU/m³ in de studie van Pra mo et al in 2003, en een (geometrisch) gemiddelde persoonlijke endotoxinenconcentratie van 9,5 EU/m³ in de studie van Douwes et al in 2001. Ten opzichte van de blootstelling in andere studies is de hier gevonden blootstelling juist weer laag. Zo zijn bijvoorbeeld in Scandinavische studies blootstellingen van gemiddeld 176 EU/m³ (range 30-390) in de buurt van bassins gevonden, en concentraties van 20-321.700 EU/m³ in de buurt van slibbehandeling en tijdens schoonmaakwerkzaamheden (Rylander, 1999). Melbostad et al (1994) vonden endotoxinenconcentraties met een mediaan van 300 EU/m³ (range 0-3.700 EU/m³) op rwzi's in Noorwegen. In een waterzuivering van een houtverwerkend bedrijf zijn endotoxinenconcentraties tot 420 EU/m³ bij beluchtingsbassins en tot 1.240 EU/m³ bij de slibverwerking gemeten (Sarantila, 2001). In een Amerikaanse studies zijn endotoxinenconcentraties in de lucht van 1.000-7.800 EU/m³ gevonden (Mulloy, 2001). Waardoor deze verschillen worden veroorzaakt is onbekend. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat een groot deel van de Scandinavische zuiveringsinstallaties (geheel) overkapt zijn, in verband met (warmte)isolatie van het zuiveringsproces. Bij een inpandig proces is er minder verdunning van de lucht. Dit leidt tot hogere blootstelling. Maar ook verschillen in monsternamemethode, extractie en analyse kunnen verantwoordelijk zijn voor de verschillen in gevonden blootstelling.

5.1.3 MOGELIJKE BEPERKINGEN VAN HET ONDERZOEK

Gezien de breedte en omvang van het onderzoek en de beperkte tijd voor het uitvoeren van de metingen is een indeling in drie duidelijk te onderscheiden seizoenen niet gelukt. Dit heeft de mogelijkheid om eventuele seizoensinvloeden op de blootstelling aan endotoxinen te onderzoeken moeilijker gemaakt. Maar gezien de gelijkmatigheid in de weersomstandig-

heden tijdens de periodes waarin is gemeten kon over de invloed hiervan geen eenduidige conclusies worden getrokken.

De bedrijfschecklist is opgesteld met behulp van inhoudsdeskundigen en in de meeste gevallen door de veldwerker afgenomen bij iemand van de bedrijfsleiding dan wel een arbo-coördinator, een zuiveringstechnicus of een veiligheidskundige. Helaas was deze persoon niet altijd voldoende op de hoogte van alle details van de bedrijfsvoering en bleek opzet van de vragen in de checklist niet altijd optimaal, waardoor niet in alle gevallen een volledig beeld kon worden verkregen over mogelijke verklarende variabelen.

Ook is er tijdens het uitvoeren van de metingen gekozen voor het meegeven van een zeer uitgebreid tijdsregistratieformulier, met veel voorgestructureerde antwoordmogelijkheden. De inschatting dat de werknemers van rwzi's tijdens de werkdag genoeg tijd zouden hebben/maken om dit formulier in te vullen en ook naderhand nog gedetailleerd zouden weten wat ze die dag hadden gedaan was echter niet geheel juist. Bij dit onderdeel is dus een onvolledig beeld van de precieze werkzaamheden van de deelnemende werknemers op een meetdag, waarbij voornamelijk het inschatten van de tijd besteed aan een taak moeilijk was weer te geven door de werknemers. Deze gegevens zijn niet meegenomen in de analyse van de resultaten. Anderzijds zijn eventuele beperkingen van dit deel van het onderzoek ruimschoots gecompenseerd door de experimentele studies die gedetailleerd inzicht hebben gegeven in de rol van determinanten van blootstelling.

Bij het interpreteren van de resultaten van de praktijkproeven moet goed worden gerealiseerd dat het in hier gaat om in scène gezette experimentele metingen, om na te gaan wat de invloed van verschillende manieren van werken is op de mogelijke blootstelling van werknemers. Het gaat hierbij dus niet altijd om een realistische werksituatie, en de resultaten moeten dus ook niet als zodanig worden geïnterpreteerd, maar als een indicatie voor blootstelling. Wel is het zo dat aan de hand van deze metingen handvatten kunnen worden gegeven voor mogelijkheden om de blootstelling aan endotoxinen in 'probleemgebieden' te reduceren.

5.2 DISCUSSIE VRAGENLIJSTONDERZOEK

5.2.1 VOORKOMEN VAN KLACHTEN BIJ RWZI MEDEWERKERS

De prevalentie van een breed scala gezondheidsklachten onder rwzi medewerkers wijkt in grote lijnen niet af van de kantoorpopulatie uit dezelfde branche of andere beroepsmatig aan biologische agentia waaronder endotoxine blootgestelde populaties. In dit verband is een recent onderzoek onder GFT-ophalers en composteerdere relevant (Wouters, 2003a/b). In deze studie in de afvalverwerking werd een duidelijk verhoogde prevalentie klachten gevonden bij hogere blootstelling aan endotoxine en stof. De prevalentie van een aantal luchtwegklachten bleek bij rwzi werknemers ook licht verhoogd te zijn ten opzichte van een steekproef van volwassen Nederlanders. Dit is in overeenstemming met een onderzoek in Zweden waar rwzi werknemers ook meer astma bleken te hebben dan een uit de algemene bevolking afkomstige referentiegroep (Friis, 1999). Dezelfde klachten - astma, hoesten, slijm ophoesten en kortademigheid - waren ook verhoogd bij werknemers van composteerbedrijven. Wouters et al. (2003a) suggereren dat blootstelling aan bio-aërosolen bij composteerdere een rol zou kunnen spelen bij het ontstaan van deze klachten.

5.2.2 CLUSTERING VAN KLACHTEN

In dit gezondheidsonderzoek bij werknemers van rioolwaterzuiveringen werden drie clusters van symptomen geïdentificeerd:

- systemische en griepachtige symptomen
- symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie
- symptomen van de bovenste luchtwegen.

In een eerder onderzoek bij rwzi werknemers is een vrijwel vergelijkbaar patroon van gerapporteerde klachten gevonden (Douwes, 2001) terwijl bij werknemers van composteerbedrijven geheel andere clusters van symptomen werden onderscheiden met een geheel ander patroon dat aanwezig was bij rwzi werknemers (Wouters, 2003a). Deze bevindingen lijken te wijzen op de aanwezigheid van specifieke agentia, die bij rwzi werknemers verantwoordelijk zijn voor het veroorzaken van gezondheidsklachten. Deze constatering wordt versterkt door de afzonderlijke factoranalyse van symptomen bij procesmedewerkers en kantoorpersoneel. Hoewel individuele symptoomprevalenties nauwelijks verschilden tussen de twee functiegroepen, werd bij de procesmedewerkers een clustering in het klachtenpatroon gevonden. Deze clustering kwam in essentie overeen met het patroon dat werd waargenomen in de gehele studiepopulatie, terwijl bij kantoorpersoneel geen interpreteerbare clusters konden worden onderscheiden.

5.2.3 RELATIES TUSSEN KLACHTEN(CLUSTERS) EN DETERMINANTEN VAN EXPOSITIE

‘Systemische en griepachtige symptomen’ bleken positief geassocieerd te zijn met:

- schoonmaakwerkzaamheden met effluent
- werkzaamheden met influent of roostergoed
- eten of drinken tijdens werkzaamheden.

‘Symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie’ waren positief geassocieerd met schoonmaakwerkzaamheden (met en zonder effluent). Deze associaties waren echter niet heel erg sterk (prevalentie ratio's $\approx 1,71$) en op de grens van statistische significantie. Thuis omkleden bleek niet in verband te staan met gezondheidsklachten.

De individuele symptomen pijn in de gewrichten, spierpijn, slijm ophoesten, keelpijn, een verstopte neus en ODS waren positief en significant geassocieerd met werkzaamheden waarbij een verhoogde blootstelling aan biologische agentia werd verwacht. Op zich is dit een relevante bevinding, omdat juist deze klachten veelal het gevolg zijn van een beroepsmatige endotoxine blootstelling. Deze symptomen werden ook in eerder onderzoek bij werknemers van rioolwaterzuiveringen aangetroffen (Entrecote, 1988; Scarlett-Kranz, 1987; Zuskin, 1993; Khuder, 1998; Rylander, 1999; Douwes, 2001; Thorn, 2002). Het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen zoals handschoenen en mondmaskers bleek niet met klachten in verband te staan, maar dit is verder niet in detail uitgewerkt.

De relatie tussen gezondheidsklachten en blootstelling aan rioolwater was veel sterker aanwezig in de studie van Douwes et al. (2001) die meer dan tien jaren geleden is uitgevoerd. In de afgelopen 10 jaar hebben veel waterzuiveringen arbo- en milieumaatregelen toegepast om stankoverlast en blootstelling aan stof, aërosolen, slib of rioolwater te beheersen. Het is waarschijnlijk dat deze maatregelen een positieve uitwerking op de gezondheid van werknemers hebben gehad.

5.2.4 MOGELIJKE BEPERKINGEN VAN EN VERTEKENINGEN IN DE STUDIE

De gegevens over zowel gezondheidsklachten als blootstellingsvariabelen zoals functie, werkzaamheden en hygiëne zijn verkregen door middel van een schriftelijke vragenlijst. Hierbij bestaat het risico dat deelnemers naar aanleiding van de discussies over endotoxine hun klachten over-rapporteren. Vooral deelnemers met een hoge blootstelling aan rioolwater of slib zouden meer klachten kunnen melden waardoor effecten van blootstellingen op de gezondheid overschat worden. Hoewel het niet uit te sluiten is dat deze zogenaamde 'informatiebias' de resultaten heeft beïnvloed, is het onwaarschijnlijk dat dit systematisch en op grote schaal heeft plaatsgevonden. Het is namelijk onwaarschijnlijk dat wanneer er sprake is van informatiebias de drie eerder waargenomen betekenisvolle symptoomclusters zouden worden vastgesteld. Daarnaast bleken slibverwerkers geen hogere symptoom prevalentie te melden terwijl er vooraf werd aangenomen dat deze groep een hoger risico op gezondheidsklachten zou hebben.

Een vorm van zogenaamde 'informatiebias' die in dit onderzoek waarschijnlijk een grotere rol heeft gespeeld is de indeling van werknemers in specifieke blootstellingscategorieën. Werknemers werden op basis van zelfgerapporteerde gegevens ingedeeld in functiegroepen waarbij kantoorfuncties en slibverwerkers duidelijk te onderscheiden groepen waren. Monteurs en operators vertonen veel overeenkomsten qua werkzaamheden en waren lastiger in te delen. De functie-indeling is een matige indicator voor blootstelling gebleken. Een deel van de werknemers met een kantoorfunctie voert incidenteel werkzaamheden uit waarbij sprake is van een hoge blootstelling aan slib of rioolwater, terwijl sommige procesmedewerkers de bedieningsruimte zelden verlaten. Ook andere blootstellingsvariabelen zoals werkzaamheden met roostergoed, influent of slib en schoonmaakwerkzaamheden zijn a-specifiek. Het bleek voor veel werknemers niet mogelijk om aan te geven hoe veel tijd ze besteedden aan werkzaamheden bij verschillende onderdelen van de installatie waardoor deze variabelen in ruwe 'ja/nee' categorieën ingedeeld moesten worden. De weinig specifieke definiëring van blootstelling zal waarschijnlijk geleid hebben tot afzwakking van de resultaten.

Ook is het mogelijk dat een zogenaamd 'healthy worker effect' is opgetreden. Dit is een verschijnsel waarmee wordt omschreven dat de werknemers populatie vaak relatief gezonder blijkt te zijn ten opzichte van de algemene bevolking door verschillende selectieprocessen bij instroom in de branche en uitstroom. Als werknemers een bedrijf verlaten vanwege gezondheidsklachten, leidt dit tot een onderschatting van de associaties tussen blootstelling en symptomen. Dit lijkt echter geen grote rol gespeeld te hebben in dit onderzoek. Werknemers met meer dan 20 jaar werkervaring meldden meer symptomen van de lagere luchtwegen dan werknemers met kortere werkervaring. De ernst van de klachten is in deze groep echter niet dusdanig dat zij elders gaan werken. Verder blijkt het verloop van de medewerkers die langere tijd bij een rwzi werken erg laag te zijn, terwijl het 'healthy worker effect' veronderstelt dat werknemers met meer klachten het bedrijf eerder zullen verlaten. Het effect van werkervaring op symptomen van de lagere luchtwegen kon niet worden verklaard door functie of werkzaamheden waardoor het een aanwijzing lijkt dat de symptomen worden veroorzaakt door langdurige blootstelling aan agentia in rioolwater of slib.

5.2.5 ROL VAN ENDOTOXINE EN ANDERE MICROBIËLE FACTOREN

In dit onderzoek werden verhoogde prevalentie ratio's gevonden voor 'systemische en griepachtige symptomen', 'symptomen van de bovenste luchtwegen' en ODTS bij werknemers die blootgesteld waren aan endotoxine concentraties boven 50 EU/m³. Hoewel deze

relaties significant waren moet er voorzichtigheid worden betracht bij het interpreteren van deze resultaten. Slechts een zeer klein aantal werknemers was blootgesteld aan niveaus boven 50 EU/m^3 , en er zijn geen aanwijzingen voor een dosis-respons relatie, behalve voor ODS. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat deze gering verhoogde niveaus ook een overschatting vormen van de werkelijke endotoxinenblootstelling, onder andere door interferentie van andere micro-organismen met het LAL-assay.

In een onderzoek bij composteerbedrijven werden hogere endotoxine concentraties gemeten dan in dit rwzi onderzoek (Wouters, 2003b). Klachtenprevalenties van de hoger blootgestelde composteerdere van huishoudelijk organisch afval bleken ongeveer een factor twee hoger te zijn dan de prevalenties van rwzi werknemers (Wouters, 2003a). In een recent Pools onderzoek is gekeken naar de microbiële samenstelling van aërosolen in de lucht op verschillende plaatsen op een waterzuiveringsinstallatie (Pramo, 2003). In deze studie werden ook lage endotoxine concentraties geconstateerd ($0\text{-}52 \text{ EU/m}^3$), terwijl uit de microbiologische analyses bleek dat verschillende pathogene bacteriën en schimmels in de lucht meetbaar waren met zogenaamde 'viable' technieken. Ook de niveaus micro-organismen in de lucht waren relatief laag ($<2,4\text{-}70,7 \times 10^2$ kolonie vormende eenheden per m^3) al kan een gedetailleerde interpretatie niet worden gegeven, omdat de apparatuur afweek van meer gangbare monsternamemethoden die in binnen- en buitenland wordt gebruikt. De eindconclusie van deze studies lijkt te zijn dat endotoxine zelf maar een beperkte rol speelt gezien de relatief lage niveaus, enkele uitzonderingen daargelaten. Endotoxine in de lucht moet meer als relatief goed meetbare merker van de algemene microbiële belasting worden gezien. In het aanvullend onderzoek zijn ook aanwijzingen verkregen die hier op wijzen. Op diverse plekken zijn namelijk verhoogde concentraties Gram-positieve micro-organismen en schimmels gevonden, en is ook de concentratie 'muramic acid', een merker voor Gram-positieve bacteriën, verhoogd.

Behalve naar endotoxine is er door verschillende onderzoekers gekeken naar effecten van blootstelling aan parasitaire of infectieuze micro-organismen. Uit een aantal studies bleek dat bij rwzi werknemers vaker hepatitis A virus antilichamen voorkomen (Cadilhac, 1996; Brugha, 1998) terwijl de kans op klinische hepatitis A niet verhoogd lijkt te zijn (Glas, 2001; Venczel, 2003). De risico's op andere infecties of parasitaire ziekten zoals hepatitis B, leptospirosis of giardia zijn onderzocht door middel van het bepalen van antilichamen of aanwezige parasieten en lijken zeer laag te zijn (Clark, 1976; Clark, 1984; Thorn, 2001). Een verhoogd risico op gastro-enteritis werd beschreven door Khuder et al. (1998). Door Douwes et al. (2001) werd een prevalentie van diarree gevonden (39,5%) die vergelijkbaar is met resultaten van dit onderzoek waar de prevalentie uiteenloopt van 26,8% bij kantoorpersoneel tot 42,2% bij monteurs. Lundholm en Rylander (1983) stellen dat maag-darmklachten bij rwzi werknemers veroorzaakt zouden kunnen worden door enterotoxinen, toxische stoffen die door Gram-negatieve bacteriën worden geproduceerd. Slibgisting doodt veel potentieel pathogene micro-organismen, zoals faecale bacteriën, enterovirussen en parasieten (Carrington, 1991). Slibontwatering wordt veelal met uitgist of aëroob gestabiliseerd slib uitgevoerd. Dit zou een van de verklaringen kunnen zijn waarom slibverwerkers en andere werknemers die wel eens met slib werken geen duidelijk verhoogde klachten hebben, terwijl dit wel werd verwacht. Ook zal tolerantie voor biologische agentia waarschijnlijk een rol spelen bij rwzi werknemers. De incidentele blootstellingen van werknemers met een kantoorfunctie zouden sneller tot klachten kunnen leiden dan de regelmatige blootstellingen van veel procesmedewerkers.

Chemische agentia zijn ook in een aantal studies bekeken als mogelijke veroorzakers van gezondheidsklachten. Een breed spectrum aan chemische agentia, waaronder zwavelverbindingen zoals H_2S , werd gemeten bij een awzi waar water afkomstig van papierfabrieken wordt gezuiverd. De concentraties waren laag en het leek onwaarschijnlijk dat deze blootstellingen toxische effecten kunnen veroorzaken (Schinkel, 2003). In een ander onderzoek bij rwzi's werd ook een lage blootstelling aan H_2S gemeten (Melbostad, 1994). Wel zijn er een aantal gevallen bekend waar langdurige of incidentele blootstelling aan industriële verontreinigingen in het rioolwater leidde tot gezondheidsklachten. Voorbeelden hiervan zijn persistente pesticiden, organische samenstellingen en zware metalen. Verder kunnen er ook ziekenhuizen aangesloten zijn op rwzi's, wat de blootstelling aan bijvoorbeeld ziektekiemen kan verhogen (Morse, 1979; Kraut, 1988).

5.3 SAMENVATTENDE EINDCONCLUSIE

Geconcludeerd kan worden dat werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties gemiddeld aan lage concentraties endotoxinen worden blootgesteld. Er zijn duidelijke verschillen tussen functies, locaties en taken. Met hier en daar een uitschieter daar gelaten is de blootstelling niet hoog en wordt de voorgestelde MAC-waarde van 200 EU/m^3 niet vaak overschreden. Ook de gezondheidkundige advieswaarde van 50 EU/m^3 wordt slechts in een aantal gevallen overschreden. Piekblootstelling is wel mogelijk, maar door het grote aantal verschillende taken die werknemers uitvoeren is endotoxinenblootstelling over een hele dag laag.

Er zijn determinanten van blootstelling vastgesteld, waarbij rwzi (met alle kenmerken die daar binnen vallen), functie(categorie) en de weersomstandigheden de grootste veroorzakers van spreiding in blootstelling zijn.

De conclusies van het experimentele onderzoek zijn:

- Het gebruik van effluent verhoogt de endotoxinenblootstelling
- het gebruik van hoge druk in de vorm van een dichte spuitmond van een brandslang verhoogt de endotoxinenblootstelling
- de aanwezigheid van ventilatie de endotoxinenblootstelling verlaagt de endotoxinenblootstelling,
- het verder openzetten van de spuitmond bij een brandslang verlaagt waarschijnlijk de endotoxinenblootstelling
- de afstand van de werknemer tot het schoon te maken object heeft geen invloed op de blootstelling aan endotoxinen.

Werknemers van rioolwaterzuiveringsinstallaties rapporteerden diverse symptomen die mogelijk met het werk op een rwzi in verband staan. Drie verschillende clusters van correlerende symptomen worden onderscheiden:

- systemische en griepachtige symptomen
- symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie
- symptomen van de bovenste luchtwegen.

Deze symptomen zijn geassocieerd met blootstelling aan endotoxinen, met name met een blootstelling aan endotoxinen hoger dan 50 EU/m^3 , die voorkomt bij schoonmaakwerkzaamheden (met en zonder effluent), werkzaamheden met influent, roostergoed of slib, en eten of drinken tijdens werkzaamheden.

Deze bevinding laat zien dat microbiële factoren zoals endotoxine en (mogelijk pathogene) bacteriën een rol spelen bij het ontstaan van deze werkgerelateerde symptomen. Gezien de relatief lage niveaus lijkt het niet waarschijnlijk dat alleen endotoxine de oorzaak van de alle klachten is. Endotoxine in de lucht moet in ieder geval worden gezien als een relatief goed meetbare merker van de algemene microbiële belasting. Ook dit onderzoek heeft hiervoor aanwijzingen opgeleverd en ondanks de lage endotoxinenniveaus lijkt het daarom verstandig om in het algemeen de microbiële belasting waar mogelijk te verlagen.

6

AANBEVELINGEN

6.1 SAMENVATTENDE CONCLUSIES

Uit het blootstellingonderzoek blijkt dat de blootstelling aan endotoxinen op rioolwaterzuiveringsinstallaties gemiddeld laag is. Overschrijding van (voorgestelde) grenswaarden voor endotoxine, het voorstel van de Gezondheidsraad van 50 EU/m³ en de gedurende korte tijd ingevoerde MAC waarde van 200 EU/m³ komt voor, maar de overschrijdingskansen zijn gering. Desondanks wordt bij blootgestelde werknemers een verhoogd voorkomen van klachten waargenomen. Ook blijken de klachten direct gerelateerd te zijn aan de endotoxinen-concentraties. Deze waarnemingen zijn relatief uniek omdat dergelijke associaties tot nu toe niet bij dergelijke blootstellingsniveaus zijn waargenomen. Hiervoor zijn mogelijk een paar verklaringen te geven. Het lijkt minder waarschijnlijk dat specifieke pathogene micro-organismen de geobserveerde klachten veroorzaken, omdat dan ook verwacht zou worden dat infectieziekten regelmatig bij deze populaties worden waargenomen.

6.2 AANBEVELINGEN

Uit deze conclusies volgen een aantal aanbevelingen, welke zijn ingedeeld naar het niveau waarop deze opgepakt dan wel uitgevoerd moeten worden. De volgende niveaus zijn hierbij onderscheiden: beheerders en medewerkers van rwzi's, sector- of brancheniveau, en algemeen niveau. Per aanbeveling wordt eerst aangegeven op basis van welke conclusie de betreffende aanbeveling wordt geformuleerd.

6.2.1 AANBEVELINGEN VOOR DE BEHEERDERS EN MEDEWERKERS VAN RWZI'S

Uit dit onderzoek is gebleken dat voor medewerkers de kans dat zij aan endotoxinen concentraties worden bloot gesteld die de toekomstige MAC-waarde van 200 EU/m³ overschrijden heel klein is (< 1 %). Ook de kans op overschrijding van de gezondheidkundige grenswaarde is klein (circa 4 %). Slechts bij een beperkt aantal handelingen staan medewerkers bloot aan concentraties endotoxinen die hoger zijn dan gewenst.

Aanbeveling:

- De medewerkers van rwzi's een reëel inzicht geven in de gevaren van blootstelling aan endotoxinen. Attendeer hen met nadruk op werkzaamheden waarbij blootstelling aan endotoxinen beperkt moet worden.

Er is gebleken dat bij een aantal specifieke handelingen medewerkers aan hogere concentraties endotoxinen worden bloot gesteld dan wenselijk is. Dit betreft in het bijzonder de werkzaamheden waarbij slib in combinatie met water geaërosoliseerd wordt. Voorbeelden hiervan zijn schoonmaakwerkzaamheden en sommige onderhoudswerkzaamheden. Deze laatst genoemde werkzaamheden betreffen vooral de slibontwatering en dan met name de zeefbandpers, en de roostergoedverwijdering in een in pandige, slecht geventileerde ruimte.

