

STANKOVERLASTEN -BESTRIJDING BIJ DE VERLADING VAN ONTWATERD SLIB



RAPPORT

2004
09

STANKOVERLAST EN -BESTRIJDING
BIJ DE VERLADING VAN ONTWATERD SLIB

RAPPORT

2004

09

ISBN 90.5773.242.2



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

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 629 33 32 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

COLOFON

Utrecht, 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

PROJECTUITVOERING

ing. J. Dekkers *Royal Haskoning*
ir. N. Groeneveld *Royal Haskoning*
dr. ir. A. Visser *Royal Haskoning*
dr. ir. W.M. Wiegant *Royal Haskoning*

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

ing. A.A.J.C.Schellen (voorzitter) *Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden*
ing. L.A. van Efferen *Waterschap Zuiderzeeland*
ing. R.E. Moerman *Waterschap de Dommel*
dr. G.R. Zoutberg *Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier*
ing A. Sengers *Hoogheemraadschap van Schieland*
ir. C.A. Uijterlinde *STOWA*

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2004-09

ISBN 90-5773-242-2

TEN GELEIDE

De opslag en het verladen van slib op plaatsen waar zuiveringsslib ontwaterd wordt leidt regelmatig tot geurhinder, zowel op het terrein van de RWZI als daarbuiten. Dit is natuurlijk niet gewenst en daarom is het van belang dat er afdoende maatregelen worden genomen om deze geurhinder te voorkomen. Op veel ontwateringslocaties zijn maatregelen getroffen om deze geurhinder te voorkomen. Een landelijk beeld omtrent de effectiviteit en kosten van deze maatregelen ontbreekt echter. Ook is er geen goed inzicht in hoeveel geuremissie nu werkelijk optreedt tijdens de verlading van zuiveringsslib.

Op basis van de ervaringen van verschillende waterbeheerders is een goed beeld van de effectiviteit van verschillende maatregelen voor de bestrijding van geuroverlast verkregen. Bovendien zijn metingen verricht om inzicht in kengetallen voor de emissie van geur tijdens opslag en verlading van slib te verkrijgen. Dit rapport kan de keuze voor maatregelen om geurhinder te voorkomen vergemakkelijken.

Een schriftelijke enquête onder de waterkwaliteitsbeheerders en een bezoek aan een aantal van hen hebben een belangrijke rol gespeeld bij de totstandkoming van dit rapport. De STOWA is de waterkwaliteitsbeheerders die hun medewerking in hebben verleend zeer erkentelijk.

Het onderzoek is geïnitieerd door vijf waterschappen die naast de deelname aan de begeleidingscommissie een aanvullende financiële bijdrage hebben geleverd aan het project. De STOWA wil haar onderzoeksprogramma graag vraaggestuurd vanuit de deelnemers invullen. De werkwijze die bij dit project gehanteerd is, is een goed voorbeeld van vraaggestuurd onderzoek waarbij alle waterschappen hun voordeel mee kunnen doen. De STOWA wil de vijf waterschappen die het project geïnitieerd hebben graag bedanken voor hun betrokkenheid bij dit project.

Utrecht, mei 2004

De directeur van de STOWA
ir. J.M.J. Leenen

SAMENVATTING

Stankoverlast door kortdurende piekmissies van geur tijdens slibverlading wordt door omwonenden en medewerkers van RWZI's regelmatig gemeld. Tijdens de slibverlading komt het slib in contact met de buitenlucht waardoor de aanwezige geurcomponenten zich kunnen verspreiden en aanleiding kunnen zijn tot geuroverlast. Dit onderzoek werd verricht om te komen tot meerdere oplossingen om deze geuremissie tegen te gaan. Deze oplossingen moeten worden gezien als “best beschikbare technieken”.

Via een enquête is nagegaan hoe het gesteld is met de geurhinder in Nederland. Op circa de helft van de ontwateringslocaties wordt tijdens de slibopslag of slibverlading geuroverlast waargenomen, variërend van ernstig en vaak (16 %) tot regelmatig (31 %). Op 38 % van de locaties wordt vrijwel nooit geuroverlast waargenomen. Ter plaatse van de woonbebouwing blijkt dat op 16 % van de locaties regelmatig of vaak geuroverlast wordt waargenomen. Uit de enquête kon worden vastgesteld dat:

- slibopslag in containers minder vaak geuroverlast oplevert dan slibopslag in silo's;
- de samenstelling van het slib geen (duidelijke) relatie heeft met de overlast;
- de transportwijze van ontwerd slib en de opslagtijd een duidelijke relatie met geuroverlast vertonen;
- verlading in een laadhal op de RWZI meer geuroverlast voor het personeel oplevert dan verlading in de open lucht;
- de huidige toegepaste isolaties tijdens slibverlading op ontwateringslocaties niet per definitie geuroverlast verhinderen.

De vorming van stankstoffen tijdens slibopslag treedt op onder anaërobe condities waarbij vooral vluchtige zwavelverbindingen, zoals H₂S, methaanthiol en dimethylsulfide worden gevormd. Tijdens aërobe condities kunnen deze verbindingen weer worden afgebroken. H₂S is goed afbreekbaar en wordt als eerste afgebroken. Andere componenten, zoals organisch polysulfides zijn moeilijker afbreekbaar.

