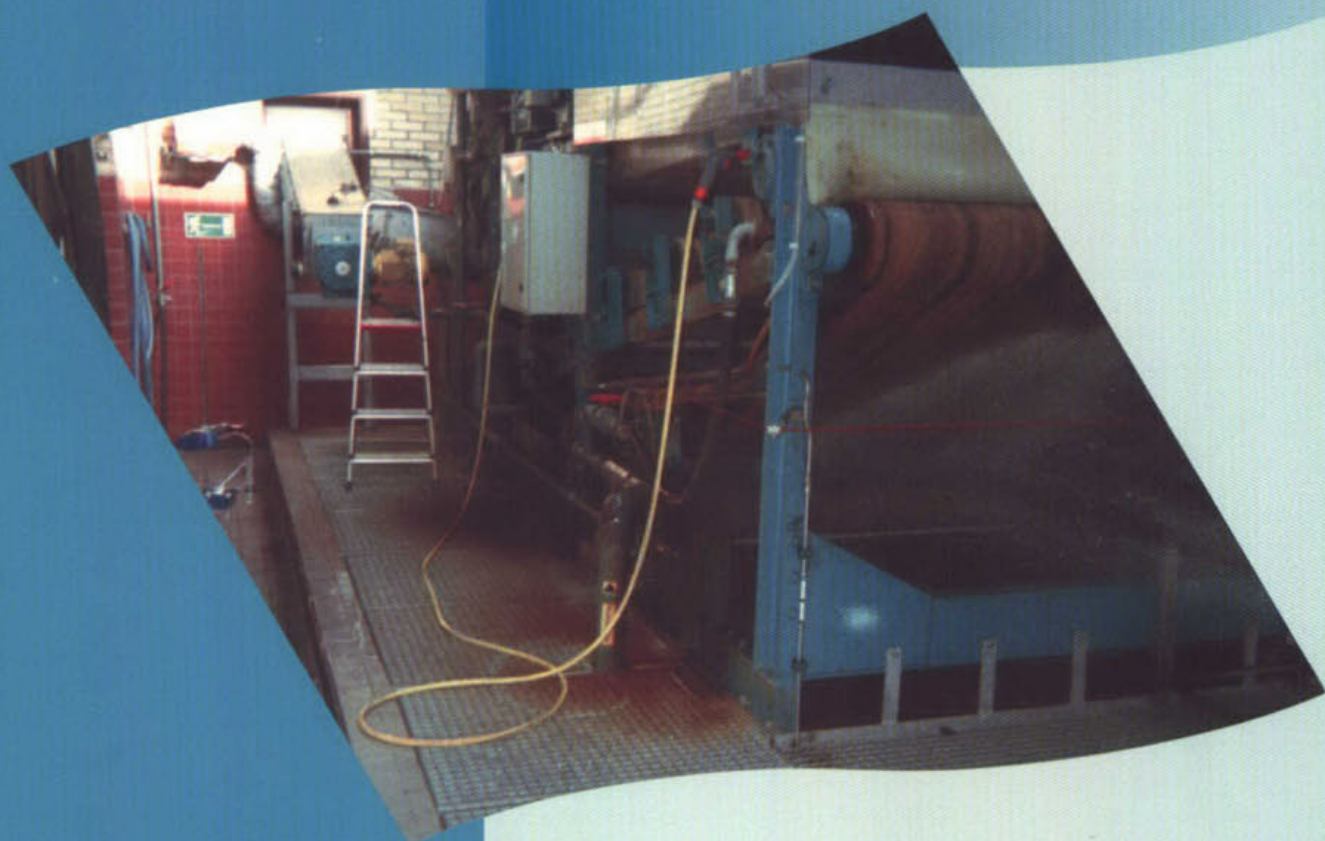


Het voorkomen van endotoxinen op rwzi's



2002

44

Het voorkomen van endotoxinen
op rwzi's

2002 44

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon: 030 - 232 11 99
Fax: 030 - 232 17 66
E-mail: stowa@stowa.nl
<http://www.stowa.nl>

Publicaties en het publicatie-overzicht
van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:

Hageman Fulfilment
Postbus 1110
3300 CC Zwijndrecht
Telefoon : 078 - 629 33 32
fax: 078 - 610 42 87
E-mail: info@hageman.nl
o.v.v. ISBN- of bestelnummer
en een duidelijk afleveradres.

Colofon:

Utrecht, 2003

Uitgave:
STOWA, Utrecht

Auteurs:
ir. H.J.J.M. Arts
prof. dr. ir. D.J.J. Heederik

Project-manager:
ir. H.J.J.M. Arts
ArboProfit

Uitvoering en analyses:
J. Schinkel en
Mw. ir. A. Besselink
IRAS

Begeleidingscommissie:
Het onderzoek is begeleid door een commissie bestaande uit
R. van den Berg, voorzitter (Hoogheemraadschap van Schieland)
J.W. Brouns (Zuiveringschap Limburg)
J.J. Jonk (Hoogheemraadschap van West-Brabant)
M.J.J. van Stee (waterschap Zeeuwse Eilanden)
A. C. Besems (Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid)
P. Eckstein (Unie van Waterschappen) en
C. A. Uijterlinde (STOWA)

Foto Omslag:
ir. H.J.J.M. Arts

Druk:
Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2002-44

ISBN nummer 90-5773-202-5

Ten geleide

Blootstelling aan biologische agentia in het werk staat in toenemende mate in de belangstelling. Een belangrijke aanzet daarvoor is de wet- en regelgeving op het gebied van Legionella geweest, die door het ministerie van Volksgezondheid Ruimtelijke ordening en Milieuhygiëne is gemaakt.

Om inzicht te krijgen in de mate waarin blootstelling aan endotoxinen op rwzi's een factor is waar door beheerders van rwzi's rekening mee gehouden zal moeten worden, zijn, in dit onderzoek, belangrijke bronnen van endotoxinen in kaart gebracht.

Voor biologische agentia is alleen voor endotoxinen een Maximale Aanvaarde Concentratie (MAC-waarde) bekend, die nog niet van kracht is. Vanaf 1 juli 2003 geldt (waarschijnlijk) een MAC-waarde voor endotoxinen van 200 endotoxinen eenheden per m^3 .

Door de Sociaal Economische Raad (SER) is geadviseerd deze waarde op termijn verder te verlagen tot 50 endotoxinen eenheden per m^3 . Deze verlaging is vanuit gezondheidskundig oogpunt gewenst. Dat de MAC-waarde nu nog niet op 50 EU / m^3 gesteld wordt, komt doordat een dergelijk lage waarde momenteel bedrijfseconomisch nog niet gerealiseerd kan worden.

Uit onderzoek is bekend dat water in rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) hoge concentraties endotoxinen kan bevatten. Tijdens de normale bedrijfsvoering van een rwzi komen op verschillende plaatsen aerosolen vrij. Wanneer deze waterdeeltjes klein genoeg zijn (kleiner dan circa 10-15 μm), kunnen ze na inademing tot in de longblaasjes doordringen. Via deze route kunnen op rwzi's endotoxinen in het lichaam van medewerkers binnendringen en dan, afhankelijk van de concentratie en blootstelling, tot gezondheidseffecten leiden.

De bevindingen van dit onderzoek zijn vooral bedoeld als *indicatie* voor de branche in welke mate blootstelling aan endotoxinen een arbeidsrisico is waar rekening mee gehouden moet worden. Daartoe is op de plaatsen waar, volgens het rapport over de risico's van Legionella op de rwzi's, de meeste aerosolvorming plaatsvindt, nagegaan of in de aerosolen ook endotoxinen voorkomen. Er zijn alleen bronnen in kaart gebracht. In welke mate blootstelling aan bronnen ook leidt tot (een kans op) overschrijding van de MAC-waarde, kan aan de hand van dit onderzoek *niet* worden vastgesteld. Hiertoe zijn metingen aan de persoon gedurende de werkdag nodig.

Voor de afzonderlijke waterschappen biedt dit onderzoek een handvat om medewerkers meer inzicht te kunnen geven in de mogelijke risico's van blootstelling aan aerosolen en de rol van de endotoxinen daarin. Aan de hand hiervan kunnen beheersmaatregelen geformuleerd worden om risico's bij blootstelling aan biologische agentia te verkleinen.

Het onderzoek werd in opdracht van STOWA uitgevoerd door ArboProfit (H.J.J.M Arts) en IRAS (J. Schinkel, A. Besselink en D.J.J. Heederik).

Utrecht, december 2002.

De directeur van STOWA

Ir. J.M.J. Leenen

Samenvatting

Voor biologische agentia is alleen voor endotoxinen een MAC-waarde voorgesteld, die nog niet van kracht is, maar mogelijk per 1 juli van kracht zal worden.

Om na te gaan of de blootstelling aan endotoxinen op rwzi's een factor is waar door beheerders van rwzi's rekening mee gehouden zal moeten worden, zijn, in dit onderzoek, belangrijke bronnen van endotoxinen in kaart gebracht.

Endotoxinen zijn een onderdeel van de celwand van Gramnegatieve bacteriën, welke bijna altijd aanwezig zijn in organisch stof. Endotoxinen zijn meetbaar indien bacteriële groei is opgetreden en komen vrij wanneer de cel sterft.

Bij de opzet van dit onderzoek is gestreefd naar "representativiteit voor de sector". Daar is aan voldaan door 4 rwzi's te selecteren met verschillende karakteristieken die relevant (kunnen) zijn voor het vóórkomen van endotoxinen. Het gaat dan in het bijzonder over karakteristieken die een positief of negatief effect zouden kunnen hebben op het vrijkomen van endotoxinen in het afvalwater en/of slib.

De installatieonderdelen en handelingen waar de endotoxineconcentraties gemeten zijn, zijn die plaatsen en handelingen waar, volgens een eerder uitgevoerd onderzoek, veel aerosolvorming plaats vindt.

Conclusies:

- Het roostergoedgebouw en de zeebandpersruimte gelden als belangrijke bronnen voor blootstelling aan endotoxinen. Dit geldt ook voor schoonmaakwerkzaamheden. Medewerkers staan aan al deze bronnen vaak meerdere uren per dag bloot.
- Bij in pandig gelegen bronnen worden hogere concentraties endotoxinen gemeten dan bij bronnen die in de buitenlucht bemeten worden. Dit verschil is bij schoonmaakwerkzaamheden zeer nadrukkelijk aanwezig.
- In de sliblijn en in het filtraat /centraat dat vrijkomt bij slibontwatering, worden over het algemeen duidelijk hogere endotoxineconcentraties gevonden dan in de waterlijn.
- Blootstelling aan endotoxinen is een factor waar door beheerders van rwzi's rekening mee gehouden moet worden.
- Een verantwoorde kwantificering van de blootstelling van medewerkers op rwzi's aan endotoxinen kan op grond van deze gegevens *niet* gemaakt worden.
- De mate van aerosolvorming is, in tegenstelling tot de verwachting, géén goede voorspellende waarde voor de gemeten endotoxine-concentratie in de lucht.

Discussie:

Niet vaststaand, maar wel waarschijnlijk zijn de volgende opmerkingen:

Bij medewerkers die een groot deel van de dag werkzaamheden verrichten waarbij ze blootstaan aan endotoxinenbronnen in het roostergoedgebouw, de zeebandpersruimte en schoonmaakwerkzaamheden, wordt de MAC-waarde voor endotoxinen waarschijnlijk overschreden. Dat geldt ook bij in pandig uitgevoerde schoonmaakwerkzaamheden.

Bij medewerkers die een groot deel van de dag aan procesdelen, of in de buurt daarvan werkzaam zijn, is de kans groot dat gezondheidseffecten ten gevolge van blootstelling aan endotoxinen waarneembaar zijn.

- Het vóórkomen van slib in aerosolen lijkt een betere voorspellende waarde te hebben voor de blootstelling aan endotoxinen dan de mate waarin water geaëroliseerd wordt.

Aanbevelingen:

Voor de branche:

- Voer een nader blootstellingonderzoek uit. Dit is noodzakelijk om vast te kunnen stellen aan welke dagdoses endotoxinen medewerkers op rwzi's blootstaan.

- Voer een onderzoek uit bij alle medewerkers van rwzi's naar het vóórkomen van gezondheidsklachten. Breng die in verband met blootstelling aan endotoxinen;
- Voer een nader onderzoek uit naar het belang dat diverse factoren hebben in hun bijdrage aan de blootstelling van medewerkers aan endotoxinen;
- Stel een richtlijn over het gebruik van effluent voor de diverse toepassingsgebieden binnen een rwzi worden op.
- Ontwikkel, op termijn, een PAGO, dat gericht is op de blootstelling aan endotoxinen;

Voor beheerders en medewerkers van rwzi's:

- Zorg bij in pandige processen voor voldoende geforceerde ventilatie;
- Verwijder slib zo veel mogelijk droog; eventueel met water, maar niet onder hoge druk;
- Voorkóm het handmatig reinigen van de zeebandpers zo veel mogelijk;
- Stel het dragen van adequate adembescherming verplicht bij langdurige werkzaamheden (meer dan circa 4 uur per dag) in het roostergoedgebouw, de zeebandpersruimte en bij in pandig uitgevoerde schoonmaakwerkzaamheden;
- Ga per monsternamepunt na hoe de blootstelling(tijd) geminimaliseerd kan worden;
- Biedt medewerkers periodiek een periodiek arbeidsgezondheidskundig onderzoek (PAGO) voor endotoxineblootstelling aan;
- Geef over alle bevindingen van dit STOWA-onderzoek voorlichting aan de medewerkers.

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. In 2002 waren dat 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 behoefteinventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten 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, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

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

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

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

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

Summary

A MAC value for airborne endotoxin exposure of 200 Endotoxin Units per m³ might be enforced starting July the 1st 2003. The introduction may be delayed, but this depends on the decision of the Minister of Social affairs after consulting the Socio-economic council. In this study, sources of endotoxin exposure have been evaluated as a first step of the evaluation of potential exposure to endotoxin of workers of sewage treatment plants.

Endotoxins are cell wall fragments of Gram-negative bacteria and exposure can occur after lysis of the micro-organism. Exposure to endotoxins is associated with a range of systemic and respiratory effects mediated through inflammatory responses.

The study included four randomly selected sewage treatment plants and is considered representative for the sector of industry. The four installations have different characteristics that might be associated with endotoxin exposure. These characteristics may have an effect on the potential release of aerosols or sewage sludge.

Measurements were made at those locations where high levels of aerosols were expected on the basis of earlier studies.

Conclusions:

- The *screening building* and *belt filter pressing* areas are important sources as well as *cleaning activities*. This is of importance since workers on the premises are exposed for several hours to these sources.
- Indoor sources are associated with higher exposure levels than outdoor sources, especially for cleaning activities.
- All areas where sludge is treated and places where filtrate is present are characterized by high exposures to endotoxins.
- Exposure to endotoxins seems a relevant issue that deserves further attention in the sewage treatment sector.
- The data gathered do not allow detailed conclusion about exposure to endotoxin of workers present on sewage treatment plants. Measurements have been focussed on evaluation of sources but not of work shift exposures.
- The aerosolization potential as established during earlier surveys is not a good predictor of the endotoxin levels in the air.

Discussion:

Not established, but likely are the following statements:

- Workers involved in activities that are associated with high endotoxin levels in the air: in the screening building, at belt filter pressing areas and cleaning activities, will most likely have exposure levels that exceed the Dutch MAC value regularly.
- It is likely that health effects, especially symptoms associated with endotoxin exposure, occur in these workers.
- The presence of sludge particulates in the aerosol is a more likely predictor of endotoxin exposure.

Recommendations:

Branche:

- An exposure-monitoring programme focussed on establishing full shift exposure measurements is warranted. This study could also include an evaluation of determinants of exposure that can form the basis for further preventive strategies.
- It should be considered to initiate a simple large scale health survey based on questionnaires.

- The use of effluent during several activities should be protocolised and bound to certain activities only.
- It seems useful to develop a system for period surveillance of workers health in the form of so called "PAGO's" (period medical screening usually based on questionnaire surveys).

Employers and employees:

- Indoor processes should be performed using adequate ventilation.
- Sludge should be removed as often as possible in dry form or with low pressure water. Cleaning should not be conducted using pressurized water systems.
- Manual cleaning of the belt filter press should be avoided.
- Use of personal protective equipment should be mandatory during activities and tasks, which are performed during at least 4 hours a day in the screening building, at belt filter pressing areas and cleaning activities.
- Strategies for reduction of exposure should be developed for each location and exposure situation.
- Consider to offer workers a "PAGO" in the near future.
- Workers should be informed about the STOWA-study results by a specific campaign.

STOWA in brief

The Institute of Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater purification installations and dam inspectors. In 2002 that includes all the country's water boards, polder and dike districts and water treatment plants, the provinces and the State

These water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative-legal and social-scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed on the basis of requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as centres of learning and consultancy bureaux, are more than welcome.

After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

All the money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some five million euro.

For telephone contact STOWA's number is: (31 (0)30-2321199.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 8090, 3503 RB, Utrecht.

E-mail: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

Inhoudsopgave

Ten geleide
Samenvatting
STOWA in het kort
Summary
STOWA in brief

1	Inleiding	3
1.1	Doelstelling	3
1.2	Leeswijzer	3
2	Literatuur	5
2.1	Endotoxinen.....	5
2.1.1	Effecten van blootstelling aan endotoxinen	5
2.1.2	Ontwikkeling grenswaardes.....	6
2.1.3	Bedrijfsmatig vóórkomen van blootstelling aan endotoxinen- algemeen.....	7
2.1.4	Bedrijfsmatig vóórkomen van blootstelling aan endotoxinen- rwzi's	7
2.2	Aërosolvorming op rwzi's	9
2.3	Contact van medewerkers van rwzi's met aërosolen.....	11
3	Onderzoeksopzet	13
3.1	Criteria onderzoeksrwzi's.....	13
3.2	De keuze van de plaatsen / werkzaamheden die onderzocht zullen worden	14
3.3	De uitvoering van het onderzoek / materiaal en methode.....	15
4	Onderzoeksresultaten	17
4.1	Meetdata	17
4.2	Resultaten per rwzi.....	17
4.3	Meetgegevens per locatie of handeling.....	19
4.4	Meetresultaten van buiten, boven een luik of binnen uitgevoerde metingen	21
4.5	Een vergelijking van de resultaten van metingen die in de open lucht en in een inpanidige ruimte verricht zijn bij een vergelijkbare handeling / locatie.....	22
4.6	Productmonsters	24
4.7	Relatie tussen aërosolvorming en endotoxineconcentratie.....	25
5	Conclusies	27
5.1	Inleiding	27
5.2	De bronnen van endotoxinen: installatieonderdelen en schoonmaakwerkzaamheden	27
5.3	Factoren die de concentratie endotoxinen beïnvloeden.....	28
5.4	Algemene conclusies	28
6	Discussie	29
6.1	Inleiding	29
6.2	Discussie over de bronnen van endotoxinen.....	29
6.3	Discussie over factoren die de concentratie endotoxinen kunnen beïnvloeden	30
6.4	Algemene discussiepunten.....	30

7	Aanbevelingen	31
7.1	Inleiding	31
7.2	Aanbevelingen voor de sector / branche	31
7.3	Aanbevelingen voor beheerders en medewerkers van een rwzi	32
	Literatuur	35
	Bijlage 1: materiaal en methode.....	39
	Bijlage 2: resultaten endotoxinemetingen	41
	Bijlage 3: Relatie tussen GSP en Jet impinger meetresultaten.....	45
	Bijlage 4: Foto proefopstelling schoonmaakwerkzaamheden.....	47
	Bijlage 5: Plattegrond rwzi Wervershoof.....	49
	Bijlage 6: Plattegrond rwzi De Verseput.....	51
	Bijlage 7: Plattegrond rwzi De Ronde Venen	53
	Bijlage 8: Plattegrond rwzi Kralingseveer	55

1 Inleiding

1.1 Doelstelling

Doelstellingen van dit onderzoek zijn:

een *indicatie* te krijgen van de concentraties endotoxinen die bij rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) in de lucht vóórkomen. Er worden partiële *bronnen* van endotoxinen voor de gehele sector in kaart gebracht.

De doelstelling in dit onderzoek is *niet* de *blootstelling van en/of gezondheidseffecten bij medewerkers bij rwzi's* te bepalen. Een blootstelling- en gezondheidseffect-onderzoek vraagt namelijk meer voorbereidingstijd en heeft een veel langere looptijd.

Binnen de branche bestaat er een grote behoefte om op korte termijn inzicht te krijgen in de mate waarin bij afzonderlijke rwzi's en onderdelen daarvan endotoxineconcentraties aanwezig zijn die hoger zijn dan de MAC-waarde.