Aanbeveling:

- Het nemen van maatregelen om het vrijkomen van endotoxinen bij enkele specifieke werkzaamheden/locaties te beperken, zoals tijdens (schoonmaak)werkzaamheden bij het roostergoed en de slibontwatering. Uitgangspunt hierbij is streven naar beperken van blootstelling door de bron. Indien dat tot onvoldoende reductie leidt wordt de overdrachtsweg afgeschermd en als laatste mogelijkheid kan de werknemer door middel van persoonlijke beschermingsmiddelen worden beschermd (zie ook de specifieke aanbevelingen volgend uit het praktijkgerichte onderzoek).
- Wanneer een rwzi onderhouds- of schoonmaakwerkzaamheden uitbesteed aan een extern bedrijf, is het van belang dat hierbij de mogelijke risico's op blootstelling aan endotoxinen nadrukkelijk worden vermeld. Hierbij zijn met name de werkzaamheden waarbij (in pandig) wordt gewerkt met slib/en of effluent van belang. Een voorlichtingsprogramma voor externe werknemers bij waterschappen/rwzi's is een manier om hiermee om te gaan.

Uit het uitgevoerde praktijkgerichte onderzoek is gebleken dat het in pandig gebruik van effluent tot aanzienlijk hogere blootstelling aan endotoxinen kan leiden. De mate van extra blootstelling is afhankelijk van de concentratie van endotoxinen in het effluent. Deze concentratie blijkt sterk te kunnen variëren. Ook is de invloed van effluent aan de endotoxinenblootstelling niet erg groot wanneer er op een (met slib) bevuild oppervlak wordt gespoten.

Aanbeveling:

- Het (in pandig) gebruik van effluent blijkt een hogere blootstelling aan endotoxinen met zich mee te kunnen brengen. Breng de werknemers op de hoogte van de risico's die spuiten met effluent bij in pandige werkzaamheden met zich mee kunnen brengen, zodat men alert is in zulke situaties. Voorkom hierbij zoveel mogelijk het gebruik van effluent bij in pandige schoonmaakwerkzaamheden. Ook is het aan te bevelen om voor verschillende locaties en werkzaamheden de mate van geschiktheid van het gebruik van effluent voor te schrijven. Bij het gebruik van effluent, bijvoorbeeld voor het stukspuiten van de drijfslag op een nabezinktank, zouden werknemers en eventuele bezoekers zo min mogelijk moeten worden blootgesteld, dus bijvoorbeeld door 's nachts te spuiten of door de spuitinstallatie uit te zetten wanneer er mensen in de buurt van de nabezinktank komen.
- Arbo-coördinatoren het gebruik van effluent op rwzi's laten inventariseren en aan de hand daarvan het doen van aanbevelingen over het wel of niet gebruiken van effluent op bepaalde locaties is aan te bevelen. Hierbij kunnen ook arbodiensten worden betrokken.
- In bijlage 13 is een inventarisatie van de gevolgen van een advies vanuit de STOWA aan waterschappen om bijschoonmaakwerkzaamheden geen gebruik meer te maken van effluent uitgewerkt.

In een ruimte die slecht wordt geventileerd is de kans op blootstelling aan hogere endotoxinenconcentraties nadrukkelijk aanwezig bij het voorkomen van een endotoxinenbron. Dit geldt specifiek voor ruimtes waar slib, influent en/of effluent geaërosoliseerd wordt. Het open zetten van deuren voldoet daarbij onvoldoende.

Aanbeveling:

- In eerste instantie het voorkomen van bronnen van blootstelling in een ruimte. Bij aanwezigheid van een bron van blootstelling deze afschermen en afzuigen, en als laatste optie de ruimte ventileren.

- In alle (in pandige) ruimtes waar aerosolisatie van slib, influent en/of effluent plaats kan vinden moet geforceerde ventilatie worden aangebracht.
- Medewerkers informeren over het effect van het gebruik van hoge druk tijdens schoonmaakwerkzaamheden.
- Afraden van het gebruik van schoonmaakapparatuur waarbij gebruik wordt gemaakt van hoge druk in combinatie met effluent. Dit omdat uit de praktijkproeven naar voren is gekomen dat bij schoonmaakwerkzaamheden waarbij gebruik wordt gemaakt van hoge druk in combinatie met effluent een hogere endotoxinen-concentratie met zich mee kan brengen.
- 'Probleemgebieden' zijn ruimtes of procesonderdelen welke een hogere blootstelling aan endotoxinen kunnen veroorzaken. Bij werkzaamheden bij het roostergoed en de slibontwatering is het verstandig om goede ruimteventilatie te hebben en het spuiten met hoge druk en met effluent te vermijden. Het omkappen/afdekken van procesonderdelen om zo het contact van de werknemer met slib en/of aerosolen zo te verminderen is ook gewenst. Ook de verblijftijd verminderen van werknemers in ruimtes waar ze blootgesteld kunnen worden aan slib en/of aerosolen is een manier om eventuele blootstelling te verminderen. Verder is bewustwording van de situatie belangrijk bij het beschermen van de werknemers. Het aanbrengen van signaalbordjes voor het betreden van een risicovolle ruimte verscherpt de alertheid. Voorlichting over de risico's van het verkeerde handelen is wenselijk.

Goede persoonlijke hygiëne blijkt een gunstige invloed te hebben op de blootstelling aan endotoxinen. Dit geldt in het bijzonder voor het omkleden op het werk. Werknemers die in bedrijfskleding naar het werk komen staan aan hogere concentraties endotoxinen bloot dan medewerkers die dat niet doen.

Aanbevelingen:

- Door middel van een goede hygiëne en 'good housekeeping' kan er voor gezorgd worden dat de werknemers niet onbewust ook hoger blootgesteld worden. Dit kan gerealiseerd worden door:
 - De aanwezigheid van een omkleedruimte op de installatie en het nadrukkelijke verzoek dat deze ook daadwerkelijk wordt gebruikt door medewerkers;
 - Het ter beschikking stellen van bedrijfskleding;
 - Het nadrukkelijk verzoeken aan werknemers om zich om te kleden op het bedrijf in plaats van te komen en gaan in bedrijfskleding. Er wordt zo voor gezorgd dat kleding geen bron van blootstelling is, en er ook geen micro-organismen worden verspreid in de (bedrijfs)auto en/of thuis.
 - Wanneer er tijdens de werkzaamheden op verschillende locaties wordt gewerkt en de werknemer zich verplaatst met bijv. een bedrijfsauto, wordt aanbevolen om voor in de auto stappen de werkschoenen en eventueel overall uit te trekken en (in een aparte zak/mand) de kofferbak te leggen.
 - Voorschriften over het wassen van de bedrijfskleding, bij voorkeur verzorgd door het bedrijf.
 - Voorschrijven dat er alleen in de kantine gegeten en/of gedronken mag worden. Omkleden (uittrekken overall en/of werkschoenen) en handen wassen voordat de kantine wordt betreden wordt aanbevolen. Dit wordt gestimuleerd door medewerkers bijvoorbeeld gebruik te laten maken van een 'sluis' bij het betreden van de kantine.

Bij sommige werkzaamheden, zoals het schoonmaken van bassins, is het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen waaronder adembescherming, een vereiste.

Aanbevelingen:

- Beschermingsmiddelen moeten standaard aanwezig zijn op de locatie waar dergelijke werkzaamheden worden uitgevoerd.
- Persoonlijke beschermingsmiddelen moeten op een hygiënische manier kunnen worden opgeborgen en regelmatig worden gecheckt, onderhouden en vervangen indien noodzakelijk.
- Een goede instructie en voorlichting over het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen is noodzakelijk. Besteedt hierbij aandacht aan aspecten als wanneer deze moeten worden gebruikt en welk beschermingsmiddel geschikt is voor welke werkzaamheden.
- Het opnemen van het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen in de werkinstructies en protocollen is een manier om werknemers bewust te maken van de noodzaak. Ook het plaatsen van signaalbordjes bij het betreden van een ruimte met daarop de noodzakelijke beschermingsmiddelen voor deze ruimte zijn een manier om bewust omgaan met de situatie te bewerkstelligen.
- Een actieve controle door leidinggevenden op het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, en het aanspreken door collega's op het verkeerd of niet gebruiken van de beschermingsmiddelen is wenselijk.

Het afdekken en/of omkappen van bronnen van blootstelling is een goede manier om blootstelling aan endotoxinen te verminderen.

Aanbevelingen:

- Het indien mogelijk afdekken van bronnen van blootstelling, zoals de roostergoedverwijdering of puntbeluchting.
- Het indien mogelijk omkappen van machines, zoals zeefbandpersen, kamerfilterpersen, roostergoedverwijdering. Hierbij is het van belang dat de omkapping ook op de juiste manier wordt gebruikt, en bijvoorbeeld niet open blijft staan omdat dat handiger is voor veel voorkomende werkzaamheden.

6.2.2 AANBEVELINGEN VOOR DE BRANCHE / SECTOR

Door de overheid is de MAC-waarde voor endotoxinen die per 1 januari 2003 van kracht is geworden weer ingetrokken. Bij dit intrekken van de MAC-waarde is door de overheid een aantal randvoorwaarden gesteld aan branches waarbij er sprake is van blootstelling van medewerkers aan endotoxinen. Deze branches, waar de waterschappen toe behoren, zijn verplicht een onderzoek uit te (laten) voeren naar de blootstelling aan endotoxinen en effecten die daardoor bij medewerkers veroorzaakt worden. Bovendien moet worden aangegeven op welke wijze de sector de eventuele blootstelling aan endotoxinen wil beperken.

Aanbeveling:

- Dit onderzoek kan worden gezien als branche brede inventarisatie zoals door de overheid wordt gevraagd uit te voeren in het kader van het actieplan endotoxinen. In verband hiermee zal de overheid op de hoogte worden gebracht van de uitkomsten en de aanbevelingen die uit dit onderzoek voortvloeien. Uitgebreid onderzoek op het niveau van individuele waterzuiveringsinstallaties lijkt hiermee niet noodzakelijk.

- Alle vragen en enkele combinaties van vragen van de in dit onderzoek gehanteerde vragenlijst zijn op hun effectiviteit geanalyseerd. Op basis van deze analyse kan geconcludeerd worden welke gestelde vragen relevant zijn voor het krijgen van inzicht in de effecten veroorzaakt door blootstelling aan endotoxinen. Door alleen die vragen in de vragenlijst op te nemen die in deze analyse effectief zijn gebleken ontstaat een gezondheidsvragenlijst die gericht is op effecten ten gevolge van blootstelling aan endotoxinen bij rwzi-medewerkers. Een dergelijke lijst kan als PAGO-lijst gebruikt worden. In bijlage 14 is de vragenlijst weergegeven die in dit onderzoek is gebruikt, waarin de vragen die voor opname in de PAGO-lijst in aanmerking komen, zijn gemarkeerd.

Aanbevelingen:

- Aan de hand van de (gemarkeerde) vragenlijst zoals gebruikt in dit onderzoek wordt een PAGO-lijst ontwikkeld.
 - Deze PAGO-lijst wordt bij Arbodiensten onder de aandacht worden gebracht.
 - Ook wordt het bestaan van deze PAGO-lijst bij de waterschappen onder de aandacht gebracht.
- Indien de blootstelling bij bepaalde werkzaamheden en/of bij hoog gevoelige personen bewaakt wordt is het wenselijk dat er een eenvoudiger en goedkopere monsternamemethode voorhanden is dan de gangbare methode. Gangbaar is nu dat een of meer medewerkers gedurende een bepaalde periode voorzien worden van een monsternamemethode pomp en bijbehorend filter. Uit het verkennend onderzoek is gebleken dat het mogelijk is om met behulp van een passieve monsternamemethode een goede indicatie te krijgen van de blootstelling aan endotoxinen. Deze monsternamemethode zal verder worden gevalideerd en verfijnd om deze operationeel te maken.

6.2.3 ALGEMENE AANBEVELINGEN

Uit het blootstellingonderzoek blijkt dat de blootstelling aan endotoxinen op rioolwaterzuiveringsinstallaties gemiddeld laag is, maar dat de blootstelling aan endotoxinen bij een aantal specifieke taken om nadere maatregelen vraagt.

Aanbeveling:

- Plaats alle maatregelen die op het gebied van endotoxinen worden genomen, in het juiste kader. Er is sprake van blootstelling, maar de met de standaard onderzoeksmethode gemeten concentraties geven geen redenen om belangrijke gezondheidsproblemen te verwachten binnen de gangbare takenpakketten op rwzi's.
- Bij een bepaald aantal specifieke handelingen wordt naar een beperking van de blootstelling aan endotoxinen gestreefd.

De afgelopen jaren is sprake geweest van voortschrijdend inzicht met betrekking tot effecten van blootstelling aan endotoxinen. Over de nadelige gezondheidseffecten als gevolg van een (beroepsmatige) blootstelling aan endotoxinen bestaat weinig twijfel. Het optreden van acute effecten (griepachtige symptomen, respiratoire klachten en longfunctie-veranderingen) is duidelijk beschreven. Ook is redelijk goed bekend bij welke concentraties deze effecten bij de mens optreden. Over de chronische effecten (chronische bronchitis, versnelde longfunctiedalingen) bestaan nog wat meer onzekerheden. Sinds de publicatie van het gezondheidsraadrapport over endotoxinen, waarin bovengenoemde gezondheidseffecten staan beschreven, zijn de wetenschappelijk inzichten met name het laatste jaar zeer snel veranderd. Kort samengevat zijn een aantal belangrijke ontwikkelingen (onder andere Douwes, 2002):

1. Nieuwe inzichten in mogelijk grote verschillen in individuele gevoeligheid na blootstelling aan endotoxinen en de genetische achtergrond daarvan.
2. Endotoxinen lijken een beschermend effect te hebben op de ontwikkeling van allergie bij kinderen. Er komen ook steeds meer aanwijzingen dat dit beschermend effect ook op hogere leeftijd, bij adolescenten en volwassenen mogelijk ook optreedt.
3. De nadelige effecten die optreden als gevolg van een beroepsmatige blootstelling aan endotoxinen zijn tegenwoordig in tegenstelling tot een aantal jaren geleden goed en specifiek meetbaar.

Deze ontwikkelingen rechtvaardigen daarmee nieuw onderzoek naar gezondheidseffecten door endotoxinen. Echter, op voorhand zijn werknemers van waterzuiveringsinstallaties niet de meest geëigende populatie om een dergelijk onderzoek uit te voeren. Het vragenlijstonderzoek dat is uitgevoerd laat zien dat, ondanks de relatief lage concentraties waar de medewerkers aan worden blootgesteld, medewerkers gezondheidsklachten uiten die in verband worden gebracht met blootstelling aan endotoxinen. Op basis van recent onderzoek is bekend dat de gevoeligheid voor blootstelling aan endotoxinen van persoon tot persoon sterk kan verschillen.

Aanbeveling:

- De klachten van medewerkers die in verband worden gebracht met blootstelling aan endotoxinen kunnen worden gezien als een indicatie dat er een gezondheidkundig onwenselijke situatie is opgetreden. Door deze klachten serieus te nemen en in verband te brengen met bijvoorbeeld bepaalde werkzaamheden kan deze situatie in de toekomst worden voorkomen.
- Ook is indicatief monitoren van de blootstelling aan endotoxinen bij specifieke werkzaamheden en bij verhoogd gevoelige individuen wenselijk.

REFERENTIES

Boleij JSM, Buringh E, Heederik D, Kromhout H. Occupational hygiene of chemical and biological agents. Amsterdam: Elsevier, 1995.

Brugha R, Heptonstall J, Farrington P, Andren S, Perry K, Parry J. Risk of hepatitis A infection in sewage workers. *Occup Environ Med* 1998;55:567-9.

Cadilhac P, Roudot-Thoraval F. Seroprevalence of hepatitis A virus infection among sewage workers in the Parisian area, France. *Eur J Epidemiol* 1996;12:237-40.

Carrington EG, Pike EB, Auty D, Morris R. Destruction of faecal bacteria, enteroviruses and ova of parasites in wastewater sludge by aerobic thermophilic and anaerobic mesophilic digestion. *Wat Sci Tech* 1991;24:377-80.

Clark CS, Cleary EJ, Schiff GM, Linnemann CC, Jr., Phair JP, Briggs TM. Disease risks of occupational exposure to sewage. *Journal of the Environmental Engineering Division* 1976;102:375-88.

Clark CS, Linnemann CC, Jr., Clark JG, Gartside PS. Enteric parasites in workers occupationally exposed to sewage. *J Occup Med* 1984;26:273-5.

Donham K, Haglund P, Peterson Y, et al. Environmental and health studies on farm workers in Swedish swine confinement buildings. *Br J Ind Med* 1989; 46: 31-37.

Douwes J, Leeuwina K, Westveer K, Heederik D. Arbeidshygiënisch onderzoek naar de belasting aan biologische factoren van werknemers van de rwzi te Tollebeek. Landbouwuniversiteit Wageningen. Wageningen, 1993.

Douwes J, Versloot P, Hollander A, Heederik D, Doekes G. Influence of various dust sampling and extraction methods on the measurement of airborne endotoxin. *Appl Environ Microbiol* 1995; 61: 1763-1769.

Douwes J, Wouters I, Dubbelt H, van Zwieten L, Steerenberg P, Doekes G, Heederik D. Upper airway inflammation assessed by nasal lavage in compost workers: A relation with bio-aerosol exposure. *Am J Ind Med* 2000; 37: 459-468.

Douwes J, 't Mannetje A, Heederik D. Work-related symptoms in sewage treatment workers. *Ann Agric Environ Med* 2001; 8: 39-45.

Douwes J, Pearce N, Heederik D. Does environmental endotoxin exposure prevent asthma? *Thorax* 2002; 57: 86-90.

Eduard W, Heederik D. Methods for quantitative assessment of airborne levels of non-infectious microorganisms in highly contaminated work environments. *Am Ind Hyg Assoc J* 1998; 59: 113-127.

Eduard W, Blomquist G, Herbert-Nielsen B, Kulvik-Heldal K. Recognition errors in the quantification of microorganisms by fluorescence Microscopy. *Ann Occup Hyg* 2001; 45 (6): 493-498.

Friis L, Norback D, Edling C. Self-reported asthma and respiratory symptoms in sewage workers. *J Occup Health* 1999;41:87-90.

Gezondheidsraad. Health based recommended occupational exposure limit for endotoxins. Dutch expert committee on occupational standards, Health Council for the Netherlands. Rijswijk, 1998.

Glas C, Hotz P, Steffen R. Hepatitis A in workers exposed to sewage: a systematic review. *Occup Environ Med* 2001;58:762-8.

Heederik D, Boleij JSM, Kromhout H, Smit T. Use and analysis of exposure monitoring data in occupational epidemiology: An example of an epidemiological study in the Dutch animal food industry. *Appl Occup Environ Health* 1991a; 6: 458-464.

Heederik D, Brouwer R, Biersteker K, Boleij JS. Relationship of airborne endotoxin and bacteria levels in pig farms with the lung function and respiratory symptoms of farmers. *Int Arch Occup Environ Health* 1991b; 62 (8): 595-601.

InfoMil. Informatieblad E10: Riolwaterzuiveringsinrichtingen en andere biologische afvalwaterzuivering. <http://www.infomil.nl/contents/pages/23497/e10.pdf> (bekeken op 31-03-2004).

IRAS. Onderzoek naar blootstelling aan endotoxinen in de agrarische sectoren van teelt, be- en verwerking en handel. Utrecht, 2002.

Jongeneelen FJ. Blootstelling aan endotoxine in verschillende sectoren van de akkerbouw en de tuinbouw. IndusTox, consultancy & services. Nijmegen, 2000.

Heederik D, Heldal KK, Artenie RC, Gorny R, Herr C, Monso E, Omland O, Schlunssen V, Thorn J. Working Group report 2: questionnaires for work-related symptoms after organic dust exposure. *Am J Ind Med* 2004; 46: 414-415.

Heldal K, Skogstad A, Eduard W. Improvements in the quantification of airborne microorganisms in the farm environment by epifluorescence microscopy. *Ann Occup Hyg* 1996; 40: 437-447.

Kenny LC, Aitken R, Chalmers C, Fabriès JF, Gonzales-Fernandez E, Kromhout H, Lidén G, Mark D, Riediger G, Prodi V. A collaborative European study of personal inhalable aerosol sampler performance. *Ann Occup Hyg* 1997, 41: 135-153.

Khuder SA, Arthur T, Bisesi MS, Schaub EA. Prevalence of infectious diseases and associated symptoms in wastewater treatment workers. *Am J Ind Med* 1998;33:571-7.

Kleinbaum DG, Kupper LL, Muller KE. Variable reduction and factor analysis. In: *Applied regression analysis and other multivariate methods*. 2nd ed. Duxbury, California: Press Belmont, 1988; p595-641.

Kline P. An easy guide to factor analysis. London, UK: Routledge, 1994.

Kraut A, Lilis R, Marcus M, Valciukas JA, Wolff MS, Landrigan PJ. Neurotoxic effects of solvent exposure on sewage treatment workers. *Arch Environ Health* 1988;43:263-8.

Kullman GJ, Thorne PS, Waldron PF, Marx JJ, Ault B, Lewis DM, Siegel PD, Olenchok SA, Merchant JA. Organic dust exposures from work in dairy barns. *Am Ind Hyg Assoc J* 1998; 59: 403-413.

Laitinen S, Kangas J, Kotimaa M, Liesivuori J, Martikainen PJ, Nevalainen A, Sarantila R, Husman K. Workers' exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *Am Ind Hyg Assoc J* 1994; 55, 1055-1060.

Laitinen SK. Importance of sampling, extraction and preservation for the quantification of biologically active endotoxin. *Ann Agric Environ Med* 1999; 6: 33-38.

Lundholm M, Rylander R. Work related symptoms among sewage workers. *Br J Ind Med* 1983; 40: 325-329.

Mahar S, Reynolds SJ, Thorne PS. Worker exposures to particulates, endotoxins, and bioaerosols in two refuse-derived fuel plants. *Am Ind Hyg Assoc J* 1999; 60: 679-683.

Mattsby I, Rylander R. Clinical and immunological findings in workers exposed to sewage dust. *J Occup Med* 1978; 20: 690-692.

Melbostad E, Eduard W, Skogstad A, Sandven P, Lassen J, Sostrand P, Heldal K. Exposure to bacterial aerosols and work-related symptoms in sewage workers. *Am J Ind Med* 1994; 25:59-63.

Michel O, Duchateau J, Sergysels R. Effect of inhaled endotoxin on bronchial reactivity in asthmatic and normal subjects. *J Appl Physiol* 1989; 66; 1059-1064.

Morse DL, Kominsky JR, Wisseman CL, 3rd, Landrigan PJ. Occupational exposure to hexachlorocyclopentadiene. How safe is sewage? *Jama* 1979;241:2177-9.

Mulloy KB. Sewage workers: toxic hazards and health effects. *Occup Med* 2001; 16: 23-38.

Nethercott JR, Holness DL. Health status of a group of sewage treatment workers in Toronto, Canada. *Am Ind Hyg Assoc J* 1988;49:346-50.

Post W, Heederik D, Houba R. Decline in lung function related to exposure and selection processes among workers in the grain processing and animal feed industry. *Occup Environ Med* 1998; 55: 349-355.

Pra mo Z, Krysi ska-Traczyk E, Skórska C, Sitkowska J, Cholewa G, Dutkiewicz J. Exposure to bioaerosols in a municipal sewage treatment plant. *Ann Agric Environ Med* 2003; 10: 241-248.

Preller L, Heederik D, Kromhout H, Boleij JSM, Tielen MJM. Determinants of dust and endotoxin exposure of pig farmers: Development of a control strategy using empirical modelling. *Ann Occup Hyg* 1995; 39: 545-557.

Rappaport SM, Weaver M, Taylor D, Kupper L, Susi P. Application of mixed models to assess exposures monitored by construction workers during hot processes. *Ann Occup Hyg* 1999; 43: 457-469.

Reynolds SJ, Larsson L, Saraf A, Thorne PS, Donham KJ, Croteau EA, Kelly KM, Lewis D, Whitmer M, Heederik DJJ, Douwes J, Connaughton I, Koch S, Malmberg P, Larsson MB, Milton DK. Interlaboratory evaluation of endotoxin in analyses in agricultural dusts – comparison of LAL assay and Mass Spectroscopy results. 2002, submitted.

Rietschel ET, Brade H, Kaca W, et al. Newer aspects of the chemical structure and biological activity of bacterial endotoxins. In: *Bacterial Endotoxins; Structure, Biomedical Significance, and Detection With the Limulus Amebocyte Lysate Test*. New York: Alan Liss, 1985; 189: 31-50.