Bij opslag van ontwerd slib zullen de gevormde geurcomponenten zich ophopen in het slib. Zolang de slibkoek intact blijft zal emissie slechts plaatsvinden vanaf het sliboppervlak. In het slib aanwezige geurcomponenten blijven dan in het slib opgesloten. Bij het verladen van het slib vanuit de silo naar een vrachtwagen wordt de slibstructuur verbroken. Dit kan leiden tot een ‘stankexplosie’, de kortdurende emissie van een grote hoeveelheid geureenheden. Bij de verlading van een container blijft de slibkoek intact, waarbij er een constante beperkte geuremissie optreedt.

Om de geuremissie tijdens slibverlading te kwantificeren zijn geurmetingen op 4 locaties uitgevoerd. Bij verlading van slib vanuit een slibsilo blijkt een geur emissie op te treden van $5 - 31 \times 10^6$ geureenheden per ton verladen slib. Voor slib opgeslagen in containers kan worden uitgegaan van een emissie van circa $0,6 \times 10^6$ ge.container⁻¹.h⁻¹. Uit de metingen werd tevens duidelijk dat actiefkoolfilters in staat zijn om alle geuremissies goed te verwijderen, mits de filters op tijd ververs worden. Biofilters hebben een matig rendement.

Om na te gaan welke maatregelen effectief zijn tegen geuremissie tijdens slibverlading zijn een aantal ontwateringslocaties onderzocht, waarbij verschillende typen van slibopslag en geurreducerende maatregelen zijn getroffen.

Om geuroverlast te verhinderen kunnen de volgende maatregelen worden getroffen:

- maatregelen gericht op verhinderen van de vorming van geurstoffen;
- maatregelen gericht op het tegengaan van emissie en verspreiding van geurstoffen in de omgeving.

VERHINDEREN VAN DE VORMING VAN GEURSTOFFEN

Deze maatregelen richten zich op:

- het verhinderen van de ontwikkeling van een anaërobe microbiologische populatie;
- de introductie van microbiologische afbraak van geurstoffen.

Er zijn geen praktisch uitvoerbare maatregelen waarmee het verhinderen van een anaërobe microbiologische populatie wordt gegarandeerd of waarbij voldoende afbraak van geurstoffen wordt geïntroduceerd. Wel zijn er eenvoudige maatregelen waarmee de mate van geurvorming wordt gereduceerd. Deze maatregelen zijn:

- minimaliseer de slibopslagtijd;
- vermijd slibtransportmiddelen (bijvoorbeeld plunjerpompen) waarbij het slib sterk versmeert;
- pas bij slibsilos voeding van boven en verlading van onder toe;
- voeg bij opslag van aëroob slib een kleine hoeveelheid anaëroob slib (circa 1 %) toe.

TEGENGAAN VAN EMISSIE EN VERSPREIDING VAN GEURSTOFFEN.

De toegepaste geurreducerende maatregelen op ontwateringslocaties in Nederland richten zich voornamelijk op het verhinderen van emissie en verspreiding van geur. Naar de wijze waarop slib wordt opgeslagen kan onderscheid worden gemaakt in locaties met open of afgezeilde containers, gesloten containers en slibsilos.

OPEN/AFGEZEILDE CONTAINERS

Bij opslag in open of afgezeilde containers kan geuroverlast optreden. Er is 1 locatie waar verneveling van geurreducerende chemicaliën succesvol was.

GESLOTEN CONTAINERS

Om geuremissie en -overlast te verhinderen worden de gesloten containers afgezogen waarbij de afgezogen lucht wordt gezuiverd. Gesloten afgezogen containers geven een goede garantie dat geuroverlast wordt verhinderd. Het afzuigdebiet moet voldoende hoog zijn om een explosief gasmengsel van biogas en lucht te vermijden. Dit komt overeen met een ventilatievoud van 5 à 7. De afgezogen lucht kan in biofilters of actiefkoolfilters worden behandeld; beide systemen zijn voldoende effectief.

SLIBSILO'S

Om geuremissie en -overlast tijdens de slibverlading te verhinderen zijn op de verschillende ontwateringslocaties de volgende maatregelen voorzien: isolatie, ventilatie, en behandeling van de geventileerde lucht. Er zijn in het verleden bij slibsilos proeven met verneveling van geurreducerende chemicaliën uitgevoerd. Deze waren echter onvoldoende effectief.

- **Isolatie**
De meeste zekerheid om geuroverlast te voorkomen wordt bereikt door de toepassing van een overkapping die de vulluiken van de container goed omsluit. De overkapping moet redelijk luchtdicht zijn. De container en de overkapping moeten goed op elkaar zijn afgestemd. Open overkappingen of laadhallen blijken onvoldoende effectief en geven geen garantie dat geuroverlast wordt vermeden.
- **Ventilatie**
De slibsilos en de isolatie moeten beide worden afgezogen. De slibsilos worden continu afgezogen. Het afzuigdebiet moet voldoende hoog zijn om een explosief gasmengsel van biogas en lucht te vermijden. Dit betekent dat een ventilatievoud van 5 à 7 moet worden toegepast. De isolatie wordt alleen tijdens de slibverlading afgezogen. In de praktijk blijkt dat bij een afzuigdebiet van 2.500 – 3.000 m³.h⁻¹ geuroverlast wordt vermeden.
- **Luchtbehandeling**
Biofilters werken goed bij een continue belasting. Tijdens slibverlading, wanneer er een piekbelasting optreedt, blijken biofilters in de praktijk matig te werken en slaan deze systemen door. Alleen actiefkoolfilters bieden een garantie dat de piekmissie aan geur tijdens de verlading effectief wordt behandeld.