- op grond van dit onderzoek een globale inschatting te maken van de feitelijke blootstelling aan endotoxinen van medewerkers op rwzi's.
- afhankelijk van de uitkomsten van dit onderzoek aangeven waar en op welke wijze de eerste stappen gezet kunnen worden om de (kans op) blootstelling van medewerkers van rwzi's aan endotoxinen te beperken.

1.2 Leeswijzer

In dit rapport wordt in het hoofdstuk 2, literatuur, een samenvatting gegeven van gezondheidseffecten die beschreven zijn bij blootstelling aan endotoxinen. Ook worden de ontwikkelingen van het vaststellen van grenswaarden, waaronder de MAC-waarde, omschreven. Daarnaast wordt het bedrijfsmatig vóórkomen van endotoxinen in een breder kader geplaatst op basis van literatuurgegevens van diverse bedrijfstakken.

In hoofdstuk 3 wordt de onderzoeksopzet uiteen gezet. Daarbij wordt stil gestaan bij de criteria op grond waarvan de rwzi's waar het onderzoek is uitgevoerd zijn geselecteerd en hoe er voor gezorgd is dat de uitkomsten van dit onderzoek representatief zijn voor de branche. Verder wordt de keuze bij welke bronnen van endotoxinen metingen zijn uitgevoerd toegelicht. Er wordt daarbij een onderscheid gemaakt in installatieonderdelen en handelingen (schoonmaakwerkzaamheden) waar hoge endotoxineconcentraties verwacht worden.

In hoofdstuk 4 zijn de onderzoeksresultaten van de stationaire metingen van endotoxineconcentraties in de lucht opgetekend. Om de resultaten te kunnen interpreteren zijn de resultaten op verschillende manieren onderverdeeld: per rwzi; per locatie of handeling; en door er op te selecteren of de metingen buiten, boven een luik of binnen uitgevoerd zijn. Daarnaast worden indicatieve resultaten van de concentraties van endotoxinen in productmonsters (water en slib) gegeven. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een kwalitatieve omschrijving van de relatie tussen de endotoxineconcentratie en de mate van aerosolvorming.

Hoofdstuk 5 geeft de conclusies weer die op grond van de gevonden resultaten getrokken mogen worden. Er wordt aangegeven bij welke bronnen en handelingen de hoogste endotoxineconcentraties gevonden zijn en wat daar uit geconcludeerd kan worden.

In dit onderzoek is er voor gekozen plaatsgeboden metingen uit te voeren. Deze keuze is op grond van een aantal praktische overwegingen gemaakt. Aangezien de uiteindelijke doelstelling

voor de branche is om zicht te krijgen op de kans dat en de mate waarin op diverse rwzi's sprake kan zijn van overschrijding van de MAC-waarde, moet daarvoor een vertaalslag gemaakt worden. In hoofdstuk 6, de discussie, wordt omschreven tot op welke hoogte de gevonden resultaten inzicht geven in de persoonsgebonden blootstelling van medewerkers van een rwzi.

In hoofdstuk 7 zijn de aanbevelingen opgenomen. Die zijn opgedeeld naar twee groepen belanghebbenden: -de branche(organisaties); en -de beheerders en werknemers van rwzi's.

2 Literatuur

2.1 Endotoxinen

Endotoxinen zijn een onderdeel van de celwand van Gramnegatieve bacteriën, welke bijna altijd aanwezig zijn in organisch stof. Organisch stof is afkomstig van plantaardig of dierlijk materiaal. Endotoxinen zijn meetbaar indien bacteriële groei is opgetreden en komen vrij wanneer de cel sterft.

Endotoxinen hebben in verschillende gramnegatieve soorten dezelfde basale structuur, al zijn er kleine soort- en stamspecifieke verschillen. Als gevolg hiervan zijn de ziekteverschijnselen uniform, maar verschillen ze in ernst. De ernst van de ziekteverschijnselen is ook afhankelijk van de concentratie van het specifieke endotoxine waaraan blootstelling heeft plaatsgevonden (Rietschel, 1985).

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. De variatie in samenstelling van het hydrofiele polysaccharide-deel is groot (Rietschel, 1985).

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

2.1.1 *Effecten van blootstelling aan endotoxinen*

Direct na inademing van endotoxinen kunnen zich bij mensen de volgende verschijnselen voordoen: droge hoest, kortademigheid met vermindering van longfunctie, koorts en algehele malaise. Enkele uren later kunnen optreden: benauwdheid, hoofdpijn en gewrichtsklachten. De acute effecten zijn zowel aangetoond in onderzoek met vrijwilligers als in epidemiologisch onderzoek onder beroepsmatig blootgestelde personen (Wolff, 1973).

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 endotoxineblootstelling aangetoond (Donham, 1989). Voor de volledigheid: dit verband is niet dusdanig dat dat een aanstellingsonderzoek op dit gebied rechtvaardigt. Uit epidemiologisch en proefdieronderzoek zijn aanwijzingen verkregen dat langdurige blootstelling aan endotoxinen zou kunnen leiden tot chronische bronchitis en vermindering van de longfunctie (Donham, 1989). Recent zijn er in de literatuurstudies verschenen die er op duiden dat endotoxinen ook een *positief 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).

Het is zeer waarschijnlijk dat zowel de acute als de chronische effecten beïnvloed worden door ontstekingsreacties in de longen, waarbij macrofagen in de longblaasjes een rol spelen.

De toxische reacties die veroorzaakt worden door endotoxinen, hebben enige gelijkenis met allergische reacties. Het is moeilijk onderscheid te maken tussen beide typen reacties. Het type

reactie is belangrijk, vanwege het verschil in ontstaansmechanisme en daarmee samenhangend, de maatregelen die genomen dienen te worden om gezondheidsklachten in het vervolg te voorkomen.

Een veel voorkomend ziektebeeld als gevolg van een te hoge blootstelling aan endotoxinen is het organische stof toxisch syndroom (ODTS). Deze zogenaamde 'maandagmorgen malaise' is één van de bekendste voorbeelden van de effecten die een beroepsmatige inhalatoire endotoxineblootstelling kan veroorzaken (Rylander, 1994).

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 gezondheidkundige 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. Het is niet uitgesloten dat ook andere agentia in het stof, naast endotoxinen, bijdragen aan de waargenomen effecten (Wouters et al., 2002, Zock et al., 1998).

2.1.2 *Ontwikkeling grenswaardes*

Endotoxine is één van de eerste biologische agentia waarvoor een MAC-waarde (Maximale Aanvaarde Concentratie) is voorgesteld en waarvan onomstotelijk vaststaat dat blootstelling via de luchtwegen is geassocieerd met nadelige gezondheidseffecten.

In Nederland is door de Werkgroep van Deskundigen van de Gezondheidsraad een gezondheidkundige advieswaarde voorgesteld van 50 Endotoxine Units (EU)/m³ (5 ng/m³), gemeten in inhaleerbaar stof. De advieswaarde is de persoonsgebonden gemiddelde 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 de komende jaren een wettelijke MAC-waarde van 200 EU/m³ te hanteren, 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 zou in eerste instantie ingaan op 1 juli 2001. In 2001 is besloten tot uitstel tot 1 januari 2003. Argumenten voor uitstel zijn:

- dat er weinig bekend is over de aanwezigheid van endotoxinen in diverse sectoren en welke beheersmaatregelen toegepast kunnen worden.
- het is nog niet duidelijk welke werknemers in welke mate een gezondheidsrisico lopen is.
- door diverse branches, zoals de agrarische sector en de afvalverwijderingsbranche, is aangegeven dat zij technisch / economisch gezien niet in staat zijn de blootstelling van medewerkers aan endotoxinen in afdoende mate terug te brengen.

De Sub-commissie MAC waarden van de SER heeft in november 2002 de staatssecretaris geadviseerd om de invoering van de MAC waarde nogmaals op te schorten onder de volgende voorwaarden:

- binnen een half jaar moeten werkgevers en werknemers een plan van aanpak opstellen waarin aan wordt gegeven hoe de endotoxine problematiek zal worden aangepakt;
- het vastgestelde protocol voor de meetmethode moet op een goede wijze te worden geïntroduceerd. Het ministerie moet hiervoor stappen ondernemen.
- de huidige meetstrategie voor toetsing van overschrijding van grenswaarden voor chemische stoffen dient te worden aangepast voor biologische agentia (de variatie in blootstelling is bijvoorbeeld groter en dat betekent dat een andere meetinspanning nodig is en andere signaalgrenzen moeten worden gedefinieerd).

De opschortingsperiode zal 2-4 jaar moeten duren, afhankelijk van de voortgang met het plan van aanpak.

Inmiddels is duidelijk dat per 1 januari 2003 de volgende situatie ontstaat: formeel zal per 1 januari 2003 de nieuwe MAC-waarde van kracht worden. Korte tijd nadat die waarde van kracht wordt zal de Staatssecretaris van SZW de MAC-waarde onder voorwaarden een half jaar opschorten. Vóór 1 juli 2003 zal dan besloten worden of en zo ja, onder welke voorwaarden, deze opschorting verlengd zal worden.

In dit rapport zullen de bovenstaande nuancerings niet steeds aangegeven worden. De formuleringen aangaande de MAC-waarde zijn gesteld alsof de MAC-waarde van 200 EU / m³ al van kracht is. Ook bij een eventueel hernieuwd uitstel van de MAC-waarde zal elke branche waar blootstelling aan endotoxinen een probleem vormt, gehouden zijn aan het nemen van maatregelen die moeten leiden tot een blootstelling beneden dat niveau.

2.1.3 *Bedrijfsmatig voorkomen van blootstelling aan endotoxinen- algemeen*

Het voorkomen van endotoxinen in de omgevingslucht is gerelateerd aan de aanwezigheid van gramnegatieve bacteriën of celwandfragmenten van deze bacteriën in deeltjes in de lucht. Dergelijke bacterie houdende deeltjes zijn hoofdzakelijk afkomstig van (dierlijke) fecaliën en van besmet plantaardig materiaal. Beroepsmatige blootstelling aan endotoxinen komt vooral voor in de agrarische en afvalverwerkende sector en aanverwante bedrijfstakken (Zock, 1998; Wouters, 2002).

Uit inventariserend en literatuuronderzoek is gebleken dat hoge blootstellingen aan endotoxinen kunnen voorkomen in diverse bedrijfssectoren in de agrarische industrie en verwerkende procesindustrieën (Jongeneelen, 2000). Uit eerder onderzoek, zowel in Nederland als in het buitenland, is bijvoorbeeld bekend dat hoge endotoxineblootstelling voor kan komen in de varkenshouderij, mengvoederbedrijven, zetmeelproducerende industrie, de composteringsbranche en bij rwzi's (Chun, 2002; Douwes, 2000; Heederik 1991; Post, 1998; Preller, 1995; Van Rooij, 2001, Sarantila, 2001; Zock, 1998).

De Nederlandse studies in enkele van deze sectoren zijn omvangrijk geweest en omvatten meetseries van honderden aan de persoon uitgevoerde blootstellingsmetingen (Smid, 1994; Heederik et al, 1991, Zock 1998). De meest recente gegevens zijn verzameld in de jaren 90, maar hebben betrekking op een beperkt aantal bedrijven in een beperkt aantal sectoren, zoals de composteringsbranche (Douwes et al., 2000). Verder loopt er momenteel ook onderzoek naar blootstelling aan endotoxinen in de zaaizaadsector en de aardappelverwerkende industrie. Uit recent onderzoek in verschillende takken van de agrarische sector is gebleken dat in deze sector overschrijding van de MAC-waarde eerder regel is dan uitzondering. Een uitzondering op deze regel is de vleesverwerkende industrie (IRAS, 2002).

2.1.4 *Bedrijfsmatig voorkomen van blootstelling aan endotoxinen- rwzi's*

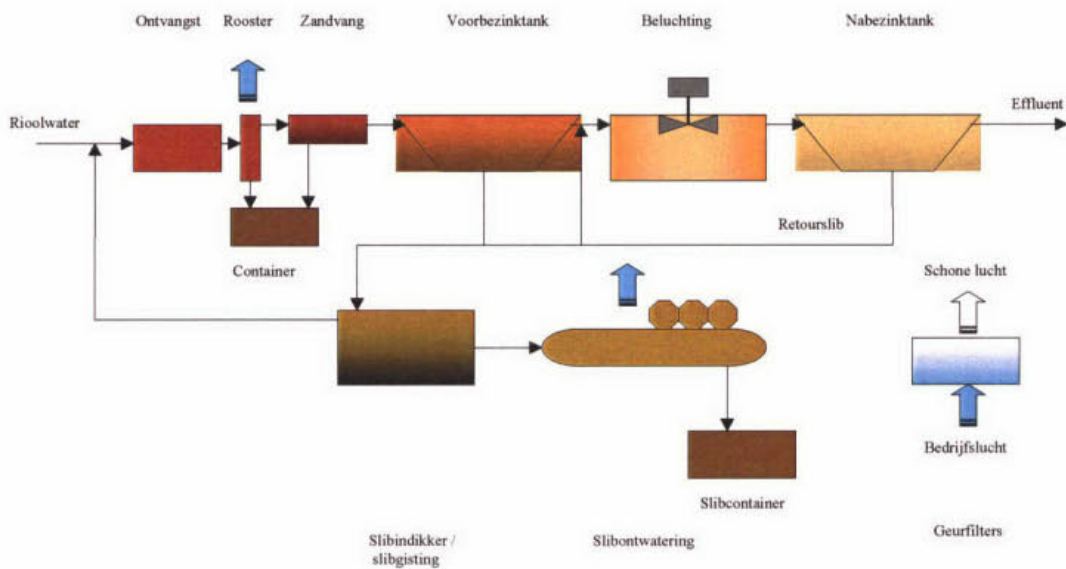
In opdracht van de Arbeidsinspectie (S 172-2) is door de afdeling Gezondheidsleer van de toenmalige Universiteit van Wageningen naar biologische agentia bij rwzi's is gekeken. Op grond van een literatuuronderzoek werd gesteld dat met redelijke zekerheid kan worden geconcludeerd dat de beroepsmatige blootstelling 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 plaats gevonden naar de mogelijke bronnen van microbiële blootstelling. De conclusies voor endotoxine waren als volgt: de concentratie is duidelijk verhoogd, zuiveringsslib vormt de voornaamste bron. Zeer hoge concentraties zijn gemeten nabij de zeefbandpersen. De concentratie op één zuivering was zodanig hoog dat acute (griepachtige verschijnselen) effecten waren te verwachten. Ook acute maagdarmlachten die bij medewerkers voorkomen, worden gedeeltelijk hieraan toegeschreven. Op grond van dit oriënterende onderzoek werden chronisch effecten op rwzi's niet uitgesloten.

In 1993 is op de rwzi te Tollebeek en Hardenberg een onderzoek uitgevoerd naar de blootstelling van werknemers aan biologische agentia (Douwes, 1993). Uit dit onderzoek is gebleken dat de klachten die door werknemers van Tollenbeek zijn gemeld, in sterke mate overeen komen met de in de internationale literatuur beschreven klachten bij rwzi-werknemers. Met name verhoogde endotoxineblootstelling kon een groot aantal klachten verklaren. Verhoogde concentraties endotoxine en micro-organismen zijn gemeten op nagenoeg alle bemonsterde installatieonderdelen voor beide rwzi's. Metingen naar de persoonlijke blootstelling aan endotoxine gaven te zien dat werknemers incidenteel aan hoge concentraties (tot 143,2 EU/m³) worden blootgesteld. Bij werknemers zijn lichte longfunctieveranderingen geconstateerd. Duidelijk werkgerelateerd bleken de afwijkingen niet. De klachtenprevalentie (het totaal aantal personen met klachten op één moment) was hoog. Uit onderzoek naar gezondheidsklachten bij werknemers op meerdere rwzi's 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 medewerkers die langer (5-10 jaar) bij een rwzi werken. Persoonlijke endotoxine-concentraties waren in twee bemonsterde rwzi's laag (< 10 EU / m³). Geconcludeerd is dat het niet waarschijnlijk is dat de klachten alléén veroorzaakt worden door de endotoxine blootstelling (Douwes, 2000). In een recent literatuuronderzoek naar gezondheidseffecten van medewerkers op rwzi's is geconcludeerd dat endotoxinen verantwoordelijk zouden kunnen zijn voor een deel van de gerapporteerde gezondheidsklachten (Thorn, 2001). In Finland zijn in 2000 bronnen van endotoxinen opgespoord door plaatsgebonden metingen in de lucht uit te voeren. Hierbij is nabij het beluchtingbassin tot 420 EU endotoxinen / m³ en bij de slibverwerking tot 1240 EU endotoxinen / m³ gemeten. De hoogste waarde die in dit onderzoek gevonden is bedroeg 3750 EU endotoxinen / m³ en is gemeten bij de ontwatering van slib (Sarantila, 2001).

2.2 Aërosolvorming op rwzi's

In het onderzoek "Risico van blootstelling aan Legionella op rwzi's" van STOWA (2002) is een inventarisatie gemaakt van installatieonderdelen met aërosolvorming op rwzi's. De mate waarin aërosolen gevormd worden, is mede bepalend voor de concentratie endotoxinen in de lucht. Deze inventarisatie is hier daarom overgenomen.

Figuur 1 toont een schematisch overzicht van een voorbeeld van een conventionele rwzi. Het binnenkomende water wordt eerst door een roosterinstallatie geleid om de grove delen te kunnen verwijderen. Vervolgens stroomt het water via een zandvang naar een voorbezinktank waar de fijnere deeltjes bezinken. Het water stroomt dan naar het beluchtingbassin waar de afvalstoffen met behulp van micro-organismen worden afgebroken. Tijdens dit proces wordt lucht / zuurstof aan het proces toegevoegd met behulp van puntbeluchting of bellenbeluchting.



Figuur 1. Schematisch overzicht van een voorbeeld van een rwzi

Vervolgens stroomt het water naar een nabezinktank waar het door bezinking wordt ontdaan van het actief slib. Het effluent wordt geloosd op het oppervlaktewater. Het bezonken slib wordt deels weer teruggevoerd naar de beluchtingruimte (retourslib) om weer nieuwe afvalstoffen af te breken. Een ander gedeelte (het spuislib) wordt samen met het slib uit de voorbezinktank via een slibindikker verder ingedikt en vergist. Het uitgiste slib wordt ontwaterd met behulp van zeefbandpersen en / of een centrifuges. Op verschillende plaatsen wordt lucht afgezogen die wordt gereinigd met behulp van geurfilters.

Ter voorkoming van geuroverlast zijn bepaalde procesonderdelen overkapt.

Roostergoedverwijdering en slibontwateringapparatuur zijn doorgaans in betreedbare ruimtes opgesteld.

Samen met de KAM-functionarissen van Waterschap Veluwe, Hoogheemraadschap van Rijnland en Waterschap Zeeuwse Eilanden is een systematische inventarisatie gemaakt (Tabel 1) van de plaatsen op rwzi's waar aërosolvorming op kan treden (Medema,2002).

Tabel 1 Indeling van installatieonderdelen op rwzi's naar de mate van aërosolvorming.

Bron	Aërosol vorming
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	+++
Zeebandpersruimte	++
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	+
Drijfslag putzuigers	+
Voorbezinkbassins, afgedekt	-
Overstort vijzel, afgedekt	-
Overstort oxidatiebassin, afgedekt	-
Overstort bezinker / indikker, afgedekt	-
Overstort gisting/slibbuffer	?

Aangezien oxidatiebedden vrijwel niet meer worden toegepast, is deze vorm van beluchting in dit onderzoek verder niet bestudeerd.

2.3 Contact van medewerkers van rwzi's met aërosolen

In het STOWA-onderzoek naar Legionella is geïventariseerd in welke mate medewerkers op de in tabel 1 genoemde plaatsen in rwzi's aanwezig zijn. Er is een enquête uitgezet onder medewerkers van Hoogheemraadschap van Rijnland, Waterschap Veluwe, Waterschap Zeeuwse Eilanden en van de Dienst Water & Riolering in Amsterdam-Oost. Onder de 64 medewerkers die de enquête hebben ingevuld bevonden zich zowel medewerkers die frequent bij de procesonderdelen aan het werk waren, als medewerkers die zich minder vaak in de nabijheid van deze procesonderdelen bevonden. De verdeling van de blootstelling onder rwzi-medewerkers is erg scheef; de blootstelling van veel medewerkers is kort of infrequent, terwijl een kleine groep regelmatig en/of lang aanwezig is op de plaatsen waar verhoogde gehalten aërosolen aanwezig zijn. De kans op gezondheidseffecten is voor medewerkers in deze laatste groep het grootste.