Rijcken B, Kerkhof M, de Graaf A, Boezen HM, Droste JHJ, Kremer AM. Europees luchtweg onderzoek Nederland. Groningen: Stichting drukkerij Regenboog, 1996.

Van Rooij JGM, Jongeneelen FJ. Stof en endotoxine in werkatmosfeer bij Danisco Foods BV te Sint Maartensdijk. IndusTox, consultancy & services. Nijmegen, 2001.

Rylander R, Bake B, Fischer JJ, Helander IM. Pulmonary function and symptoms after inhalation of endotoxin. *Am Rev Respir* 1989; 140: 981-986.

Rylander R. Organic dusts – from knowledge to prevention. *Scand J Work Environ Health* 1994a; 20: 116-122.

Rylander R. Endotoxins. In: Rylander R, Jacobs RR, redactie. Organic dusts: exposure, effects and prevention. London: Lewis Publishers; 1994b: 73-78.

Rylander R. Health effects among workers in sewage treatment plants. *Occup Environ Med* 1999; 56: 354-357.

Saraf A, Larsson L, Burge H, Milton D. Quantification of Ergosterol and 3-Hydroxy fatty acids in settled house dust by gas chromatography-mass spectrometry: comparison with fungal culture and determination of endotoxin by a Limulus amoebocyte lysate assay. *Appl Environ Microbiol* 1997; 63: 2554-2559.

Sarantila R, Reiman M, Kangas J, Husman K, Salovainen H. Exposure to Endotoxins and Micobes in the treatment of Waste Water and in the Industrial Debarking of Wood. *Bull Environ Contam Toxicol* 2001; 76: 171-178.

Scarlett-Kranz JM, Babish JG, Strickland D, Lisk DJ. Health among municipal sewage and water treatment workers. *Toxicol Ind Health* 1987;3:311-9.

Schlünssen V, Vinzents PS, Mikkelsen AB, Schaumburg I. Wood dust exposure in the Danish furniture industry using conventional and passive monitors. *Ann Occup Hyg* 2001; 45: 157-164.

Schwartz DA. Inhaled endotoxin, a risk for airway disease in some people. *Respir Physiol* 2001; 128: 47-55.

Sebastian A, Larsson L. Characterization of the microbial community in indoor environments: a chemical-analytical approach. *Appl Environ Microbiol* 2003; 69: 3103-3109.

STOWA 2002-16. Risico van blootstelling aan Legionella op rwzi's... en andere biologische agentia. Medema DJ, Koot D, Brouwer A. Utrecht, 2002.

STOWA 2002-44. Het voorkomen van endotoxinen op rwzi's. Arts HJJM, Heederik DJJ. Utrecht, 2002

Szponar B, Larsson L. Use of mass spectrometry for characterising microbial communities in bioaerosols. *Ann Agric Environ Med* 2001; 8: 111-117.

Thorn J, Kerekes E. Health effects among employees in sewage treatment plants: a literature survey. *Am J Ind Med* 2001; 40: 170-179.

Thorn J, Beijer L, Rylander R. Work related symptoms among sewage workers: a nationwide survey in Sweden. *Occup Environ Med* 2002;59:562-6.

Unie van Waterschappen. www.uvw.nl (vraag en antwoord) (bekeken op 31-03-2004).

Venczel L, Brown S, Frumkin H, Simmonds-Diaz J, Deitchman S, Bell BP. Prevalence of hepatitis A virus infection among sewage workers in Georgia. *Am J Ind Med* 2003;43:172-8.

Vinzents PS. A passive personal dust monitor. *Ann Occup Hyg* 1996; 40: 261-280.

Westveer K, Douwes J, Heederik D, Leeuwinga K. Blootstelling aan biologische factoren in rioolwaterzuiveringsinstallaties – een literatuuronderzoek naar gezondheidseffecten en een arbeidshygiënisch onderzoek in drie installaties. Landbouwniversiteit Wageningen. Wageningen, 1993.

Wouters IM, Hilhorst SKM, Kleppe P, Doekes G, Douwes J, Heederik D. Upper airway inflammation and respiratory symptoms in domestic waste collectors. *Occup Environ Med* 2002; 59: 106-112.

Wouters IM, Spaan S, Doekes G, Heederik D. Bio-aerosol exposure and respiratory and systemic health effects in organic domestic waste and green waste composting. In: *Man and his waste. Bio-aerosol exposure and respiratory health effect in waste management* (proefschrift). Utrecht, 2003a.

Wouters IM, Spaan S, Douwes J, Doekes G, Heederik D. Bio-aerosol exposure levels in waste collection, waste trans-feral, waste composting and bio-fuel in power production. In: *Man and his waste. Bio-aerosol exposure and respiratory health effect in waste management* (proefschrift). Utrecht, 2003b.

Zock JP, Heederik D, Doekes G. Evaluation of chronic respiratory effects in the potato processing industry: Indications of a healthy worker effect? *Occup Environ Med* 1998a; 55: 823-827.

Zock JP, Hollander A, Heederik D, Douwes J. Acute lung function changes and low endotoxin exposures in the potato processing industry. *Am J Ind Med* 1998b; 33: 384-391.

Zuskin E, Mustajbegovic J, Schachter EN. Respiratory function in sewage workers. *Am J Ind Med* 1993;23:751-61.

BIJLAGE 1

INDELING VAN INSTALLATIEONDERDELEN OP RWZI'S NAAR DE MATE VAN AËROSOL- VORMING (STOWA, 2002-44)

Bron	Aërosolvorming
Schoonmaken installaties	+++++
Roostergoedverwijdering/Screezer	++++
Oxidatiebassin, niet afgedekt	+++
Puntbeluchter zonder oxicap	+++
Puntbeluchter met oxicap	+++
Bellenbeluchting	+++
Cascadebeluchting	+++
Borstelbeluchting	+++
Water uit breek tanks, hydrofoor	+++
Aanmaak chemicaliën	+++
Compostfilters/Lavafilter	+++
Zeefbandpersruimte	++
Vijzel	++
Overstort vijzel, niet afgedekt	++
Overstort oxidatiebassin, niet afgedekt	++
Overstort bezinker, niet afgedekt	++
Slib centrifuges ruimte	++
Kamerfilterpers	++
In slibgistingstank	++
Voorbezinkbassins, niet afgedekt	+
Boven slibcontainers	+
Verdeelwerk	+
Slib in voor- en naindikker	+
Drijfblaaf putzuigers	+
Voorbezinkbassins, afgedekt	-
Overstort vijzel, afgedekt	-
Overstort oxidatiebassin, afgedekt	-
Overstort bezinker / indikker, afgedekt	-
Overstort gisting/slibbuffer	?

BIJLAGE 2

AANTAL INGEVULDE GEZONDHEIDSVRAGENLIJSTEN PER RWZI

Waterschap	RWZI	Aantal vragenlijsten
Waterschap Aa en Maas	RWZI Aarle-Rixtel	4
	RWZI Land van Cuijk	9
	RWZI 's-Hertogenbosch	8
	RWZI Oijen	7
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht / DWR	RWZI Amsterdam-Oost	46
	RWZI Amsterdam-Zuid	9
	RWZI Horstermeer	7
	RWZI De Ronde Venen	5
Hoogheemraadschap van Delfland	RWZI Amstelveen	5
	RWZI Houtrust	19
	RWZI De Groote Lucht	13
Waterschap de Dommel	RWZI De Nieuwe Waterweg	5
	RWZI Eindhoven	16
	RWZI Tilburg-Noord	6
Wetterskip Fryslân	SOI Heerenveen	6
	RWZI Leeuwarden	5
	RWZI Heerenveen	2
	RWZI Franeker	2
	RWZI Joure	1
	RWZI Kootstertille	1
	RWZI Damwoude	1
	RWZI Burgum	1
Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden	RWZI Birdaard en St. Annaparochie	1
	RWZI Rotterdam Dokhaven	16
Waterschap Hunze en Aa's	RWZI Numansdorp	2
	RWZI Vianen	2
	RWZI Veendam	5
Waterschap Noorderzijlvest	RWZI Assen	5
	RWZI Scheemda	2
	RWZI Garmerwolde	18
Waterschap Reest en Wieden	RWZI Leek	5
	RWZI Eelde	2
	RWZI Echten	6
Waterschap Regge en Dinkel	RWZI Meppel	3
	RWZI Steenwijk	2
	RWZI Hengelo	15
	RWZI Enschedé	8
	RWZI Oldenzaal	4
	RWZI Almelo	3
Waterschap Rijn en IJssel	RWZI Nijverdal	3
	RWZI Denekamp en Ootmarsum	2
	RWZI Etten	7
Hoogheemraadschap van Rijnland	RWZI Borculo	3
	RWZI Katwijk	10
	RWZI Alphen Kerk en Zanen	7
	RWZI Haarlem Waarderpolder	7
Waterschap Rivierenland	RWZI Leiden-Zuidwest	6
	RWZI Zwaanshoek	4
	RWZI Arnhem-Zuid	9
Hoogheemraadschap van	RWZI Kralingse Veer	9

Schieland	RWZI Kortenoord	5
	RWZI Groenedijk	4
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	RWZI Utrecht	8
	RWZI Nieuwegein	6
Waterschap Veluwe	RWZI Zeist	6
	RWZI Harderwijk	7
Waterschap Brabantse Delta	RWZI Terwolde	4
	RWZI Nieuwveer	18
Waterschap Zeeuwse Eilanden	RWZI Bath	17
	RWZI Walcheren	8
	RWZI Willem Annapolder	5
Waterschap Zeeuws-Vlaanderen	RWZI De Verseput	1
	RWZI Terneuzen	6
Waterschap Zuiderzeeland	RWZI Almere	7
	RWZI Dronten	6
	RWZI Lelystad	5
	RWZI Tollebeek	4

BIJLAGE 3

BESCHRIJVING UITVOERING VAN CONVENTIONELE MONSTERNAME, OPWERKEN EN ANALYSEREN VAN DE MONSTERS

MONSTERNAME:

Voor de metingen van inhaalbaar stof zijn Gilian Gilair5 pompjes gebruikt, met GSP-filterhouders (JS Holdings) en glasvezelfilters (Whatman GF/A, UK) met een diameter van 3,7 cm. Er is gekozen voor GSP-filterhouders omdat deze bij een hogere windsnelheid, zoals die in de buitenlucht werd verwacht, een geringere afwijking vertonen ten opzichte van de inhaalbaar stof conventie (Kenny, 1997). Aangezien er in het onderzoek in veel gevallen ook buiten gemeten werd, is daarom de keuze voor deze monsternametekop gemaakt in plaats van andere, in Nederland gebruikte, inhaalbaar stof monsternametekoppen zoals de PAS-6 en de IOM-kop. Het debiet van de pompen was ingesteld op 3,5 l/min. De monsternametekop werd op de schouder van de werknemer bevestigd met de aanzuigopening naar voren, in de buurt van de ademzone van de persoon. Met behulp van het pompje is de lucht in de nabijheid van de monsternametekop door het filter aangezogen, waardoor het stof en de (zich daarin bevindende) micro-organismen op het filter werden verzameld. Elke meetdag is er ook een blanco monster meegenomen, waarvoor een ongebruikt filter wordt genomen.

WEGEN VAN DE FILTERS:

Na afloop van de metingen werden de filters uit de koppen gehaald, koel bewaard in een genummerd petrieschaaltje en zo snel mogelijk overgebracht naar een vriezer van -20°C. Er werd pyrogeenvrij gewerkt om besmetting van het materiaal met endotoxinen van buitenaf te voorkomen. De stofconcentratie op elk filter is gravimetrisch bepaald door de filters zowel voor als na de monstername te wegen op een analytische balans in een geconditioneerde weegkamer volgens EPA (VS) criteria. Alle metingen met een niet-detecteerbare waarde kregen een waarde van 2/3 van de detectielimiet van de bepaling toegekend.

OPWERKEN VAN DE FILTERS VOOR ANALYSE:

Tijdens het opwerken is pyrogeenvrij gewerkt. Voor het bepalen van de endotoxinenconcentraties in de extracten werden de filters geëxtraheerd in 5 ml pyrogeenvrij water met 0,05% Tween20. De monsters werden 1 uur geschud en daarna 15 minuten gecentrifugeerd bij 1000 G (=2094 rpm). Het supernatant werd overgebracht in 3ml-buisjes en opgeslagen bij -20°C. De monsters zijn in dit onderzoek in afwijking van het CEN protocol voor analyse van endotoxine twee keer ingevroren, omdat dit door de omvang van het onderzoek en de spreiding van de metingen over tijd en afstanden niet kon worden vermeden. Het was in dit onderzoek niet haalbaar de monsters direct na binnenkomst te analyseren.

ANALYSE VAN DE MONSTERS:

De endotoxinen-concentratie is geanalyseerd met behulp van een kwantitatieve kinetische chromogenetische Limulus Amoebocyte Lysaat-test (LAL). (BioWhittaker; lotnummer lysate 1L676S, lotnummer standaard 2L0090 (RSE/CSE ratio 11,5 EU/ng); passieve monstername: lotnr lysate 3L433E, lotnr standaard 3L2950 (RSE/CSE ratio 9,0 EU/ng). De reagentia kit bevat als reagens een gezuiverde Limulus Amoebocyte Lysate gemengd met een kunstmatig

substraat bestaande uit een gebruikelijke peptide (Ac-Ile-Glu-Ala-Arg) gekoppeld aan para-nitro-alanine (pNA). Wanneer er endotoxinen aanwezig zijn in het monster, wordt het pro-enzyme in de lysate geactiveerd, en dit enzym maakt de pNA vrij van de peptide. In de reactiematrix absorbeert vrij pNA fotonen bij 405 nm. De reactieratio in een bepaald tijdsinterval waarin pNA is vrijgekomen, is proportioneel met de concentratie endotoxinen dat aanwezig is in het monster. Dit kan worden bekeken door de stijging in absorptie bij 405 nm in dat tijdsinterval. Met deze gegevens kan men de hoeveelheid endotoxinen waaraan een persoon is blootgesteld nagaan. Er is begonnen met een verdunning van 1:5 (1:2 bij de passieve monsters) en waar noodzakelijk omdat de gemeten concentratie zich te dicht bij de bovengrens van de analyse bevond, is doorgedaan tot een verdunning van 1:1600. Steekproefsgewijs zijn verdunningsreeksen van monsters bekeken om eventuele inhibitie (remming) of enhancement (stimulatie) van het assay door in de monsters aanwezige componenten te detecteren. Indien inhibitie of enhancement is geconstateerd werden monsters zover doorverdund totdat het concentratieverloop in de verdunningsreeks weer parallel liep aan de ijklijn.

BIJLAGE 4

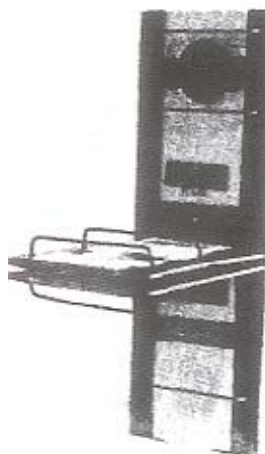
UITLEG PASSIEVE MONSTERNAME

De hiervoor beschreven conventionele manier van meten van stof- en endotoxinenbelasting is vrij kostbaar. Het ontwikkelen van een passieve manier van monstername, zonder het gebruik van een pompje, heeft het mogelijk gemaakt om grote aantallen persoonlijke metingen uit te voeren op een redelijk eenvoudige manier. De vraag is alleen of deze methode in elke branche, en dan met name in de waterzuiveringsbranche, toe te passen is.

Er is gekozen voor de passieve monstername-methode zoals ontwikkeld door Vinzents (1996) in Denemarken. Deze methode maakt gebruik van een passieve monitor voor het meten van de persoonlijke stofblootstelling (zie figuur 2). Stof en aërosolen slaan neer op 3 kleverige folies (3 bij 5 cm) die zich in een opwaarts, voorwaarts en neerwaarts gericht vlak in de monitor bevinden. Neerslag op de folies vindt plaats door middel van gravitatie en 'Browniaanse' diffusie en turbulente diffusie. De mate van neerslag van deeltje op de folies wordt gemeten aan de hand van lichtextinctie-metingen door een dustdetector (LEE) (percentage dust covered foil area). Het kleverige oppervlak van de folies is gemaakt van een mengsel van gelatine, glycerine en water (Vinzents, 1996; Schlünssen, 2001).

In Denemarken wordt al enige jaren gebruik gemaakt van deze meetmethode. De monitors zijn nagemaakt aan de hand van een monitor die wordt gebruikt in Denemarken door de werkplaats van de universiteit van Utrecht. De dustdetector en de folies zijn geproduceerd en geleverd door BVDA International b.v., Haarlem, aan de hand van eerdere ervaringen van dit bedrijf hiermee door samenwerking met de onderzoeksgroep in Denemarken.

FIGUUR 2 PASSIEVE MONITOR



FIGUUR 3 GEBRUIK PASSIEVE MONITOR TIJDENS METINGEN



Een meting bestaat uit het bevestigen van de passieve monitor op een tuigje van gedeeltelijk klittenband wat ter hoogte van het borstbeen wordt gedragen door de werknemer (zie figuur 3). De werknemer draagt de monitor dan gedurende een werkdag, parallel met een pompje en een monsternametekop van de conventionele meetmethode, om zo een vergelijking te kunnen maken tussen beide methoden.

De dag voor de meting is de doorlaatbaarheid van de folies voor gebruik gemeten met behulp van de LEE en zijn de folies in de monitor gezet (vier per monitor: opwaarts, voorwaarts, neerwaarts en een blanco. Een blanco is een folie die wel in de monitor geplaatst wordt, maar welke niet wordt blootgesteld aan de lucht). Tot gebruik wordt de monitor in aluminiumfolie gewikkeld en in een hersluitbaar zakje bij kamertemperatuur bewaard. Na de meting wordt de monitor weer in aluminiumfolie verpakt en in het betreffende hersluitbare zakje verpakt tot het moment van verdere verwerking. Na het verwijderen van de folies uit de monitor is de mate van neerslag (verminderde doorlaatbaarheid) op de folies gemeten en zijn de folies zolang opgeslagen in de bijbehorende genummerde petrieschaaltjes bij kamertemperatuur.

De stofconcentratie op elk filter en de folies is (indien mogelijk) gravimetrisch bepaald en de filters en folies zijn geëxtraheerd en geanalyseerd zoals hierboven beschreven nadat van de folies voor de extractie een stuk van 3 bij 3 cm (het bemonsterde deel) af is geknipt. Om het percentage recovery van endotoxinen op de folies te kunnen bepalen is bij enkele monsters ook 'spiking' uitgevoerd tijdens de bepaling (zuiver endotoxine toegevoegd). Onder 'spiken' wordt het aanbrengen van een bekende hoeveelheid endotoxinen op het monster of tijdens de bepaling verstaan.

BIJLAGE 5

AANVULLEND ONDERZOEK BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN BIJ WERKNEMERS VAN RWZI'S. HET KARAKTERISEREN VAN BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN MICRO-ORGANISMEN MET BEHULP VAN VERSCHILLENDE ANALYSE-METHODEN

SAMENVATTING

De modelstudie heeft aangetoond dat verschillen in endotoxinenconcentraties tussen impingermetingen en gewone stofmetingen op een filter bestaan. De oorzaken waren onduidelijk en daarom is aanvullend onderzoek uitgevoerd. Het aanvullend onderzoek betond uit analyse van een reeks van blootstellingsmetingen middels verschillende analysemethoden: viable metingen, Limulus Amoebocyte Lysaat-assay, gas chromatografie-massa spectrometrie en fluorescentie microscopie.

Gezien de ook in het aanvullende onderzoek gevonden verschillen in concentraties tussen filter- en impingermetingen en het feit dat zowel met de viable als non-viable meettechnieken de aanwezigheid van micro-organismen op rwzi's is aangetoond, is de conclusie dat naar alle waarschijnlijkheid sprake is van interferentie in het LAL-assay. Deze interferentie is bij hogere endotoxinniveaus van beperkt belang, maar bij deze lage niveaus zorgt de aanwezigheid van relatief hoge aantallen Gram-positieve bacteriën in de slibontwatering en schimmels in het roostergoedgebouw waarschijnlijk voor een overschatting zijn van de werkelijke endotoxinenblootstelling.

ACHTERGROND

Bij de praktijkproeven zijn verschillen geconstateerd tussen de gemeten endotoxinenconcentratie in impingermetingen en in de 'gewone' stofmetingen waarin de endotoxinenconcentratie is bepaald. Een mogelijke verklaring hiervoor is het verschil tussen vrije en celgebonden endotoxinen, waarbij met name in de impingervloeistof meer vrije endotoxinen voorkomen door sterfte van Gram-negatieve bacteriën in de vloeistof. Van de LAL-assay is het bekend dat alleen vrij (ongebonden) endotoxinen wordt gemeten.

Middels aanvullend onderzoek is getracht te achterhalen of dit vermoeden kon worden bevestigd. Daarom is gekozen voor het karakteriseren van de blootstelling aan endotoxinen en micro-organismen met behulp van verschillende analysemethoden. Zowel viable als non-viable technieken zijn hierbij gebruikt, en ook zijn chemische markers bepaald. Verder zijn ook de filtermeetmethode en impingermeetmethode met elkaar vergeleken worden om daar een meer eenduidig beeld van te krijgen.

ANALYSEMETHODEN

De volgende analysemethoden zijn gebruikt: de LAL-assay, fluorescentie microscopie, gas chromatografie-massa spectrometrie en het doen van viable metingen.

LAL-ASSAY

In het voorafgaande onderzoek naar blootstelling aan endotoxinen onder werknemers van rwzi's is de endotoxinen-concentratie geanalyseerd met behulp van een kwantitatieve kinetische chromogenetische Limulus Amoebocyte Lysaat-test (LAL) (zie rapport).

Endotoxinen bestaan uit eiwitten, lipiden en lipopolysacchariden (LPS). Het LPS-molecuul is stabiel en bestaat uit een lipide en een polysaccharide-deel. Het lipide-deel (lipide A) is verantwoordelijk voor het grootste deel van de toxische kenmerken van endotoxinen. De LAL-assay wordt meer gebruikt om de bioactiviteit van de gemeten endotoxinen te meten, dan voor het meten van de totale hoeveelheid endotoxinen. De moleculaire omgeving van lipide A is van belang voor de activiteit van de LAL-assay. Het lipide A deel van LPS is het onderdeel dat de LAL-assay activeert. Het meeste van de cel-gebonden endotoxinen is inactief in de LAL assay, omdat lipide A niet wordt blootgesteld aan de Limulus-enzymen. Daarom wordt er voornamelijk vrije (niet cel-gebonden) endotoxinen gemeten met de LAL-assay. Verder is het bekend dat bepaalde schimmels en peptidoglycanen interfereren met de LAL-assay.

FLUORESCENTIE MICROSCOPIE (FM)

Met behulp van fluorescentie microscopie kan de totale microbiële belasting worden gemeten, dus zowel levensvatbare als niet-levensvatbare bacteriën of schimmels in plaats van alleen de kweekbare (culturable) fractie. Zowel bacteriën als schimmelsporen kunnen worden geteld. De fluorescentie-kleuring zorgt voor de herkenning van micro-organismen tussen andere deeltjes, en micro-organismen aanwezig in complexe aggregaten. Omdat de fluorochromen die voor de kleuring worden gebruikt ook niet-microbiologische deeltjes kunnen kleuren, is de vorm een belangrijk criterium voor de herkenning van micro-organismen. De bacteriën worden geclassificeerd naar hun morfologie als sferisch/bol- of staafvormig. Levensvatbare en niet-levensvatbare bacteriën worden niet onderscheiden (Eduard, 2001).

De monsters worden genomen met behulp van polycarbonaat-filters (diameter 25 mm, poriegrootte 0,4 µm) in de PAS-6 kop. De deeltjes op het filter worden in oplossing gebracht met behulp van de gemodificeerde CAMNEA methode en gekleurd met behulp van acridine orange. Dan worden de micro-organismen geteld met behulp van een epifluorescentie microscoop. Als controle zijn ook een aantal monsters geprepareerd en bekeken met behulp van scanning electronen microscopie (SEM) (Melbostad, 1994; Heldal, 1996).

GAS CHROMATOGRAFIE-MASSA SPECTROMETRIE (GC-MS)

De analyse van chemische markers met behulp van GC-MS is voorgesteld als een alternatief voor of een aanvulling op cultures, microscopie en de Limulus assay voor de opsporing en karakterisering van micro-organismen in complexe omgevingen.