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.

STANKOVERLAST EN -BESTRIJDING BIJ DE VERLADING VAN ONTWATERD SLIB

INHOUD

TEN GELEIDE
SAMENVATTING
STOWA IN HET KORT

1	INLEIDING, PROBLEEM- EN DOELSTELLING	1
1.1	Inleiding en probleemstelling	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Leeswijzer	1
2	LITERATUURSTUDIE EN THEORETISCHE ACHTERGRONDEN	2
2.1	Inleiding	2
2.2	Vorming van stankstoffen	2

2.2.1	H ₂ S	3
2.2.2	Organische zwavelhoudende verbindingen	4
2.2.3	N-verbindingen	4
2.2.4	Zuren, aldehyden, en ketonen	5
2.3	Afbraak van stankstoffen	5
2.3.1	Aërobe afbraak	5
2.3.2	Anaërobe afbraak	6
2.3.3	Anoxische afbraak	6
2.4	Emissie van stankstoffen bij slibopslag en -verlading	6
2.5	Behandeling van stankstoffen	6
2.5.1	Luchtafzuiging bij slibopslag en slibverlading	6
2.5.2	Zuivering van geurhoudende lucht bij slibopslag en slibverlading	7
2.6	Gezondheidstechnische aspecten van geuroverlast	8
3	ENQUÊTE	10
4	GEURREducerende maatregelen op de onderzochte locaties	12
4.1	Inleiding	12
4.1.1	Bezoeken	12
4.1.2	Waterlijn	12
4.1.3	Slibindikking, slibgisting, slib buffering en slibontwatering	12
4.1.4	Slibopslag en -verlading	13
4.2	Slibopslag in silo's	13
4.2.1	Afzuiging van de slibsilos	13
4.2.2	Isolaties tijdens de slibverlading	13
4.2.3	Behandeling van afgezogen lucht	17
4.2.4	Overige maatregelen	18
4.3	Slibopslag in containers	19
4.3.1	Open of afgezeilde containers	19
4.3.2	Gesloten containers	19
4.4	Evaluatie	21
5	METING VAN DE EMISSIE TIJDENS VERLADING	22
5.1	Inleiding	22
5.2	Meetprogramma en methodiek	22
5.3	Resultaten	23
5.4	Bespreking van de resultaten	25
5.5	Conclusies	26
6	TECHNOLOGISCHE EVALUATIE	27
6.1	Geurvorming	27
6.1.1	Oorzaken geurvorming	27
6.1.2	Maatregelen om geurvorming te verhinderen	27
6.2	Geuremissie	29
6.2.1	Slibopslag in silo's	29
6.2.2	Slibopslag in containers	31
6.3	Samenvatting technologische evaluatie	31
7	TECHNISCHE UITVOERING EN KOSTEN VAN DE SLIBVERLADING	33
7.1	Slibopslag in silo's	33
7.1.1	Technische uitvoering	33
7.1.2	Kosten slibverlading	35
7.2	Slibopslag in containers	36

	7.2.1	Technische uitvoering	36
	7.2.2	Kosten slibverlading	37
8		CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	38
	8.1	Conclusies	38
	8.2	Aanbevelingen	39
9		REFERENTIES	40
		BIJLAGEN	
	Bijlage 1	Potentiële stankveroorzakende stoffen	
	Bijlage 2	Enquête - resultaten	
	Bijlage 3	Omschrijving onderzochte ontwateringslocaties	
	Bijlage 4	Berekening afzuigebiet slibsilo – gesloten container	

1

INLEIDING, PROBLEEM- EN DOELSTELLING

1.1 INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

Stankoverlast door kortdurende piekmissies van geur tijdens slibverlading wordt door omwonenden en medewerkers van de RWZI regelmatig gemeld. In de Wm-vergunning worden emissienormen en/of specifieke maatregelen om deze piekmissies te beperken meer en meer opgenomen. Het is daarom van essentieel belang dat passende maatregelen worden genomen zodat deze piekmissies niet leiden tot geurklachten. Naast de directe geuroverlast kan blootstelling aan bepaalde geurcomponenten mogelijk ook een gezondheidsrisico inhouden.

Het ontstaan van geurcomponenten tijdens slibopslag wordt veroorzaakt door anaërobe rottingsprocessen. Tijdens de slibverlading komt het slib in contact met de buitenlucht waardoor de aanwezige geurcomponenten zich kunnen verspreiden en geuroverlast veroorzaken.

Diverse maatregelen zijn toegepast of getest om de piekmissie van geur tijdens slibopslag en slibverlading te voorkomen. Tot op heden ontbreekt echter een goed landelijk beeld van de ervaringen met geuremissies tijdens slibopslag en -verlading, en de effectiviteit van mogelijke maatregelen om deze emissies tegen te gaan. Meer inzicht in de oorzaken van en maatregelen tegen geuroverlast is gewenst.