De frequentie en de duur van de aanwezigheid zijn omgerekend naar het aantal minuten dat de medewerker per dag aanwezig is op de desbetreffende locatie. In het algemeen waren de mediaan en 95-percentiel het hoogst voor de normale omstandigheden en de maxima het hoogst voor de bijzondere omstandigheden. De mediaan, het 95-percentiel en de maximale blootstelling van een rwzi-medewerker is in tabel 2 weergegeven in aantal minuten per dag. Daaruit blijkt dat de medewerkers het meest aanwezig zijn in de zeefbandpersruimte. De helft van de medewerkers is daar langer dan 12,9 minuut/dag, 95% zelfs langer dan 150 minuten/dag en het maximum is 180 min/dag. Op de overige plaatsen is de rwzi-medewerker gemiddeld enkele minuten per dag; 5% van de medewerkers tot maximaal 3 uur per dag.

Tabel 2. Aanwezigheid van rwzi-medewerkers op plaatsen met aërosolen (STOWA;2002)

Locatie	Mediaan	95%	Maximum
	min./dag	min./dag	min./dag
Roostergebouw	2.86	20.6	180
Binnen 10m van voorbezinkers	3.57	36.0	180
Binnen 10m van beluchtingbassin	5.00	66.9	180
Nabij sproeiers oxidatiebed	0.25	48.8	68.6
In zeefbandpersruimte	12.9	150.0	180
In ruimte voor aanmaak PE	3.76	46.5	120
Binnen 10m van nabezinkers	3.57	120.0	360
Binnen 10m van luchtfilter	4.29	33.3	180
Binnen 10m van regenwatervijzel	1.32	4.93	7.14
Binnen 10m van slibretourvijzel	1.43	25.7	180
In slibgistingstank zonder adembescherming	0.37	3.95	5.00
Schoonsputten	4.29	32.1	180

3 Onderzoeksopzet

Dit inventariserend onderzoek is opgedeeld in vier fases:

1. Het bepalen op welke rwzi's een onderzoek uitgevoerd wordt;
2. De keuze van de installatieonderdelen / werkzaamheden die onderzocht worden;
3. De uitvoering van het onderzoek / materiaal en methode en
4. De verslaglegging.

De eerste drie fases zullen navolgend toegelicht worden.

3.1 Criteria onderzoeksrwzi's

Voor elke rwzi kunnen tal van criteria geformuleerd worden op grond waarvan de betreffende rwzi overeenkomsten én verschillen vertoont ten opzichte van andere rwzi's.

Om bij dit endotoxinenonderzoek aan het criterium "representativiteit voor de sector" te kunnen voldoen, is eerst ingeschat welke karakteristieken van een rwzi relevant (kunnen) zijn voor het vóórkomen van endotoxinen. Het gaat dan in het bijzonder over karakteristieken die een positief of negatief effect zouden kunnen hebben op het vrijkomen van endotoxinen in het afvalwater en/of slib. Voor de volgende karakteristieken van rwzi's geldt dat zij, in het kader van dit endotoxinenonderzoek, relevant lijken:

- de manier van aanvoer van het afvalwater naar de rwzi:
 - al het afvalwater onder vrij verval
 - al het afvalwater via persleidingen
 - deels onder vrij verval, deels via persleidingen
- de hoogte van de slibbelasting van het actiefslibstelsysteem:
 - ultralaagbelast (BZV-belasting circa 0,05 kg BZV / kg droge stof • dag)
 - laagbelast (BZV-belasting circa 0,1-0,2 kg BZV / kg droge stof • dag)
- de toepassing van (extra) biologische fosfaatverwijdering in de hoofdstroom;
- toepassen van voorbezinking en slibgisting;
- de manier van slibontwatering:
 - zeefbandpers of
 - centrifuge

Vanuit deze karakteristieken zijn de volgende rwzi-typen gedefinieerd:

type 1: ultralaagbelast actiefslibstelsysteem zonder voorbezinking en slibgisting, waarbij:

- overwegend (> 50%) aanvoer van het afvalwater via persleidingen plaatsvindt;
- geen (extra) biologisch fosfaatverwijdering in de hoofdstroom plaatsvindt en
- het zuiveringsslib via een zeefbandpers ontwaterd wordt.

type 2: ultralaagbelast actiefslibstelsysteem zonder voorbezinking en slibgisting, waarbij:

- overwegend (> 50%) aanvoer van het afvalwater via persleidingen plaatsvindt;
- (extra) biologisch fosfaatverwijdering in de hoofdstroom plaatsvindt en
- het zuiveringsslib via een zeefbandpers ontwaterd wordt.

type 3a: laagbelast actiefslibstelsysteem met voorbezinking en slibgisting, waarbij:

- overwegend aanvoer van afvalwater via vrijvervalleiding plaatsvindt;
- geen (extra) biologisch fosfaatverwijdering in de hoofdstroom plaatsvindt en
- het zuiveringsslib via een zeefbandpers ontwaterd wordt.

type 3b: ultralaagbelast actiefslibstelsysteem met voorbezinking en slibgisting, waarbij:

- overwegend aanvoer van afvalwater via vrijvervalleiding plaatsvindt;
- (extra) biologisch P verwijdering in de hoofdstroom plaatsvindt en
- het zuiveringsslib via een zeefbandpers ontwaterd wordt.

Bij de waterkwaliteitsbeheerders van Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier (US), Waterschap Zeeuwse Eilanden (WZE), Hoogheemraadschap van Schieland (HHS) en Dienst Waterbeheer en Riolerings (DWR) is geïnventariseerd of één of meer rwzi's voldoen aan de typering zoals die hierboven gesteld zijn.

Deze inventarisatie heeft geleid tot een keuze voor een onderzoek bij de volgende rwzi's:

1. *Wervershoof* (US) (voor een plattegrond: zie bijlage 5) Voldoet aan de criteria voor type 1 installatie:
 - aanvoer water: > 50 % persleiding;
 - slibbelasting: ultralaagbelast;
 - er is geen (extra) biologische fosfaatverwijdering;
 - er vindt slibindikking plaats en
 - de mechanische ontwatering geschiedt door een centrifuge.
2. *De Verseput* (WZE) (voor een plattegrond: zie bijlage 6) Voldoet aan de criteria voor een type 2 installatie:
 - aanvoer water: > 50 % persleiding,
 - slibbelasting: ultralaagbelast;
 - er is sprake van biologische fosfaatverwijdering;
 - er is geen voorbezinktank;
 - slib wordt rechtstreeks uit de beluchtingtank onttrokken,
 - slibontwatering vindt plaats met behulp van een zeefbandpers.
3. *De Ronde Venen* (DWR) (voor een plattegrond: zie bijlage 7) Voldoet grotendeels aan de criteria van een type 3a installatie:
 - aanvoer water: meer dan 50 % via vrij verval;
 - slibbelasting: laagbelast (tweetrapsinstallatie);
 - er is geen (extra) biologische fosfaatverwijdering;
 - er is geen voorbezinktank, maar wel
 - slibgisting, indikking en
 - een zeefbandpers.
4. *Kralingseveer* (HHS) (voor een plattegrond: zie bijlage 8) Voldoet grotendeels aan de criteria van een type 3a installatie:
 - aanvoer water: > 50 % persleiding;
 - slibbelasting: laagbelast;
 - er is geen (extra) biologische fosfaatverwijdering;
 - er is voorbezinking en
 - slibgisting en indikking en
 - het slib wordt ontwaterd door middel van centrifuges.

NB Er is in de beperkte voorbereidingsfase geen geschikte rwzi voor een type 3b installatie gevonden.

De genoemde rwzi's zijn gezamenlijk representatief voor de sector.

3.2 De keuze van de plaatsen / werkzaamheden die onderzocht zullen worden

Er is bij de keuze van de meetplaatsen op de uitgekozen rwzi's als doel gesteld zo veel mogelijk verschillende karakteristieken van alle rwzi's binnen de sector te onderzoeken.

Er is, met andere woorden, naar gestreefd dat alle karakteristieken van rwzi's die in tabel 1 opgenomen zijn, ook bemeten zijn.

Plaatsen waarvan ingeschat is dat er veel aërosolvorming plaats vindt, zijn het meest uitvoerig bemeten.

Vooraf was vast gesteld dat met dit onderzoek er alleen *bronnen* van endotoxinen binnen rwzi's in kaart gebracht zouden worden. Daarbij geeft de hoogte van de gemeten waardes een goede indicatie van de noodzaak die er voor de branche als geheel bestaat om medewerkers te attenderen op de gevaren van blootstelling aan endotoxinen en/of beheersmaatregelen te treffen. Voor het opsporen van bronnen kan volstaan worden met het uitvoeren van plaatsgeboden metingen.

Uit het Legionella-onderzoek van STOWA is bekend dat bij schoonmaakwerkzaamheden (het schoonspuiten van vuile objecten) zeer veel aërosolen vrij komen. Daarnaast wordt op een groot aantal rwzi's effluent gebruikt als schoonmaakwater. Effluent bevat hogere concentraties endotoxinen dan leidingwater.

In dit onderzoek is specifieke aandacht besteed aan schoonmaakwerkzaamheden. Dit is gedaan door handeling gerichte metingen uit te voeren. Op deze wijze is een bron van endotoxinen, die vrijwel per definitie, van situatie tot situatie sterk zal verschillen, indicatief in kaart gebracht. Op voorhand wordt bij deze handeling gerichte metingen daarom een (zeer) grote spreiding in meetresultaten verwacht.

3.3 De uitvoering van het onderzoek / materiaal en methode

Per rwzi is een tweetal typen metingen uitgevoerd:

1. Plaatsgebonden metingen, waarbij die installatieonderdelen worden bemeten waar de hoogste aërosolconcentraties verwacht worden en
2. Handeling gerichte metingen. Deze richten zich alleen op schoonmaakwerkzaamheden die worden uitgevoerd of waarvoor een representatieve opstelling gemaakt is. Zoals uit tabel 2 blijkt is de mediaan van de tijd dat per dag schoonmaakwerkzaamheden worden uitgevoerd circa 4,5 minuten; de 95 percentielwaarde is iets meer dan een half uur. Tijdens het onderzoek is er naar gestreefd om een minimale meetduur van circa 2 uur te hanteren. Dit om variaties van endotoxineconcentraties in de tijd voor een deel te reduceren. Praktisch gezien houdt dit in dat de meest voorkomende schoonmaakwerkzaamheden te kortdurend zijn om te kunnen voldoen aan de minimumwaarde voor de meetduur. Om toch in staat te zijn een goed beeld te krijgen van blootstellingconcentraties waar medewerkers tijdens schoonmaakwerkzaamheden aan blootstaan is op een aantal rwzi's besloten een opstelling te creëren waarin schoonmaakwerkzaamheden en de blootstelling die daarbij optreedt, zijn nagebootst.

Daarnaast is per rwzi het endotoxinegehalte bepaald in de volgende monsters:

- het influent,
- de inhoud van de beluchtingstank,
- het effluent,
- het overloopwater van de slibindikker (primair of uitgestist slib)
- het filtraat van de zeefbandpers en
- nat slib uitgestist.

De omschrijving van de manier waarop de metingen en de analyses zijn uitgevoerd, de materiaal en methode, is opgenomen in bijlage 1.

Statistische analyse:

In talloze blootstellingsonderzoeken is gebleken dat als grote meetseries verzameld worden, deze een scheve verdeling (met een naar links verschoven top en een lange staart aan de rechterzijde) vertonen ofwel een log-normale verdeling vertonen. Als voor een dergelijke verdeling een gemiddelde waarde en een standaardafwijking berekend moet worden is daar een, zo genoemde, log-transformatie voor nodig. Een log-transformatie maakt het berekende (geometrische) gemiddelde (GM) en de (geometrische) standaardafwijking (GSD) minder gevoelig voor

extreem hoge waarden. Bij het geometrische gemiddelde bevindt zich, onder de curve die door de meetresultaten gevormd wordt, een even groot oppervlak (50 %) links als rechts van deze waarde.

Met behulp van het GM en GSD kan, in het bijzonder bij persoonsgebonden metingen, ook berekend worden hoe groot de kans is dat in de onderzochte situatie de MAC-waarde voor de bestudeerde stof overschreden zal worden.

Daarnaast is ook het rekenkundig gemiddelde (AM) berekend. Het verschil tussen het geometrisch gemiddelde en het rekenkundig gemiddelde geeft enig gevoel voor de spreiding in de meetresultaten. Als het AM veel hoger is dan het GM dan zal vaak één heel hoge waarde het AM sterk omhoog gehaald hebben.

Om een vergelijkbare reden wordt bij de presentatie van de meetgegevens ook de minimum en maximum gevonden waarde weergegeven.

Voor de volledigheid moet worden opgemerkt dat de beste maat voor de spreiding in meetresultaten natuurlijk de (geometrische) standaardafwijking is.

De statistische analyses zijn uitgevoerd met SAS statistische software (The SAS System for Windows, versie 8e; SAS Institute inc.). De concentraties zijn vervolgens berekend per bedrijf en per plaats / locatie of per handeling (schoonmaken). Ook is het effect van de omstandigheden geanalyseerd in die zin dat nagegaan is of er systematisch andere waarden in de buitenlucht, boven een open luik of put en in een inpannige ruimte gemeten worden. Daarnaast is een groot aantal combinaties van deze aspecten onderzocht.

4 Onderzoeksresultaten

4.1 Meetdata

De metingen hebben in september en oktober 2002 plaats gevonden. De meetdata zijn opgenomen in tabel 3.

Tabel 3: meetdata

RWZI	Meetdata (2002)
Ronde Venen	25/9; 10/10 en 17/10
De Verseput	3/10 en 4/10
Wervershoof	8/10 en 9/10
Kralingseveer	14/10 en 15/10

In tabel 4 zijn de belangrijkste karakteristieken van het weer op de betreffende meetdagen aangegeven.

Tabel 4: weersomstandigheden tijdens de metingen

Plaats / Datum	Temperatuur (°C)			Neerslag		Wind (m/s)			Zon
	gem.	min.	max.	mm	uur/ d	gem.	max.	richting	uur/d
Ronde Venen									
25/9	13,1	8,0	17,5	2,3	1,0	2,5	9,0	NNW	4,4
10/10	8,4	5,3	12,7	0,0	0,0	5,8	11,0	O	10,2
17/10	9,3	6,1	13,2	1,9	1,9	2,6	10,0	W	5,6
De Verseput									
3/10	15,0	12,4	17,0	2,0	1,8	4,6	10,0	W	0,6
4/10	14,4	12,0	17,3	0,0	0,0	3,5	10,0	NW	7,9
Wervershoof									
8/10	7,9	5,0	10,1	0,0	0,0	5,2	11,0	OZO	9,8
9/10	9,7	6,8	13,2	0,0	0,0	8,0	15,0	O	8,8
Kralingseveer									
14/10	12,0	10,6	13,9	6,1	7,6	8,0	20,0	ZZW	0,6
15/10	12,7	9,8	15,5	0,3	0,7	7,9	19,0	ZZO	0,7

4.2 Resultaten per rwzi

Het primaire doel van dit oriënterende onderzoek is na te gaan in hoeverre er bij rwzi's bronnen aanwezig zijn waar endotoxinen vrij (kunnen) komen.

In tabel 5 is een samenvattend overzicht gegeven van alle, per onderzochte rwzi verzamelde, meetgegevens. In bijlage 2 is een totaaloverzicht van de meetresultaten opgenomen.

Tabel 5: Samenvatting van de meetgegevens per rwzi (EU /m³)

RWZI	GM *	GSD *	AM *	N *	Min. *	Max. *
<i>Ronde Venen</i>	30,9	10,5	3014	25	2,6	73204
<i>De Verseput</i>	45,6	6,1	<i>159</i>	26	3,5	898
<i>Wervershoof</i>	<i>74,4</i>	10,3	1021	27	2,6	20145
<i>Kralingseveer</i>	48,9	6,4	206	31	2,6	1323

Opmerkingen:

*: GM= geometrisch gemiddelde; GSD = geometrische standaarddeviatie; AM = rekenkundig gemiddelde; N= aantal; Min. = laagste gemeten waarde; Max. = hoogste gemeten waarde. Alle *cursieve GM-en en AM-en* overschrijden de Gezondheidswaarde en dus ook de MAC-waarde; alle **vette GM-en en AM-en** overschrijden de MAC-waarde.

Op basis van de meetresultaten blijkt dat op rwzi's blootstelling van medewerkers aan endotoxineconcentraties die gedurende korte tijd hoger zijn dan de MAC-waarde mogelijk is. Bij de helft (54 van 109) van de bronnen die bemeten zijn, is de endotoxineconcentratie die bij die bron vrijkomt hoger dan de gezondheidkundige advieswaarde. Bij meer dan een kwart (29 van 109) van de bronnen is de vrijkomende endotoxineconcentratie hoger dan de MAC-waarde. Er zijn op rwzi's dus vele bronnen waar endotoxinen in potentieel schadelijke niveaus vrijkomt.

Uit deze gegevens blijkt *niet* óf er daadwerkelijk sprake is van (regelmatige) overschrijding van de MAC-waarde bij medewerkers van rwzi's. Om tot een dergelijke conclusie te kunnen komen moeten óf blootstellinggegevens verzameld worden óf moet de feitelijke blootstelling aan endotoxinen geschat worden op grond van een combinatie van brongegevens en de geschatte blootstellingstijd aan de diverse bronnen (zie ook tabel 2 en paragraaf 5.1).

Wat opvalt, is dat de spreiding in de gevonden waardes zeer groot is. De laagste gevonden waarde bedraagt 2,6 EU/m³; de hoogste waarde is 73204 EU/m³. Ook de GSD's, die een indicatie geven van de spreiding in de meetgegevens, zijn hoog.

Op grond van de berekende GM-en kan *niet* geconcludeerd worden dat de blootstelling aan endotoxinen op bijvoorbeeld Wervershoof een groter probleem vormt dan bij Ronde Venen. Er is immers niet op alle rwzi's op vergelijkbare installatieonderdelen en bij vergelijkbare handelingen gemeten. Zo zijn op de ene rwzi meer schoonmaakwerkzaamheden bemeten dan op de andere rwzi.

Wel kan aan de hand van de gegevens in tabel 5 geconcludeerd worden dat bij Wervershoof de kans relatief groot is, dat bij de onderzochte meetlocaties / handelingen een concentratie endotoxinen vrijkomt die hoger is dan de MAC-waarde.

Samenvattend kan op grond van de verzamelde gegevens gesteld worden, dat op elke rwzi endotoxinebronnen aanwezig zijn die, bij langdurige blootstelling (meer dan circa 4 uur per dag) van medewerkers daaraan, tot een overschrijding van de MAC-waarde kunnen leiden. Aangezien in dit onderzoek alleen *bronnen* van endotoxinen in kaart gebracht zijn, geven deze gegevens *geen* direct inzicht in de kans dat bij medewerkers die op een rwzi werken de MAC-waarde voor endotoxinen overschreden zál worden.

4.3 Meetgegevens per locatie of handeling

Om inzicht te krijgen in het (relatieve) belang van een bepaalde bron bij de blootstelling van medewerkers aan endotoxinen, zijn alle meetgegevens ook geclusterd per type locatie zoals die in tabel 1 omschreven zijn. Slechts een beperkt deel van alle onderscheiden installatieonderdelen is op alle vier de rwzi's aanwezig. Een deel van de installatieonderdelen komt slecht op één rwzi voor.

Omdat daarnaast, voorafgaand aan het onderzoek, de veronderstelling is geformuleerd dat bij schoonmaakwerkzaamheden er een relatief grote kans is op overschrijding van de MAC-waarde, zijn alleen bij deze specifieke handeling de op de diverse rwzi's gevonden resultaten geclusterd en geanalyseerd.

In tabel 6 zijn de resultaten van de locatie en handeling gerichte metingen opgenomen. Dit betreft de stationair gemeten endotoxineconcentraties in de lucht.

Tabel 6: Meetresultaten van de locatie en handeling gerichte luchtmetingen (EU/m³).