Een chemische marker is een onderdeel of een groep onderdelen die uniek zijn voor bepaalde micro-organismen, en die gebruikt kunnen worden voor hun karakterisering. Deze markers zijn een integraal onderdeel van de cellen of van extracellulaire metaboliëten. Hun specificiteit varieert van bacterie-, schimmel- of soortspecifiek zijn.

In dit onderzoek is naar twee chemische markers gekeken: 3-hydroxy fatty acids (3-OH FAs) voor endotoxinen en muramic acid (MuAc) voor peptidoglycanen.

- 3-OH Fas: Het lipide-A deel van LSP in endotoxinen bevat over het algemeen 4 Mol unieke R-3-OH FAs, waardoor deze geschikt zijn als marker. Gram-negatieve bacteriën van verschillende origine bevatten 3-OH FAs van verschillende lengte (C_{10:0}-C_{18:0}). De biologische activiteit van endotoxinen is afhankelijk van de structuur van lipide A. De aanwezigheid van 3-OH FAs is noodzakelijk voor activiteit van endotoxine in de LAL-assay. Het analyseren van 3-OH FAs reflecteert de totale hoeveelheid endotoxinen in het monster, dus zo-

wel vrij als celgebonden. Met GS-MS kan de kwantiteit en distributie van verschillende ketenlengtes worden geanalyseerd. Verschillende ketenlengtes zijn verschillend gecorreleerd met de endotoxinenactiviteit zoals gemeten met de LAL-assay.

- **MuAc:** Peptidoglycanen, de cross-linked macromoleculaire structuur die verantwoordelijk is voor de stevigheid van bacteriële celwanden, wordt soms ook wel 'Gram-positief bacterieel endotoxine' genoemd. Het beslaat een groot deel van de celwand van Gram-positieve bacteriën en komt ook voor in de celwand van Gram-negatieve bacteriën, maar in veel mindere mate. Muramic acid (MuAc), een amino-suiker, is een unieke marker voor peptidoglycaan. Deze chemische parameter meet zowel het totaal aan levensvatbare en niet-levensvatbare bacteriën als overblijfselen van celwanden.

Chemische markers zijn gewoonlijk deeltjes die covalent gebonden zijn aan verschillende structuren in de celwand. Voor de analyse moet een monster dus worden gehydrolyseerd om deze bindingen te verbreken. Daarna worden de monsters gezuiverd door extracties en uiteindelijk gederiviseerd. Een voordeel van deze techniek voor het meten van in aerosolen voorkomend microbiologisch materiaal is dat de filters die worden gebruikt bij de luchtmetingen direct hydrolysis kunnen ondergaan. Daardoor zijn er geen inconsistenties door verschillen in de effectiviteit van de gebruikte extractiemethoden. Verder wordt er in de analyse van chemische markers geen onderscheid gemaakt tussen soorten, een onontkoombaar nadeel van alle kweekmethoden (Saraf et al, 1997; Sebastian et al, 2003; Szponar et al, 2001).

LEVENSVATBARE (VIALE) MICRO-ORGANISMEN

Bacteriën en schimmels zijn levende organismen die aanwezig kunnen zijn in de lucht. Voor schimmels geldt dit voor de sporen en delen van de hyfen. Aangezien het waterzuiveringsproces afhankelijk is van de activiteit van deze organismen, is het zeer waarschijnlijk dat deze organismen aanwezig zijn in de lucht op en rond rwzi's. Om iets te kunnen zeggen over het voorkomen van celgebonden- en vrij endotoxinen is het van belang om te weten in welke hoeveelheden levensvatbare organismen voorkomen op verschillende werkplekken. Afhankelijk van de gebruikte voedingsbodems tijdens de monsternames kan ook iets gezegd worden over de mate van voorkomen van Gram-negatieve en -positieve bacteriën op rwzi's (Eduard, 1998; Westveer, 1993).

STATISTISCHE ANALYSE

De statistische analyses zijn uitgevoerd met SAS statistische software. Vanwege de log-normale verdeling van de endotoxinenconcentraties zoals gevonden met de LAL-assay, zijn zowel het rekenkundig gemiddelde en standaarddeviatie als het geometrisch gemiddelde en de geometrische standaarddeviatie berekend.

Voor de vergelijking van de resultaten van de LAL-assay en de GC-MS analyse is de Spearman-correlatie berekend.

De resultaten van de extractie/bewaarprouwen zijn naast het berekenen van de gemiddelden per combinatie van variabelen ook geanalyseerd met behulp van t-testen, om te kijken of er significante verschillen bestaan tussen verschillende manieren van behandelen.

MEETMETHODEN EN RESULTATEN

De metingen zijn uitgevoerd op 3 achtereenvolgende dagen begin augustus 2004, op een rwzi in het midden van het land. De metingen zijn uitgevoerd in de slibontwatering (zeefbandpers) en in het roostergoedgebouw. Er is in 5 meetsets gemeten, en per meetset zijn er tien filters, 2 impingermetingen met pyrogeenvrij water en 1 impingermeting met 9% zoutoplossing, 2 viable samples op TSA en 2 viable samples op TSA+KV beschikbaar.

LEVENSVATBARE MICRO-ORGANISMEN

De bacteriën (totaal en Gram-negatief, zie tabel 1) en schimmels zijn gemonsterd op voedingsbodems met de N6-modificatie van de Andersen sampler, wat inhoudt dat er niet is gefractioneerd naar deeltjesgrootte. Met deze methode worden alleen levensvatbare micro-organismen gemeten. De levensvatbaarheid van de gemonsterde micro-organismen is onder andere afhankelijk van het voedingsmedium en de kweekcondities. De lucht is aangezogen met een Becker VT3-pomp met een debiet van 28,3 L/min. Om het exacte doorgezogen volume te bepalen, is een gasmeter tussen de pomp en de Andersen-N6 sampler opgenomen. De Andersen-N6 sampler is met de aanzuigopening naar beneden op ongeveer 1,5 m boven de werkvloer geplaatst. Op basis van oriënterende metingen is de monsternameduur vastgesteld voor de verschillende soorten metingen (zie tabel).

De bacteriemonsters worden 48 uur geïncubeerd in een stoof bij 37°C. Na 24 en 48 uur incubatie zijn de kolonies handmatig geteld. Het aantal kolonies is gecorrigeerd volgens de 'positive hole conversion' methode, voor de statistische kans dat meer dan een deeltje per gaatje van de Andersen sampler ingevangen wordt. Op grond van het doorgezogen volume is de concentratie Kolonie Vormende Eenheden (KVE) per m³ berekend.

TABEL 1 OVERZICHT GEBRUIKTE VOEDINGSBODEMS VOOR 'VIABLE' METINGEN

Micro-organisme	Voedingsbodem	Monsternameduur
Totaal bacteriën	- TSA (Tryptoon soja agar)	8 minuten
Gram-negatieve bacteriën	- TSA+KV (tryptoon soja agar met 0,001% kristalviolet)	10 minuten

LUCHTMONSTERS

In elke meetset zijn luchtmonsters genomen met behulp van een parallelle sampler en liquid impingers. Er is telkens een opstelling gemaakt met de parallelle sampler en de impingers op statieven dicht bij elkaar, op dezelfde twee locaties (roostergoedgebouw en zeefbandpersruimte) (zie foto 14 en 15). De meetduur van de parallelle sampler varieerde tussen de 4,5 en 6 uur, die van de impingers tussen de 4 en de 5 uur, waarbij moet worden opgemerkt dat de impingers altijd minder lang hebben gemeten dan de parallelle sampler.

FOTO 14 MEETOPSTELLING ROOSTERGOED



FOTO 15 MEETOPSTELLING ZEEFBANDPERS



PARALLELLE SAMPLER

Om het uitgangsmateriaal voor de verschillende analysemethoden zoveel mogelijk vergelijkbaar te laten zijn, is een groot deel van de stationaire metingen uitgevoerd met behulp van een parallelle sampler (zie foto 16). Dit is een apparaat waarin 10 PAS-6 monstername-

koppen met daarin 25 mm Ø filters kunnen worden bevestigd (zie foto 17). De flow wordt constant gehouden op 2 L/min met behulp van kritische capillairen. Een Becker-pomp zorgt voor de luchttoevoer, en met behulp van een flowmeter en een gasmeter is de flow geregeld. Per meetset zijn er dus 10 monsters beschikbaar, bestaande uit 8 glasvezelfilters en 2 polycarbonaatfilters. Deze 10 filters per meetset zijn als volgt geanalyseerd:

- 2 glasvezelfilters voor de conventionele analysemethode: extractie met Tween en dan analyse met behulp van de LAL-assay
- 2 polycarbonaat-filters voor analyse met behulp van fluorescentie microscopie (uitgevoerd door groep in Oslo, Noorwegen)
- 2 glasvezelfilters voor GC-MS analyse van zowel 3-hydroxy fatty acids (3-OH FAs) en de lengte van deze vetzuren, als muramic acid (MuAc). Deze analyses zullen worden uitgevoerd door een groep in Lund, Zweden.
- 4 glasvezelfilters zijn gebruikt voor enkele bewaar/extractieproeven i.v.m. de LAL-assay.

De filters die zijn gebruikt voor de LAL-analyse zijn geëxtraheerd en geanalyseerd op de manier zoals beschreven in dit rapport.

FOTO 16 PARALLELE SAMPLER



FOTO 17 PAS-6 KOPPEN IN PARALLELE SAMPLER



LIQUID IMPINGER

Naast de parallelle sampler zijn met behulp van statieven ook 2 liquid impingers gevuld met pyrogeen-vrij water en 1 liquid impinger gevuld met een 9% zoutoplossing geplaatst. De precieze uitvoering en behandeling van impingermetingen staan elders in dit rapport beschreven. Aangezien de concentratie endotoxinen in de impingermonsters met een zoutoplossing in alle gevallen niet-detecteerbaar waren, zijn deze gegevens verder buiten beschouwing gelaten. Een 9% zoutoplossing is in dit geval dus geen goed medium voor monsternamen, hoewel het in andere studies wel is gebruikt (Kullman et al, 1998; Mahar et al, 1999).

Een deel van de vloeistof uit de impingers gevuld met pyrogeen-vrij water is uitgeplaat op TSA en TSA+KV voedingsbodems (in 2 verdunningen) om zo te kunnen onderzoeken hoeveel levensvatbare bacteriën er in de vloeistof worden opgevangen. Verder is de impingervloeistof op de volgende manieren geanalyseerd:

- 2x 1 ml voor de conventionele analysemethode: extractie met Tween en dan analyse met behulp van de LAL-assay
- 5 ml opgeslagen in 2 5 ml glazen buisjes, ingevroren, en geanalyseerd in Lund, Zweden met behulp van GC-MS
- 5 ml gefiltreerd door een polycarbonaatfilter, gedroogd in een stoof, opgeslagen bij kamertemperatuur en geanalyseerd in Oslo, Noorwegen met behulp van FM.
- 4x 1 ml is gebruikt voor enkele bewaar/extractieproeven i.v.m. de LAL-assay

EXTRACTIE/BEWAARPROEF VAN MONSTERS

Een aantal van de bemonsterde filters uit de parallelle sampler en een deel van de vloeistof uit de liquid impingers is gebruikt voor het uitzetten van een kleine proef om de invloed van temperatuur waarbij monsters worden opgeslagen voor en na extractie, opslagtijd tot extractie en toevoegen van Tween bij impingermonsters te onderzoeken, naar aanleiding van een ander onderzoek in de waterzuivering (Laitinen, 1999). Het is bekend dat door opslag bij -20°C een deel van de activiteit van endotoxinen verloren gaat (Douwes, 1995). In dit onderzoek zijn ook hogere niveaus gevonden bij opslag in de koelkast ten opzichte van opslag in de vriezer (resultaten niet weergegeven). Verder verklaren de gevonden resultaten het verschil in concentratie tussen filters en impingers niet en zijn dus ook verder buiten beschouwing gelaten.

RESULTATEN

LEVENSVATBARE MICRO-ORGANISMEN GEMETEN MET ANDERSEN N6 SAMPLER:

In tabel 2 staat het overzicht van de resultaten van de metingen met de Andersen N6 sampler. Het aantal kolonie vormende eenheden is verhoogd. Voor de beoordeling worden wel vuistregels gehanteerd van 10.000 kve/m³ voor totaal aantal organismen en 1.000 kve/m³ voor Gram-negatieve bacteriën van de ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), en deze worden wel in sommige gevallen overschreden.

Verder valt het op dat de hoeveelheid bacteriën hoger is in de slibontwatering, maar dat zijn in het merendeel van de gevallen voornamelijk Gram-positieve bacteriën. Er zijn weinig schimmels gemeten in de slibontwatering. De hoeveelheid bacteriën in het roostergoedgebouw is duidelijk lager, maar in deze ruimte zijn wel veel schimmels gemeten. De samenstelling van het aangevoerde materiaal en de omstandigheden in het begin van het zuiveringsproces zijn dus gunstig voor de groei van schimmels, en deze komen ook makkelijk in de lucht. Wel moet hierbij worden opgemerkt dat de metingen zijn gedaan in een warme periode, wat de groei van schimmels ook bevordert.

LEVENSVATBARE MICRO-ORGANISMEN IN IMPINGERVLOEISTOF:

Een deel van de vloeistof uit de impingers met pyrogeenvrij-water is uitgeplaat op zowel TSA als TSA+KV voedingsbodems. Het aantal KVE/m³ van vrijwel al deze tellingen is laag te noemen. Voornamelijk bacteriën hebben het overleefd in de impingervloeistof, maar geen Gram-negatieve bacteriën, en vooral in het roostergoed (resultaten niet weergegeven). Er mag worden aangenomen dat levende micro-organismen door de activiteit van de vloeistof tijdens de meting alsnog sterven.

LAL-ASSAY: ENDOTOXINENCONCENTRATIES FILTERS (PARALLELE SAMPLER) EN LIQUID IMPINGERS:

In totaal waren er 10 filtermetingen en 10 impingermetingen beschikbaar voor analyse door middel van de LAL-assay. Deze metingen zijn in duplo uitgevuld en bepaald. De duplo bepalingen verschilden niet veel van elkaar. Tussen de metingen in een meetset zijn er wel kleine verschillen in endotoxinenconcentratie te bespeuren.

Van zowel de impingermetingen met pyrogeenvrij water als een aantal glasvezelfilters uit de parallelle sampler is de endotoxinenconcentratie bepaald met behulp van de LAL-assay (zie tabel 3). Net zoals in het onderzoek van de STOWA naar blootstelling aan endotoxinen bij werknemers van rwzi's, waar dit onderzoek een aanvulling op is, is de blootstelling het hoogst in de slibontwatering, maar de spreiding is bij deze metingen wat kleiner. Verder

kan worden opgemerkt dat de verschillen tussen de meetsets (en dus meetdagen) behoorlijk groot is. De samenstelling van het aangevoerde en verwerkte materiaal en de werkzaamheden kunnen per dag verschillen en hebben een duidelijke invloed op de mogelijke blootstelling. Het weer was op de drie dagen vrijwel hetzelfde, zonnig en redelijk warm.

De concentraties van de impingermetingen liggen structureel hoger dan die van de filtermetingen, wat in overeenkomst is met de resultaten van het voorgaande onderzoek van de STOWA. De spreiding in de endotoxinenconcentraties van de impingermetingen is wel in vrijwel alle gevallen groter dan de filtermetingen. Het is waarschijnlijk dat door het borrelen van de vloeistof in de impingers tijdens monsternamen en wellicht ook als gevolg van osmose, er meer bacteriën 'stuk gaan' en er dus meer 'vrij endotoxine' beschikbaar is in de LAL-assay.

GAS CHROMATOGRAFIE – MASSA SPECTROMETRIE (GC-MS):

Op de universiteit van Lund (Department of Medical Microbiology, Dermatology and Infection, Division of Bacteriology) in Zweden zijn 12 filters en 12 impingermonsters, waarvan 2 blanco filters en 2 blanco impingermonsters, geanalyseerd met behulp van GC-MS.

In tabel 4 staan de resultaten gegeven van deze analyse, in hoeveelheden lipopolysaccharide (LPS) en muramic acid (MuAc) per monster. Over het algemeen kan worden gezegd dat de hoeveelheden zoals gevonden met GC-MS laag zijn. De hoeveelheden in de impingermetingen waren allemaal niet-detecteerbaar, en van de filtermetingen zijn alleen in de monsters genomen in de slibontwatering LPS en MuAc gevonden. De Spearman correlatie tussen de hoeveelheid endotoxinen (EU) en de hoeveelheid LPS (nmol) per filter is zoals verwacht goed. Ook de correlaties tussen endotoxinen en de verschillende koolstof-ketens naar lengte (C_{10} - C_{18}) van de filtermetingen is goed (resultaten niet weergegeven), en dit komt overeen met bevindingen uit eerdere studies (Saraf, 1997). In de impingermetingen is er van correlatie tussen de verschillende parameters geen sprake.

Het aantal EU's (bio-activiteit) per nmol LPS heeft een waarde tussen 0 en 1.400 EU/nmol (EU/nmol wordt ook wel potentieel genoemd). Dit is gemiddeld behoorlijk hoger dan in andere vergelijkingsstudies is gevonden, wat duidt op hogere gemeten concentraties endotoxinen met de LAL assay per nmol LPS dan in andere studies (Reynolds et al., submitted).

FLUORESCENTIE MICROSCOPIE (FM):

Er zijn 12 filters en 12 impingermonsters naar het STAMI (Statens arbeidsmiljøinstitutt in Oslo) in Noorwegen gestuurd voor analyse met behulp van FM, waarvan 2 blanco filters en 2 blanco impingermonsters.

Het aantal micro-organismen per m^3 dat is gevonden met de FM-analyse ligt voor de filtermetingen gemiddeld rond de 10^5 en voor de impingermetingen rond de 10^4 , en dit is wel verhoogd maar niet erg hoog (zie tabel 5). Wel moet hierbij worden opgemerkt dat, na het bekijken van een aantal van de monsters met behulp van scanning elektronen microscopie (SEM), bleek dat er staafvormige deeltjes niet zijn gekleurd door het fluorochrome van de FM. De hoeveelheid bacteriën in de monsters ligt dus mogelijk hoger, maar deze concentratie zal na correctie hiervoor waarschijnlijk nog steeds vrij laag zijn. Verder is het aantal MO/ m^3 in de slibontwatering groter dan bij het roostergoed voor de filtermetingen, maar deze verhouding is omgekeerd voor de impingermetingen. Aangezien het aantal gemeten viable micro-organismen met de viable metingen in de orde grootte 10^3 - 10^4 lag, is het aandeel viable micro-organismen 1-10%.

CONCLUSIES

Het is algemeen bekend dat het milieu van een rwzi grote hoeveelheden micro-organismen bevat, aangezien het hele waterzuiveringsproces afhankelijk is van deze organismen. Dit zijn voornamelijk Gram-positieve, en in veel mindere mate Gram-negatieve bacteriën. Het is ook bekend dat de LAL-assay kan worden beïnvloed door de aanwezigheid van (onderdelen van) andere micro-organismen, zoals glucanen van schimmels en peptidoglycanen van Gram-positieve bacteriën.

Aan de hand van de hierboven beschreven resultaten kunnen een aantal overeenkomsten worden geconstateerd. Zowel de analyse met FM als met GC-MS laten een lage bacteriële blootstelling zien, waarbij met de GC-MS analyse eigenlijk alleen 3-hydroxy vetzuren en muramic acid worden gevonden in de slibontwatering. De metingen van levensvatbare organismen laten zien dat in de slibontwatering voornamelijk bacteriën voorkomen, en dat deze voor het grootste deel Gram-positief zijn. Dat komt ook weer overeen met de gevonden hoeveelheden muramic acid met GC-MS in de slibontwatering. In het roostergoed is de blootstelling aan levende micro-organismen ook vrij hoog, maar dit zijn voornamelijk schimmels.

Ook in deze meetserie werd het verschil tussen impingermetingen en inhaleerbaar stofmetingen met behulp van een filter bevestigd, met hogere concentraties endotoxinen en een grotere spreiding in de impingermetingen. Verder suggereren de resultaten van de GC-MS een zeer lage endotoxinenblootstelling, terwijl de LAL-assay een gering verhoogde expositie suggereert. Gezien deze uitkomsten en het feit dat zowel met de viable als non-viable meettechnieken de aanwezigheid van micro-organismen op rwzi's is aangetoond, is de conclusie dat naar alle waarschijnlijkheid sprake is van interferentie in het LAL-assay. Deze interferentie is bij hogere endotoxinenniveaus van beperkt belang, maar bij deze lage niveaus zorgt de aanwezigheid van relatief hoge aantallen Gram-positieve en levende Gram-negatieve bacteriën in de slibontwatering en schimmels in het roostergoedgebouw waarschijnlijk voor een overschatting zijn van de werkelijke endotoxinenblootstelling.

Door de activiteit van de vloeistof in de impingers sterven alle micro-organismen en zijn deze dus in grotere hoeveelheden in vrije vorm aanwezig in de extractie en beschikbaar voor de LAL-assay, waardoor de concentratie in de impingers hoger is dan in de filtermetingen, maar ook in dat geval representeert de gemeten concentratie niet de blootstelling aan endotoxinen.

In absolute zin verandert er niet veel: over het algemeen is de blootstelling aan endotoxinen laag, maar locaties zoals de slibontwatering blijven een verhoogd risico met zich meebrengen. Ook is het uit bovenstaande resultaten duidelijk dat de blootstelling aan biologische agentia wel degelijk van toepassing is op rwzi's, met name ook in de slibontwatering, en dat schoonspuiten van met slib vervuilde oppervlaktes, het spuiten met hoge druk en/of het schoonmaken met effluent zoveel mogelijk moet worden voorkomen. De totale blootstelling aan micro-organismen van werknemers op rwzi's kan hoog zijn en deze totale blootstelling is waarschijnlijk de oorzaak van het voorkomen van de klachten, zoals ook gevonden in het voorgaande onderzoek.