1.2 DOELSTELLING

De doelstelling van het onderzoek is om op basis van een goed inzicht in de factoren die bij geuremissie en stankoverlast tijdens slibverlading van belang zijn, te komen tot meerdere oplossingen om deze geuremissie tegen te gaan. Deze oplossingen moeten worden gezien als “best beschikbare technieken”.

1.3 LEESWIJZER

Het eerste deel van dit rapport beschrijft een aantal deelstudies. Deze omvatten een literatuurstudie, een inventarisatie van landelijke ervaringen met geuremissies tijdens slibopslag en slibverlading, een nader onderzoek aan een aantal geselecteerde slibontwateringslocaties en aanvullende geurmetingen op een aantal locaties.

In het tweede deel van het rapport worden de resultaten van de deelstudies geëvalueerd, en worden die systemen omschreven waarmee geurhinder tijdens slibverlading kan worden voorkomen. Het rapport wordt afgesloten met de conclusies en aanbevelingen die uit dit onderzoek volgen.

2

LITERATUURSTUDIE EN THEORETISCHE ACHTERGRONDEN

2.1 INLEIDING

Er wordt aangenomen dat geur op RWZI's een gevolg is van de emissie van zwavelverbindingen. Een uitgebreid onderzoek is verricht door Islam *et al* (1998). Deze onderzoekers hebben voor 4 RWZI's op diverse plaatsen in de waterlijn monsters getrokken en onderzocht op vluchtige organische componenten. Alle analyses werden verricht aan de waterfase. Het analyseprogramma omvatte: H₂S, methylsulfiden, mercaptanen, ammonia, methylamines, skatol en indol. De voornaamste conclusies waren:

- Geurcomponenten worden veroorzaakt door anaërobe condities.
- Geurcomponenten worden voornamelijk gevonden bij de voorbehandeling (ontvangstwerk, rooster, zandvanger, voorbezinking), de retourslibstroom en de deelstromen (overloopwater indikker, slibwater slibontwatering). De hoogste concentraties werden gevonden in het slibwater van de slibontwatering.

Door Islam *et al* zijn geen metingen verricht aan ontwaterd slib. Een indicatie van de productie van vluchtige geurverbindingen in ontwaterd slib volgt uit het onderzoek van Winter en Duckham (2000). Zij onderzochten de emissie van methylmercaptaan, dimethylsulfide, dimethyldisulfide, dimethyltrisulfide en skatol tijdens opslag van ontwaterd slib in de open lucht. Sulfide werd niet onderzocht. De voornaamste conclusie was dat de bijdrage van dimethyltrisulfide aan de geur belangrijker was dan die van dimethylsulfide, en die weer belangrijker dan die van dimethyldisulfide. Naast de metingen van Winter en Duckham is er verder weinig onderzoek verricht naar emissie van geur tijdens slibopslag.

2.2 VORMING VAN STANKSTOFFEN

Stankstoffen worden gevormd onder anaërobe condities. De snelheid waarmee anaërobe rottingsprocessen optreden is afhankelijk van diverse factoren zoals de temperatuur, de aanwezigheid van (afbreekbaar) organische materiaal, de pH et cetera. (Mesofiele) anaërobe bacteriën zijn actief tussen 5 en 40 à 45 °C. De optimale temperatuur ligt bij 35 °C. Bij lagere temperaturen loopt de activiteit snel terug; bij 25 en 15 °C bedraagt de activiteit respectievelijk nog maar 40 % en 5 % van het maximum bij 35 °C. Hierdoor treedt bij hoge temperaturen vaker geuroverlast op dan bij lagere temperaturen.

De methanogene slibactiviteit is een indicatie voor de anaërobe activiteit van het slib. De initiële (methanogene) activiteit hangt sterk af van het type slib. Uitgegist slib heeft een activiteit van circa 0,05 – 0,1 kg CZV.kg organische stof¹.dag¹. Voor actief slib is dit een factor 100 lager (IHE-LUW 2000). Een neutrale tot licht alkalische pH (pH 7-8) is het meest gunstig is voor anaërobe processen. De minimum en maximum pH zijn ongeveer 6 en 9.

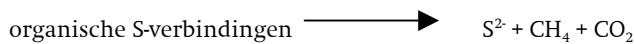
Als ontwaterd slib wordt gestort in een silo of container bevat het een geringe hoeveelheid lucht. In de slibmassa is dus plaats voor aërobe, micro-aërofiële en anaërobe processen. Hoewel er nagenoeg geen specifiek onderzoek naar is gedaan, mag worden gesteld dat initieel alle eerder genoemde microbiologische processen parallel kunnen optreden. Binnen een relatief korte tijd na het storten zal het slib nagenoeg volledig anaëroob worden. Het gevolg is dat producten van anaërobe microbiële omzettingen zich in het slib ophopen. Deze anaërobe afbraakprocessen verlopen sneller als er meer substraat beschikbaar is. Dit zal het geval zijn door bijvoorbeeld versmering van het slib tijdens het verpompen. Ook een geringer drogestofgehalte (en dus een hoger vochtgehalte) zal bijdragen aan een grotere microbiële activiteit.

Stankstoffen die onder anaërobe condities kunnen worden gevormd zijn: H_2S , vluchtige organische zwavelverbindingen, stikstofverbindingen, zuren, aldehyden en ketonen. In bijlage 1 is een overzicht gegeven van een aantal verbindingen die geuroverlast kunnen veroorzaken.