Locatie / handeling	GM	GSD	AM	N	Min.	Max.
Locatie						
Roostergoed **, gebouw	217	6,2	578	8	13,5	1750
Roostergoed**, containers	21,2	2,3	26,6	4	7,4	50,6
Voorbezinker; afgedekt	59,7	11,2	171	2	10,8	332
Drijfslag putzuiger	154	3,3	215	2	66,3	364
Overstort slibretour; afg.	132	2,0	160	5	74,8	336
Overstort bezinker; n.a.	13,2	2,7	18,5	4	4,0	34,7
Punt beluchter; n.a.***	49,4	8,2	268	8	3,7	1550
Puntbeluchter; afgedekt	19,3	6,8	59,2	3	3,9	162
Bellenbeluchter; n.a.	71,5	7,0	219	4	10,1	648
Borstelbeluchter	14,2	4,3	22,6	2	5,0	40,2
Overstort vijzel; n.a.	473	1,1	477	2	438	516
Verdeelwerk	217	1,8	235	2	146	324
In slibgistingstank	706	2,4	852	2	381	1323
Slibontwatering van uitgegist slib	50,9	1,1	51,2	2	48,4	54,0
Aëroob slib indikking	12,6	4,7	46,2	6	3,4	236
Zeefbandpersruimte	193	1,9	230	8	81,9	573
Slibcentrifuge	665	27,1	6885	3	30,7	20145
Boven slibcontainers	4,6	4,6	4,7	2	3,5	6,0
Aanmaak chemicaliën****	7,9	1,8	8,9	3	4,6	14,9
Compost; lavafilter	5,7	1,3	5,9	6	3,8	7,8
Handeling						
Schoonmaken met effluent; object: "schoon"	181	14,9	8381	9	17,3	73203
Schoonmaken met breekwater; object: zeefband	408	2,7	531	3	129,3	732

Opmerkingen:

*: GM= geometrisch gemiddelde; GSD = geometrische standaarddeviatie; AM = rekenkundig gemiddelde; N= aantal; Min. = laagste gemeten waarde; Max. = hoogste gemeten waarde. Alle cursieve GM-en en AM-en overschrijden de Gezondheidswaarde en dus ook de MAC-waarde; alle vette GM-en en AM-en overschrijden de MAC-waarde.

** roostergoedverwijdering; *** n.a. = niet afgedekt; **** aanmaak polymeren met effluent / bedrijfswater.

Een algemene opmerking bij de interpretatie van deze resultaten is, dat voor een aantal installatieonderdelen slechts een zeer beperkt aantal gegevens verzameld is. Op 8 installatieonderdelen zijn maar 2 metingen uitgevoerd. Gezien het grote aantal verschillende installatieonderdelen dat onderzocht is, was het binnen deze onderzoeksopzet, niet mogelijk per

locatie meer monsters te nemen. Consequentie hiervan is dat deze GM-en aan grotere variatie onderhevig kunnen zijn. Het is zeer waarschijnlijk dat als er bijvoorbeeld nog een aantal aanvullende metingen verricht worden, een andere GM gevonden wordt. Deze kan zowel hoger als lager zijn. Praktisch gezien houdt deze beperking in dat de getallen niet als "absoluut" gezien mogen worden. Het getal dat in de tabel aangegeven wordt is een indicatie voor de orde van grootte van de endotoxineconcentratie die op de betreffende plek gevonden wordt.

Een tweede kanttekening die gemaakt moet worden is dat de metingen allemaal in hetzelfde jaargetijde uitgevoerd zijn. Er is dus géén inzicht of, en zo ja in welke mate, er sprake is van seizoensinvloeden op de gevonden endotoxineconcentraties. Het is denkbaar dat in de zomer, door de grotere bacteriegroei en daardoor ook de hogere sterfte van bacteriën, hogere endotoxineconcentraties gevonden zullen worden dan bijvoorbeeld in het voorjaar.

Een derde algemene opmerking is dat tijdens een deel van de metingen de (gemiddelde) windkracht matig tot vrij krachtig was. Dergelijke windsnelheden zijn van invloed op de hoogte van de resultaten van metingen die in de buitenlucht verricht zijn. Mogelijk worden onder andere weersomstandigheden bij de "buiten metingen" hogere waardes gevonden.

Het roostergoedgebouw, de slibgistingstank, de slibcentrifuge, een overstort van een vijzel (niet afgedekt) en een verdeelwerk zijn bronnen van endotoxinen waarbij hogere concentraties dan de MAC-waarde vrijkomen. De zeefbandpersruimte produceert endotoxinen in een concentratie die ongeveer op de MAC-waarde ligt. Bij Ronde Venen en Kralingseveer overschrijdt de GM in de zeefbandpersruimte de MAC-waarde.

Voor al deze installatieonderdelen geldt, dat, indien op die plaats langdurig werkzaamheden verricht worden, de kans op overschrijding van de MAC-waarde groot is. Bij een blootstelling van acht uur per dag is de overschrijding van de MAC-waarde bij die concentraties een feit. Kanttekening hierbij is dat blootstelling bij de slibgistingstank en slibcentrifuge onder normale omstandigheden niet voorkomt, omdat hier sprake is van een besloten systeem.

De resultaten laten zien dat bij schoonmaakwerkzaamheden een overschrijding van de MAC-waarde zeer waarschijnlijk is. De spreiding in de gevonden waarden is ook hier weliswaar groot, maar het GM overschrijdt toch de MAC-waarde bij het schoonspuiten van een zeefband, of dreigt de MAC-waarde te overschrijden. Bij vijf van de negen metingen vond een overschrijding van de MAC-waarde met minimaal een factor 3,5 plaats. Bij één proefopstelling waarbij een zeefband werd schoon gespoten is zelfs een waarde van ruim 73.000 EU/m³ gemeten. In bijlage 4 is een foto opgenomen van een proefopstelling.

Op 11 van de 19 bemonsterde installatieonderdelen overschrijdt de GM de gezondheidswaarde. Op 9 van de 19 bemonsterde installatieonderdelen overschrijdt de AM de MAC-waarde. Voor al deze installatieonderdelen geldt dat blootstelling mogelijk is aan endotoxineconcentraties die, in meer of mindere mate, schadelijk zijn voor de gezondheid. Dit voor zover op een dergelijke locatie door een medewerker daar, al dan niet incidenteel, langere tijd gewerkt wordt.

Voor een beperkt aantal installatieonderdelen zijn de gevonden waarden dusdanig laag dat het risico dat daar endotoxinen vrijkomen in een hoeveelheid die effecten zou kunnen hebben op de gezondheid, onwaarschijnlijk is. Dat geldt in het bijzonder voor de aanmaak van chemicaliën en bij het compostfilter. Geen enkele van de daar gemeten waarden overschreed de gezondheidswaarde. De twee metingen bij de transportband van het ontwaterde slib bij De Verseput, geven ook lage endotoxinen concentraties aan. Slib afkomstig van de zeefbandpers wordt hier via een transportband in containers gestort. De containers staan opgesteld in een hal die overdekt is en aan één zijde open. De monsters zijn op de transportband, boven de container genomen.

4.4 Meetresultaten van buiten, boven een luik of binnen uitgevoerde metingen

Als een bron voor aërosolen zich in de buitenlucht bevindt, dan heeft de wind invloed op de endotoxineconcentratie die gemeten wordt. Op plaatsen waar zich een "scheidingsvlak" tussen de binnen- en de buitenlucht bevindt, zoals een luik, is de invloed van de wind nog wel aanwezig, maar minder nadrukkelijk dan in het geval de bron helemaal niet voor weersinvloeden afgeschermd is. Bij inbandige metingen is de invloed van de wind geheel afwezig. Verdunning van de vrijkomende endotoxinen is dan afhankelijk van de mate waarin de ruimte, al dan niet gericht, geventileerd wordt.

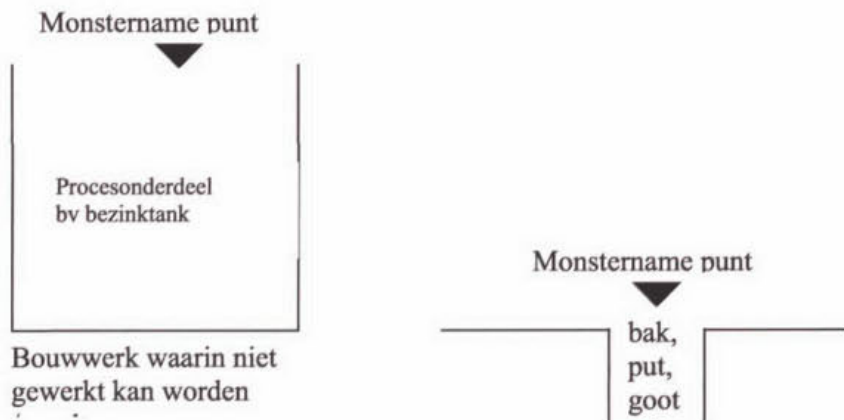
Door clustering van resultaten is nagegaan in welke mate deze fysieke omstandigheden invloed hebben op de concentraties endotoxinen die gemeten worden. Hiertoe zijn de meetresultaten verdeeld in drie nieuwe groepen:

- (1) meetgegevens die verzameld zijn in de buitenlucht of boven een open luik of put;
- (2) meetgegevens die verzameld zijn onder een (deels) afgesloten luik en
- (3) meetgegevens die verzameld zijn in een inbandige ruimte.

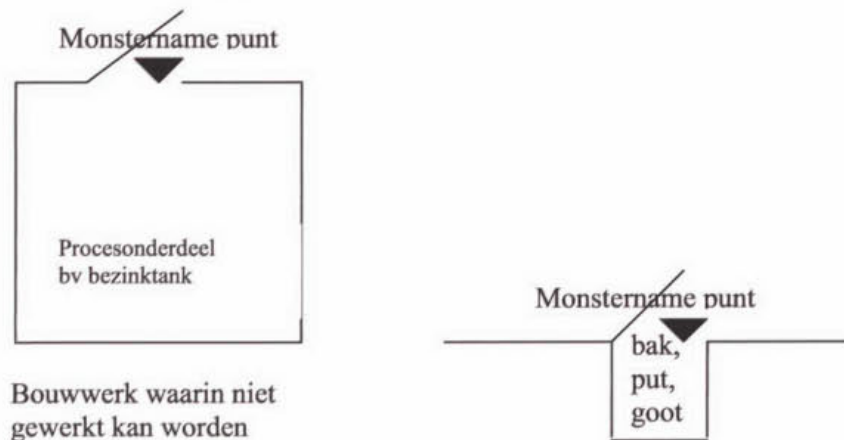
In de figuren 2, 3 en 4 is schematisch weergegeven op welke wijze de clustering van meetresultaten heeft plaats gevonden. In tabel 7 zijn de resultaten van deze clustering weergegeven.

Schematisch kunnen de drie typen installatieonderdelen als volgt worden weergegeven:

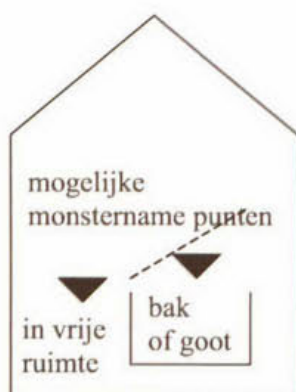
Figuur 2: Monstername in de buitenlucht of boven een open luik of put:



Figuur 3: Monstername onder een deels afgesloten luik:



Figuur 4: Monstername in een inpandige ruimte:



Gebouw waarin gewerkt kan worden

Tabel 7: Meetresultaten van buiten, boven een luik of binnen uitgevoerd metingen.

Omstandigheid	GM	GSD	AM	N	Min.	Max.
<i>Buitenlucht of boven open luik of put</i>	22,4	4,9	103	39	3,5	1550
<i>Onder (deels) afgesloten luik</i>	83,9	4,9	203	25	3,4	1323
<i>Inpandige betreedbare ruimte</i>	111	9,6	2553	41	2,9	73204

Opmerkingen:

*: GM= geometrisch gemiddelde; GSD = geometrische standaarddeviatie; AM = rekenkundig gemiddelde; N= aantal; Min. = laagste gemeten waarde; Max. = hoogste gemeten waarde. Alle *cursieve GM-en en AM-en* overschrijden de Gezondheidswaarde en dus ook de MAC-waarde; alle **vette GM-en en AM-en** overschrijden de MAC-waarde.

Uit deze analyse blijkt dat er een sterke correlatie bestaat tussen de omstandigheden waaronder gemeten wordt en de waarde die gevonden wordt. Naarmate de wind meer invloed heeft / kan hebben op de bron, is de gevonden waarde lager.

Bij de meetresultaten van de inpandige ruimtes is de spreiding in de gevonden waarden ook groter. Dit wordt voor een deel veroorzaakt door schoonmaakwerkzaamheden die binnen uitgevoerd zijn. Tijdens deze werkzaamheden wisselen endotoxineconcentraties sterk.

4.5 Een vergelijking van de resultaten van metingen die in de open lucht en in een inpandige ruimte verricht zijn bij een vergelijkbare handeling / locatie

Nader inzicht in het effect van de wind / ventilatie op de meetresultaten wordt verkregen door onder verder vergelijkbare omstandigheden buiten- en binnenmeetresultaten met elkaar te vergelijken. Hiertoe is nagegaan of de resultaten die tijdens schoonmaakwerkzaamheden zijn verkregen een ander beeld te zien geven als de schoonmaakwerkzaamheden inpandig of buiten uitgevoerd zijn. De resultaten van deze analyse zijn te vinden in tabel 8.

Tabel 8: Vergelijking van meetgegevens van schoonmaakwerkzaamheden die buiten en in een in pandige ruimte zijn uitgevoerd.

Taak en Omstandigheid	GM	GSD	AM	N	Min.	Max.
<i>Schoonmaken Kralingseveer in open lucht (effluent)</i>	20,5	1,2	20,8	3	17,3	24,3
<i>Schoonmaken Kralingseveer in in pandige ruimte (effluent)</i>	358	5,2	647	3	53,4	1081
<i>Schoonmaken Ronde Venen in in pandige ruimte (breekwater / zeefband)</i>	308	3,4	431	2	129	732

Opmerkingen:

*: GM= geometrisch gemiddelde; GSD = geometrische standaarddeviatie; AM = rekenkundig gemiddelde; N= aantal; Min. = laagste gemeten waarde; Max. = hoogste gemeten waarde. Alle *cursieve GM-en en AM-en* overschrijden de Gezondheidswaarde en dus ook de MAC-waarde; alle **vette GM-en en AM-en** overschrijden de MAC-waarde.

Een vergelijking tussen de gemeten concentraties endotoxinen bij schoonmaakwerkzaamheden in de buitenlucht en in een in pandige ruimte laat grote verschillen zien. In de buitenlucht gemeten ligt de hoogste gemeten waarde zelfs nog ruim onder de gezondheidskundige advieswaarde. Hierbij moet wel bedacht worden dat deze metingen zijn uitgevoerd terwijl het buiten vrij hard waaide. Het is mogelijk dat bij lagere windsnelheden de gemeten concentraties hoger zijn. Gemeten in een in pandige ruimte overschrijdt zelfs de laagst gemeten waarde de gezondheidskundige advieswaarde.

Een duidelijk verschil tussen de in pandig bemeeten diverse schoonmaakwerkzaamheden is niet gevonden. Dit terwijl bij Kralingseveer bij het schoonmaken gebruik gemaakt is van effluent en bij Ronde Venen breekwater voor het schoonmaken gebruikt is.

Daarnaast is geanalyseerd of op een vergelijkbare *locatie* ook een dergelijk verschil gevonden wordt als het belangrijkste verschil is dat in het ene geval in pandig gemeten is en in de andere situatie in de buitenlucht. Op vier rwzi's is bij de roostergoedverwijdering gemeten. De roostergoedverwijdering vindt op alle vier de rwzi's in pandig plaats. Bij Ronde Venen wordt het roostergoed via een transportband naar een container gevoerd die in de open lucht staat. Bij deze container is ook een meting uitgevoerd. De vergelijking van de meetgegevens is weergegeven in tabel 9.

Tabel 9: Vergelijking van de meetgegevens bij roostergoedverwijdering van een meting die in de open lucht plaats heeft gevonden met in pandig uitgevoerde metingen.

Locatie en Omstandigheid	GM	GSD	AM	N	Min.	Max.
<i>Roostergoedverwijdering Ronde Venen; in pandig extra ventilatie</i>	34,5	2,9	50,8	3	13,5	111
<i>Roostergoedverwijdering Verseput; open lucht</i>	7,4		7,4	1		
<i>Roostergoed verwijdering Verseput; in pandige ruimte</i>	305	4,6	501	2	104	898
<i>Roostergoedverwijdering Wervershoof; in pandige ruimte</i>	1228	7,7	1367	4	983	1750
<i>Roostergoedverwijdering Kralingseveer; in pandige ruimte</i>	739		739	1		

Opmerkingen:

*: GM= geometrisch gemiddelde; GSD = geometrische standaarddeviatie; AM = rekenkundig gemiddelde; N= aantal; Min. = laagste gemeten waarde; Max. = hoogste gemeten waarde. Alle *cursieve GM-en en AM-en* overschrijden de Gezondheidswaarde en dus ook de MAC-waarde; alle **vette GM-en en AM-en** overschrijden de MAC-waarde.

Een vergelijking tussen de gevonden waarde die bij de roostergoedverwijdering in de buitenlucht gemeten is met de resultaten van de roostergoedverwijdering in een inpandig ruimte laat een vergelijkbaar verschil zien als bij de schoonmaakwerkzaamheden. Bij deze resultaten moet wel de nadrukkelijke kanttekening gemaakt worden dat de meting in de open lucht slechts één enkele meting betreft. Bij de Ronde Venen vindt de roostergoedverwijdering, net als bij de andere rwzi's, inpandig plaats. Er wordt hier echter extra geventileerd. Hierdoor neemt de endotoxineconcentratie af.

Een verklaring voor de hoge waarde bij de roostergoedverwijdering in Wervershoof ligt in het gegeven dat het oppervlak van het water in dat roostergoedgebouw voortdurend met effluent wordt bespoten om schuimvorming tegen te gaan. Voor het besproeien wordt gebruik gemaakt van een continu spuitende brandslang die vastgezet is. Klaarblijkelijk worden door het voortdurend bespuiten van het wateroppervlak zoveel endotoxinehoudende aerosolen in de lucht gebracht dat hierdoor de endotoxineconcentratie sterk op kan lopen.

4.6 Productmonsters

Een primaire taak van een rwzi is om met behulp van micro-organismen afvalstoffen af te breken. Binnen een rwzi zijn er twee "productstromen": een water- en een sliblijn. Bij de indeling van rwzi's in 3 hoofdtypen is een aantal karakteristieken geformuleerd die invloed (kunnen) hebben op de endotoxineconcentratie in die productstromen.

Om een indruk te krijgen van de ontwikkeling van de hoeveelheid endotoxinen tijdens het zuiveringsproces, is een aantal productmonsters genomen. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 10.

NB Het betreft hier de resultaten van éénmalig genomen monsters. Door de aard van het materiaal is een zeer grote spreiding in resultaten binnen één bemonsterd onderdeel van de productlijn waarschijnlijk. De hoeveelheid biologisch materiaal in een monster kan van geval tot geval grote verschillen vertonen. De uitkomsten zijn daarom slechts indicatief.

Tabel 10: Analyseresultaten van productmonsters van alle onderzochte rwzi's (EU / ml).

Productmonster	Wervershoof	De Verseput	Ronde Venen	Kralingseveer
<i>Influent</i>	65.000	33.000	-	19.000
<i>Inhoud beluchtingstank</i>	58.000	19.000	9.000	-
<i>Effluent</i>	800	1200	1700	700
<i>Overloopwater slibindikker</i>	2900	n.v.t.	1900	183.000*
<i>Filtraat zeefbandpers</i>	n.v.t.	4.000	89.000	n.v.t.
<i>Nat slib</i>	127.000	472.000	91.000	126.000

Ter vergelijking: in het water in de breekstank van De Ronde Venen is een concentratie gemeten van 23 EU / ml. In drinkwater is de concentratie endotoxinen lager dan de detectielimiet.

*: Dit is een waarde die in verhouding tot de overige waarden buitenproportioneel hoog lijkt te zijn, mogelijk is deze afwijking door toevallige omstandigheden te verklaren.

De belangrijkste doelstelling van het bepalen van de concentraties endotoxinen in de productmonsters is om een indruk te krijgen van de mate waarin water, dat geaërosoliseerd wordt, in meer of mindere mate endotoxinen zou kunnen bevatten.

Geconstateerd kan worden dat alle waardes, conform verwachting, hoog zijn. De laagst gemeten waarde is circa 30 keer hoger dan water dat in de breekstank van De Ronde Venen aanwezig is. Ter vergelijking in gewoon drinkwater is de concentratie endotoxinen lager dan de detectielimiet van de meetmethode.

In algemene zin geldt dat de laagste waardes zijn gemeten in het effluent, de hoogste in de sliblijn.

Met behulp van deze resultaten kan ook nagegaan worden in hoeverre de karakteristieken, op grond waarvan de indeling in drie hoofdtypen gemaakt is, van invloed zijn of lijken te zijn op de ontwikkeling van de endotoxineconcentratie.

De invloed van de manier waarop het afvalwater aangevoerd wordt

Alleen bij Ronde Venen wordt het te zuiveren water voor meer dan 50 % door vrij verval aangevoerd. Hiervoor is geen productmonster beschikbaar. Het monster in de beluchtingstank is echter wel duidelijk lager dan de andere gevonden waardes.

De invloed van de overige karakteristieken op de endotoxineconcentratie.

De rwzi's De Ronde Venen en Kralingseveer zijn beiden gekarakteriseerd als een type 3a installatie. Toch zijn de verschillen in de resultaten van de productmonsters groot. Alleen het natte slib geeft een resultaat te zien dat in dezelfde orde van grootte ligt.