TABEL 2 LEVENSVATBARE MICROORGANISMEN, METINGEN MET ANDERSEN N6 SAMPLER

	Bacteriën			Schimmels			Totaal # kolonies		
	n	KVE/m ³	range	n	KVE/m ³	range	n	KVE/m ³	range
Overall	20	370	20 - 3230	11	7050	10-10350	20	4510	20-11210
Roostergoed	12	150	30-510	10	7760	10-10350	12	7040	70-11210
Slibontwatering	8	710	20-3230	1	10	-	8	710	20-3230
Totaal bacteriën (TSA)	10	670	30-3230	7	8740	13-10350	10	7170	500-11210
Gram-negatieve bacteriën (TSA+KV)	10	80	20-190	4	4100	10-8300	10	1850	20-8980
Meetsset 1 (slibontwatering)	4	1130	90-3230						
Meetsset 2 (roostergoed)	4	100	30-200	2	10250	10150-10350	4	5630	130-11210
Meetsset 3 (slibontwatering)	4	290	20-620	1	10	-	4	290	20-620
Meetsset 4 (roostergoed)	4	270	30-510	4	5090	10-10310	4	5550	70-11170
Meetsset 5 (roostergoed)	4	70	30-130	4	9170	8070-10310	4	9930	8740-11170
Roostergoed TSA	6	207	30-510	6	10190	10010-10350	6	11040	10840-11210
Roostergoed TSA+KV	6	90	30-200	4	4100	10-8300	6	3040	70-8980
Slibontwatering TSA	4	1370	480-3230	1	10	-	4	1370	500-3230
Slibontwatering TSA+KV	4	60	20-100						

TABEL 3 RESULTATEN LAL-ASSAY: CONCENTRATIES ENDOTOXINEN VAN PARALLELE SAMPLER EN IMPINGERS SAMEN

	Filters (parallele sampler)				Vloeistof (liquid impingers)			
	n	AM (SD)	GM (GSD)	Range	n	AM (SD)	GM (GSD)	Range
Overall	10	10,9 (8,9)	7,5 (2,6)	1,7 - 30,1	10	41,1 (33,5)	26,9 (2,8)	5,2 - 96,9
Roostergoed	6	4,6 (2,4)	3,9 (1,9)	1,7 - 9,0	6	33,7 (29,1)	21,5 (2,9)	5,2 - 82,3
Slibontwatering	4	20,4 (5,7)	19,8 (1,3)	15,5 - 30,1	4	52,1 (38,6)	37,6 (2,5)	12,9 - 96,9
Meetsset 1 (slibontwatering) (dag 1)	2	16,5 (1,1)	16,4 (1,1)	15,5 - 17,9	2	16,3 (3,0)	16,1 (1,2)	12,9 - 20,1
Meetsset 2 (roostergoed) (dag 1)	2	6,8 (1,5)	6,7 (1,2)	5,7 - 9,0	2	21,4 (9,5)	19,6 (1,7)	10,0 - 29,9
Meetsset 3 (slibontwatering) (dag 2)	2	24,4 (5,8)	23,9 (1,3)	18,3 - 30,1	2	87,8 (7,1)	87,6 (1,1)	80,3 - 96,9
Meetsset 4 (roostergoed) (dag 2)	2	1,7 (0,1)	1,7 (1,1)	1,7 - 1,9	2	71,1 (7,8)	70,8 (1,1)	64,1 - 82,3
Meetsset 5 (roostergoed) (dag 3)	2	5,2 (1,2)	5,1 (1,3)	3,8 - 6,3	2	8,6 (6,8)	7,2 (1,9)	5,2 - 18,8

TABEL 4 RESULTATEN LAL EN GC-MS: GEMIDDELD (SD) PER FILTER- OF IMPINGERMETING

	Filters					Impingers				
	LAL-assay		GC-MS			LAL-assay		GC-MS		
	n	EU per sample	n	LPS (nmol) per sample	MuAc (ng) per sample	n	EU per sample	n	LPS (nmol) per sample	MuAc (ng) per sample
Overall	10	7,1 (6,8)	12	0,01 (0,01)	3,0 (3,1)	10	20,7 (17,1)	12	0,01 (0,00)	1,6 (1,4)
Blanco			2	0,00 (0,00)	0,8 (0,4)			2	0,01 (0,00)	0,4 (0,5)
Roostergoed	6	2,5 (1,2)	6	0,00 (0,00)	1,0 (0,2)	6	17,3 (15,7)	6	0,01 (0,01)	1,9 (1,6)
Slibontwatering	4	14,0 (5,4)	4	0,01 (0,00)	7,1 (0,8)	4	25,9 (20,2)	4	0,01 (0,00)	1,8 (1,3)
Meetsset 1	2	10,0 (0,3)	2	0,01 (0,00)	7,4 (1,2)	2	8,4 (0,6)	2	0,01 (0,00)	1,6 (2,2)
Meetsset 2	2	3,3 (0,4)	2	0,00 (0,00)	1,2 (0,1)	2	9,9 (5,2)	2	0,01 (0,01)	3,0 (1,0)
Meetsset 3	2	17,9 (5,2)	2	0,02 (0,00)	6,9 (0,3)	2	43,3 (3,5)	2	0,01 (0,00)	2,0 (0,3)
Meetsset 4	2	1,0 (0,1)	2	0,00 (0,00)	0,9 (0,2)	2	36,9 (3,4)	2	0,01 (0,00)	1,1 (1,6)
Meetsset 5	2	3,2 (0,9)	2	0,00 (0,00)	0,9 (0,1)	2	5,0 (2,8)	2	0,01 (0,00)	1,6 (2,2)

TABEL 5 RESULTATEN FM: GEMIDDELD AANTAL MICRO-ORGANISMEN PER M³ (MO/M³)

	Filters (parallele sampler)			Vloeistof (liquid impingers)		
	n	AM (sd)	range	n	AM (sd)	range
Overall	10	$1,39 \times 10^5$ ($1,2 \times 10^5$)	$3,0 \times 10^4 - 4,1 \times 10^5$	10	$4,09 \times 10^4$ ($3,8 \times 10^4$)	$8,0 \times 10^3 - 1,3 \times 10^5$
Roostergoed	6	$9,17 \times 10^4$ ($7,2 \times 10^4$)	$3,0 \times 10^4 - 2,3 \times 10^5$	6	$4,67 \times 10^4$ ($4,8 \times 10^4$)	$8,0 \times 10^3 - 1,3 \times 10^5$
Slibontwatering	4	$2,10 \times 10^5$ ($1,6 \times 10^5$)	$3,0 \times 10^4 - 4,1 \times 10^5$	4	$3,23 \times 10^4$ ($2,0 \times 10^4$)	$1,4 \times 10^4 - 6,1 \times 10^4$
Meetsset 1	2	$2,90 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5 - 4,1 \times 10^5$	2	$3,75 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4 - 6,1 \times 10^4$
Meetsset 2	2	$8,00 \times 10^4$	$8,0 \times 10^4 - 8,0 \times 10^4$	2	$1,03 \times 10^5$	$7,5 \times 10^4 - 1,3 \times 10^5$
Meetsset 3	2	$1,30 \times 10^5$	$3,0 \times 10^4 - 2,3 \times 10^5$	2	$2,70 \times 10^4$	$2,6 \times 10^4 - 2,8 \times 10^4$
Meetsset 4	2	$1,30 \times 10^5$	$3,0 \times 10^4 - 2,3 \times 10^5$	2	$2,75 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4 - 3,6 \times 10^4$
Meetsset 5	2	$6,50 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4 - 9,0 \times 10^4$	2	$1,00 \times 10^5$	$8,0 \times 10^3 - 1,2 \times 10^4$

BIJLAGE 6

BLOOTSTELLINGSGEGEVENS PER RWZI

TABEL 1 GEMIDDELDE PERSOONLIJKE BLOOTSTELLING PER RWZI PER MEETPERIODE

rwzi	Meetperiode 1				Meetperiode 2				Meetperiode 3			
	n	AM (SD)	GM (GSD)	range	n	AM (SD)	GM (GSD)	range	n	AM (SD)	GM (GSD)	range
rwzi Tilburg Noord	4	9,2 (3,6)	8,6 (1,5)	4,8-13,5	6	3,7 (1,8)	3,2 (1,8)	1,3-6,2	-			
rwzi Oijen	2	12,6(11,8)	9,5 (3,1)	4,3-21,0	9	10,2 (9,1)	7,2 (2,4)	2,0-28,5	3	8,6 (11,0)	4,8 (3,6)	2,2-21,3
rwzi Land van Cuijk	4	2,9 (1,2)	2,8 (1,5)	1,6-4,4	8	12,6 (11,2)	8,3 (2,9)	1,4-34,0	4	1,0 (0,6)	2,7 (1,8)	1,7-6,5
rwzi 's-Hertogenbosch	3	9,4 (5,5)	7,9 (2,2)	3,2-13,7	5	82,7 (95,7)	31,5 (6,7)	1,8-223,5	-			
rwzi Garmerwolde	11	17,5(25,3)	8,1 (3,5)	1,4-78,3	5	5,8 (4,4)	4,7 (2,0)	2,3-12,2	3	4,4 (4,9)	2,9 (3,0)	1,5-10,1
rwzi de Waterrotonde	4	1,4 (0,8)	1,1 (2,2)	0,4-2,3	12	8,0 (5,8)	5,8 (2,6)	1,1-19,6	-			
rwzi Almere	6	1,9 (1,2)	1,6 (1,9)	0,5-4,2	9	4,9 (7,7)	2,5 (3,0)	0,7-24,6	4	4,8 (2,4)	4,3 (1,7)	2,3-7,9
rwzi de Kringloop	-				-				-			
rwzi Aarle-Rixtel	3	9,7 (13,6)	4,4 (4,6)	1,6-25,4	6	20,2 (11,5)	17,0 (2,0)	6,3-33,5	3	23,6(25,6)	11,1 (6,2)	1,5-51,7
rwzi Veendam	4	55,1(82,4)	20,4 (5,3)	4,0-177,4	4	58,7 (111,6)	8,5 (9,0)	2,0-226,1	4	5,9 (3,8)	4,8 (2,2)	1,6-10,7
rwzi Arnhem-Zuid	4	4,9 (2,4)	4,4 (1,8)	1,9-7,9	4	12,8 (13,6)	6,1 (5,0)	0,9-29,7	1	20,3 (-)	-	-
rwzi Terneuzen	4	2,0 (1,4)	1,6 (2,1)	0,9-3,9	10	5,9 (6,4)	3,6 (2,8)	0,9-19,7	-			
rwzi Steenwijk	1	1,9 (-)	-	-	4	11,4 (11,6)	6,9 (3,6)	1,4-27,6	1	3,9 (-)	-	-
rwzi Echten	4	3,0 (1,4)	1,8 (1,7)	1,4-4,8	9	10,1 (12,9)	6,0 (2,9)	1,0-43,0	5	11,4(15,5)	5,9 (3,4)	1,9-38,5
rwzi de Verseput	1	36,7 (-)	-	-	1	45,2 (-)	-	-	-			
rwzi Walcheren	5	7,9 (8,4)	4,5 (3,8)	0,6-21,6	6	5,8 (4,6)	4,6 (2,2)	1,8-14,3	-			
rwzi Harderwijk	9	9,6 (7,0)	8,1 (1,8)	3,5-26,6	5	12,4 (7,8)	10,3 (2,1)	3,5-24,4	3	1,6 (1,7)	1,1 (3,1)	0,4-3,6
rwzi Terwolde	3	8,3 (12,4)	3,1 (5,6)	1,0-22,6	4	8,4 (8,5)	3,6 (6,0)	0,4-17,1	-			
rwzi Enchede	3	8,4 (8,2)	3,8 (7,1)	0,4-16,7	4	4,2 (3,8)	2,4 (4,6)	0,3-9,3	2	1,3 (0,3)	1,3 (1,3)	1,1-1,5
rwzi Hengelo	5	12,8 (8,9)	8,6 (3,4)	1,2-23,8	6	4,6 (3,3)	3,3 (2,9)	0,5-9,6	1	2,8 (-)	-	-
rwzi Denekamp / Ootmarsum	2	5,9 (0,7)	5,9 (1,1)	5,4-6,4	2	2,2 (1,6)	1,9 (2,3)	1,1-3,4	-			
rwzi Almelo	-				3	6,2 (2,0)	5,9 (1,4)	4,0-7,8	-			
rwzi Nijverdal	-				3	2,2 (2,2)	1,6 (2,5)	0,8-4,7	-			
rwzi Numansdorp	2	34,9(16,8)	32,8 (1,7)	23,0-46,8	2	26,9 (32,2)	11,7 (8,0)	2,7-51,0	-			
rwzi Vianen	2	8,6 (10,5)	4,3 (6,4)	1,2-16,0	3	0,7 (0,7)	0,4 (3,7)	0,1-1,5	1	27,5 (-)	-	-

rwzi R'dam Dokhaven	5	59,1(92,3)	10,1(12,2)	0,7-216,2	7	12,6 (14,6)	3,8 (7,9)	0,3-38,3	7	13,8(31,1)	2,3 (7,2)	0,2-84,4
rwzi Nieuwveer	2	70,4(30,1)	67,1 (1,6)	49,1-91,7	2	211,2(293,3)	39,6(28,1)	3,7-418,6	2	7,5 (5,0)	6,7 (2,1)	4,0-11,1
rwzi Bath	2	3,1 (0,9)	3,0 (1,3)	2,4-3,7	2	3,4 (0,0)	3,4 (1,0)	3,4-3,4	-			
rwzi Nieuwegein	3	9,0 (7,8)	6,7 (2,7)	2,4-17,6	6	19,5 (20,1)	11,3 (3,3)	3,4-52,8	1	5,7 (-)	-	-
rwzi Zeist	1	12,8 (-)	-	-	4	23,3 (29,6)	10,5 (4,7)	2,7-65,7	-			
rwzi de Nieuwe Waterweg	3	12,1 (7,7)	9,7 (2,5)	3,3-17,2	5	2,9 (3,0)	1,5 (4,9)	0,1-7,8	-			
rwzi Alphen Kerk & Zanen	4	7,0 (5,4)	5,1 (2,8)	1,3-13,9	8	4,6 (5,8)	3,1 (2,3)	1,5-18,7	-			
rwzi Kralingse Veer	6	26,7(40,0)	9,0 (5,7)	1,2-104,3	6	7,4 (4,5)	6,3 (1,9)	2,3-14,9	4	6,0 (5,1)	3,8 (3,6)	0,6-12,4
rwzi Groenedijk	1	7,1 (-)	-	-	2	3,6 (0,3)	3,6 (1,1)	3,3-3,8	2	2,1 (0,6)	2,1 (1,3)	1,7-2,5
rwzi Kortenoord	2	10,5 (8,3)	8,7 (2,5)	4,6-16,4	4	6,0 (6,6)	3,2 (4,1)	0,7-14,9	3	2,4 (0,3)	2,4 (1,1)	2,2-2,7
rwzi Heerenveen	2	5,1 (3,6)	4,4 (2,2)	2,6-7,7	4	20,1 (14,9)	14,1 (3,1)	2,9-37,7	2	5,7 (3,3)	5,2 (1,9)	3,4-8,1
rwzi Franeker	2	3,7 (1,2)	3,6 (1,4)	2,9-4,6	3	8,9 (3,9)	8,4 (1,5)	6,4-13,4	-			
Slibfilterpers Heerenveen	3	2,9 (1,8)	2,3 (2,4)	0,9-4,3	7	11,4 (8,8)	7,5 (3,1)	1,3-25,0	2	1,4 (0,3)	1,4 (1,2)	1,2-1,6
rwzi Joure	1	17,4 (-)	-	-	2	3,0 (0,4)	3,0 (1,2)	2,7-3,3	-			
rwzi Borculo	2	26,0(11,2)	24,8 (1,6)	18,1-33,9	4	46,6 (68,9)	21,5 (3,9)	6,3-149,8	2	31,2(32,8)	20,9 (3,9)	8,0-54,5
rwzi Etten	5	4,3 (2,9)	3,5 (2,2)	1,0-8,9	9	6,7 (6,0)	5,1 (2,1)	2,5-19,1	-			
rwzi A'dam Oost	25	19,5(59,6)	4,7 (4,2)	0,6-301,2	20	11,3 (8,5)	8,3 (2,3)	1,7-28,4	11	39,4(64,3)	18,4 (3,4)	2,7-224,9
rwzi de Ronde Venen	2	10,3(10,0)	7,5 (3,3)	3,2-17,4	7	5,7 (8,5)	2,1 (4,8)	0,3-24,0	-			

TABEL 2 GEMIDDELDE BLOOTSTELLING PER RWZI PER SOORT METING

rwzi	Persoonlijk				Ruimtelijk				Taakgericht			
	n	AM (SD)	GM (GSD)	range	n	AM (SD)	GM (GSD)	range	n	AM (SD)	GM (GSD)	range
rwzi Tilburg Noord	10	5,9 (3,8)	4,8 (2,0)	1,3-13,5	-				5	30,1 (8,0)	29,2 (1,3)	19,4-37,9
rwzi Oijen	14	10,2 (9,0)	6,9 (2,6)	2,0-28,5	-				4	125,1(135,9)	45,1 (6,9)	8,2-263,4
rwzi Land van Cuijk	16	7,8 (9,2)	4,8 (2,7)	1,4-34,0	-				2	19,7 (2,7)	19,7 (1,1)	17,9-21,6
rwzi 's-Hertogenbosch	8	55,2 (81,8)	18,8 (5,3)	1,8-223,5	-				-			
rwzi Garmerwolde	19	12,4 (20,0)	6,0 (3,1)	1,4-78,3	-				4	22,8 (18,2)	16,2 (3,0)	3,6-47,4
rwzi de Waterrotonde	16	6,4 (5,8)	3,8 (3,1)	0,4-19,6	-				-			
rwzi Almere	19	3,9 (5,4)	2,4 (2,5)	0,5-24,6	-				3	6,7 (2,7)	6,4 (1,5)	4,5-9,8
rwzi de Kringloop	-				3	40,1 (2,8)	40,0 (1,1)	36,8-42	2	32,0 (8,8)	31,4 (1,3)	25,8-38,3
rwzi Aarle-Rixtel	12	18,4 (15,6)	10,9 (3,5)	1,5-51,7	-				4	25,6 (43,6)	8,0 (5,3)	2,5-91,0
rwzi Veendam	12	39,9 (76,7)	9,4 (5,1)	1,6-226,1	-				-			
rwzi Arnhem-Zuid	9	10,2 (10,1)	6,0 (3,2)	0,9-29,7	-				3	103,7(165,1)	27,4 (7,8)	7,6-294,4
rwzi Terneuzen	14	1,8 (5,6)	2,8 (2,7)	0,9-19,7	5	13,1 (19,9)	3,5 (8,0)	0,4-47,7	-			

rwzi Steenwijk	6	8,6 (10,0)	5,1 (3,1)	1,4-27,6	-				2	6,8 (3,5)	6,4 (1,7)	4,4-9,3
rwzi Echten	18	8,9 (12,1)	5,0 (2,8)	1,0-43,0	1	8,3 (-)	-	-	8	12,8 (12,4)	9,4 (2,2)	3,7-41,9
rwzi de Verseput	2	40,9 (6,0)	40,7 (1,2)	36,7-45,2	2	32,9 (44,7)	9,0 (16,1)	1,3-65,5	-			
rwzi Walcheren	11	6,8 (6,3)	4,5 (2,7)	0,6-21,6	1	7,9 (-)	-	-	-			
rwzi Harderwijk	17	9,0 (7,4)	6,1 (3,0)	0,4-26,6	2	7,2 (2,9)	6,9 (1,5)	5,2-9,2	1	2,3 (-)	-	-
rwzi Terwolde	7	8,3 (9,4)	3,4 (5,1)	0,4-22,6	-				-			
rwzi Enchede	9	4,9 (5,5)	2,4 (4,1)	0,3-16,7	1	3,6 (-)	-	-	6	75,2 (99,0)	32,2 (4,4)	5,7-255,8
rwzi Hengelo	12	7,9 (7,3)	4,8 (3,1)	0,5-23,8	-				9	15,4 (14,1)	10,2 (2,7)	2,3-39,3
rwzi Denekamp / Ootmarsum	4	4,0 (2,4)	3,3 (2,3)	1,1-6,4	-				-			
rwzi Almelo	3	6,2 (2,0)	5,9 (1,4)	4,0-7,8	-				-			
rwzi Nijverdal	3	2,2 (2,1)	1,6 (2,5)	0,8-4,7	2	5,9 (4,7)	4,9 (2,5)	2,6-9,2	-			
rwzi Numansdorp	4	30,9 (22,5)	19,6 (3,9)	0,7-51,0	-				-			
rwzi Vianen	6	7,8 (11,4)	1,8 (8,4)	0,1-27,5	1	50,2 (-)	-	-	4	26,2 (15,6)	21,0 (2,4)	6,0-38,5
rwzi R'dam Dokhaven	19	25,3 (52,1)	4,1 (8,3)	0,2-216,2	5	1,5 (1,7)	0,7 (4,3)	0,1-4,3	11	12,6 (11,0)	8,0 (2,9)	1,9-29,6
rwzi Nieuwveer	6	96,4 (161,5)	26,1 (6,6)	3,7-418,6	-				-			
rwzi Bath	4	3,2 (0,5)	3,2 (1,2)	2,4-3,7	-				-			
rwzi Nieuwegein	10	15,0 (16,5)	9,0 (2,9)	2,4-52,8	1	15,6 (-)	-	-	1	146,2 (-)	-	-
rwzi Zeist	5	21,2 (26,1)	10,9 (3,8)	2,7-65,7	-				-			
rwzi de Nieuwe Waterweg	8	6,4 (6,7)	3,0 (3,8)	0,1-17,2	-				6	10,8 (8,7)	7,5 (2,8)	1,6-24,5
rwzi Alphen Kerk & Zanen	12	5,4 (5,5)	3,6 (2,4)	1,3-18,7	2	75,7 (22,5)	74,1 (1,4)	59,8-91,6	-			
rwzi Kralingse Veer	16	14,3 (25,4)	6,3 (3,6)	0,6-104,3	1	0,4 (-)	-	-	3	52,7 (59,4)	22,0 (7,4)	2,4-118,3
rwzi Groenedijk	5	3,7 (2,1)	3,3 (1,7)	1,7-7,1	1	0,5 (-)	-	-	2	16,1 (16,1)	11,4 (3,5)	4,7-27,5
rwzi Kortenoord	9	5,8 (5,9)	3,6 (2,9)	0,7-16,4	2	1,5 (0,4)	1,5 (1,3)	1,2-1,8	3	12,2 (3,8)	11,8 (1,4)	8,4-16,0
rwzi Heerenveen	8	12,7 (12,7)	8,2 (2,7)	2,6-37,7	2	10,1 (8,9)	7,8 (2,8)	3,7-16,4	1	24,3 (-)	-	-
rwzi Franeker	5	6,9 (4,0)	6,0 (1,8)	2,9-13,4	1	279,5 (-)	-	-	5	18,8 (9,3)	17,3 (1,5)	11,2-34,6
Slibfilterpers Heerenveen	12	7,6 (8,1)	4,2 (3,2)	0,9-25,0	-				3	21,9 (28,8)	11,4 (4,0)	4,2-55,1
rwzi Joure	3	7,8 (8,3)	5,4 (2,8)	2,7-17,4	-				-			
rwzi Borculo	8	37,6 (48,0)	22,1 (2,8)	6,3-149,8	2	30,5 (14,5)	28,7 (1,6)	20,3-40,7	7	92,2 (155,0)	29,4 (5,0)	4,2-427,0
rwzi Etten	14	5,8 (5,1)	4,4 (2,1)	1,0-19,1	7	25,5 (15,6)	20,1 (2,3)	5,4-47,6	3	73,6 (105,2)	20,6(10,4)	1,8-194,3
rwzi A'dam Oost	56	20,5 (49,3)	7,5 (3,7)	0,6-301,2	4	9,5 (6,2)	6,1 (4,1)	0,8-15,3	7	27,3 (28,6)	20,1 (2,1)	8,8-90,9
rwzi de Ronde Venen	9	6,7 (8,4)	2,8 (4,6)	0,3-24,0	2	21,1 (17,0)	7,3 (1,1)	9,1-33,1	1	145,9 (-)	-	-

BIJLAGE 7

RESULTATEN PRAKTIJKPROEVEN

TABEL 1 OVERZICHT RESULTATEN PRAKTIJKPROEVEN (EU/M³)

Water	Druk	Ventilatie	N	AM (SD)	GM (GSD)	range
Spuiten op schoon oppervlak						
leiding	hoog		6	1,3 (0,4)	1,2 (1,5)	0,7 – 1,8
effluent	laag		18	448 (1213)	40,0 (14,0)	1,4 – 5.080
Roostergoed schoonmaken						
leiding	laag	aan	5	13,5 (3,2)	13,2 (1,3)	9,5 – 17,3
leiding	laag	uit	5	17,5 (2,2)	17,4 (1,1)	14,4 – 20,6
effluent	laag	aan	5	32, (6,7)	31,8 (1,2)	25,7 – 42,5
effluent	laag	uit	3	48,9 (10,8)	48,0 (1,3)	36,5 – 56,3
oppervlakte	laag	aan	16	34,8 (26,3)	30,3 (1,6)	14,2 – 130
oppervlakte	laag	uit	8	68,0 (17,3)	66,2 (1,3)	50,0 – 103
Roostergoed achtergrondmeting						
		aan	4	4,9 (0,2)	4,9 (1,0)	4,6 – 5,1
		uit	2	7,4 (0,1)	7,4 (1,0)	7,3 – 7,5
Centrifuge openen en schoonmaken						
oppervlakte	laag		8	41,9 (11,7)	40,5 (1,3)	27,5 – 63,5
Centrifuge achtergrondmeting						
		aan	6	1,8 (0,4)	1,7 (1,3)	1,4 – 2,2
Zeebandpers schoonmaken						
leiding	hoog	aan	7	6,8 (1,5)	6,6 (1,3)	5,2 – 9,0
leiding	hoog	uit	6	37,6 (15,8)	34,8 (1,6)	20,5 – 5,0
effluent	laag	aan	14	59,3 (54,7)	34,8 (3,2)	8,7 – 174
effluent	hoog	aan	14	26,9 (26,2)	13,4 (4,1)	1,2 – 75,9
effluent	hoog	uit	7	75,0 (13,3)	74,1 (1,2)	65,5 – 102
Zeebandpers achtergrondmeting						
		aan	2	73,2 (21,2)	71,6 (1,3)	58,2 – 88,2
Kamerfilterpers goten schoonmaken						
leiding	laag		4	21,4 (8,2)	20,1 (1,5)	11,9 – 29,8
leiding	hoog		4	140 (31,0)	137 (1,3)	103 – 177
Kamerfilterpers achtergrondmeting						
		aan	1	11,0 (-)	-	-
Kamerfilterpers achtergrondmeting bij zelfreiniging						
			1	78,2 (-)	-	-
Buffertank binnenkant schoonmaken						
leiding	laag	aan	6	9,2 (7,7)	7,1 (2,2)	2,3 – 24,0
leiding	laag	uit	8	8,3 (4,9)	6,0 (2,9)	0,8 – 14,3
leiding	hoog	uit	4	19,9 (2,9)	19,7 (1,2)	15,6 – 21,7
effluent	laag	aan	6	23,2 (24,1)	17,6 (2,0)	10,2 – 72,1
effluent	laag	uit	6	34,7 (28,7)	26,4 (2,2)	10,8 – 86,8
Containerhal achtergrondmeting						
		aan	1	61,3 (-)	-	-
		uit	2	1,3 (0,2)	1,3 (1,2)	1,1 – 1,4
Slib op de grond wegspreken, buiten						
effluent	laag		5	1,5 (0,2)	1,5 (1,1)	1,4 – 1,8
oppervlakte	laag		16	4,3 (8,3)	2,4 (2,3)	1,1 – 35,2
Voorbezinktank looprand schoonmaken						
oppervlakte	laag	aan	3	1,2 (0,8)	1,1 (1,8)	0,8 – 2,2
oppervlakte	laag	uit	5	4,1 (5,6)	2,5 (2,7)	1,3 – 14,2