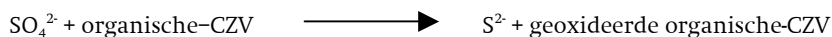
2.2.1 H_2S

Onder anaërobe condities wordt H_2S als volgt gevormd:

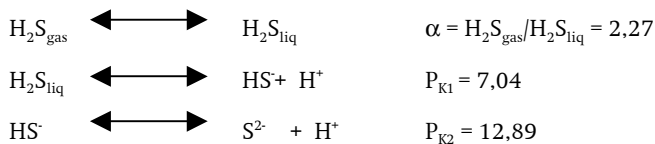
- Als eindproduct van de (anaërobe) afbraak van organische zwavelverbindingen



- Als eindproduct van de sulfaatreductie



Sulfide kan in verschillende vormen voorkomen. De relatie hiertussen volgt uit de volgende chemische evenwichten¹:



De concentratie H_2S in de lucht wordt bepaald door de concentratie in de vloeistoffase. Deze is sterk pH afhankelijk. Bij een pH waarde van 6, 7 en 8 is respectievelijk circa 90, 50 en 10 % van de sulfide in de vloeistoffase aanwezig als H_2S . Emissie van en geuroverlast door H_2S zal bij lage pH waarden hoger zijn dan bij hoge pH waarden.

1 Waarden constanten ontleend aan rapport "Geuremissie slibontwatering rwzi Geestmerambacht, Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands, Noorderkwartier, G2008.A0/R005/AVI/GKK, april 1999

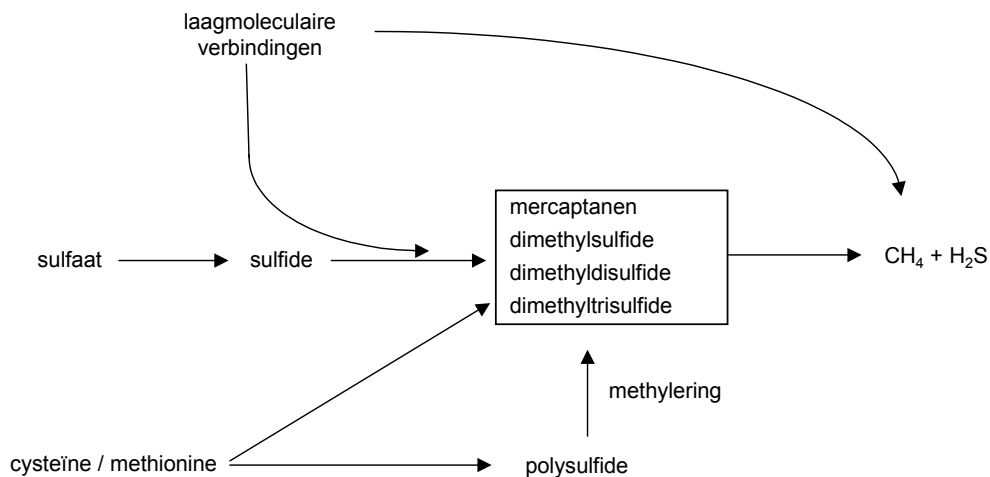
2.2.2 ORGANISCHE ZWAVELHOUDENDE VERBINDINGEN

De bekendste bronnen voor de vorming van zwavelhoudende verbindingen zijn de zwavelhoudende aminozuren cysteïne en methionine, en dimethylsulfonypropionaat (DMSP, een verbinding die in mariene algen voorkomt). DMSP is een bron voor de productie van dimethylsulfide (DMS). DMSP wordt hierbij opgesplitst in DMS en acrylzuur. Hiernaast blijkt dat vorming van DMS ook uit laagmoleculaire organische verbindingen en H_2S optreedt (Vischer *et al* 2003).

De eindproducten van de anaërobe afbraak van cysteïne en methionine zijn CH_4 en H_2S . Tijdens de afbraak worden echter significante hoeveelheden methylmercaptaan en in mindere mate DMS als intermediair gevormd. Daarnaast kunnen kleine hoeveelheden van andere zwavelverbindingen worden gevormd, zoals dimethyldisulfide (DMDS) en dimethyltrisulfide (DMTS).

Ginzburg *et al.* (1999) constateerde dat bij de aërobe afbraak van cysteïne en methionine anorganische polysulfiden worden gevormd. Het mechanisme van deze vorming is nog onbekend en wordt door Heitz (2000) in verband gebracht met anaërobe condities. Het is waarschijnlijk dat vorming van polysulfide optreedt onder micro-aërofiële condities. De gevormde polysulfiden worden door biologische methylering omgezet in DMS, DMDS en DMTS.

FIGUUR 1 EEN VEREENVOUDIGD SCHEMA VAN DE MOGELIJKE VORMING VAN VLUCHTIGE ORGANISCHE ZWAVELVERBINDINGEN.



2.2.3 N-VERBINDINGEN

Het eindproduct van de anaërobe afbraak van organische N verbindingen is NH_4 .

Emissie van NH_3 is hierbij mogelijk. Deze emissie is pH afhankelijk. Tijdens de afbraak van organische N verbindingen (aminozuren) kunnen gemethyleerde amines en aromatische stikstofverbindingen worden gevormd.