De resultaten bieden verder onvoldoende aangrijpingspunten om andere constatering ten aanzien van de invloed van de karakteristieken op de endotoxineconcentraties te doen.

4.7 Relatie tussen aërosolvorming en endotoxineconcentratie

Blootstelling aan endotoxinen via de lucht kan alléén plaats vinden als aan een aantal randvoorwaarden is voldaan. De twee belangrijkste randvoorwaarden voor blootstelling zijn:

1. het vóórkomen van endotoxinen in water en
2. het aëroliseren van het water.

Als aan één (of twee) van beide voorwaarden niet voldaan is, kán blootstelling aan endotoxinen via de lucht niet optreden.

De vooronderstelling bij dit onderzoek is geweest dat de mate van aërosolvorming van beide factoren de belangrijkste is. Op plaatsen waar veel aërosolvorming plaats vindt worden hoge endotoxineconcentraties verwacht en op plaatsen met geringe aërosolvorming lage endotoxineconcentraties. Uitgaande van deze vóóronderstelling is bij de keuze van de onderzoeksopzet gebruikt gemaakt van een tabel, die door STOWA in het kader van het Legionella-onderzoek bij rwzi's is opgesteld (tabel 1).

Door de gemiddelde gemeten endotoxineconcentraties in de lucht te vergelijken met de mate waarin aërosolvorming plaats vindt, kan nagegaan worden in hoeverre de veronderstelde relatie tussen aërosolvorming en de gemeten endotoxineconcentratie bestaat. De resultaten van deze vergelijking zijn opgenomen in tabel 11.

Tabel 11: Relatie tussen de mate van aërosolvorming en endotoxine in de lucht (EU/m³).

Bron	Aërosol vorming	Endotoxine Conc.	Kwalitatieve Maat (1)
Schoonmaken installaties	+++++	408	++++
Roostergoedverwijdering/Screezer	++++	217	+++
Puntbeluchter zonder oxicap.	+++	49,4	0
Puntbeluchter met oxicap.	+++	19,3	0
Bellenbeluchting	+++	71,5	+
Borstelbeluchting	+++	14,2	0
Aanmaak chemicaliën	+++	7,9	0
Compostfilters/Lavafilter	+++	5,7	0
Zeebandpersruimte	++	193	++
Overstort vijzel, niet afgedekt (retourslib)	++	473	++++
Overstort bezinker, niet afgedekt	++	13,2	0
Slib centrifuges ruimte	++	665	++++
In slibgistingstank	++	706	++++
Boven slibcontainers	+	4,6	0
Verdeelwerk	+	217	+++
Slib in voor- en naindikker	+	12,6	0
Drijfslag putzuigers	+	154	++
Voorbezinkbassins, afgedekt:	0	59,7	+
Overstort slibretour, afgedekt	0	132	++
Overstort gisting/slibbuffer	?	50,9	+

Opmerking: alleen installatieonderdelen waar de endotoxineconcentratie bepaald is zijn in de tabel opgenomen.

(1) Kwalitatieve maat: indeling van de (GM) endotoxineconcentratie in 5 klassen:

> 400 EU/m³ ++++; 200-400 EU/m³ +++; 100-200 EU/m³: ++; 50-100 EU/m³: +; < 50 EU/m³: 0

Het overzicht van tabel 11 laat zien dat de mate van aërosolvorming, in tegenstelling tot de verwachting, géén goede voorspellende waarde heeft voor de gemeten endotoxineconcentratie in de lucht. Indien de mate van aërosolvorming de meest zwaarwegende verklarende factor zou zijn voor de concentratie endotoxinen in de lucht, dan zouden bij beide kwalitatieve vergelijkingen op dezelfde installatieonderdelen veel en op andere vergelijkbare installatieonderdelen weinig “plussen (+)” gevonden worden. Dat blijkt duidelijk niet het geval te zijn.

De concentratie endotoxinen in de verschillende processtappen in de productstromen is in tabel 10 slechts indicatief gegeven. De daar opgenomen waarden zijn niet geschikt om een kwantitatieve vergelijking op te zetten tussen concentratie endotoxinen in de productlijn en de gemeten endotoxineconcentratie.

5 Conclusies

5.1 Inleiding

In dit onderzoek is er voor gekozen *plaatsgeboden metingen* uit te voeren, om zo *bronnen* van endotoxineblootstelling op te kunnen sporen. Deze keuze is op grond van een aantal praktische overwegingen gemaakt, waarbij de belangrijkste waren:

- de lagere kosten en
- de kortere doorlooptijd van een onderzoek waar plaatsgebonden metingen in plaats van persoonsgebonden metingen worden verricht.

Deze keuze beperkt wel de mogelijkheden om tot een éénduidige conclusie over de persoonlijke blootstelling van rwzi-medewerkers te komen. Hierdoor is tevens de vergelijking van de gevonden waarden met de MAC-waarde niet goed mogelijk, omdat de MAC-waarde gebaseerd is op een 8-urige blootstelling.

5.2 De bronnen van endotoxinen: installatieonderdelen en schoonmaakwerkzaamheden

- In het roostergoedgebouw, bij de slibgistingstank, de slibcentrifuge, een overstort van een vijzel die niet afgedekt is en bij een verdeelwerk zijn GM-en gevonden die hoger zijn dan de MAC-waarde van 200 EU/m³. De waarde die in de zeebandpersruimte gevonden is, ligt ongeveer op de MAC-waarde. Op twee van de drie rwzi's is het berekende GM in de zeebandpersruimte hoger dan de MAC-waarde.

Voor een deel van al deze installatieonderdelen, die als bron meer dan 200 EU endotoxinen / m³ produceren, is bekend dat de verblijftijd er zeer klein tot verwaarloosbaar is. Dit geldt in het bijzonder voor de slibgisting en slibcentrifuge. Ook bij de overstort van een vijzel en bij het verdeelwerk zal de blootstellingstijd in de meeste gevallen beperkt zijn. Al deze installatieonderdelen zullen, door de beperkte blootstellingstijd, slechts zeer beperkt bijdragen aan de dagdosis endotoxinen van rwzi medewerkers.

Het *roostergoedgebouw* en de *zeebandpersruimte* gelden als belangrijke bronnen voor blootstelling aan endotoxinen. Voor beide installatieonderdelen komt, voor een deel van de medewerkers een rwzi, een blootstellingstijd van meerdere uren hier regelmatig voor.

- *Schoonmaakwerkzaamheden*, die in pandig verricht worden, vormen eveneens een belangrijke bron voor endotoxineblootstelling. De duur dat deze werkzaamheden verricht worden kan groot zijn.
- Tijdens de *aanmaak van polymeren* (met effluent of breekwater) en bij *compostfilters* is de blootstelling aan endotoxinen laag. Dit geldt ook voor de slibstort in De Verseput. Als bron voor endotoxineblootstelling is de bijdrage van al deze installatieonderdelen aan de dagdosis verwaarloosbaar.

Hierbij geldt een tweetal kanttekeningen. Uit het Legionella-onderzoek van STOWA (2002) blijkt dat tijdens de *aanmaak van chemicaliën* er sprake is van veel aërosolvorming. Bij de rwzi's waar in dit onderzoek de polymeeraanmaak bemeten is, leek in het geheel géén sprake te zijn van aërosolvorming. Niet uitgesloten kan worden dat bij een ander procédé van polymeeraanmaak er wél sprake is van aërosolvorming en mogelijk daarmee van blootstelling aan endotoxinen.

De tweede kanttekening is dat er alleen metingen uitgevoerd zijn bij een werkend compostfilter. Het is op grond van de huidige gegevens niet duidelijk of bij het omzetten / vervangen van het filter wél endotoxinen vrij kunnen komen.

- Op 11 van de 19 bemonsterde installatieonderdelen is het berekende GM hoger dan de gezondheids-waarde. Voor deze installatieonderdelen geldt dat zij nú al als bron voor endotoxineblootstelling van belang zijn. Blootstelling aan deze bronnen draagt immers ook bij aan de dagdosis endotoxinen waar medewerkers op een rwzi aan blootstaan.

Daarnaast zijn deze bronnen relevant omdat uit die bronnen een concentratie aan endotoxinen vrij komt die, bij 8-urige blootstelling, tot gezondheidseffecten kan leiden. Het belang van deze bronnen neemt verder toe op het moment dat de MAC-waarde verlaagd wordt tot het niveau van de gezondheidkundige advieswaarde: 50 EU / m³. De mate waarin zij als bron belangrijk zijn voor hun bijdrage aan de dagdosis wordt ook bepaald door de tijd gedurende welke medewerkers aan die bron blootgesteld worden.

5.3 Factoren die de concentratie endotoxinen beïnvloeden

- De resultaten tonen aan dat bij in pandig gelegen bronnen hogere concentraties endotoxinen gemeten worden dan bij bronnen die in de buitenlucht bemeten worden. Dit verschil is bij schoonmaakwerkzaamheden zeer nadrukkelijk aanwezig.
- Uit de analysesresultaten van de productmonsters blijkt dat in de sliblijn en in het filtraat / centraat dat vrijkomt bij slibontwatering, over het algemeen duidelijk hogere endotoxineconcentraties worden gevonden dan in de waterlijn.
- Door productmonsters van de water- en sliblijn van de onderzochte rwzi's te nemen, is getracht inzicht te krijgen welke karakteristieken van een rwzi invloed hebben op het ontstaan van endotoxinen in de diverse processtappen. Op basis van het beperkt aantal monsters dat genomen is en de variatie van endotoxineconcentraties die daarin gevonden zijn, kunnen hieromtrent geen eenduidige conclusies getrokken worden.
- In effluent is de concentratie endotoxinen meer dan 30 keer hoger dan in breekwater. In drinkwater is de concentratie endotoxinen lager dan de detectielimiet van de meetmethode. Het is dan ook evident dat door het gebruik van effluent voor schoonmaakwerkzaamheden meer endotoxinen in aerosolen aanwezig zullen zijn dan in de situatie dat daarvoor bijvoorbeeld breekwater of leidingwater gebruikt wordt. Of de grotere hoeveelheid endotoxinen in het schoonmaakwater de meetresultaten significant beïnvloedt, kan op grond van het hier uitgevoerde onderzoek niet vast gesteld worden. Mogelijk is de invloed van de secundaire bron (het object dat schoon gespoten wordt) zo groot dat de extra hoeveelheid endotoxinen in het schoonmaakwater relatief gering is.
- Het overzicht van tabel 11 laat zien dat de mate van aerosolvorming, in tegenstelling tot de verwachting, géén goede voorspellende waarde heeft voor de gemeten endotoxineconcentratie in de lucht. De conclusie uit de vergelijking die in tabel 11 gemaakt is, moet dan ook zijn dat de *concentratie endotoxinen* in het slib en water wat geaëroliseerd wordt een tenminste even belangrijke rol speelt.

5.4 Algemene conclusies

- Blootstelling aan endotoxinen is een factor waar door beheerders van rwzi's rekening mee gehouden moet worden.
- De spreiding in de meetresultaten per locatie en bij schoonmaakwerkzaamheden is groot. De spreiding in de tijdsduur dat een medewerker bepaalde werkzaamheden verricht is eveneens groot. Om tot een inschatting te kunnen komen van de dagdoses endotoxinen waar medewerkers in rwzi's aan blootstaan, moeten deze data gecombineerd worden. Door de grote spreiding in *beide* datasets kan op basis van de resultaten van dit onderzoek een verantwoorde kwantificering van de blootstelling van medewerkers op rwzi's aan endotoxinen *niet* gemaakt worden.

6 Discussie

6.1 Inleiding

Dit onderzoek is zo opgezet dat éénduidige conclusies over de mate waarin de blootstelling van medewerkers aan endotoxinen op een rwzi leidt tot overschrijding van de MAC-waarde niet getrokken kunnen worden. Op basis van de onderzoeksresultaten kunnen wel indicaties gegeven worden over de blootstelling aan endotoxinen en een aantal andere, voor de blootstelling relevante, aspecten.

Om na te gaan of en zo ja in welke mate de blootstelling van medewerkers de MAC-waarde overschrijdt, is het noodzakelijk de dagdoses waar de medewerkers aan blootstaan vast te stellen. De dagdosis kan op twee manieren bepaald worden, door:

1. persoonsgebonden metingen gedurende een representatief deel van de dag uit te voeren en zo direct inzicht te krijgen in de gemiddelde concentratie waar een medewerker aan bloot staat.
2. plaatsgebonden metingen uit te voeren. Als deze uitkomsten gecombineerd worden met de tijd dat een medewerker aan die bron bloot staat, kan een inschatting gemaakt worden van de gemiddelde blootstelling per dag. Deze methode is minder geschikt als de tijd dat een medewerker bepaalde werkzaamheden verricht van dag tot dag sterker fluctueert en/of de spreiding van de bij de bronnen gemeten waarden groter is.

De uiteindelijke doelstelling voor de branche is om medewerkers van rwzi's te beschermen tegen voor de gezondheid schadelijke blootstelling aan endotoxinen. Om na te kunnen gaan welke maatregelen daartoe genomen moeten worden, moet zicht verkregen worden op de kans dat en de mate waarin op diverse rwzi's sprake is van een blootstelling waarbij de dagdosis de MAC-waarde overschrijdt. Uitgaande van plaatsgebonden meetresultaten houdt dit in dat nagegaan moet worden in hoeverre de resultaten vertaald kunnen worden in uitspraken over de blootstelling waar medewerkers in hun werk mee te maken krijgen.

6.2 Discussie over de bronnen van endotoxinen

- Het roostergoedgebouw, de zeefbandpersruimte en schoonmaakwerkzaamheden zijn bronnen waar endotoxineconcentraties bij voorkomen die hoger zijn dan de MAC-waarde. Bij medewerkers van rwzi's die (zeer) grote delen van hun werkdag werkzaamheden verrichten waarbij ze blootstaan aan deze bronnen zal de MAC-waarde voor endotoxinen zeer waarschijnlijk overschreden worden.
- Daar waar in pandig schoonmaakwerkzaamheden verricht worden, is de kans groot dat daarbij de MAC-waarde voor endotoxinen overschreden wordt.
- Bij een groot aantal installatieonderdelen op een rwzi worden endotoxineconcentraties gemeten die hoger zijn dan de gezondheidswaarde van 50 EU / m³. Bij medewerkers die een groot deel van de dag aan procesdelen, of in de buurt daarvan werkzaam zijn, is de kans daarom groot dat de gezondheidswaarde overschreden wordt. Bij hen zijn waarschijnlijk gezondheidseffecten waarneembaar.

6.3 Discussie over factoren die de concentratie endotoxinen kunnen beïnvloeden

- Er lijkt een relatie te bestaan tussen de hogere concentraties endotoxinen in het influent en de waarden die gevonden zijn in de ruimte van de roostergoedverwijdering. De waarden in het influent zijn bij De Verseput en Wervershoof duidelijk hoger dan bij Kralingseveer. Bij De Verseput en Wervershoof worden in het roostergoedgebouw ook duidelijk hogere endotoxine concentraties in de lucht gemeten dan bij Kralingseveer (zie ook tabel 9). Er vinden, tussen het moment dat influent de rwzi binnenstroomt en de roostergoedverwijdering nauwelijks of geen bewerkingen plaats die een belangrijk effect op de endotoxineconcentratie kunnen hebben.
- Er is op basis van de verkregen onderzoeksresultaten geconcludeerd dat de mate van aërosolvorming geen goede voorspellende factor is voor de blootstelling aan endotoxinen. Het verband tussen beide factoren is daarvoor te zwak.
- Een nadere bestudering van de resultaten uit tabel 11 laat zien dat er een relatie lijkt te bestaan tussen de mate waarin *slib* geaëroliseerd wordt en de endotoxineconcentratie die in de lucht gemeten wordt. Uit tabel 10 is afgeleid dat in de sliblijn een hogere concentratie endotoxinen gevonden wordt dan in de waterlijn. Het is op grond van deze bevinding waarschijnlijk dat, daar waar slib geaërosoliseerd wordt, de concentratie endotoxinen in het geaëroliseerd water hoog is. Dit is bijvoorbeeld bij schoonmaakwerkzaamheden van met slib verontreinigde oppervlaktes het geval. Het voorkomen van slibdeeltjes in aërosolen lijkt een betere voorspellende waarde te hebben voor de blootstelling aan endotoxinen dan de mate waarin water geaëroliseerd wordt.
- Mogelijk heeft alleen de *combinatie* van de mate van aërosolvorming en hoge concentraties endotoxinen in het water en slib dat geaërosoliseerd wordt een goede voorspellende waarde voor de blootstelling aan endotoxinen.

6.4 Algemene discussiepunten

- Blootstelling aan endotoxinen is een factor waar door beheerders van rwzi's rekening mee gehouden moet worden. Op grond van de onderzoeksresultaten kan een zeer globale inschatting gemaakt worden van de concentraties endotoxinen waar werknemers op rwzi's aan blootstaan. Kans op overschrijding van de MAC-waarde is, ten minste voor een deel van de medewerkers van een rwzi, reëel aanwezig. Overschrijding van de gezondheidskundige advieswaarde is, voor een groot deel van de op een rwzi werkzame personen, waarschijnlijk.
- De blootstelling van medewerkers aan endotoxineconcentraties is **niet** dusdanig hoog dat op korte termijn zeer ernstige gezondheidsschade waarschijnlijk is. Deze constatering heeft vanzelfsprekend invloed op de prioriteit die door beheerders van rwzi's gegeven wordt aan het nemen van maatregelen om de blootstelling van medewerkers aan endotoxinen te beperken.
- De blootstelling in het roostergoedgebouw, de zeefbandpersruimte en tijdens schoonmaakwerkzaamheden moet op korte termijn gereduceerd worden voor de groep medewerkers waarbij de blootstellingstijd aan deze bronnen groot is.
- Maatregelen om de blootstelling van de groep (relatief) hoog belaste medewerkers te reduceren zijn noodzakelijk, maar kunnen voor een deel pas effectief en efficiënt uitgevoerd worden nadat nader onderzoek is uitgevoerd.
- Het feit dat bij vele metingen de gezondheidskundige- en/of MAC-waarde overschreden worden, is relevant in het kader van de bewustwording dat blootstelling van medewerkers aan endotoxinen voorkómen moet worden. Ook bij medewerkers van rwzi's moet het besef groeien dat blootstelling aan aërosolen, afhankelijk van de samenstelling en blootstellingduur, schadelijk kán zijn voor de gezondheid.

7 Aanbevelingen

7.1 Inleiding

Op basis van de onderzoeksresultaten zijn conclusies getrokken en is bij een aantal aspecten een interpretatie van de gevonden resultaten gegeven. Deze conclusies en de discussie leiden tot diverse aanbevelingen. Deze aanbevelingen zijn gecategoriseerd naar het niveau waarop de betreffende aanbeveling opgepakt / uitgevoerd moet worden. De volgende niveaus zijn hierbij onderscheiden:

- Sector of branche en
- Beheerders en medewerkers van rwzi's.

Deze aanbevelingen zijn navolgend opgenomen. Per aanbeveling wordt eerst omschreven op basis van welke conclusie en/of discussie deze gebaseerd wordt.

7.2 Aanbevelingen voor de sector / branche

- Dit onderzoek heeft, op brancheniveau, de vraag beantwoord *of* blootstelling aan endotoxinen op rwzi's een factor is waar rekening mee gehouden moet worden. Het antwoord op die vraag is bevestigend. Er is een *kwalitatief* inzicht ontstaan in het belang dat een aantal bronnen, waaruit endotoxinen vrijkomen, heeft op de blootstelling van medewerkers van een rwzi aan endotoxinen.

Er is géén inzicht ontstaan in welke mate de "dagelijkse" blootstelling van medewerkers aan endotoxinen tot overschrijding van de MAC-waarde zal leiden.

Aanbeveling:

- Om vast te kunnen stellen aan welke dagdoses endotoxinen medewerkers op rwzi's blootstaan, moet een blootstellingonderzoek uitgevoerd worden. Dit onderzoek moet zich vooral richten op de blootstelling bij medewerkers van rwzi's die minimaal circa 10 uur per week werkzaam zijn aan of in de directe omgeving van bronnen van endotoxinen.
- In dit onderzoek is geconcludeerd dat uit een groot aantal bronnen waar medewerkers van rwzi's aan blootstaan concentraties endotoxinen vrijkomen die hoger zijn dan de gezondheidswaarde van 50 EU / m³. Afhankelijk van de blootstellingtijd van de medewerkers aan de diverse bronnen zal de dagdosis waar medewerkers van rwzi's aan blootstaan de MAC-waarde en/of de gezondheidkundige advieswaarde overschrijden. In welke mate deze blootstelling tot aantoonbare gezondheidsklachten leidt, kan alleen vast gesteld worden door een branchebreed onderzoek te starten naar gezondheidsklachten van medewerkers van rwzi's. Deze klachten moeten dan in verband gebracht worden met hun werk en de blootstelling aan endotoxinen.