Voorbezinktank achtergrondmeting						
	aan		3	2,1 (0,2)	2,1 (1,1)	1,9 – 2,2
	uit		4	1,1 (0,8)	1,0 (1,8)	0,7 – 2,4
Water	Druk	Ventilatie	N	AM (SD)	GM (GSD)	range
Warmtewisselaar schoonmaken						
leiding	laag		5	13,5 (1,8)	13,4 (1,2)	10,5 – 15,0
effluent	laag		5	51,5 (10,3)	50,6 (1,3)	35,1 – 60,9
Voorindikker schoonmaken na storing						
leiding	laag		2	24,8 (1,5)	24,8 (1,1)	23,7 – 25,9
Slib lossen en vracht-wagen schoonmaken *						
leiding	laag		5	3,1 (2,3)	2,6 (1,8)	1,8 – 7,0
leiding	hoog		7	13,2 (4,9)	12,3 (1,5)	6,2 – 19,2
Operator slindrogingsinstallatie *						
			2	0,9 (0,2)	0,9 (1,3)	0,8 – 1,1
Wegspuiten van verkeerd gelost slib *						
leiding	laag		2	21,5 (8,2)	20,7 (1,5)	15,8 – 27,3
Schoonmaken slibloshal *						
leiding	laag		2	2,9 (0,4)	2,9 (1,1)	2,6 – 3,1
Schoonmaken stenenvanger *						
leiding	hoog		6	70,2 (30,0)	65,0 (1,5)	34,6 – 116
Achtergrondmeting slibbuffertank *						
			1	8,2 (-)	-	-

* = metingen bij slibdroging

TABEL 2 T-TEST VOOR DE INVLOED VAN GEBRUIKTE WATERSOORT OP ENDOTOXINENBLOOTSTELLING

Taak	Water	N	GM	p-waarde
Spuiten op schoon oppervlak	Breekwater	6	1,2	<0,0001
	Effluent	12	211,7	
Roostergoed schoonmaken	Breekwater	10	15,2	0,0219
	Effluent	10	136,3	
Zeebandpers schoonmaken, alle hoge druk metingen	Breekwater	13	14,2	0,2584
	Effluent	21	23,6	
Zeebandpers schoonmaken met ventilatie aan (hoge druk)	Breekwater	7	6,6	0,2125
	Effluent	14	13,4	
Zeebandpers schoonmaken met ventilatie uit (hoge druk)	Breekwater	6	34,8	0,0014
	Effluent	7	74,1	
Buffertank schoonmaken	Breekwater	18	8,3	0,0062
	Effluent	12	21,6	
Slib wegspuiten, buiten (installatie 4 versus installatie 34)	Oppervlaktewater	16	2,4	0,2185
	Effluent	5	1,5	
Warmtewisselaar schoonmaken	Breekwater	5	13,4	<0,0001
	Effluent	5	50,6	

Uit bijlage 6 tabel 2 blijkt dat het spuiten met effluent op een (relatief) schoon oppervlak een significant hogere blootstelling geeft dan het spuiten met breekwater. Breekwater is water uit een hydrofoor, ook wel gebroken drinkwater genoemd. Ook tijdens het schoonmaken van het roostergoed, de buffertank en de warmtewisselaar is er een significant verschil tussen het gebruik van effluent en breekwater, waarbij het gebruik van effluent een hogere blootstelling geeft. In het geval van de metingen bij de buffertank en de warmtewisselaar geven de waarden echter een vertekend beeld. Om logistieke redenen hebben de pompjes namelijk een tijd gedraaid terwijl de werknemers pauze hadden, en stonden daarbij buiten of in het laboratorium. Deze tijd was in beide gevallen langer voor de taak waarbij met breekwater gewerkt werd dan voor de taak waarbij met effluent gewerkt werd. Wanneer de endotoxinenconcentraties gecorrigeerd werden voor dit tijdsverschil, was het

effect niet meer significant. Het werkelijke effect van het gebruik van effluent zal in deze twee gevallen dus iets lager zijn dan in de tabel staat vermeld.

Tijdens het schoonmaken van de zeefbandpers werd in eerste instantie geen significant verschil gevonden tussen het schoonmaken met breekwater of effluent. Maar wanneer de metingen waarbij de ventilatie aan of uit stond apart worden genomen, blijkt het verschil bij geen ventilatie wel significant te zijn. Het wegspuiten van gemorst slib buiten op het terrein is bij twee verschillende bedrijven uitgevoerd. Bij het ene bedrijf werd daarbij oppervlaktewater (uit de Dieze) gebruikt, en bij het andere bedrijf effluent. Er werd geen significant verschil gevonden.

Ook is de mate van verhoging van de blootstelling afhankelijk van de endotoxinenconcentratie in het effluent zelf. Omdat deze van dag tot dag verschilt, zijn de uitgevoerde experimenten te beschouwen als een momentopname. Of het verschil in blootstelling wegvalt als de concentratie in het effluent laag is, is in dit onderzoek niet te zien.

TABEL 3 T-TEST VOOR DE INVLOED VAN GEBRUIKTE WATERDRUK OP ENDOTOXINENBLOOTSTELLING

Taak	Druk	N	GM	p-waarde
Verschil tussen spuitmond open of dicht over alle data	Brandslang spuitmond open	22	19,8	0,5049
	Brandslang spuitmond dicht	30	28,8	
Met effluent op schoon oppervlak spuiten	Brandslang spuitmond open	6	273,8	0,5317
	Brandslang spuitmond dicht	6	163,8	
Roostergoed schoonmaken	Brandslang spuitmond open	8	18,5	0,0391
	Brandslang spuitmond dicht	8	25,3	
Slib wegspuiten (buiten)	Brandslang spuitmond open	8	2,3	0,8326
	Brandslang spuitmond dicht	8	2,5	
Zeefbandpers schoonmaken	Laag	14	34,8	0,1332
	Hoog	34	19,5	
Kamerfilterpers goten spuiten	Laag	4	20,1	0,0007
	Hoog	4	137,0	
Buffertank schoonmaken (met breekwater en ventilatie uit)	Laag	8	6,0	0,0149
	Hoog	4	19,7	
Chauffeurs:slib lossen en wagen schoonspuiten	Laag	5	2,6	0,0017
	Hoog	7	12,3	

Wanneer het verschil tussen schoonmaken met een hogedrukspuit en een brandslang wordt bekeken, blijkt dat er een significant verschil is bij het schoonmaken van de kamerfilterpers en de buffertank en bij het schoonmaken van de vrachtwagen na het lossen van slib. In al deze gevallen was de endotoxinenblootstelling hoger wanneer er met hoge druk werd gespoten (zie bijlage 7 tabel 3)

Bij het schoonmaken van de zeefbandpers lijkt het gebruik van hoge druk juist een beschermend effect op de endotoxinenblootstelling te hebben. Dit effect is echter niet significant. Er is echter één keer met lage druk in de binnenkant (onderin) van de zeefbandpers gespoten, wat leidde tot een hoge blootstelling. Deze taak is niet uitgevoerd met gebruik van hoge druk. Het verband tussen druk en endotoxinenblootstelling wordt bij deze meting dus waarschijnlijk verstoord door het spuiten op het slib. Uit de overige resultaten blijkt dat het werken met hoge druk een significant hogere endotoxinenblootstelling geeft tijdens het

schoonmaken van de kamerfilterpers, schoonmaken binnenin de buffertank en het schoonmaken van de vrachtwagen na het lossen van slib.

Ook is bekeken of het variëren van de waterdruk uit een brandslang door het verder open of dicht zetten van de spuitmond een invloed op de endotoxinenblootstelling had. De spuitmond helemaal open geeft een lage druk, terwijl de spuitmond zo ver mogelijk dicht een hogere druk geeft. Uit bijlage 7 tabel 3 blijkt dat er alleen een significant verschil te zien is tijdens het schoonmaken van het roostergoed. Bij de overige experimenten is dat verschil niet significant. Bij het slib wegsputten op het terrein is de afwezigheid van een significant verschil wellicht te verklaren door het feit dat deze metingen buiten plaatsvonden op een regenachtige dag, zodat wind en regen de endotoxinenconcentratie in de lucht konden beïnvloeden. Bij het spuiten op een schoon oppervlak zat er een uitschieter (extreem hoge gemeten concentratie) tussen de metingen bij de lage druk, waardoor het verschil tussen hoge en lage druk werd verstoord. Uit deze bevindingen ontstaat het vermoeden dat het openen of dicht zetten van de spuitmond van een brandslang in het algemeen wel invloed heeft op de endotoxinenblootstelling.

TABEL 4 T-TEST VOOR DE INVLOED VAN VENTILATIE OP ENDOTOXINENBLOOTSTELLING

Taak	Ventilatie	N	GM	p-waarde
Roostergoed schoonmaken (installatie 4)	Aan	16	30,3	<0,0001
	Uit	8	66,2	
Roostergoed achtergrondmeting (installatie 4)	Aan	4	4,9	0,0001
	Uit	2	7,4	
Roostergoed schoonmaken (installatie 6)	Aan	10	20,5	0,1235
	Uit	10	101,0	
Roostergoed schoonmaken met breekwater (installatie 6)	Aan	5	13,2	0,0641
	Uit	5	17,4	
Roostergoed schoonmaken met effluent (installatie 6)	Aan	5	31,8	0,1306
	Uit	5	585,1	
Zeebandpers schoonmaken	Aan	37	18,4	0,0002
	Uit	13	52,3	
Buffertank schoonmaken	Aan	12	11,2	0,7076
	Uit	18	12,8	
Containerhal achtergrondmeting	Aan	1	61,3	-
	Uit	2	1,3	
Voorbezinktank spuiten	Aan	3	1,1	0,1251
	Uit	6	2,7	
Voorbezinktank achtergrondmeting	Aan	3	2,1	0,0805
	Uit	4	1,0	

De aanwezigheid van ventilatie verlaagde de endotoxinenconcentratie in het roostergoedgebouw en de zeebandpershal. In het bedrijf waar het roostergoedgebouw werd geventileerd door onderdruk te creëren (4), leidde het uitschakelen van deze ventilatie tot een significant hogere endotoxinenblootstelling. In een ander bedrijf (6) werd ventilatie “aan en uit” gezet door twee deuren open of dicht te zetten. Hier was het beschermende effect van ventilatie niet significant. Wanneer de metingen in het roostergoedgebouw van bedrijf 6 echter worden opgesplitst in metingen waarbij met breekwater of met effluent werd gespoten, blijkt dat er wel een significant effect van ventilatie was tijdens het spuiten met breekwater. In de voorbezinktank lijkt de ventilatie geen effect te hebben. Tijdens het schoonmaken van de buffertank werd er ventilatie gesimuleerd door een afzuigslang in een opening van het dak te hangen. Dit had geen significant effect (zie bijlage 7 tabel 4).

Uit de resultaten blijkt dat de endotoxinenconcentraties altijd hoger zijn als er geen ventilatie is. Uitzonderingen zijn de achtergrondmetingen in de voorbezinktank en in de containerhal. De metingen in de voorbezinktank zijn echter op twee verschillende dagen gedaan, waarbij de endotoxinenconcentratie in het water (en dus ook in de lucht) wellicht verschillend was. In het geval van de metingen in de containerhal bleek tijdens de achtergrondmeting met ventilatie aan nog een tweede experiment te zijn uitgevoerd, namelijk het spuiten met effluent op een schoon oppervlak. Omdat deze activiteit in dezelfde ruimte werd uitgevoerd is het zeer waarschijnlijk dat de meting hierdoor is verstoord. Het enige experiment waarbij de aanwezigheid van ventilatie niet uit lijkt te maken, is het schoonmaken van de buffertank. Waarschijnlijk was de ene slang, die door een raam in het dak van de tank werd gehangen, niet krachtig genoeg om de hele tank af te zuigen.

FOTO 18

SCHOONMAKEN BUITENKANT ZEEFBANDPERS



FOTO 19

SCHOONMAAKWERKZAAMHEDEN BUITEN BIJ SLIBOPSLAGSILO

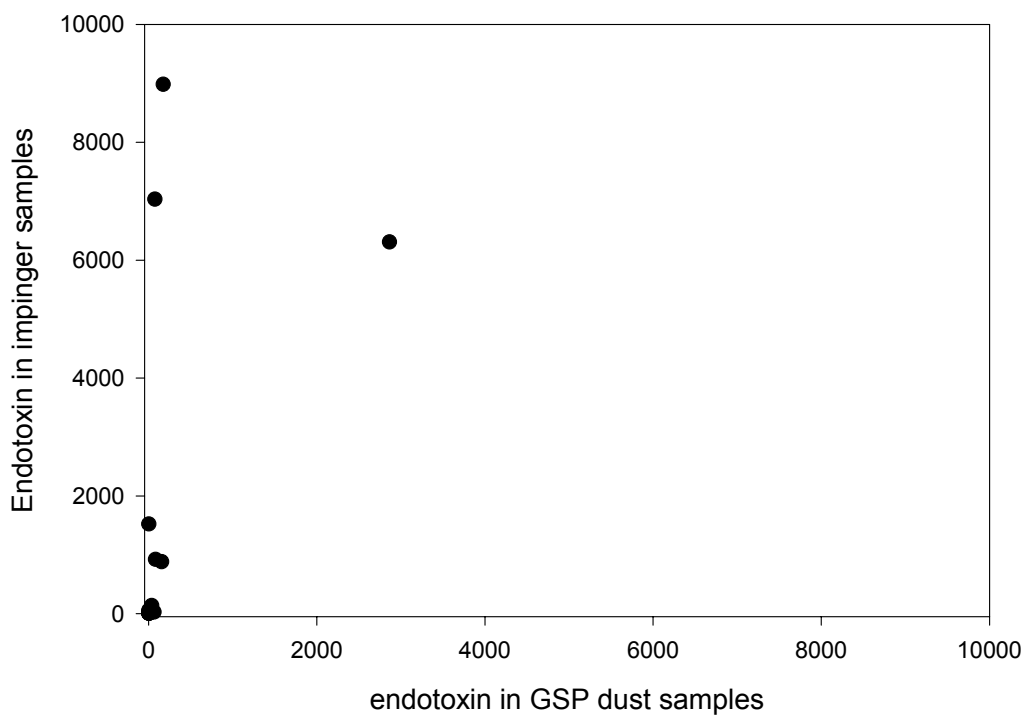


BIJLAGE 8

VERSCHILLEN IN BLOOTSTELLING AAN ENDOTOXINEN TUSSEN METINGEN DE GSP-KOP EN DE IMPINGER

Locatie meting	Impinger nummer	Concentratie Impinger (EU/m ³)	Concentratie filters (EU/m ³)
Roostergoed schoonspuiten	6	136,1	36,2
Roostergoed schoonspuiten	9	25,4	63,2
Roostergoed achtergrond	1	7,3	4,9
Roostergoed achtergrond	3	9,9	4,9
Voorbezinktank spuiten	7	57,0	2,4
Voorbezinktank spuiten	8	35,1	2,2
Voorbezinktank achtergrond	2	5,8	2,1
Voorbezinktank achtergrond	5	9,9	1,0
Buiten op terrein slib wegsputten	10	1.522,3	1,2
Zeebandpers, band schoonspuiten	11	7.033,7	72,6
Schone muur opstelling (containerhal)	12	7,0	1,6
Schone muur opstelling (containerhal)	13	14,1	0,8
Schone muur opstelling (containerhal)	14	922,0	81,8
Schone muur opstelling (containerhal)	15	6.306,0	2.863,0
Schone muur opstelling (containerhal)	16	8.981,7	172,9
Schone muur opstelling (containerhal)	17	878,5	153,1

Endotoxin in GSP samples and in impinger samples



BIJLAGE 9

AFSTAND TOT DE BRON IN RELATIE TOT ENDOTOXINENCONCENTRATIES

activiteit	water	druk	ventilatie	Afstand tot bron (meter)	N	AM (SD)	GM (GSD)	range
Spuiten op schoon oppervlak	leiding	hoog		1	2	0,8 (0,1)	0,8 (1,1)	0,7 – 0,8
				2	2	1,6 (0,3)	1,6 (1,2)	1,4 – 1,8
				3	2	1,5 (0,04)	1,5 (1,0)	1,5 – 1,5
Spuiten op schoon oppervlak	effluent	brandslang laag		1	2	3.346,8 (2.451,3)	2.863,0 (2,3)	1.613,5 – 5.080,2
				2	2	81,8 (6,8)	81,8 (1,1)	77,1 – 86,7
				3	2	88,5 (17,1)	87,7 (1,2)	76,4 – 100,6
Spuiten op schoon oppervlak	effluent	brandslang hoog		1	2	192,5 (119,8)	172,9 (2,0)	107,8 – 277,3
				2	2	153,1 (4,2)	153,1 (1,0)	150,1 – 156,1
				3	2	166,0 (8,1)	165,9 (1,1)	160,3 – 171,7
Roostergoed schoonmaken	leiding	laag	aan	2	2	13,4 (5,5)	12,8 (1,5)	9,5 – 17,3
				3	1	16,3 (-)	-	-
				2	2	18,9 (2,4)	18,8 (1,1)	17,2 – 20,6
Roostergoed schoonmaken	leiding	laag	uit	3	1	14,4 (-)	-	-
				1	1	42,5 (-)	-	-
				2	1	25,7 (-)	-	-
Roostergoed schoonmaken	effluent	laag	aan	3	1	27,6 (-)	-	-
				1	1	18.977,5 (-)	-	-
				2	1	32.622,0 (-)	-	-
Roostergoed schoonmaken	effluent	laag	uit	3	1	56,3 (-)	-	-
				1	2	19,9 (8,1)	19,1 (1,5)	14,2 – 25,6
				2	2	20,7 (1,0)	20,7 (1,1)	19,9 – 21,4
Roostergoed schoonmaken	oppervlakte	brandslang laag	aan	5	2	23,5 (2,5)	23,4 (1,1)	21,7 – 25,3
				1	2	36,7 (4,0)	36,2 (1,1)	33,5 – 29,2
				2	2	32,9 (2,2)	32,8 (1,1)	31,3 – 34,4
Roostergoed schoonmaken	oppervlakte	brandslang hoog	aan	5	2	28,9 (3,1)	28,9 (1,1)	26,8 – 31,1
				1	2	64,9 (21,1)	63,2 (1,4)	50,0 – 79,8
				2	2	61,5 (12,0)	60,9 (1,2)	53,0 – 70,0
Roostergoed schoonmaken	oppervlakte	brandslang hoog	uit	5	2	62,1 (9,9)	61,7 (1,2)	55,1 – 69,1
				1	2	38,7 (12,1)	37,7 (1,4)	30,1 – 47,3
				2	2	49,7 (19,6)	47,7 (1,5)	35,8 – 63,5
Centrifuge openen en schoonmaken	oppervlakte			10	2	35,5 (11,2)	34,6 (1,4)	27,6 – 43,4
				1	2	1,8 (0,6)	1,8 (1,4)	1,4 – 2,2
				2	2	1,8 (0,4)	1,7 (1,3)	1,4 – 2,1
Centrifuge achtergrond-meting				10	2	1,7 (0,5)	1,7 (1,4)	1,4 – 2,1
				2	1	5,2 (-)	-	-
				3	1	6,7 (-)	-	-
Zeebandpers schoonmaken	leiding	hoog	aan	4	1	5,4 (-)	-	-
				2	1	20,5 (-)	-	-
				3	1	49,6 (-)	-	-
Zeebandpers schoonmaken	leiding	hoog	uit	4	1	23,7 (-)	-	-
				1	1	9,1 (-)	-	-
				2	3	73,4 (54,3)	49,4 (3,7)	11,1 – 110,7
Zeebandpers schoonmaken	effluent	laag	aan	4	2	94,0 (112,5)	49,9 (5,8)	14,4 – 173,5
				1	1	72,6 (-)	-	-
Zeebandpers	effluent	hoog	aan	1	1	72,6 (-)	-	-

schoonmaken				2	1	15,6 (-)	-	-
				3	1	2,0 (-)	-	-
Zeeffbandpers schoonmaken	effluent	hoog	uit	2	1	101,7 (-)	-	-
				4	2	65,7 (0,3)	65,7 (1,0)	-
Kamerfilterpers goten schoonmaken	leiding	laag		1	1	17,5 (-)	-	-
				1,5	1	11,9 (-)	-	-
activiteit	water	druk	ventilatie	Afstand tot bron (meter)	N	AM (SD)	GM (GSD)	range
Kamerfilterpers goten schoonmaken	leiding	hoog		1	1	132,4 (-)	-	-
				2	1	102,7 (-)	-	-
Slib op de grond wegspuiten, buiten	effluent	laag		1	1	1,4 (-)	-	-
				2	1	1,4 (-)	-	-
				3	1	1,4 (-)	-	-
Slib op de grond wegspuiten, buiten	oppervlakte	brandslang laag		1	2	3,1 (1,7)	2,8 (1,8)	1,8 – 4,3
				2	2	1,9 (0,0)	1,9 (1,0)	1,8 – 1,9
		3		2	2,1 (0,4)	2,1 (1,2)	1,8 – 2,3	
Slib op de grond wegspuiten, buiten	oppervlakte	brandslang hoog		1	2	1,2 (0,1)	1,2 (1,0)	1,1 – 1,2
				2	2	1,3 (0,0)	1,3 (1,0)	1,3 – 1,3
				3	2	2,5 (1,7)	2,2 (2,1)	1,3 – 3,7
Voorbezinktank looprand schoonmaken	oppervlakte	laag	aan	1	1	2,2 (-)	-	-
				4	2	0,8 (0,0)	0,8 (1,0)	0,8 – 0,8
Voorbezinktank looprand schoonmaken	oppervlakte	laag	uit	1	2	2,8 (2,1)	2,4 (2,3)	1,3 – 4,3
				4	2	1,6 (0,1)	1,6 (1,1)	1,5 – 1,7
Schoonmaken stenenvanger (slibdroging)	leiding	hoog		1	1	54,9 (-)	-	-
				2	1	34,6 (-)	-	-

FOTO 20

STATIONAIRE OPSTELLING VOOR BEPALEN INVLOED AFSTAND TOT BRON OP BLOOTSTELLING



BIJLAGE 10

DETERMINANTEN VAN BLOOTSTELLING

Bij het gebruik van ‘mixed models’ wordt gecorrigeerd voor de mogelijke correlatie tussen herhaalde metingen (Rappaport, 1999). Verschillende mogelijke verklarende variabelen voor de verschillen in blootstelling tussen en binnen personen, zoals bedrijf, functie (categorie), weersgegevens, proceskarakteristieken of werkzaamheden zijn geïntroduceerd als “fixed” effecten, terwijl werknemer is geïntroduceerd als een “random” effect.