Lindemann (2002) onderzocht het effect van de dosering van op trimethylamine gebaseerde poly-electrolyten (PE) op de vorming van methylamines. In experimenten met uitgestigt ontwaterd slib, ontwaterd aëroob slib, ingedikt slib en primair slib werd geconstateerd dat dosering van PE leidde tot een aanzienlijk verhoogde trimethylamine-concentratie door de afbraak van het PE. De in de waterfase gemeten concentraties waren hierbij 20 tot 50 keer hoger in vergelijking met het niet toevoegen van PE.

2.2.4 ZUREN, ALDEHYDEN, EN KETONEN

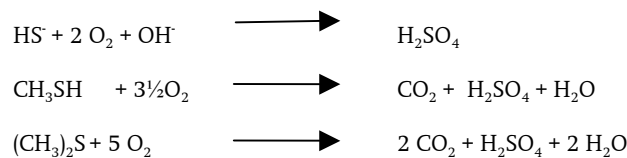
Bij de anaërobie afbraak van organische verbindingen worden zuren, aldehyden en ketonen als intermediair gevormd. Deze producten worden gevormd tijdens de verzuringsfase. Bij een volledige anaërobie afbraak worden deze verbindingen omgezet tot CH_4 en CO_2 .

2.3 AFBRAAK VAN STANKSTOFFEN

Stankstoffen kunnen anaëroob (met uitzondering van H_2S), anoxisch en aëroob worden afgebroken.

2.3.1 AËROOB

Onder aërobie condities worden H_2S en andere gereduceerde zwavelverbindingen geoxideerd. Bij een volledige oxidatie wordt sulfaat als eindproduct gevormd.

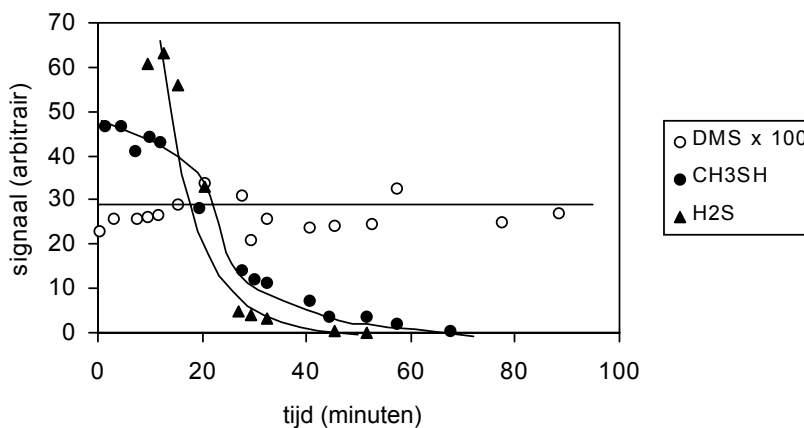


De biologische oxidatie van sulfide is een veelvuldig onderzocht proces (Buisman 1989, Janssen 1996). Hoewel sulfaat het eindproduct van deze oxidatie is, blijkt dat bij hoge sulfidebelastingen en lagere zuurstofconcentraties, een biologische oxidatie tot elementaire zwavel als voornaamste eindproduct mogelijk is. Andere intermediairen van sulfide oxidatie zijn sulfiet en thiosulfaat. Bij chemische sulfide oxidatie worden zwavel, thiosulfaat, sulfiet en sulfaat als eindproducten waargenomen.

Van de aërobie oxidatie van mercaptanen en methylsulfides is minder bekend. Opvallend is wel dat de oxidatiesnelheden aanzienlijk lager liggen dan voor sulfide en dat de oxidatie gevoeliger is voor inhibitie. Geurts (1986) constateerde dat DMS onder aërobie condities een stabiel product is en nagenoeg niet wordt afgebroken. Methylmercaptaan wordt vrij langzaam geoxideerd terwijl H_2S relatief snel wordt geoxideerd. Figuur 2 geeft de afbraak voor enkele sulfideverbindingen onder aërobie condities.

FIGUUR 2

VERLOOP VAN CONCENTRATIES VAN DIVERSE ZWAVELVERBINDINGEN IN DE HEADSPACE VAN ROT WATER NA TOETREDING VAN ZUURSTOF (NAAR GEURTS 1986). DMS = DIMETHYLSULFIDE. DE EENHEID SIGNAAL OP DE Y-AS IS EEN MAAT VOOR DE HOEVEELHEID ZWAVEL; DIT IS EEN RELATIEVE MAAT.



Uit onderzoek naar de behandeling van gassen door compostfilters blijkt dat vooral DMS vrij recalcitrant is, en dat de afbraak gevoelig is voor diverse milieufactoren waarbij een aanzienlijke remming kan optreden (Op den Camp *et al* 1994, Kuenen & Robertson 1992). De aërobe afbraak van DMS verloopt gewoonlijk via methylmercaptaan, dat weer wordt omgezet tot formiaat (HCHO). Hierbij kan de zwavel worden afgesplitst of omgezet, maar kan ook de methylgroep worden omgezet (Visscher & Taylor 1993).