Aanbeveling:

- Voer, door middel van een vragenlijst, een onderzoek uit bij alle medewerkers van rwzi's naar het vóórkomen van gezondheidsklachten. Nagegaan moet worden in hoeverre de aangegeven klachten in verband gebracht kunnen worden met blootstelling aan endotoxinen.
NB Alléén door op brancheniveau deze gegevens te verzamelen en te analyseren is de groep blootgestelde medewerkers voldoende groot om eventuele verbanden met de blootstelling vast te kunnen stellen.
- Ontwikkel, op langere termijn, een PAGO, dat gericht is op de blootstelling aan endotoxinen. Doe dit in samenwerking met andere branches waarvoor dit noodzakelijk is.
- In de sliblijn en in het filtraat / centraat blijken de endotoxineconcentraties over het algemeen veel hoger te zijn dan in de waterlijn. In welke mate een verhoogde concentratie

endotoxinen in de slib-/waterlijn een meer of minder belangrijke bijdrage levert aan de blootstelling van medewerkers aan endotoxinen, kan op grond van de verzamelde onderzoeksresultaten niet worden vastgesteld. Indien meer inzicht ontstaat in de factoren die de blootstelling aan endotoxinen bepalen, kunnen er gerichtere maatregelen getroffen worden om de blootstelling aan endotoxinen tegen te gaan.

Aanbeveling:

- Voer een nader onderzoek uit naar het belang dat diverse factoren hebben in hun bijdrage aan de blootstelling van medewerkers aan endotoxinen. Hierbij moet het belang van de volgende factoren op de endotoxineconcentraties waar medewerkers aan blootstaan nader onderzocht worden:
 - De concentratie endotoxinen in de productlijn;
 - De variatie van de concentratie endotoxinen tijdens de seizoenen;
 - Het gebruik van effluent in plaats van leidingwater bij schoonmaakwerkzaamheden en
 - Het aerosoliseren van slibhoudend materiaal; in het bijzonder tijdens schoonmaakwerkzaamheden.

Aangezien de gehele branche na moet gaan op welke wijze de blootstelling aan endotoxinen efficiënt en effectief beperkt kan worden, moet een dergelijk onderzoek op brancheniveau worden uitgevoerd.

NB Door gebruik te maken van effluent kan ook de blootstelling aan andere (biologische) agentia, zoals darmpathogenen (zie: Meidema, 2002) verhoogd worden.

Aanbeveling:

- Op brancheniveau moet een richtlijn over het gebruik van effluent voor de diverse toepassingsgebieden binnen een rwzi worden opgesteld.

7.3 Aanbevelingen voor beheerders en medewerkers van een rwzi

- Een locatie die een zeer belangrijke bron voor de dagdosis van endotoxinen is (of kan zijn) betreft de *zeefbandpersruimte*. De gemeten concentraties zijn hier hoog en de verblijftijd kan hier eveneens lang zijn. Op een aantal rwzi's wordt de zeefband door een medewerker met de hand schoon gespoten. Bij dit specifieke werk is de kans dat de dagdosis aan endotoxinen de MAC-waarde overschrijdt zeer groot.

Aanbevelingen:

- Het handmatig reinigen van de zeefband moet zo veel mogelijk voorkómen worden. Alleen in incidentele gevallen is het handmatig reinigen van een zeefband acceptabel. Structurele schoonmaakwerkzaamheden van de zeefband moeten gemechaniseerd worden, waarbij er veel zorg aan besteed moet worden dat tijdens dat proces zo min mogelijk aerosolen vrij komen.
- Indien een zeefband met de hand schoon gespoten wordt, moet het dragen van adequate beschermingsmiddelen verplicht worden gesteld.
- Een locatie die een zeer belangrijke bron voor de dagdosis van endotoxinen is (of kan zijn) betreft het *roostergoedgebouw*. Dat geldt in het bijzonder op rwzi's waar de roostergoedverwijdering in een in pandige ruimte plaats vindt. In deze ruimte worden, vrij frequent, langdurig werkzaamheden verricht.

Op een rwzi als Wervershoof wordt het wateroppervlak (regelmatig) besproeid om schuimvorming tegen te gaan. Daar zijn de in pandig gemeten endotoxineconcentraties nog sterker verhoogd. In het roostergoedgebouw van Ronde Venen, waar extra ventilatie plaats vindt, blijkt de endotoxineconcentratie relatief zeer laag zijn.

Aanbevelingen:

- Op rwzi's waar de roostergoedverwijdering geheel in pandig plaats vindt, moeten voorzieningen getroffen worden die extra ventilatie van de ruimte garanderen.

- Indien het regelmatig noodzakelijk is in het roostergebouw schuimvorming tegen te gaan, moeten technische maatregelen getroffen worden om te voorkómen dat hierdoor veel aërosolvorming plaatsvindt.
- Indien gedurende langere tijd werkzaamheden in het roostergoedgebouw uitgevoerd worden, moet het dragen van adequate adembescherming verplicht worden gesteld.
- Een handeling die een zeer belangrijke bron voor de dagdosis van endotoxinen is (of kan zijn) betreft *schoonmaakwerkzaamheden*, in het bijzonder als die in pandig uitgevoerd worden. Voor schoonmaakwerkzaamheden wordt veelal water gebruikt dat met een brandspuit of onder hoge druk op het schoon te maken oppervlak wordt gespoten. Er is in dit onderzoek vast gesteld dat er waarschijnlijk een relatie bestaat tussen endotoxineconcentraties waar een medewerker aan blootstaat en de mate waarin slib geaërosoliseerd wordt. Daar waar slib geaërosoliseerd wordt, is, afhankelijk van de blootstellingstijd, de bijdrage daarvan aan de dagdosis endotoxinen groot. Dit geldt in het bijzonder bij schoonmaakwerkzaamheden.

Aanbevelingen:

- Een richtlijn opstellen die inhoudt dat (gemorst) slib zo veel mogelijk droog verwijderd moet worden;
- Tijdens in pandig uitgevoerde schoonmaakwerkzaamheden moet het dragen van adequate adembescherming verplicht worden gesteld.
- Een belangrijk onderdeel van de werkzaamheden van (een deel van de) medewerkers op een rwzi betreft controlewerkzaamheden en monsternamen. Daarbij wordt een groot aantal installatieonderdelen van een rwzi bezocht. Een belangrijk deel van die installatieonderdelen betreft bronnen van endotoxinen waarbij concentraties vrijkomen die hoger zijn dan de gezondheidskundige advieswaarde. De kans op blootstelling aan voor de gezondheid schadelijke niveaus van endotoxinen is bij monsternamen sterk afhankelijk van de manier waarop een monster genomen wordt. Daar waar eerst een luik geopend wordt om een watermonster te nemen, is de kans op een relatief hoge blootstelling groot.

Aanbeveling:

- Ga per monsternamen punt na hoe de blootstellingstijd geminimaliseerd kan worden. Daar waar vanuit (meet)technisch oogpunt een tappunt gecreëerd kan worden om een monster te nemen, verdient dat de voorkeur uit het oogpunt van beperking van de blootstelling.
- Daar waar in pandig aërosolen vrij komen en in het bijzonder als die aërosolen slibhoudend materiaal bevatten, is de bijdrage aan de dagdosis veel groter als die bron in pandig is dan indien dezelfde processtap in de buitenlucht plaats vindt.

Aanbevelingen:

- Houdt bij het ontwerp van nieuwe procesonderdelen rekening met het "ophopen" van aërosolen bij in pandige procesonderdelen.
- Zorg bij in pandige processen voor voldoende geforceerde ventilatie.
- Het is op grond van de uitkomsten van dit onderzoek waarschijnlijk dat een deel van de medewerkers van een rwzi gezondheidsklachten heeft die een relatie hebben met de door hun verrichte werkzaamheden. Mogelijk leidt deze relatie tot ziekteverzuim. Ter preventie van dat verzuim kan het aanbieden van een PAGO aan medewerkers die blootstaan aan endotoxinen zinvol zijn.

Aanbeveling:

- Biedt medewerkers in rwzi's periodiek een PAGO aan dat gericht is op (onder andere) de blootstelling aan endotoxinen.

NB Het verdient de voorkeur als eerst een geschikt PAGO voor beroepsmatige blootstelling aan endotoxinen wordt ontwikkeld (zie brancheaanbeveling)

- Door dit onderzoek is meer inzicht ontstaan in het belang van de blootstelling aan endotoxinen voor medewerkers van een rwzi en in een aantal factoren dat de blootstelling aan endotoxinen beïnvloedt.

Aanbeveling:

- Geef over alle bevindingen van dit onderzoek voorlichting aan de medewerkers van rwzi's. Daarbij moet ondermeer aandacht besteed worden aan:
 - het belang om gemorst slib zo veel mogelijk droog te verwijderen;
 - het belang om het vrijkomen van aerosolen (slib) tegen te gaan;
 - het gegeven dat de blootstelling aan endotoxinen mede afhankelijk is van het al dan niet inpandig zijn van een processtap / handeling.
- In een aantal situaties wordt het dragen van adequate persoonlijke (adem)beschermingsmiddelen aangeraden. Afhankelijk van de concentratie waar een medewerker aan bloot staat en de omstandigheden waaronder gewerkt wordt zijn andere vormen van adem-bescherming geschikt. Relevant bij de keuze van adembeschermingsmiddelen is de mate waarin de MAC-waarde overschreden wordt.

Aanbeveling:

- Voor bescherming tegen endotoxinen zijn twee vormen van bescherming mogelijk:
 - het gebruiken van verse lucht (perslucht) en
 - het toepassen van een "P3-filter".

Het gebruik van een P3-filter is voor de medewerker veel minder belastend dan het toepassen van verse lucht. Een P3-filter mag gebruikt worden in situaties waarbij de endotoxineconcentratie lager blijft dan 50 x de MAC-waarde (10.000 EU/m³).

Praktisch gezien houdt dit in dat voor medewerkers van een rwzi in nagenoeg alle situaties een P3-filter voldoet.

De P3-filters zijn er in twee vormen: als onderdeel van een halfgelaatmasker of als filterend gelaatstuk (een speciaal type "snuitje"). Bij het gebruik van een halfgelaatmasker is het van belang dat dit regelmatig goed schoon gemaakt wordt en dat de medewerker bewaakt wanneer het filter vervangen moet worden. Het filterend gelaatstuk is bij uitstek geschikt voor éénmalig gebruik.

Literatuur

- Boleij JSM, Buringh E, Heederik D, Kromhout H.* Occupational hygiene of chemical and biological agents. Amsterdam: Elsevier, 1995.
- Chun DTW, Chew V, Bartlett K, Gordon T, Jabobs R, et al.* Second inter laboratory study from comparing endotoxin assay results from cotton dust. *Ann Agric Environm Med* 2002; 9: 49-53.
- Donham K., Haglind P., Peterson Y. et al.* Environmental and health studies of farm workers in swedish swine confinement buildings. *Br. J. Ind. Med* 1989; 46: 31-37.
- Douwes J., Leeuwina K., Westveer K. en Heederik D.* Arbeidshygiënisch onderzoek naar de belasting aan biologische factoren van werknemers van de rwzi te Tollebeek. Landbouwwuniversiteit Wageningen, 1993.
- Douwes J, Versloot P, Hollander A, Heederik D, Doekes G.* Influence of various dust sampling and extraction methods om the measurement of airborne endotoxin. *Appl Environ Microbiol* 1995; 61: 1763-1769.
- Douwes J, Wouters I, Dubbeld 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. Mannetje 't J. 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.
- Gezondheidsraad.* Health based recommended occupational exposure limit for endotoxins. Dutch expert committee on occupational standards, Health Council for the Netherlands. Rijswijk, 1998.
- Heederik D, Boleij JSM, Kromhout H, Smid 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 Hyg* 1991; 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 ans respiratory symptoms of farmers. *Int Arch Occup Environ Health* 1991; 62 (8): 595-601.
- Heederik D, Lloyd E.* Comparison of two analytical techniques for quantifying endotoxins: the effect on exposure estimates in the animal feed industry. Abstract ingediend bij Nvva symposium, Zeist 2003.
- Jongeneelen FJ.* Blootstelling aan endotoxine in verschillende sectoren van de akkerbouw en de tuinbouw. IndusTox, consultancy & services. Nijmegen, 2000.
- Medema, D.J., D. Koot en A. Brouwer.* Risico van blootstelling aan Legionella op rwzi's.... en andere biologische agentia, STOWA (2002).

NEN-EN 689. Leidraad voor de beoordeling van de blootstelling bij inademing van chemische stoffen voor de vergelijking met de grenswaarden en de meetstrategie. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1996.

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.

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.

Rietschel E.T., 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

Reynolds SJ, Thorne PS, Donham KJ, Croteau EA, Kelly KM, et al. Interlaboratory comparison of endotoxin assays using agricultural dusts. *Am Ind Hyg Assoc J* 2002; in press.

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

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

Sarantila, R., M. Reiman, J. Kangas, K. Husman, H. Savolainen. Exposure to Endotoxins and Microbes in the Treatment of Waste Water and in the Industrial Debarking of Wood, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (2001) 67:171-178.

Smid T, Heederik D, Mensink G, Houba R, Boleij JS. Exposure to dust, endotoxins, and fungi in the animal feed industry. *Am Ind Hyg Assoc J* 1992; 53: 362-368.

Smid T, Heederik D, Houba R, Quanjier PH. Dust- and endotoxin-related respiratory effects in the animal feed industry. *Am Rev Respir Dis* 1992; 146: 1474-1479.

Smid T, Heederik D, Houba R, Quanjier PH. Dust- and endotoxin-related acute lung function changes and work-related symptoms in workers in the animal feed industry. *Am J Ind Med* 1994; 25: 877-888.

Smid T. Exposure to organic dust and respiratory disorders. An epidemiological study in the animal feed industry (proefschrift). Wageningen, 1994.

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

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

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 (1993).

Wolff S.M. Biological effects of bacterial endotoxins in man. In: *Kass EH, Wolff SM. Bacterial Lipopolysaccharides*. Chicago: University of Chicago Press, 1973: 251-256.

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.

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* 1998; 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* 1998; 33: 384-391.

Bijlage 1: materiaal en methode

Uitvoering monstername

Ongeveer een half uur voor aanvang van de werkdag op het betreffende bedrijf was de getrainde veldwerker aanwezig op het bedrijf. Dit om voorbereidingen te treffen voor de uitvoering van de metingen zoals het warm laten draaien en ijken van de pompjes waarmee gemeten werd en, waar van toepassing, het instrueren van de deelnemende werknemers.

Voor de metingen van inhaleerbaar 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 inhaleerbaar stof conventie. Aangezien er in het onderzoek in veel gevallen ook buiten gemeten werd, is daarom de keuze voor deze monsternamekop gemaakt in plaats van andere, in Nederland gebruikte, inhaleerbaar stof monsternamekoppen zoals de PAS-6 en de IOM-kop.

De monsternamekop werd bij persoonsgebonden metingen op de schouder van de werknemer bevestigd met de aanzuigopening naar voren, in de buurt van de ademzone van de persoon. Bij plaatsgebonden metingen is de monsternamekop dusdanig ten opzichte van de bron gepositioneerd dat een representatief monster verkregen werd voor de maximale blootstelling waar een werknemer bij de betreffende bron aan bloot kan staan.

Het debiet van de pompen was ingesteld op 3,5 l/min. Met behulp van het pompje is de lucht via de monsternamekop door het filter aangezogen, waardoor het stof en de (zich daarin bevindende) micro-organismen op het filter zijn verzameld. De meetduur was gemiddeld iets meer dan 2 uur. Elke veldwerkdag is er ook een blanco monster genoteerd.

Na afloop van de metingen werden de filters uit de koppen gehaald, teruggedaan in het petrieschaaltje met het juiste nummer, koel bewaard 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.

Op een aantal meetplaatsen is de vochtigheid van de lucht zo hoog dat het mogelijk is dat het filter daardoor met water verzadigd raakt. De lucht die dan aangezogen wordt is mogelijk niet meer de hoeveelheid die vooraf is ingesteld. Hierdoor kan een niet representatief beeld ontstaan. Om na te kunnen gaan in hoeverre de verzamelde monsters die met filtermetingen zijn verzameld representatief zijn, zijn parallel aan de inhaleerbaarstof metingen met GSP monsternamekoppen ook stofdeeltjes gemonsterd met jet impingers bij een volumestroom van 2L/min. De impingers werden gevuld met 20 ml pyrogeenvrij water. Een deel van dit water gaat tijdens de monstername verloren door ondermeer verdamping. Daarom is na monstername het volume opnieuw bepaald.

Monsters werden na monstername bewaard bij temperaturen onder het vriespunt. De endotoxine concentratie is bepaald op dezelfde manier als in de stofmonsters door een monster van 1 ml te nemen van het pyrogeenvrije water.

De monstername met impingers is niet gevoelig voor verstoring door te hoge vochtconcentraties in de lucht. Een vergelijking tussen de waarden gevonden bij de impingermetingen en de filtermetingen geeft inzicht in de mate waarin de resultaten van de filtermetingen beïnvloed zijn door de hoge luchtvochtigheid. De resultaten van deze vergelijking zijn opgenomen in bijlage 3.

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. De verwachting is dat deze extra vries-ontdooi cyclus tot een wat lagere concentratie zal hebben geleid, zoals gevonden in een langdurige bewaarproef met endotoxine (Douwes et al., 1995). Dit onderzoek van Douwes is verricht met zuivere endotoxine. Er bestaan aanwijzingen dat in het geval van endotoxine dat opgenomen is in een complexe matrix (zoals andere stofdeeltjes) dit probleem in mindere mate speelt.

De endotoxinen-concentratie is geanalyseerd met behulp van een kwantitatieve kinetische chromogenetische Limulus Amoebocyte Lysaat-test (LAL). (BioWhittaker; lotnummer lysate 1L6765, lotnummer standaard 2L0090 (RSE/CSE ratio 11,5EU/ng)). De reagentia-kit bevat als reagens een gezuiverde Lymulus Amoebocyte Lysate gemengd met een kunstmatig substraat bestaande uit een gebruikelijke peptide (Ac-Ile-Glu-Ala-Arg) die is 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 monsters worden dus geïncubeerd met het hierboven beschreven LAL-reagens. 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 worden 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 1:20 en waar noodzakelijk omdat de gemeten concentratie zich te dicht bij de bovengrens van de analyse bevond, is doorgegaan tot een verdunning van 1:10000. 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. Tijdens het opwerken en de bepalingen zijn controles meegenomen.

Bijlage 2: resultaten endotoxinemetingen

Bron	N	Tijd (min.)	endotoxine conc. EU/m ³	Bedrijfsnaam	Omschrijving
Schoon- maken installaties	9	35	73203,96	Ronde Venen	Proef: effluent op de stilstaande band van de zeefbandpers gespoten.
		6	164,42	Verseput	Taak 4: met effluent schoonspuiten van het terrein rondom de container zandvangervang
		12	60,95	Wervershoof	Taak 2: schoon- /doorspuiten van de drijfzandputten met effluent
		48	1081,22	Kralingseveer	Proef: effluent verneveld in de centrifugeruimte (binnen) in bak met daarin band slijndikker.
		30	24,31	Kralingseveer	Proef: effluent verneveld buiten bij de silo waaruit het droge slijb gestort wordt.
		104	20,68	Kralingseveer	Proef: effluent verneveld in vuilwatergemaal. Water in put gespoten tegen een pomp.
		180	17,34	Kralingseveer	Stationair L18: wegsputten van alg met effluent op rand nabezinktank 1KV (automatisch)
		95	805,04	Kralingseveer	Proef: effluent vernevelen binnen in put waarin filtraat terecht komt uit zeefbandpers en slijbcentrifuge
		30	53,39	Kralingseveer	Taak 1: schoonspuiten slijbput met effluent
		3			
Water uit breektanks		65	129,37	Ronde Venen	Taak 1: schoonspuiten zeefbandpers met hogedruk spuit; gebroken drinkwater
		53	732,34	Ronde Venen	Taak 1: schoonspuiten zeefbandpers met hogedruk spuit; gebroken drinkwater
		57	730,33	Verseput	Taak 1: schoonspuiten zeefbandpers met hogedruk spuit; gebroken drinkwater
Roostergoed- verwijdering / Screezer	12	216	27,74	Ronde Venen	Stationair L01: roostergebouw; de opstelling stond in het roostergebouw dichtbij het rooster.
		246	13,49	Ronde Venen	Stationair L01: roostergebouw; de opstelling stond in het roostergebouw dichtbij het rooster.
		165	111,16	Ronde Venen	Stationair L01: roostergebouw; de opstelling stond iets dichtbij de bron als voorgaande keren
		193	103,92	Verseput	Stationair L07: roostergebouw; monstertop onder deels afgedekt luik
		243	897,75	Verseput	Stationair L07: roostergebouw; monstertop onder deels afgedekt luik
		148	739,03	Kralingseveer	Stationair L02: roostergebouw; ivm gevaarlijke stoffen monstername kop niet dichtbij rooster
		97	1750,44	Wervershoof	Stationair L08: roostergebouw; in roostergebouw met effluent gespoten om schuimvorming tegen te gaan.
		208	983,29	Wervershoof	Stationair L08: roostergebouw; in roostergebouw met effluent gespoten om schuimvorming tegen te gaan.
		101	31,17	Wervershoof	Stationair L07: vuilcontainer roostergebouw
		193	50,56	Wervershoof	Stationair L07: vuilcontainer roostergebouw
		157	17,36	Kralingseveer	Stationair L13: container roostergebouw; vuil dat door rooster werd gevangen via band in container
		131	7,41	Verseput	Stationair L12: roostergebouw boven band
Bellenbe- luchting (niet afgedekt)	4	186	198,93	Verseput	Stationair L06: beluchtingstank/overstort; kop circa 1,5 m boven overstort naar effluent bassin.
		241	648,17	Verseput	Stationair L06: beluchtingstank/overstort; kop circa 1,5 m boven overstort naar effluent bassin.