Uit het model met alleen het random effect van de werknemers blijkt dat van de totale geometrische standaarddeviatie van de persoonlijke blootstelling aan endotoxinen ($GSD=3,7$) ongeveer 73% wordt verklaard door de spreiding van dag-tot-dag en 27% wordt verklaard door systemische verschillen tussen personen (tabel 1)

In tabel 1 staat een overzicht van de invloed van verschillende mogelijke verklarende variabelen op de tussen- en dag-tot-dag-variantie. De variabelen ‘methode stabilisatie actief slib’, ‘extra voorzieningen fosfaatverwijdering’ en ‘beleid/procedure handenwassen’ verklaren iets maar niet veel van de dag-tot-dag variabiliteit. De spreiding tussen personen blijkt voornamelijk te worden verklaard door de variabelen installatie, functie, functiecategorie, schoonmaken en ‘aantal locaties waar is schoongemaakt op de meetdag’.

Alle variabelen samen verklaren (zoals verwacht) het grootste deel van de spreiding van dag-tot-dag en tussen personen (tabel 2), maar hierbij kan niets worden gezegd over de bijdrage daaraan van de verschillende determinanten. De weersomstandigheden verklaren een deel van de dag-tot-dag variantie, maar dit is slechts een verlaging van de spreiding van 4%. De mate van neerslag heeft waarschijnlijk de meeste invloed. De variabelen meetserie, functie, functiecategorie en installatie samen in een model verklaren een groot deel van de tussenpersoons-variantie (61%), maar van deze vier variabelen zijn functiecategorie en installatie samen de belangrijkste. In het onderzoek ‘het voorkomen van endotoxinen op rwzi’s’ (Arts, 2002) zijn bedrijfscriteria opgesteld voor het indelen van rwzi’s en deze criteria samen verklaren wel iets van de dag-tot-dag variantie maar veroorzaken meer ruis in de spreiding tussen personen. Ook wordt de invloed van deze determinanten samen waarschijnlijk vooral veroorzaakt door de mate van belasting van een rwzi.

Aan de hand van onder andere de bedrijfschecklist en de meetgegevens zijn de meeste mogelijke determinanten van blootstelling gecategoriseerd. Wanneer dan ‘mixed models’ worden toegepast om het verklarend vermogen van deze determinanten te onderzoeken, worden ook de verschillen tussen categorieën van een variabele berekend. Een categorie van een variabele is dan de referentiecategorie, en de mate van verhoging in blootstelling (factor) van de andere categori(ë)n ten opzichte van deze referentie wordt dan vergeleken. Het blijkt dat er voor een aantal variabelen de factoren significant zijn, en er dus een significant verschil in blootstelling is tussen de categorieën (zie tabel 1). Voorbeelden hiervan is neerslag (factor=1,039 per mm toename in neerslag); een aantal proceskenmerken zoals niet versus wel afgedekt roostergoed (factor=1,58), een oxidatietank als beluchtingsbassin (factor=4,81), puntbeluchting niet omkapt als beluchtingssysteem (factor=3,63) en een hoogbelaste rwzi (factor=1,67). Ook onderhoud door een extern bedrijf in plaats van

door de werknemers van de installatie zelf (factor=4,35), het komen naar het werk van de werknemers in bedrijfskleding (factor=1,80) en schoonmaakwerkzaamheden van een werknemer (factor=1,65). Opmerkelijk is dat de aanwezigheid van slibontwatering op een rwzi een lagere blootstelling geeft dan de afwezigheid van slibontwatering op een rwzi (factor geen versus wel slibontwatering aanwezig = 1,05), maar dit is geen significant verschil. Ook blijkt dat de blootstelling aan endotoxinen vermindert met een toenemend percentage aanvoer van huishoudelijk influent (factor=0,99), maar dit is marginaal en ook niet significant.

Door de correctie voor herhaalde metingen worden de verschillen in blootstelling tussen functies iets minder groot, maar blijven nog steeds duidelijk aanwezig, waarbij de functies monteur, operator en slibverwerker respectievelijk een 3,7 maal, 3,9 maal en 4,4 maal hogere blootstelling hebben dan de beheerders/kantoorpersoneel.

TABEL 1 MIXED EFFECTS MODEL VAN VARIABLEN IN ASSOCIATIE MET LOG-GETRANSFORMEERDE PERSOONLIJKE ENDOTOXINEN-BLOOTSTELLING, VARIABLEN EEN VOOR EEN TOEGEVOEGD

variabele	Aantal categorieën	Binnen persoonsvariantie	Tussen persoonsvariantie	e ^b (factor verhoging blootstelling ten opzichte van referentie)	Factor t.o.v. ref.
Alleen werknemer	219	1,2287 $\sigma = 3,03$	0,4627 $\sigma = 1,97$	Intercept = 1.6788	
meetserie	3	1,2299	0,4653	Meetserie 3 is de referentie. Meetserie 1: 0,16 Meetserie 2: 0,17	1,17 1,19
functie	7	1,2276	0,4081	'Beheerder/kantoor' is referentie 'administratie': 1,03 'analist': 0,005 'elektrotechnicus': 1,01 ** 'monteur': 1,31 *** 'operator': 1,36 *** 'slibverwerker': 1,48 ***	2,80 1,01 2,75 3,71 3,90 4,39
functiecategorie	4	1,2252	0,4027	'kantoorfunctie' is referentie 'operator': 1,28 *** 'slibverwerker': 1,41 *** 'technisch': 1,18 ***	3,40 4,10 3,25
installatie	42	1,2352	0,3389	rwzi 67 is referentie Factor: 0,10 – 3,24	1,11- 25,53
temperatuur (daggemiddelde, °C)	continu	1,2326	0,4606	= 0,0069	1,007
luchtdruk (daggem., hPa)	continu	1,2241	0,4731	= 0,0038	1,004
neerslag (daggem., mm)	continu	1,2058	0,4587	= 0,0383 ***	1,039
windsnelheid (daggem., m/sec)	continu	1,2294	0,4662	= 0,0120	1,012
niet/wel slibontwatering op rwzi	2	1,2212	0,4682	Wel slibontwatering is referentie Geen slibontwatering: 0,05	1,05
methode van slibontwatering	3	1,2071	0,5203	'kamerfilterpers' is referentie 'zeefbandpers': 0,10 'centrifuge': 0,23	1,11 1,26
% huishoudelijk influent	continu	1,2149	0,4983	= - 0,0119 **	0,99
Aanvoer influent naar rwzi	3	1,2653	0,4688	'>75 % via persleidingen' is ref. '>75% via vrij verval': 0,33 'combinatie beiden': 0,18	1,39 1,20
binnen/buiten roostergoed	2	1,2341	0,4661	Binnen is referentie Buiten: 0,27	1,31

wel/niet afgedekt roostergoed	2	1,2376	0,4195	Wel afgedekt is referentie Niet afgedekt: 0,46 ***	1,58
wel/niet betreedbare ruimte roostergoed	2	1,2248	0,4701	Niet betreedbaar is referentie Wel betreedbaar: 0,17	1,19
mate van afdekking van beluchtingstanks	3	1,2375	0,4717	Geheel afgedekt is referentie Gedeeltelijk afgedekt: 0,24 Niet afgedekt: 0,17	1,27 1,19
soort beluchtingstank	5	1,2322	0,4440	Carrousel is referentie Oxidatietank: 1,57 *** Aeratie tank: 0,29 Oxidatiebed: 0,32 Anders: 0,05	4,81 1,34 1,38 1,05
soort beluchtingssysteem	4	1,2398	0,4015	Anders is referentie Fijne bellenbeluchting: 0,23 Puntbeluchting, omkapt: 0,21 Puntbelucht, niet omk: 1,29 ***	1,26 1,23 3,63
indikken	2	1,2260	0,4665	Niet indikken in proces referentie Wel indikken: 0,32	1,38
stabilisatie actief slib	2	1,2345	0,4742	Geen stabilisatie referentie Wel stabilisatie: 0,10	1,11
methode stabilisatie actief slib	3	1,1826	0,5591	Simultaan in proces is referentie Anaëroob vergisten: 0,14 Anders: 0,05	1,15 1,05
methode fosfaatverwijdering	2	1,2335	0,4769	Extra voorzieningen is referentie Alleen natuurlijk biologisch.: 0,03	1,03
extra voorzieningen voor fosfaatverwijdering	3	1,0684	0,5709	Alleen (extra) biologisch is referentie Alleen chemisch: 0,55 Chemisch+extra biologisch. : 0,22	1,73 1,25
belasting RWZI	3	1,2322	0,4740	Ultraaagbelast is referentie Hoogbelast: 0,51 ** Laagbelast: 0,28 *	1,67 1,32
ventilatie van ruimtes	2	1,2247	0,4743	Geen ventilatie is referentie Wel ventilatie: 0,004	1,004
aanwezigheid overstorten	2	1,2196	0,4871	Wel overstortpunten is referentie Geen overstortpunten: 0,02	1,02
aanwezigheid afzuiging	2	1,2268	0,4679	Wel afzuiging is referentie Geen afzuiging: 0,16	1,17
manier van onderhoud (TD = technische dienst)	4	1,2249	0,4528	Intern door alle werknemer is ref. Intern door TD: 0,01 Extern: 1,47 ** Combinatie intern/extern: 0,26 *	1,01 4,35 1,30
manier van schoonmaken	2	1,2123	0,4742	Combinatie intern/extern is ref. Intern door alle werknemers: 0,17 Interne schoonmaakdienst: - Extern: -	1,19 - -
bedrijfskleding	3	1,2294	0,4428	Combinatie is referentie Komen in bedrijfskleding: 0,59 *** Kleden zich om op rwzi: 0,14	1,80 1,15
beleid/procedure handenwassen	2	1,1823	0,4982	Wel procedure is referentie Geen procedure: 0,19	1,21
beleid/procedure gebruik PBM	2	1,2228	0,4820	Geen procedure is referentie Wel procedure: 0,13	1,14
Aan de hand van de tijdsregistratie:					
schoonmaken (tijdsregistratie)	2	1,2283	0,3756	Niet schoonmaken is referentie Wel schoonmaken: 0,50 ***	1,65
aantal locaties waar is schoongemaakt op meetdag	10	1,2472	0,3629	Geen locaties is referentie 1 locatie: 0,48 *** 2 locaties: 0,73 *** 3 locaties: 0,36 4 locaties: 0,05	1,62 2,08 1,43 1,05

				5 locaties: 0,40 6 locaties: 0,91 7 locaties: 0,40 8 locaties: nvt 9 locaties: 0,18 10 locaties: 1,73	1,49 2,48 1,49 - 1,20 5,64
Werkzaamheden slibontwatering	2	1,1978	0,4853	Geen wzh slibontwatering is ref. Wel wzh slibontwatering: 0,14	1,15
Werkzaamheden zeefbandpers	2	1,1917	0,4887	Geen wzh zeefbandpers is ref. Wel wzh zeefbandpers: 0,11	1,12
Werkzaamheden slibcentrifuge	2	1,2019	0,4950	Geen wzh slibcentrifuge is ref. Wel wzh slibcentrifuge: 0,17	1,19
Werkzaamheden kamerfilterpers	3	1,1917	0,4849	Geen wzh kamerfilterpers is ref. Wel wzh kamerfilterpers: 0,02	1,02
Aantal werkzaamheden in de slibontwatering	7	1,1976	0,4844	Geen wzh slibontwatering is referentie (factor) 1 wzh: 0,03 (1,03) 5 wzh: 1,30 *** (3,67) 2 wzh: 0,13 (1,14) 6 wzh: - 3 wzh: 0,39 (1,48) 7 wzh: 1,38 (3,97) 4 wzh: 0,41 (1,51)	
Werkzaamheden roostergoedgebouw	2	1,2000	0,4852	Wel wzh roostergoedgeb. is ref. Geen wzh roostergoedg.: 0,15	1,16
Aantal werkzaamheden roostergoedgebouw	5	1,2000	0,4891	1 wzh roostergoedgebouw is referentie (factor) 0 wzh: 0,21 (1,23) 3 wzh: 0,29 (1,34) 2 wzh: 0,14 (1,15) 4 wzh: 1,06 (2,89)	

* 0,05 < p < 0,10

** 0,01 < p < 0,05

*** p < 0,01

wzh = werkzaamheden

 σ = standaarddeviatie

ref = referentiecategorie

TABEL 2: MIXED EFFECTS MODEL VAN COMBINATIES VAN VARIABLEN IN ASSOCIATIE MET LOG-GETRANSFORMEERDE PERSOONLIJKE ENDOTOXINEN-BLOOTSTELLING

Variabelen in model	Binnenpersoons- variantie	Tussenpersoons- variantie
Alleen werknemer	1,2287	0,4627
Alle variabelen (bijlage 2) in model	0,3199	0,2320
Variabelen slibontwatering in model	1,2347	0,4909
Meteo-variabelen in model (temperatuur, luchtdruk, neerslag, windsnelheid)	1,1768 *	0,4906
Meetserie, functie, functiecategorie en installatie	1,2365	0,2816
Functie, functiecategorie en installatie	1,2349	0,2916
Functie en functiecategorie	1,2208	0,4126
Functiecategorie en installatie	1,2313	0,2822
Functie en installatie	1,2349	0,2916
a.d.h.v. bedrijfscriteria eerder onderzoek STOWA (manier aanvoer influent, mate van belasting rwzi, methode fosfaatverwijdering, voorbezinken, methode slibstabilisatie, methode slibontwatering)	1,1673 **	0,6465

* vnl door invloed van neerslag

** vnl door invloed van mate van belasting

BIJLAGE 11

RESULTATEN PASSIEVE MONSTERNAME

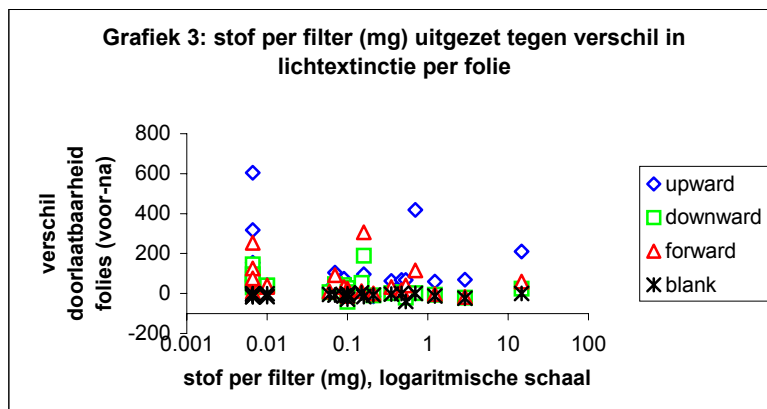
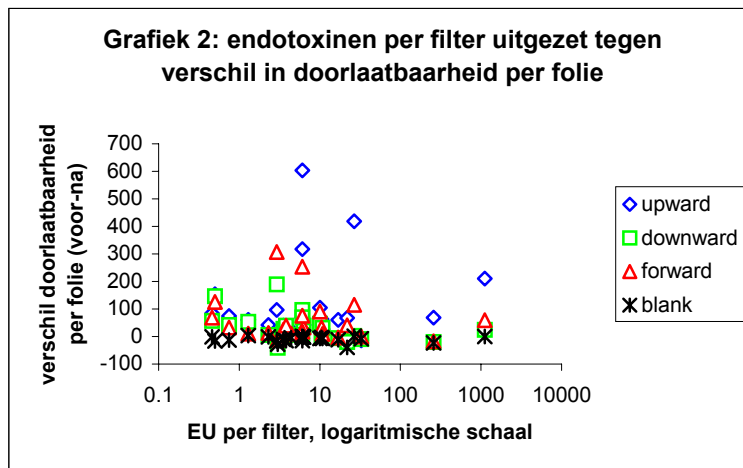
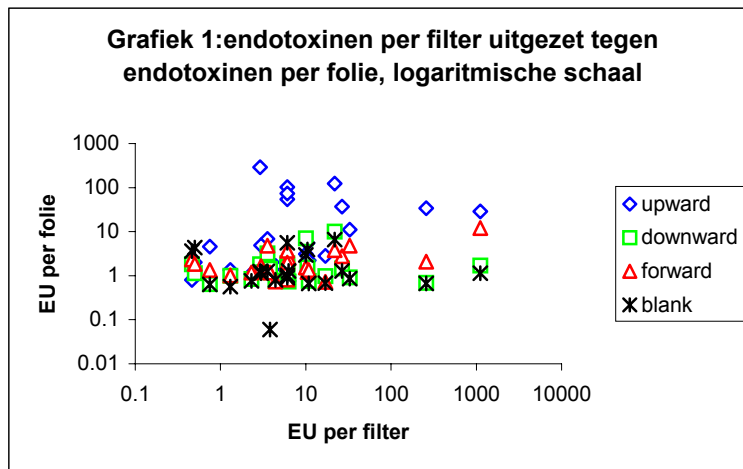
TABEL 1 OVERZICHT EERSTE BEVINDINGEN METINGEN PASSIEVE MONSTERNAME

Soort meting	Filters (actieve monstername)		Endotoxinen per folie (EU) (passieve monstername)				Verschil in doorlaatbaarheid (lichtextinctie) folies (voor-na)			
	Endotoxi-nen (EU)	Stof (mg)	upward	downward	forward	blank	upward	downward	forward	blank
Persoonlijk, productie/droging	1.114,1	14,8	29	1,7	12,2	1,1	210	24	59	0
Persoonlijk, zuivering	1,3	0,2	1,3	1,0	1,0	0,6	60	53	11	4
Persoonlijk, productie/droging (vnl. wacht)	4,4	0,1	1,7	0,8	0,7	0,8	22	6	10	-5
Persoonlijk, onderhoud	10,5	0,4	5,5	1,5	1,2	3,9	63	2	33	-3
Persoonlijk, zuivering	0,8	0,1	4,6	0,7	1,4	0,6	74	42	33	-13
Persoonlijk, onderhoud	17,0	1,2	2,8	1,0	0,7	0,7	60	-6	-3	-12
Stationair, bij zeebandpers	6,3	0,0	0,8	0,7	2,5	1,3	42	39	33	-2
Persoonlijk, onderhoud	6,1	0,5	54,4*	1,9	3,7	5,6	67	6	17	1
Stationair, beneden bij granulaatverlading	0,5	0,0066	0,8	1,8	2,3	3,6	84	57	69	-1
Persoonlijk, productie/droging (vnl. wacht)	2,9	0,2	>292*	1,8	1,4	1,2	97	190	307	-16
Stationair, beneden bij granulaatverlading	3,6	0,1	6,9	3,2	4,8	1,3	40	28	25	-11
Persoonlijk, productie/droging	26,6	0,7	37,1	1,5	2,8	1,3	419	2	115	1
Stationair, boven bij granulaatverlading	10,1	0,1	3,1	7,1	1,5	3,0	105	47	91	-7
Stationair, bij zeebandpers	3,8	0,01	1,3	1,4	1,2	0,1	28	40	40	-15
Stationair, boven bij granulaatverlading	0,5	0,0066	2,0	1,1	1,9	4,3	154	146	126	-16
Persoonlijk, onderhoud	3,0	0,1	4,9	1,2	1,7	1,1	9	-41	-12	-28
Persoonlijk, onderhoud	32,7	0,2	11,1	0,9	4,8	0,9	-14	-9	0	-8
Persoonlijk, onderhoud	21,8	0,5	122,8	10,0	3,8	6,6	67	-20	41	-39
Persoonlijk, zuivering	10,8	0,0066	2,2	0,8	1,3	0,7	27	31	9	-7
Persoonlijk, zuivering	2,3	0,1	1,1	0,9	1,2	0,8	42	6	13	-1
Stationair, proefopst.: spuiten met effluent op muur	6,1	0,0066	102,4	1,6	2,0	0,9	604	96	254	-2
Stationair, proefopst.: spuiten met effluent op muur	6,1	0,0066	73,1	1,2	0,8	1,0	318	70	76	-15
Stationair, meting varkensstallen, 31 uur			60,6	1,2	1,1	0,9	235	-22	-15	-8
Stationair, meting varkensstallen, 31 uur			147,5	0,8	1,1	0,8	247	-17	-14	-13
Stationair, meting varkensstallen	258,2	2,9	33,8	0,7	2,1	0,7	69	-20	-18	-23

TABEL 2

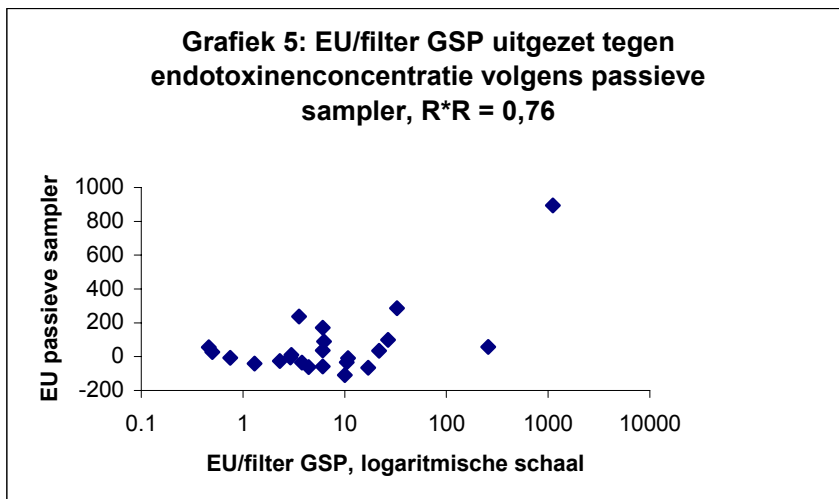
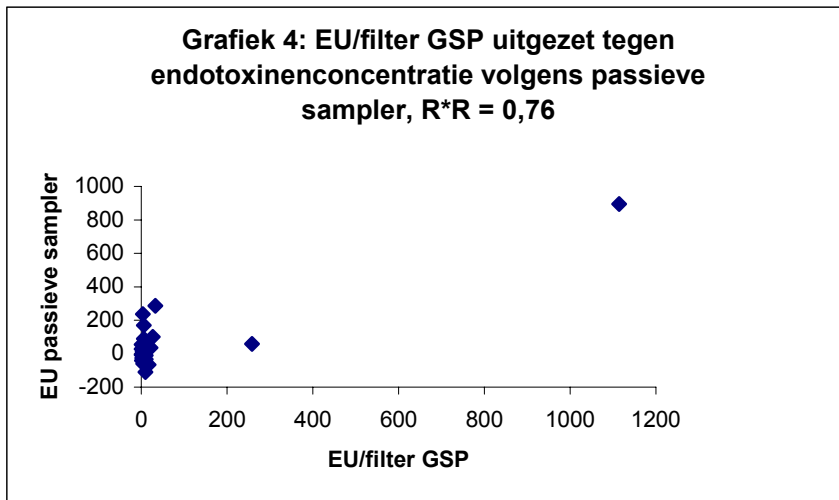
SPEARMAN CORRELATIECOËFFICIËNTEN VOOR DE CORRELATIE TUSSEN DE UITKOMSTEN VAN EEN AANTAL VAN DE METINGEN MET ACTIEVE EN PASSIEVE MONSTERNAME

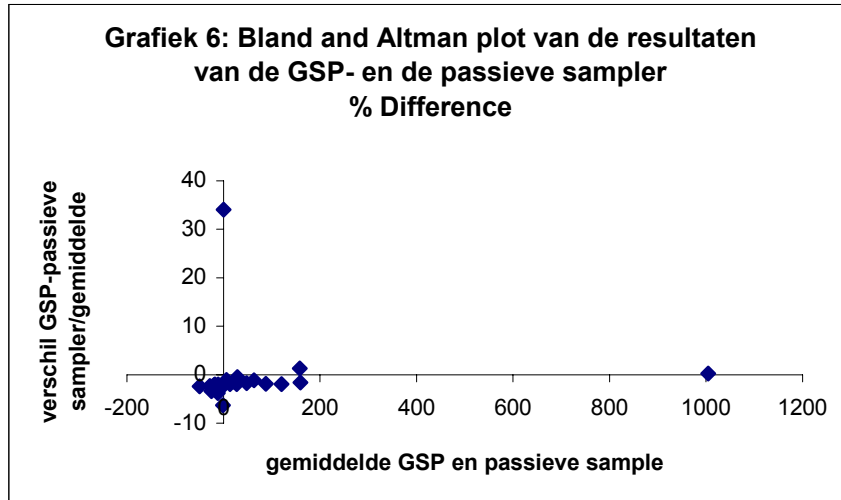
Richting foil	EU/filter vs EU/foil	EU/filter vs LEE/foil	mg stof/filter vs LEE/foil
Upward	0,42 (0,046)	0,03 (0,91)	0,001 (1,00)
Downward	0,02 (0,92)	-0,59 (0,003)	-0,66 (0,0006)
Forward	0,35 (0,10)	-0,21 (0,34)	-0,30 (0,16)
Blank	0,06 (0,79)	0,03 (0,91)	0,05 (0,80)



BIJLAGE 12

RESULTATEN REGRESSIEANALYSE: VERGELIJKBAARHEID CONVENTIONELE EN PASSIEVE MONSTERNAMEMETHODE





BIJLAGE 13

INVENTARISATIE VAN DE GEVOLGEN VAN EEN ADVIES VANUIT DE STOWA AAN WATERSCHAPPEN OM BIJ SCHOONMAAK- WERKZAAMHEDEN GEEN GEBRUIK MEER TE MAKEN VAN EFFLUENT

INLEIDING

Door ArboProfit in samenwerking met IRAS wordt een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke gezondheidseffecten bij medewerkers van RWZI's door blootstelling aan endotoxinen. Uit de voorlopige resultaten is gebleken dat blootstelling aan endotoxinen een beperkt risico vormt voor de gezondheid van medewerkers van RWZI's. Voor zover er sprake is van een risico, is dat relatief gezien groot bij werkzaamheden bij de zeefbandpers en met name bij schoonmaakwerkzaamheden. Op basis van deze waarneming is voorgesteld de aanbeveling te geven dat bij schoonmaakwerkzaamheden geen gebruik meer gemaakt zou moeten worden van effluent. Deze maatregel zorgt voor een substantiële reductie van blootstelling aan endotoxinen, maar ook blootstelling aan andere biologische agentia. Dit voor zover deze via aerosolen ingeademd worden.