2.3.2 ANAËROOB

Onder anaërobe condities kunnen de verschillende gevormde organische zwavelhoudende verbindingen worden omgezet. Methaanbacteriën kunnen DMS en methylmercaptaan omzetten in methaan en H₂S. Ook sulfaatreducerende bacteriën kunnen DMS en methylmercaptaan omzetten (Lomans *et al* 1999a, 1999b). De mate waarin in opgeslagen slib volledige afbraak mogelijk is, is afhankelijk van de aanwezige anaërobe activiteit. Deze zal bij opslag van uitgestort slib hoger zijn dan bij aëroob slib.

2.3.3 ANOXISCH

Anoxische afbraak vereist de aanwezigheid van nitraat. Evenals bij aërobe afbraak is hierbij een volledige omzetting in principe mogelijk. Denitrificatie met sulfide is een bekend proces. Van denitrificatie met DMS, mercaptanen en andere vluchtige S-verbindingen is echter weinig bekend.

2.4 EMISSIE VAN STANKSTOFFEN BIJ SLIBOPSLAG EN -VERLADING

Bij opslag van ontwaterd slib worden door anaërobe afbraak geurcomponenten gevormd. Deze geurcomponenten hopen zich op in het slib. Zolang de slibkoek intact blijft zal geuremissie slechts plaatsvinden vanaf het sliboppervlak. In het slib aanwezige geurcomponenten emitteren niet maar blijven in het slib opgesloten.

Bij verladen van slib vanuit een silo naar een vrachtwagen wordt de slibstructuur verbroken. Er is dan kortstondig veel contactoppervlak tussen de slibdeeltjes en de omringende lucht. Vooral vluchtige geurcomponenten zullen hierbij plotseling vrijkomen. Dit kan leiden tot een 'stankexplosie', de kortdurende emissie van een grote hoeveelheid geur.

Geuremissie vanuit een container is meer een constante emissie van een beperkte hoeveelheid geur. Bij de verlading blijft de slibkoek intact. Wel is het mogelijk dat op de ontvangende locatie, waar slib vanuit containers wordt ingenomen en waar de slibstructuur als nog wordt verbroken, wel een stankexplosie plaatsvindt.

2.5 BEHANDELING VAN STANKSTOFFEN

Behandeling van geurhoudende lucht berust op het afzuigen van voldoende lucht zodat geen geuremissie naar de omgeving optreedt, en het zuiveren van de afgezogen lucht.

2.5.1 LUCHTAFZUIGING BIJ SLIBOPSLAG EN SLIBVERLADING

Voor afzuiging van onderdelen op een RWZI worden doorgaans de volgende richtlijnen gehanteerd (STOWA 1994):

- ventilatievoud 10 maal per uur voor betreedbare ruimtes;
- ventilatievoud 1-3 maal per uur voor (vrijwel) niet te betreden ruimtes.

Bovengenoemde richtlijnen zijn gebaseerd op H₂S-houdende lucht en hebben vooral betrekking op onderdelen van de waterlijn. Bij slibopslag en tijdens slibverlading zal naast H₂S ook emissie optreden van vluchtige zwavelverbindingen zoals methylmercaptanen en methylsulfides. Verder zijn de ventilatievouden ontwikkeld voor een afgedichte omgeving om zo voldoende onderdruk te creëren zodat “lekkage” van geurhoudende lucht wordt voorkomen. Bij slibverlading vanuit een silo waarbij geen luchtdichte aaneengesloten isolatie is aangebracht tussen de silo en container, is het hanteren van een ventilatievoud geen goed criterium. Binnen een afgedichte omgeving zoals een slibsilo of een gesloten container is een ventilatievoud wel een goede grondslag.

Tot slot zal door anaërobe afbraakprocessen biogas worden gevormd. Biogas kan bij een bepaalde verhouding met lucht een explosief mengsel vormen. De afzuiging moet voldoende hoog zijn zodat de verhouding biogas-lucht zich buiten de explosieve zone bevindt. Bij het bepalen van afzuiggebieten van slibsilo's en gesloten containers moet hiermee rekening worden gehouden.

2.5.2 ZUIVERING VAN GEURHOUDENDE LUCHT BIJ SLIBOPSLAG EN SLIBVERLADING

Voor de behandeling van geurhoudende lucht worden de volgende technieken meestal toegepast:

- Biofilters

In biofilters worden de geurcomponenten door micro-organismen afgebroken. Als dragermateriaal wordt vaak compost toegepast. Biofilters zijn geschikt voor behandeling van H₂S en/of NH₃ houdende lucht. Voor de behandeling van lucht met vluchtige zwavelverbindingen zoals methylmercaptanen en methylsulfides zijn biofilters minder effectief. De omzettingssnelheden voor deze verbindingen zijn aanzienlijk lager dan voor H₂S. Verder zijn biofilters gevoelig voor discontinue luchtstromen, luchtstromen met sterk wisselende concentraties en piekbelastingen. Piekbelasting aan geur treedt op bij slibverlading vanuit een silo. Een biofilter kan dan doorslaan.

- Lavafilters

Bij lavafilters worden geurcomponenten door micro-organismen afgebroken. Als dragermateriaal wordt bijvoorbeeld lavasteen of kunststof toegepast. Evenals biofilters zijn lavafilters minder effectief voor vluchtige organische zwavelverbindingen en gevoelig voor variaties en piekbelastingen.