								Stationair L08: beluchtingstank/parterre; kop net over parterre; circa 30 cm boven water bellenbeluchter
		204	10,08	Verseput				Stationair L08: beluchtingstank/parterre; kop net over parterre; circa 30 cm boven water bellenbeluchter
		260	20,51	Verseput				Stationair L08: beluchtingstank/parterre; kop net over parterre; circa 30 cm boven water bellenbeluchter
<i>Bron</i>	N	Tijd (min.)	endotoxine conc.EU/m3	Bedrijfsnaam				Omschrijving
<i>Puntbeluchter niet afgedekt</i>	8							
		118	8,27	Wervershoof				Stationair L01: beluchtingshuisje; puntbeluchting; monstername kop in afgesloten huisje.
		204	11,89	Wervershoof				Stationair L01: beluchtingshuisje; puntbeluchting; monstername kop in afgesloten huisje.
		120	1549,75	Wervershoof				Stationair L02: beluchting parterre; kop over rand parterre 0,75 meter boven water
		212	115,54	Wervershoof				Stationair L02: beluchting parterre; kop over rand parterre 0,75 meter boven water
		74	198,67	Wervershoof				Stationair L09: beluchtingdriehoek beluchtingbassins tussen rondingen van bassin; vlak boven water.
		194	3,73	Wervershoof				Stationair L09: beluchtingdriehoek beluchtingbassins tussen rondingen van bassin; vlak boven water.
		156	242,93	Wervershoof				Stationair L14: beluchting achter bij bron; geen huisje boven bron; monsternamekop direct boven bron
		174	12,42	Wervershoof				Stationair L15: beluchting achter op kleine parterre aan trapje op bruggetje; net boven wateroppervlak
<i>Puntbeluchter afgedekt</i>	3							
		197	11,21	Ronde Venen				Stationair L03: tweede beluchtingstank. Monsterkop hing in het openstaande luik
		249	3,94	Ronde Venen				Stationair L03: tweede beluchtingstank. Monsterkop hing in het openstaande luik
		172	162,46	Ronde Venen				Stationair L03: tweede beluchtingstank. De monsterkop hing onder het dichte luik
<i>Borstelbeluchting</i>	2							
		170	40,16	Kralingseveer				Stationair L03: borstelbeluchting; online metingen; water afkomstig uit aeratietank
		143	5,03	Kralingseveer				Stationair L09: borstelbeluchting; kop in een gedeeltelijk afgedekt luik boven borstelbeluchters.
<i>Zeebandpersruimte</i>	8							
		205	176,28	Ronde Venen				Stationair L04: zeebandpers; kop naast pers op plek waar afvalwater in opvangbak valt
		240	260,74	Ronde Venen				Stationair L04: zeebandpers; kop naast pers op plek waar afvalwater in opvangbak valt
		55	187,21	Ronde Venen				Stationair L04: zeebandpers; kop naast pers op plek waar afvalwater in opvangbak valt
		216	316,27	Verseput				Stationair L04: zeebandpers; kop naast pers op plek waar afvalwater in opvangbak valt; ook schoongemaal
		253	81,93	Verseput				Stationair L04: zeebandpers; kop naast pers op plek waar afvalwater in opvangbak valt; ook schoongemaal
		240	130,44	Verseput				Stationair L11: zeebandpers; kop boven aan begin waar nattie slijb band opkomt.
		162	573,45	Kralingseveer				Stationair L04: zeebandpersruimte; onder aan zeebandpers waar water van band valt damp vrij
		166	116,65	Kralingseveer				Stationair L05: zeebandpersruimte; kop bovenaan pers waar het slijb op band komt
<i>Compost- / lavafilters</i>	6							
		245	6,75	Ronde Venen				Stationair L06: biofilters. Het biofilter bestond uit compostfilters
		175	4,19	Ronde Venen				Stationair L06: compostfilter. Het biofilter bestond uit compostfilters
		150	6,57	Verseput				Stationair L01: biofilters; lavafilter; kop net boven de luchtstroom afkomstig uit afvoerpijp.
		257	3,78	Verseput				Stationair L01: biofilters; lavafilter; kop net boven de luchtstroom afkomstig uit afvoerpijp.
		203	6,25	Wervershoof				Stationair L11: compostfilter; waar lucht door geblazen werd; kop net boven oppervalk compostfilter.
		92	7,82	Kralingseveer				Stationair L01: compostfilter; overdekt; kop in overdekte ruimte.

Bron	N	Tijd (min.)	endotoxine conc.EU/m3	Bedrijfsnaam	Omschrijving
<i>Aanmaak chemicaliën</i>	3	177	14,91	Ronde Venen	Stationair L08: polymeer aanmaak; aangemaakt met gebroken drinkwater
		100	7,21	Wervershoof	Stationair L06: polymeer aanmaak; kop boven mengvat.
		158	4,63	Kralingsveer	Stationair L08: polymeer aanmaak; kop boven mengvat.
<i>Overstort vijzel, niet afgedekt</i>	2	123	516,26	Wervershoof	Stationair L03: slibretour mbv vijzel retourslib uit nabezinktank met effluent; kop 20 cm boven vijzel
		149	438,05	Wervershoof	Stationair L03: slibretour mbv vijzel retourslib uit nabezinktank met effluent; kop 20 cm boven vijzel
<i>Overstort bezinker, niet afgedekt</i>	4	197	8,25	Ronde Venen	Stationair L05: natslibdepot. De monsterkop stond boven de inlaat van het natte slib in het bassin.
		248	3,98	Ronde Venen	Stationair L05: natslibdepot. Er werd deze dag geen nat slib het bassin ingelaten.
		170	27,01	Ronde Venen	Stationair L05: natslibdepot. De monsterkop stond boven de inlaat van het natte slib in het bassin.
		233	34,71	Verseput	Stationair L10: nabezinktank overstort; kop direct boven put waarin effluent uit nabezinktanks viel
<i>Slibcentrifuge ruimte</i>	3	98	20145,63	Wervershoof	Stationair L05: centrifugeluik; onder centrifuge pijp waardoor gedroogde slib valt; kop in luik monsternaam
		200	479,49	Wervershoof	Stationair L05: centrifugeluik; onder centrifuge pijp waardoor gedroogde slib valt; kop in luik monsternaam
		193	30,68	Wervershoof	Stationair: reparatiewerk slibcentrifuge; kop zo dicht mogelijk bij monteers; kap centrifuge verwijderd
<i>Slibstort</i>	2	164	6,01	Verseput	Stationair L02: slibopslag; slib zeefbandpers in containers gestort; kop op kraan boven containers
		279	3,48	Verseput	Stationair L02: slibopslag; slib zeefbandpers in containers gestort; kop op kraan boven containers
<i>Verdeelwerk</i>	2	196	324,20	Wervershoof	Stationair L10: verdeelwerk. Door dit verdeelwerk wordt het water over verschillende nabezinktanks verdeel
		162	145,68	Kralingsveer	Stationair L17: verdeelwerk. Dit verdeelwerk bevindt zich tussen de contact tank en de actieve slib tanks
<i>Verwerking primair slib</i>	6	205	236,07	Ronde Venen	Stationair L02: slibindikker; kop aan rek circa 20 cm naar beneden; luik dicht
		252	3,92	Ronde Venen	Stationair L02: slibindikker; kop aan rek circa 20 cm naar beneden; luik open
		176	8,91	Ronde Venen	Stationair L02: slibindikker; kop aan rek circa 20 cm naar beneden; luik open
		190	3,40	Wervershoof	Stationair L13: indikker. De monsternaam kop hing onder een gedeeltelijk afgedekt luik van slibindikker
		149	8,32	Kralingsveer	Stationair L14: primaire Indikker; kop in gedeeltelijk gesloten luik in indikker zelf.
		68	16,87	Kralingsveer	Stationair L14: primaire Indikker; kop in gedeeltelijk gesloten luik in indikker zelf.

Bron	N	Tijd (min.)	endotoxine conc.EU/m ³	Bedrijfsnaam	Omschrijving
<i>Drijfslaag putzuigers</i>	2	192	364,43	Wervershoof	Stationair L12: drijfslaagput; drijfslaag van 'nabezinktanks' verzameld. In put met effluent gesproeid
		251	66,28	Kralingseveer	Stationair L16: drijfslaagput; kop hing in luik van drijfslaagput; drijfslaag afkomstig uit voorbezinktanks
<i>Zandvanger, Afgedekt</i>	2	167	10,78	Verseput	Stationair L03: zandvanger; wordt met 'hark' in container gegooid; kop bij spoelbakje 'hark'.
		151	331,94	Kralingseveer	Stationair L12: zandvanger/hark; wordt met 'hark' in container gegooid; kop bij spoelbakje 'hark'.
<i>Overstort</i>	1	158	87,07	Kralingseveer	Stationair L06: vijzel. Deze vijzel werkt het slib uit de nabezinktanks omhoog
<i>Vijzel, afgedekt Overstort bezinker, afgedekt</i>	7	175	103,51	Verseput	Stationair L05: slibretour/influent; kop onder deel afgesloten luik waar retourslib en influent samenkomen
		253	75,09	Verseput	Stationair L05: slibretour/influent; kop onder deel afgesloten luik waar retourslib en influent samenkomen
		243	74,82	Verseput	Stationair L09: slibretour; kop onder deels afgedekt luik waar retourslib werd overgestort.
		179	336,04	Verseput	Stationair L09: slibretour; kop onder deels afgedekt luik waar retourslib werd overgestort.
		155	13,88	Kralingseveer	Stationair L07: overstort effluent daarna lozing water; kop boven put
		250	69,36	Kralingseveer	Stationair L20: overstort voorbezinktank/drijfslaaggoot. Deze overstort gaat naar de drijfslaagput
		123	209,40	Wervershoof	Stationair L04: slibretourluik; onder gedeeltelijk afgedekt luik hing kop boven overstort retourslib
<i>Slibgisting</i>	2	171	381,02	Kralingseveer	Stationair L19: bovenop gisttank luik waaruit o.a. methaan vrijkomt; kop hing in afgesloten luik
<i>Slibverwer- king slibgisting</i>	2	8	1323,11	Kralingseveer	Stationair L19: bovenop gisttank luik waaruit o.a. methaan vrijkomt; kop hing in afgesloten luik
		180	54,02	Kralingseveer	Stationair L07: gistingstank; kop hing in luik bovenop gistingstank; onder luik overstort van uitgegist slib
<i>Overige metingen</i>	21	147	48,41	Kralingseveer	Stationair L15: slibbuffertank; kop in overstort slibbuffertank 1 en 2
		91	10,87	Ronde Venen	Taak 2: monstername incl. analyse in lab
<i>Totaal monsters</i>	114	27	36,51	Verseput	Taak 2: monstersnemen en schoonmaken installaties in de beluchtingstank
		30	24,38	Wervershoof	Taak 1: bestond uit het watermonsters nemen en deze vervolgens analyseren in het lab.
		30	136,19	Verseput	Taak 3: bestond uit het schoonvegen van de opslagplaats waar de slibcontainers staan
		150	308,72	Kralingseveer	Stationair L10: vuilwatergemaal.
		30	24,38	Kralingseveer	Stationair L10: vuilwatergemaal; tijdens meting werd tank met resimix gelost
		167	4,33	Kralingseveer	Stationair L21: selectortank; meetpunt bij motor M1355; kop onder gedeeltelijk afgesloten luik

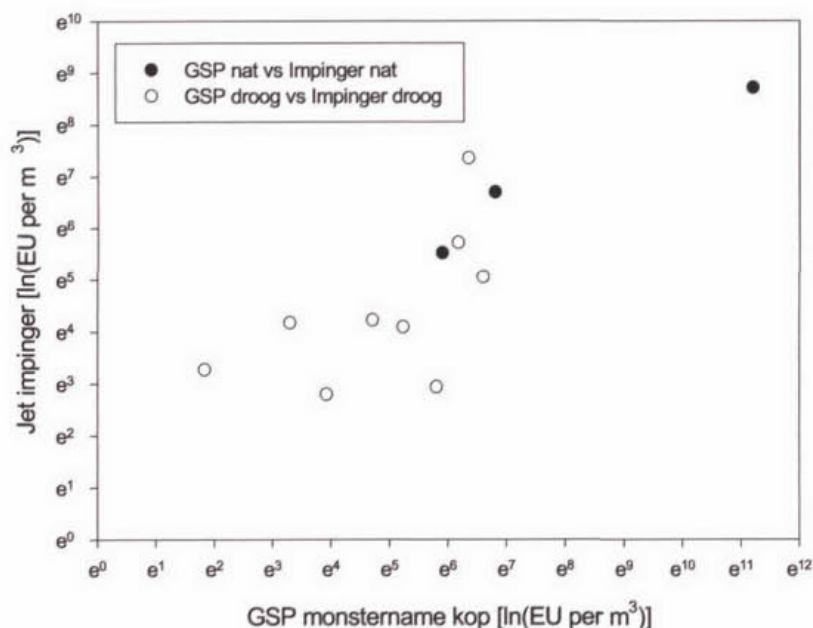
Bijlage 3: Relatie tussen GSP en Jet impinger meetresultaten

Op een aantal meetplaatsen is de vochtigheid van de lucht zo hoog dat het denkbaar is dat het filter daardoor met water verzadigd raakt, waardoor de luchtstroom wordt beïnvloed en meetfouten worden gemaakt. Om na te kunnen gaan in hoeverre de verzamelde monsters die met filtermetingen zijn verzameld representatief zijn, zijn parallel aan de inhaleerbaarstof metingen met GSP monsternamekoppen ook stofdeeltjes gemonsterd met zo genaamde "jet impingers" bij een volumestroom van 2L/min.

De monstername met impingers is niet gevoelig voor verstoring door te hoge vochtconcentraties in de lucht. Een vergelijking tussen de waarden gevonden bij de impingermetingen en de filtermetingen geeft inzicht in de mate waarin de resultaten van de filtermetingen beïnvloed zijn door de hoge luchtvochtigheid.

De resultaten van deze vergelijking zijn opgenomen in figuur 1.

Figuur 1: vergelijking van de meetresultaten gevonden met filter en impinger metingen



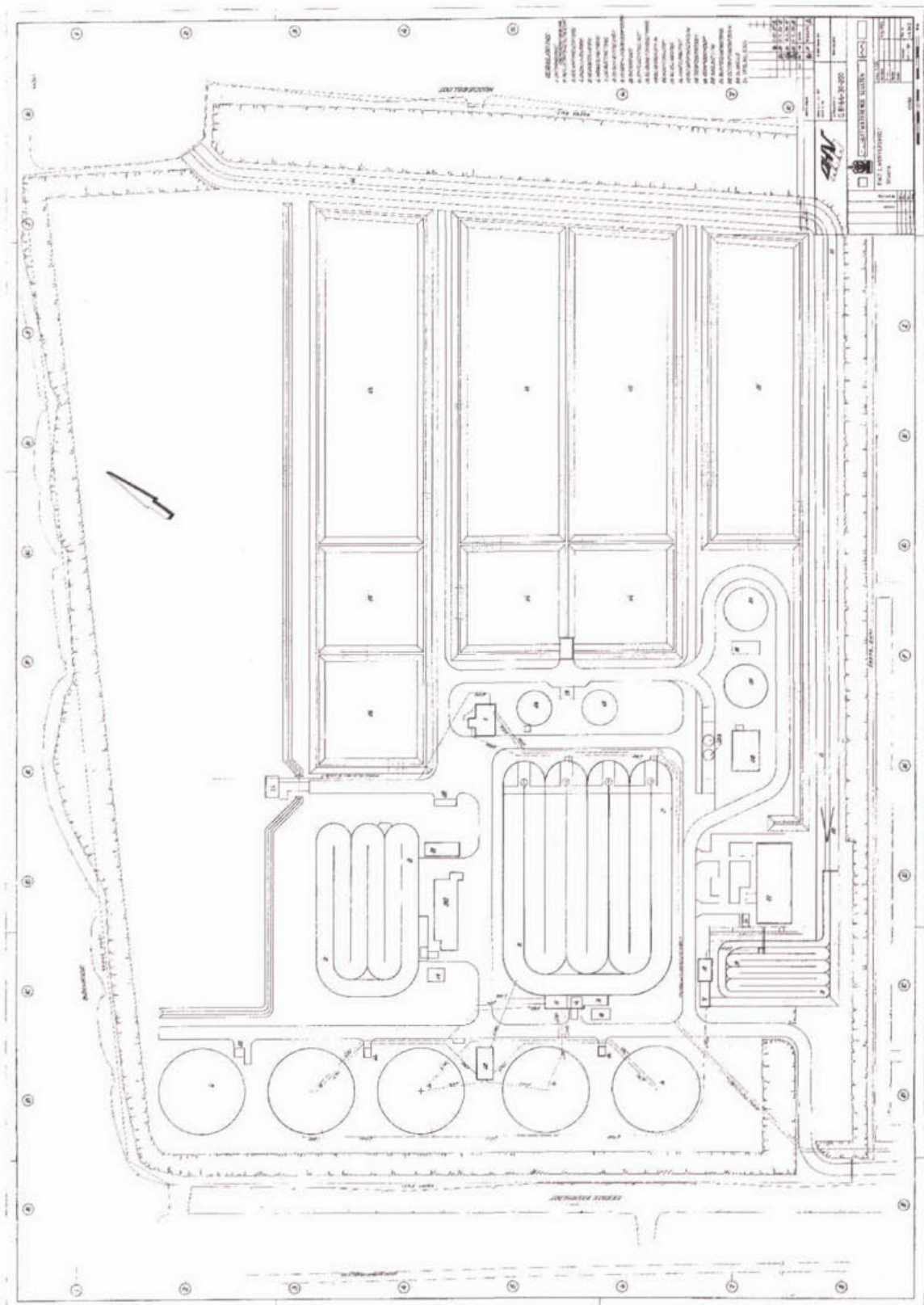
Uit figuur 1 kan geconcludeerd worden dat er geen systematische verschillen bestaan tussen beide series meetresultaten, zodat de conclusie gerechtvaardigd is dat geen noemens-waardige verstoring is opgetreden doordat de vochtconcentratie in de filters te hoog is geworden.