Door STOWA is gevraagd eerst een indicatie te krijgen van de gevolgen van deze aanbeveling, voordat deze aanbeveling, eventueel voorzien van de mogelijke consequenties, in het eindrapport kan worden opgenomen.

VERSLAG VAN DE INVENTARISATIE

Aantal RWZI's waarbij effluent gebruikt wordt voor schoonmaakwerkzaamheden.

In deze inventarisatie is allereerst nagegaan bij hoeveel van de onderzochte RWZI's er gebruik gemaakt wordt van effluent bij schoonmaakwerkzaamheden. Het onderzoek heeft bij 40 RWZI's plaats gevonden. Bij 11 van deze RWZI's wordt gebruik gemaakt effluent voor schoonmaakwerkzaamheden. Bij 19 RWZI's gebeurt dat met gefilterd effluent. Bij 10 RWZI's wordt aangegeven dat leidingwater gebruikt wordt voor schoonmaakwerkzaamheden. Het totaal van deze inventarisatie is meer dan 40, maar dat komt omdat op een deel van de RWZI's meerdere soorten water gebruikt wordt bij schoonmaakwerkzaamheden.

Conclusie: bij ongeveer 75 % van de RWZI's wordt van effluent gebruik gemaakt voor schoonmaakwerkzaamheden.

Een kostenvergelijking

Aan de hand van een aantal gesprekken is geïnventariseerd wat de consequenties zijn van de aanbeveling bij schoonmaakwerkzaamheden geen gebruik meer te maken van effluent:

Gebruik van effluent:

De kosten van het gebruik van effluent kunnen op € 0,- per m³ gesteld worden als van ongezuiverd effluent gebruik gemaakt wordt. Dit water komt uit het proces vrij en wordt anders direct geloosd.

Indien het water gefilterd wordt dan zijn de kosten wel hoger, maar of dat als extra kosten moet worden beschouwd is afhankelijk van de eisen die gesteld worden aan het effluent dat geloosd mag worden. In een aantal gevallen is het filter van het effluent een onderdeel van het reguliere bedrijfsproces.

Op een aantal plaatsen wordt het water met UV behandeld. Dit om het effluent verder te ontsmetten. Aan deze extra stap zijn ook kosten verboden. Geschat wordt dat die € 0,18 per m³ bedragen (Witteveen+Bos, 2002). NB Door het gebruik van UV zal waarschijnlijk de endotoxinen concentratie in het water groter worden omdat ook gram negatieve bacteriën door UV gedood worden. Hierbij komen endotoxinen vrij.

Gebruik van drinkwater:

Het gebruik van drinkwater voor schoonmaakwerkzaamheden kost € 1,28 per m³.

Conclusie: het gebruik van drinkwater voor schoonmaakwerkzaamheden leidt tot een verhoging van de kosten: van € 0,- naar € 1,28 per m³. Bij deze berekening is geen rekening gehouden met extra kosten die gemaakt moeten worden indien een tweede waterleidingnet aangelegd moet worden.

Het gebruik van drinkwater bij schoonmaakwerkzaamheden in plaats van effluent kan beperkt blijven tot de in pandig handmatig uitgevoerde schoonmaakwerkzaamheden. Gebruik van effluent voor schoonmaakwerkzaamheden in de buitenlucht levert immers slechts een heel kleine bijdrage aan de endotoxinenblootstelling van een medewerker. Gebruik van effluent voor schoonmaakwerkzaamheden in een gesloten systeem levert vanzelfsprekend helemaal geen endotoxinenblootstelling op.

Voor de omschakeling van het gebruik van drinkwater bij in pandig handmatig uitgevoerde schoonmaakwerkzaamheden zal slechts zelden een nieuw waterleidingnet aangelegd hoeven te worden. In pandig is veelal drinkwater beschikbaar. Dat de overschakeling tot een aanzienlijke verhoging van kosten leidt, is minder waarschijnlijk omdat de waterhoeveelheden die voor deze werkzaamheden gebruikt worden niet groot lijken te zijn.

BIJLAGE 14

VRAGENLIJST ZOALS GEBRUIKT IN DIT ONDERZOEK ALS LEIDRAAD VOOR HET OPSTELLEN VAN EEN PAGO-LIJST

De gehanteerde vragenlijst is ontwikkeld in het kader van een EU project gericht op het vaststellen van respiratoire en systemische klachten als gevolg van blootstelling aan micro-organismen. Deze vragenlijst bevat specifieke items die betrekking hebben op respiratoire klachten die samenhangen met astma en (chronische) bronchitis zoals die zijn opgenomen in algemene vragenlijsten zoals die afgelopen decennia zijn ontwikkeld door de American Thoracic Society (ATS) en de British Medical Research Council (BMRC) en later zijn overgenomen door de European Respiratory Society (ERS). Daarnaast zijn in deze vragenlijst specifiek vragen opgenomen die betrekking hebben op werkgerelateerde patronen van klachten en klachten die kenmerkend zijn voor het Organic Dust Toxic Syndrome. Specifiek voor het doel van dit project zijn vragen opgenomen die betrekking hebben op bepaalde taken en handelingen specifiek voor rwzi's, vragen over persoonlijke hygiëne, en vragen over het arbeidsverleden, specifiek gericht op rwzi's. De vragen die sterk bleken te clusteren in de analyse zijn gemarkeerd, evenals de vragen die specifiek zijn gericht op rwzi's. Informatie over de achterliggende principes zijn in de literatuur te vinden en de website met informatie over de vragenlijst met vertalingen in diverse Europese talen, zie hiervoor onder andere Heederik et al., 2004

VRAGENLIJST

ALGEMENE GEGEVENS

1. Wat is uw geslacht?
 - Man
 - Vrouw

2. Wat is uw geboortedatum?

_____ 19_____ (dag/maand /jaar)

3. In welk land bent u geboren?
 - Nederland
 - Elders, nl: _____

4. Wat is uw hoogste afgeronde opleiding?
 - nooit naar lagere school geweest
 - alleen lagere school, basisschool of VGLO
 - lager beroepsonderwijs (LTS, huishoudschool, lagere landbouwschool etc.)
 - ULO, MULO, MAVO of middelbaar beroepsonderwijs (MTS, MAS, horecavakschool etc..)
 - HBS, HAVO, MMS, VWO, atheneum, lyceum, gymnasium
 - Universiteit of hoger beroepsonderwijs (HTS, HAS, etc.)
 - anders (bijv.technisch geschoold), nl: _____

5. Wat is uw huidige woonsituatie?
- op een boerderij
 - in een dorp in landelijke omgeving
 - in een kleine stad (tot 30.000 inwoners)
 - in een middelgrote stad (30.000 tot 100.000 inwoners)
 - in een grote stad (meer dan 100.000 inwoners)
6. Wat was uw woonsituatie toen u jonger dan vijf jaar oud was?
- op een boerderij
 - in een dorp in landelijke omgeving
 - in een kleine stad (tot 30.000 inwoners)
 - in een middelgrote stad (30.000 tot 100.000 inwoners)
 - in een grote stad (meer dan 100.000 inwoners)

DEEL I: WERK

1. Wat is de naam van het bedrijf waar u nu werkt? Indien u bij meerdere installaties werkzaam bent, wilt u dan aangeven bij welke?

2. Wanneer bent u bij het huidige bedrijf begonnen met werken? §

maand + jaar

3. Hoeveel dagen per week en hoeveel uur per dag werkt u normaal gesproken?

Dagen/week

Uur/dag

4. Wat is uw functie, wat voor werkzaamheden voert u uit, en gedurende hoeveel uur per dag? # †

Functie:

Werkzaamheden:
(Noem de vijf
belangrijkste)

a.

Uur/dag

b.

Uur/dag

c.

Uur/dag

d.

Uur/dag

e.

Uur/dag

5.
a. Waar in het bedrijf werkt u het merendeel van de tijd? †

- b. Hoeveel uur per werkdag werkt u gemiddeld buiten? _____ Uur/dag

6. Heeft u voordat u deze baan kreeg in een ander bedrijf gewerkt?

Zo ja, wanneer heeft u daar gewerkt? \$

<input type="radio"/> Nee => ga naar vraag 7	
<input type="radio"/> Ja; Wat voor bedrijf/bedrijven?	Hoelang? (maanden, jaren)
a.	
b.	
c.	
d.	
e.	

7.

a. Gebruikt u tijdens het werk persoonlijke beschermingsmiddelen? (beide ja-antwoorden mogelijk)

- Nee => ga naar vraag 8
 Ja; alleen bij specifieke werkzaamheden
 Ja; gedurende merendeel van de werkdag

b. Zo ja, hoe vaak maakt u gebruik van onderstaande persoonlijke beschermingsmiddelen? Wilt u het aangeven als het beschermingsmiddel (alleen) gebruikt wordt tijdens specifieke werkzaamheden?

Persoonlijk beschermingsmiddel	Elke dag	Een keer per week	Een keer per maand	Paar keer per jaar	Nooit	Bij specifieke werkzaamheden, nl:
1 beschermende handschoenen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2 adembeschermingsmiddelen:						
- wegwerp mondmasker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
- wegwerp/volgelaats masker + filter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
- masker met persdrukluucht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
3 anders, nl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4 anders, nl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

c. Trekt u de handschoenen wel eens uit, of zet u het masker wel eens af tijdens de werkzaamheden? (beide ja-antwoorden mogelijk)

- Nee
 Ja; handschoenen uittrekken tijdens werkzaamheden
 Ja; masker afzetten tijdens werkzaamheden

- d. Sinds wanneer maakt u gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen?

Jaar

8. Hoe vaak werkt u in, of in de buurt van, de onderstaande ruimtes? En wilt u aangeven bij welke specifieke werkzaamheden in deze ruimtes u in contact komt met riool/afvalwater of slib? # †

(Indien niet van toepassing, gelieve 0 in te vullen)

	Dagen per maand	Uren per dag	Contact riool/afvalwater of slib bij specifieke werkzaamheden, nl:
Roostergoedgebouw			
Verdeelwerk			
Voorbezinktank(s)			
Beluchtingstank(s)			
Slibindikers			
Zeebandpers(ruimte)			
Slibcentrifuge			
Slibopslag (silo of containers)			
Luchtbehandeling			
Influentvijzels			
Overstort slibretourvijzels			
Overstort beluchtingbassin			
Overstort indikers			
Monstername water en slib			
Werkplaats			
Kantoor/Laboratorium			

9. Voert u reinigingswerkzaamheden uit tijdens uw werk, waarbij u gebruik maakt van bijvoorbeeld een hogedrukspuit, waterspuit, bezem of veger, etc.? #

Zo ja, hoe vaak?

Nee ⇒ ga naar vraag 11

Ja;

Hoe vaak?

Uur/dag

Dagen/week

10. Maakt u bij reinigingswerkzaamheden wel eens gebruik van gezuiverd rioolwater (effluent)? #

Nee

Ja

11. Eet of drinkt u tijdens uw werk buiten het kantoor of de kantine? ‡

Nee

Ja; soms

Ja; altijd

12. Doucht u aan het eind van de werkdag? ‡

Nee

Ja; op het werk

Ja; thuis

13.

a. Hoe vaak wordt uw werkkleding gewassen?

_____ keer per week

b. Wordt uw werkkleding door het bedrijf of thuis gewassen?

de werkkleding wordt door het bedrijf gewassen

de werkkleding wordt thuis gewassen

14. Kleedt u zich thuis of op het werk om? ‡

Op het werk

Thuis

DEEL II: GEZONDHEID**1. ALGEMENE SYMPTOMEN**

15. Hoest u vrijwel dagelijks, gedurende een gedeelte van het jaar?

Nee

Ja; - Hoeveel maand(en) per jaar heeft u zo'n hoest? _____ Maand(en) per jaar

- Hoeveel opeenvolgende jaren heeft u zo'n hoest gehad? _____ Jaar

- Heeft u deze hoest gewoonlijk in de winter? Nee

Ja

16. Hoest u vrijwel dagelijks slijm op, gedurende een gedeelte van het jaar?

Nee

Ja; - Hoeveel maand(en) per jaar heeft u zo'n hoest? _____ Maand(en) per jaar

- Hoeveel opeenvolgende jaren heeft u zo'n hoest gehad? _____ Jaar

- Heeft u deze hoest gewoonlijk in de winter? Nee

Ja

17. Bent u in de afgelopen 12 maanden wel eens wakker geworden door een hoestbui?

Nee

Ja

18. Heeft u in de afgelopen 12 maanden wel eens overdag in rust een aanval van kortademigheid gehad?

Nee

Ja

19. Heeft u in de afgelopen 12 maanden wel eens na inspanning een aanval van kortademigheid gehad?

Nee

Ja

20. Bent u in de afgelopen 12 maanden wel eens wakker geworden door een aanval van kortademigheid?

Nee

Ja

21. Heeft u in de afgelopen 12 maanden wel eens last gehad van piepen op de borst?

- Nee
- Ja; - Was u kortademig tijdens dit piepen op de borst? Nee
- Ja Ja
- Heeft u dit piepen op de borst gehad terwijl u niet verkouden was? Nee
- Ja Ja

22. Bent u in de afgelopen 12 maanden wel eens wakker geworden met een gevoel van beklemming op de borst?

- Nee
- Ja

23. Heeft u last van kortademigheid wanneer u zich op vlak terrein moet haasten, of wanneer u een lichte helling of een trap in normale pas oploopt?

- Nee
- Ja; - Heeft u last van kortademigheid als u met leeftijdsgenoten Nee
in normaal tempo op vlak terrein wandelt? Ja

24. Heeft u wel eens aanvallen van benauwdheid (astma) gehad?

- Nee
- Ja; - Werd dit door een arts bevestigd? Nee
- Ja Ja
- Hoe oud was u toen u voor het eerst een astma-aanval had? _____ Jaar
- Heeft u in de afgelopen 12 maanden een astma-aanval gehad? Nee
- Ja Ja
- Gebruikt u momenteel dagelijks geneesmiddelen (bijv. inhalatoren, aerosols, tabletten) voor luchtweg/longklachten? Nee
- Ja Ja

25. Heeft u gedurende de afgelopen 12 maanden, wel eens geneesmiddelen (op recept van de arts) gebruikt?

- Nee
- Ja; - Welke geneesmiddelen heeft u gebruikt, voor welke symptomen, en hoe vaak?
- | Geneesmiddel: | Symptoom: | Hoe vaak: |
|---------------|-----------|-----------|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

26. Heeft u wel eens last gehad met het ademen, symptomen zoals hoest, kortademigheid, benauwdheid of piepen, in de volgende situaties?

(markeer het antwoord dat op u van toepassing is voor alle opgesomde situaties)

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|---|
| Nee | Ja | |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Plotselinge veranderingen van temperatuur |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Koud weer |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Wind of tocht |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Gassen, dampen (b.v. parfum) |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Uitlaatgassen, rook |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Lichamelijke beweging (bijvoorbeeld rennen, fietsen, zwaar werk, etc..) |

27.

c. Bent u overgevoelig of allergisch voor één of meer van de opgesomde stoffen? Zo ja, markeer het soort symptomen dat u heeft. Zo nee, ga naar vraag 28.

Materiaal:	Allergisch / overgevoelig?		Soort symptomen?			
	Nee	Ja	Niezen of Loopneus	Kortademig (astma)	Jeukende of rode huid	Jeukende of waterige ogen
Huisstof	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Voedsel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planten <i>lanssen</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Iets anders, nl:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Iets anders, nl:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

d. Hoe oud was u, toen u last kreeg van deze overgevoeligheid of allergie?

Allergisch/overgevoelig voor:	Vanaf welke leeftijd:
_____	_____ Jaar
_____	_____ Jaar
_____	_____ Jaar

28. Bent u vroeger overgevoelig of allergisch geweest voor één of meer van de bij vraag 27 opgesomde stoffen, en heeft u daar nu geen last meer van?

- Nee
 Ja; - Voor welke stof(fen), en tot welke leeftijd heeft u last gehad van de allergie/overgevoeligheid?

Allergisch/overgevoelig geweest voor:

Tot welke leeftijd:

_____ Jaar

_____ Jaar

_____ Jaar

29. Heeft u één van onderstaande chronische aandoeningen, waarbij de diagnose door de arts is gesteld? Hoe oud was u, toen u last kreeg van deze aandoening?

	Nee	Ja	Op welke leeftijd?
1. Astma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____ Jaar
2. Chronische bronchitis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____ Jaar
3. Hart- en vaatziekten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____ Jaar
4. Andere chronische aandoening	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____ Jaar
Namelijk: _____			

2. WERKGERELATEERDE SYMPTOMEN

30.

a. Heeft u in de afgelopen 12 maanden last (gehad) van piepen op de borst, kortademigheid of beklemd gevoel van de borst als gevolg van bepaalde werkzaamheden of werkplekken?

- Nee ⇒ ga naar vraag 31
 Ja

b. Met welke werkplekken of werkzaamheden brengt u deze klachten in verband?

c. Zijn de symptomen begonnen?

- Binnen 4 uur na aanvang van het werk
 Meer dan 4 uur na aanvang van het werk

31.

a. Heeft u in de afgelopen 12 maanden last (gehad) van diarree (3 of meer zachte stoelgangen gedurende 1 enkele dag)?

Nee ⇒ ga naar vraag 32

Ja

b. Hoeveel dagen duurt de diarree gewoonlijk?

Dag(en)

c. Hadden huisgenoten/gezinsleden tegelijkertijd last van deze klachten?

Nee

Ja

d. Denkt u dat deze symptomen samenhangen met bepaalde werktaken of werkplekken?

Nee

Ja, met _____

32.

a. Heeft u gedurende de afgelopen 12 maanden last gehad van plotselinge aanvallen van griepachtige verschijnselen, zoals koortsaanvallen, rillingen, malaise, spier- of gewrichtspijn, waarbij u zich weer geheel beter voelde binnen 1-2 dagen?

Nee ⇒ ga naar vraag 33

Ja

b. Met welke werkplekken en/of werktaken brengt u deze klachten in verband?

c. Hoe vaak is dit in de afgelopen 12 maanden voorgekomen?

_____ keer

33. Hoe vaak heeft u tijdens de afgelopen 12 maanden (of indien u korter bij het bedrijf werkt, gedurende een deel ervan), last gehad van een of meer van de volgende symptomen? $\bigcirc\bigcirc$
Houden volgens u deze klachten verband met het werk?

Symptoom:	Hoe vaak?				Staat in verband met het werk?	
	Dagelijks/ Bijna elke dag	1 tot 2 keer Per week	1 tot 2 keer Per maand	Nooit / zelden	Nee	Ja
Droge hoest ***	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Slijm ophoesten **	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piepen op de borst **	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kortademigheid met piepen **	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kortademigheid **	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Benauwd **	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verstopte neus ***	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Loopneus ***	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prikkend gevoel in neus of niezen ***	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Droge keel of keelpijn ***	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jeukende, prikkende, tranende ogen ***	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jeukende of rode huid meer dan 2 dagen **	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Huiduitslag **	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hoofdpijn *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwaar/drukkend gevoel in hoofd *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Duizeligheid *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ongewoon gevoel van moeheid *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Concentratieproblemen *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Koorts *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rillerig, aanvallen van rillingen *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pijn in de gewrichten *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Spierpijn (niet door sporten) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hartkloppingen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Misselijkheid *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Opkomend maagzuur *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verminderde eetlust *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Overgeven/braken *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

34. Hebben één of enkele van bovengenoemde of andere gezondheidsklachten wel eens geleid tot ziekteverzuim in de afgelopen 12 maanden?
- Nee
- Ja, de volgende symptomen:
-

DEEL III: ROOKGEWOONTEN

35. Heeft u gedurende uw hele leven meer dan 100 sigaretten/50 sigaren/500 g pijptabak gerookt?

- Nee ⇒ ga verder met vraag nr. 38
 Ja, ik heb vroeger gerookt, maar ben nu gestopt met roken ⇒ ga verder met vraag nr. 36
 Ja, ik rook nog steeds ⇒ ga verder met vraag nr. 37

36.

a. Wilt u aangeven hoeveel sigaretten, sigaren en gram pijptabak u gemiddeld per dag rookte, toen u rookte? (1 pakje shag = 40 sigaretten)

Sigaretten _____ Per dag

Sigaren _____ Per dag

Pijptabak _____ g per dag

b. Hoe oud was u, toe u begon met roken? _____ jaar

c. Hoe oud was u, toen u stopte met roken? _____ jaar ⇒ ga naar vraag 38

37.

a. Wilt u aangeven hoeveel sigaretten, sigaren en gram pijptabak u gemiddeld per dag rookte, gedurende de afgelopen 12 maanden? (1 pakje shag = 40 sigaretten)

Sigaretten _____ Per dag

Sigaren _____ Per dag

Pijptabak _____ g per dag

b. Hoe oud was u toen u begon met roken? _____ jaar

38.

a. Komt u op uw werk regelmatig in een ruimte waar gerookt wordt?

- Nee
 Ja; - Hoeveel uur per dag brengt u door in deze ruimte(n)? _____ Uur per dag
 - Hoe lang is dit al het geval? _____ Jaar

b. Roken er regelmatig anderen in uw huishouden, uzelf niet meegerekend?

- Nee
 Ja; - Hoeveel uur per dag is dit het geval? _____ Uur per dag
 - Hoe lang is dit al het geval? _____ Jaar

39. Heeft u nog iets toe te voegen aan deze vragenlijst met betrekking tot u werkomgeving of uw gezondheid of heeft u nog opmerkingen of suggesties met betrekking tot deze vragenlijst?

CODERING TEN BEHOEVE VAN OPSTELLEN PAGO-LIJST:

In onderstaande tabel is aangegeven aan de hand van welke vragen welke tabellen zijn gegenereerd en met behulp van welke statistische analyse de resultaten zijn verkregen.

Nr. tabel	Onderwerp	Soort analyse	Codering a.d.h.v. symbool	Nummer vragen in vragenlijst
18 en 22	Functie	Regressie	†	4, 5, 8, tijdsregistratie
	Werkzaamheden	Regressie	#	4, 8, 9, 10
	Persoonlijke hygiëne	Regressie	‡	11, 12, 14
	Werkervaring	Regressie	\$	2, 6
	Leeftijd	Regressie		2 (algemene gegevens)
	Rookgewoonten	Regressie		35, 36, 37, 38
19	ODTS	Regressie		32
	Diarree	Regressie		31
	Rest van de symptomen	Regressie	úú	33
20	Systemische en griepachtige symptomen	Factor analyse	úú - *	33
	Symptomen van de onderste luchtwegen en huidirritatie	Factor analyse	úú - **	33
	Symptomen van de bovenste luchtwegen	Factor analyse	úú - ***	33
23	Hoesten	Regressie		15, 16, 17
	Kortademigheid, piepen op de borst	Regressie		18, 19, 20, 21, 22, 23
	Astma	Regressie		24