Bijlage 4: Foto proefopstelling schoonmaakwerkzaamheden

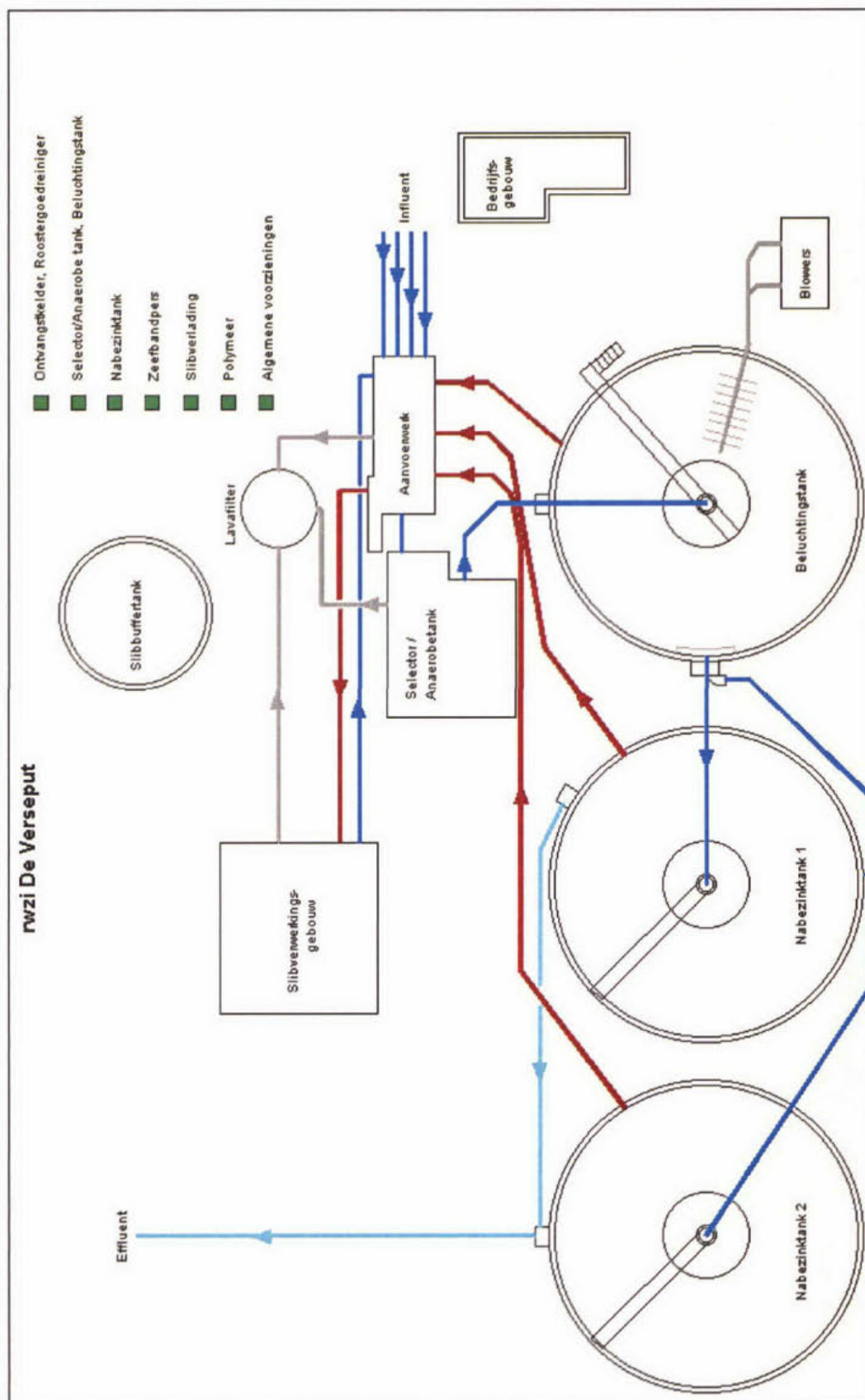


Foto 1: Ronde Venen: proefopstelling schoonmaakwerkzaamheden zeefband.

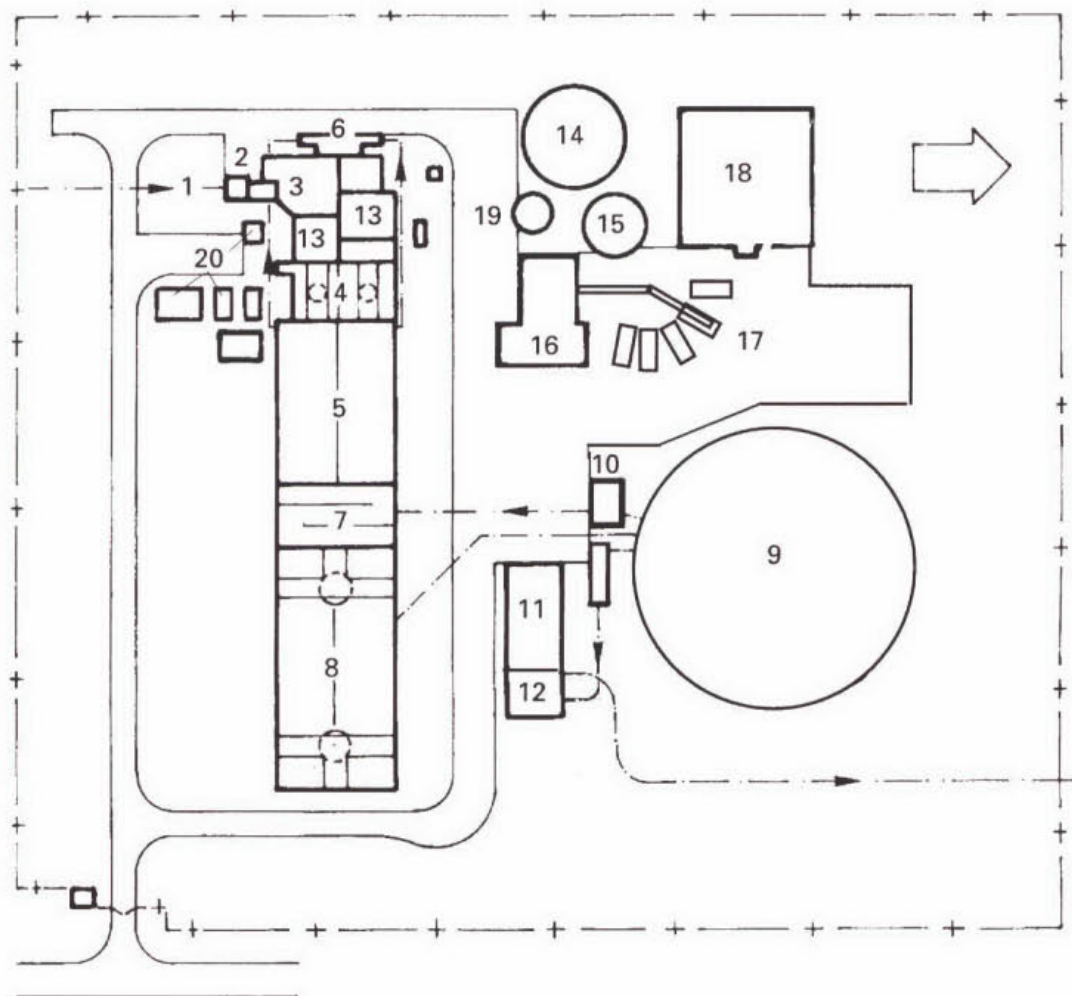
Bijlage 5: Plattegrond rwzi Wervershoof



Bijlage 6: Plattegrond rwzi De Verseput



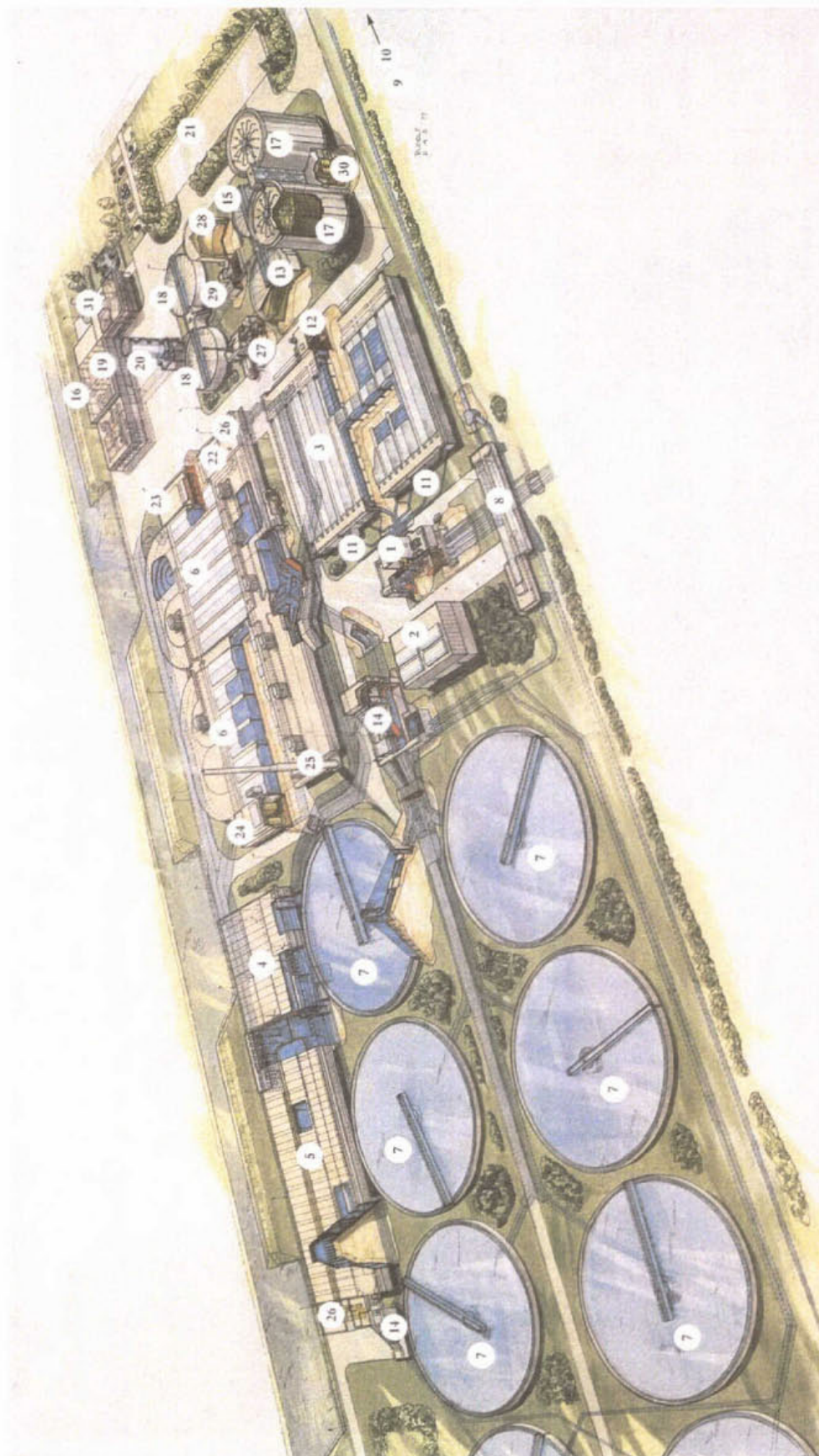
Bijlage 7: Plattegrond rwzi De Ronde Venen



Legenda

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Ontvangput | 11. Bedrijfsgebouw, effluentgemaal |
| 2. Roostergebouw | 12. Effluentgemaal |
| 3. Zandvanger | 13. Slibindikers |
| 4. Eerste beluchtingstank | 14. Gistingstank |
| 5. Tussenbezinktank | 15. Gashouder |
| 6. Retourslibgemaal | 16. Slibverwerkingsgebouw, zeebandpers |
| 7. Denitrificatietank | 17. Containers |
| 8. Tweede beluchtingstank | 18. Natslibdepot |
| 9. Nabezinktank | 19. Slibbuffer(indik)tank |
| 10. Retourslibgemaal | 20. Geurfilters |

Bijlage 8: Plattegrond rwzi Kralingseveer



Het Zuiveringsproces stap voor stap

In de awzi (afvalwaterzuiveringsinstallatie) Kralingseveer wordt het afvalwater (rioolwater) gezuiverd dat afkomstig is van huishoudens en bedrijven uit een groot deel van Rotterdam-Noord, Bergschenhoek en Capelle aan den IJssel.

Zuivering van het afvalwater

1. Ontvangwerk en verdeelwerk

Hier komt het afvalwater binnen en passeert een harkrooster, waarmee de grove delen uit het water worden verwijderd. Het water wordt verdeeld naar vier voorbezinktanks

2. Defosfateringsgebouw

Hier worden ijzerzouten met behulp van doseerpompen in één voorbezinktank toegevoegd. Deze ijzerzouten en het aanwezige fosfaat in het water vormen samen vlokken die in de voorbezinktank naar de bodem zakken. Op deze manier wordt fosfaat uit het afvalwater verwijderd.

3. Voorbezinktanks

In deze vier tanks bezinken de zwaardere deeltjes, die een sliblaag vormen op de bodem. Dit noemen we primair slib. De lichtere vuildelen, zoals olie en vet, krijgen de gelegenheid om naar de oppervlakte te drijven. Deze worden verzameld en uit het water verwijderd. Het afvalwater stroomt vervolgens naar de selector.

4. Selector (contacttank)

In de selector wordt het voorbezonden afvalwater in contact gebracht met grote hoeveelheden micro-organismen; dit zijn bacteriën die we actief slib noemen. De micro-organismen zijn nodig voor het biologische zuiveringsproces.

5. Stikstofverwijdering

In deze twee tanks worden zodanige omstandigheden gecreëerd, dat het afvalwater door zuurstofloze en zuurstofrijke delen wordt geleid. Hierdoor kunnen de bacteriën hun werk doen en de aanwezige stikstofverbindingen, zoals nitraat, uit het afvalwater verwijderen.

6. Beluchtingscircuits

In de twee beluchtingscircuits vindt het biologische zuiveringsproces plaats. Hier wordt het afvalwater en de toegevoegde bacteriën voortgestuwd voor een betere menging. In het mengsel wordt zuurstof toegevoegd. De zuurstof wordt door middel van acht grote schoepen in het water geslagen. Hierdoor zijn de bacteriën in staat de (organische) verontreinigingen in het afvalwater af te breken. De bacteriën en verontreinigingen vlokken samen tot slib zodat gezuiverd afvalwater vermengd met slibvlokken overblijft.

7. Nabezinktanks

Vanuit de beluchtingscircuits stroomt het gezuiverde water met de slibvlokken naar de acht nabezinktanks. In deze tanks worden het schone water en het slib gescheiden. Dit gebeurt doordat het water in de tanks bijna stilstaat waardoor het slib naar de bodem van de tank zakt. Door middel van een langzaam draaiende slibschiuiver wordt het bezonken slib naar het midden geschoven. Van hieruit wordt een deel van het actief slib teruggepompt naar de selector (4) zodat de bacteriën opnieuw kunnen worden ingezet voor het zuiveringsproces. Het overige slib (surplus-slib) wordt afgevoerd om verder te worden behandeld (11 t/m 21) Het gezuiverde afvalwater (effluent) stroomt via de overstortrand naar de effluentleiding.

8. Meetgoot

Hier wordt de hoeveelheid gezuiverd afvalwater gemeten.

9. Hevelgebouw

Het gezuiverde afvalwater wordt via een hevel over de dijk naar de rivier gevoerd. Een apparaat naast dit gebouw kan monsters nemen van het effluent om de kwaliteit te kunnen bepalen.

10. Uitstroomwerk

Hier stroomt het gezuiverde, schone afvalwater (effluent) in de Nieuwe Maas.

Behandeling van het zuiverings-slib

11. Primair slibgemaal

Het primair slib uit de voorbezinktanks (3) wordt naar de primair slibdikkter (13) gepompt.

12. Zand- en drijfslaaggebouw

In dit gebouw wordt het zand uit het primair slib verzameld. Het zand wordt gewassen en afgevoerd voor hergebruik. De drijfslaag (olie en vet) van de voorbezinktank wordt naar de slibgistingstank (17) gepompt.

13. Primair slibdikkter

Het primair slib uit de voorbezinktanks wordt hier ingedikt. Dat wil zeggen dat er zoveel mogelijk water uit het slib wordt verwijderd. Het slib zakt hier naar de bodem, zodat het water weg kan stromen. Dit water gaat terug om te worden gezuiverd. Het ingedikte slib wordt vervolgens naar de slibgistingstanks (17) gepompt.

14. Retour-slib/secundair slibgemaal

De vijzels van dit gemaal pompen het slib dat is bezonken in de nabezinktanks voor het grootste deel terug naar de selector, zodat het opnieuw aan het biologische proces kan deelnemen. Een deel van het slib wordt naar de secundair slibdikkter (15) en naar de banddikkters (16) gepompt om ingedikt te worden.

15. Secundair slibdikkter

Het slib uit de nabezinktanks wordt hier ingedikt. Dit gebeurt op dezelfde wijze als bij de primair slibdikkter (13). Ook dit ingedikte slib wordt naar de slibgistingstanks (17) gepompt.

16. Banddikkters

Het slib uit de nabezinktanks ligt op een poreuze lopende band, zodat het water in het slib door de kleine gaatjes heen kan sijpelen. Het slib wordt hierdoor dikker voordat het naar de slibgistingstanks wordt gepompt.

17 Slibgistingstanks

In deze twee tanks komen het ingedikte slib van de primair slibdikkter, de secundair slibdikkter en de banddikkters en tevens de drijfslag van het drijfslagegebouw bij elkaar. Met behulp van bacteriën ontstaat biogas (methaangas). Het geproduceerde methaangas uit de slibgistingstanks wordt in de gashouder (28) opgeslagen.

18 Slibbuffertanks

Het uitgegiste slib stroomt uit de twee slibgistingstanks naar de slibbuffertanks. Met behulp van mixers wordt het slib goed geventilerd gehouden.

19 Slibcentrifuges

Vanuit de slibbuffertanks wordt het uitgegiste slib naar de centrifuges gevoerd en daar verder ontwaterd. Er zit namelijk nog steeds zo'n 95% water in het uitgegiste slib. Uiteindelijk blijft slib over, dat op zwarte grond lijkt. Dit slib bevat nog 75% water.

20 Slibsiro

Met behulp van pompen wordt het ontwaterde slib naar de grote groene slibsiro gepompt. Deze siro heeft een opslagcapaciteit van circa 3 dagen slibproductie. Enkele malen per week wordt het slib met vrachtauto's naar de slibverbrandingsinstallatie in Dordrecht vervoerd.

21 Slibopslagplaats

Op dit verharde terrein is het mogelijk het slib tijdelijk op te slaan, indien de afvoer van slib zou stagneren.

Behandeling van (stank)lucht

22 Ventilatorgebouw

Op de awzi Kralingseveer zijn alle onderdelen die stank kunnen veroorzaken afgedekt. Onder deze afdekkingen wordt de lucht door middel van ventilatoren ververst.

23 Compostfilters

De afgezogen lucht wordt door compostfilters geleid en vervolgens biologisch behandeld. Bacteriën breken

de stank grotendeels af door de stankstoffen om te zetten in reukloze stoffen. Hierna wordt de lucht vermengd met buitenlucht en opnieuw gebruikt in het beluchtingscircuit (6).

24 Gaswasegebouw

Na gebruik in het beluchtingscircuit wordt de lucht afgezogen en nabehandeld in de ozon-gaswastallatie. Stankstoffen en eventuele kiemen worden door het ozon afgebroken en onschadelijk gemaakt.

25 Schoorsteen

De gereinigde lucht verlaat de installatie via de 40 meter hoge schoorsteen.

Overige onderdelen op het terrein van de awzi

26 Compressorgebouwen

De compressoren in de twee compressorgebouwen zorgen voor belienbeluchting, onder andere in het beluchtingscircuit (6). De bacteriën krijgen hierdoor zuurstof die ze nodig hebben om hun zuiveringswerk te kunnen doen.

27 Slibontvangput / vuilwatergemaal

In de ontvangput kan o.a. rioolslib en per tankauto aangevoerd afvalwater worden geloosd. In het vuilwatergemaal bevindt zich een zelfreinigend rooster waarmee vaste delen uit het afvalwater en/of slib kunnen worden gezeefd.

28 Gashouder

Het methaangas uit de slibgistingstanks (17) wordt gebruikt als brandstof voor gasmotoren, die weer voor elektriciteit en warmte zorgen. Op deze wijze kan de awzi Kralingseveer in ruim 60% van de eigen energiebehoefte voorzien.

29 Gasmengstation

Om het tekort aan methaangas aan te vullen wordt in het gasmengstation aardgas gemengd met lucht om dezelfde verbrandingswaarde als het methaangas te verkrijgen. Deze gasen kunnen dan beide als brandstof dienen voor de gasmotoren.

30 Dienstgebouw (slibverwarming)

Het slibgistingproces werkt het best bij een temperatuur van circa 32°C. In dit gebouw zijn warmtewisselaars opgesteld, waar de warmte van het koelwater van de gasmotoren beschikbaar komt voor de verwarming van de slibgistingstanks (17).

31 Bedrijfsgebouw

In dit gebouw zijn onder andere de gasmotoren voor de energie-opwekking en de banddikkters opgesteld, alsmede de centrifuges voor de slibontwatering. Ook bevinden zich hier een laboratorium, een werkplaats en de centrale wach, waar het zuiveringsproces met behulp van een computer wordt gecontroleerd en gestuurd. Op de eerste verdieping van het bedrijfsgebouw is een ontvangstruimte ingericht om bezoekers uitleg te kunnen geven over het zuiveringsproces.



Awzi Kralingseveer
Schaardijk 300
2909 LA Capelle aan den IJssel



Hoogheemraadschap van Schieland

Postbus 4059, 3006 AB Rotterdam
Tel. (010) 453 72 00
Fax (010) 413 06 94

Oplage: 5.000 ex.
Juni 1999