- Gaswassers

Luchtreiniging in gaswassers treedt op met water dat over een gepakte kolom wordt gespreid. Hierdoor wordt een groot uitwisselingsoppervlak gecreëerd zodat de componenten efficiënt in het water worden opgenomen. De verwijdering kan plaatsvinden door absorptie in het water al dan niet gevolgd door chemische oxidatie. In het laatste geval worden oxidatiemiddelen als H₂O₂, NaOCl of O₃ gebruikt. Behandeling van H₂S houdende lucht wordt uitgevoerd in een alkalische wasser. Gaswassers zijn effectief en technisch geschikt voor de behandeling van afgezogen lucht bij slibverlading. Echter, voor de schaalgrootte bij slibverlading zijn ze bedrijfseconomisch niet aantrekkelijk.

- Actiefkoolfiltratie

Bij actiefkoolfiltratie adsorberen de componenten aan actiefkool. Na verloop van tijd is actiefkool verzadigd en moet deze vervangen of geregenereerd worden. Actiefkoolfiltratie wordt in het buitenland veelvuldig toegepast. Het proces is gevoelig voor vochthoudende lucht. De lucht moet daarom worden gedroogd voor de filtratiestap. Actiefkoolfiltratie is geschikt voor de zuivering van geurhoudende lucht tijdens slibverlading.

2.6 GEZONDHEIDSTECHNISCHE ASPECTEN VAN GEUROVERLAST

Tijdens de slibverlading kunnen medewerkers blootgesteld worden aan:

- geur;
- slib en stofdeeltjes;
- specifieke componenten.

Voor mogelijke gezondheidsrisico's zijn blootstelling aan slib- of stofdeeltjes en specifieke componenten van belang.

BLOOTSTELLING AAN SLIB- OF STOFDEELTJES

Bij blootstelling aan slib- of stofdeeltjes is er mogelijk een gezondheidsrisico door de aanwezigheid van endotoxinen. Endotoxinen zijn een onderdeel van de celwand van gramnegatieve bacteriën die bijna altijd aanwezig zijn in organische stof. Bij blootstelling aan endotoxinen kunnen de volgende verschijnselen direct optreden: droge hoest, kortademigheid met verminderde longfunctie en koorts. Na enkele uren kunnen benauwdheid, hoofdpijn en gewrichtsklachten voorkomen. Er bestaat nog geen wettelijke MAC waarde voor endotoxinen. Wel is door de Werkgroep van Deskundigen van de Gezondheidsraad een advieswaarde voorgesteld van 50 endotoxine units (EU)/m³ gemeten in inhaleerbare stof. Deze advieswaarde is de gemiddelde concentratie over een 8 urige werkdag.

In het verleden zijn metingen aan endotoxinen op RWZI's uitgevoerd (STOWA 2002); hierbij zijn echter geen metingen aan slibverladingssystemen uitgevoerd. Wel bleek dat concentraties endotoxinen in de sliblijn hoger zijn dan in de waterlijn en dat er een correlatie is tussen aanwezigheid van slibdeeltjes in aerosolen en blootstelling aan endotoxinen.

Bij slibverlading is er een mogelijke kortdurende blootstelling aan endotoxinen. In dit geval zou een MAC-15 waarde (maximale concentratie gedurende 15 minuten blootstelling) meer zinvol kunnen zijn.

BLOOTSTELLING AAN SPECIFIEKE COMPONENTEN.

Bij blootstelling aan specifieke componenten wordt vaak verwezen naar H₂S. Bij slibverlading kan echter een emissie van diverse verbindingen optreden. In bijlage 1 is een overzicht van deze verbindingen inclusief de MAC waarde (gebaseerd op een gemiddelde concentratie gedurende 8 uur) gegeven. In tabel 1 wordt ingegaan op een aantal vluchtige zwavelverbindingen die in geurhoudende lucht tijdens slibverlading worden aangetroffen. Evenals bij endotoxinen geldt ook hier dat een MAC-15 waarde meer zinvol is dan een MAC waarde gebaseerd op een gemiddelde concentratie gedurende 8 uur.

TABEL 1 MOGELIJKE GEZONDHEIDSEFFECTEN VLUCHTIGE ZWAVELVERBINDINGEN IN GEURHOUDENDE LUCHT TIJDENS SLIBVERLADING

Component	Omschrijving
H ₂ S	H ₂ S kan door inademing en via de huid worden opgenomen. De MAC-waarde bedraagt 15 mg/m ³ [4]. Blootstelling kan leiden tot irritatie van de ogen, neus, keel en diepere luchtwegen, keelpijn, hoesten, duizeligheid, hoofdpijn, misselijkheid, diarree en krampen, en rode en pijnlijke ogen. Hoge concentraties kan longoedeem veroorzaken. H ₂ S kan inwerken op het centraal zenuwstelsel, met als gevolg zenuwachtigheid, vermoeidheid, stuip trekkingen en psychische stoornis met verwarring. Blootstelling kan verlamming van de reukzenuwen veroorzaken en bij hoge concentraties de dood tot gevolg hebben [1,2]. H ₂ S is door het IARC geclassificeerd als een groep 3 stof: niet classificeerbaar als carcinogeen voor de mens [3].
DMS	Voor DMS is er in Nederland geen MAC-waarde [4]. De 'ACGIH TWA-waarde' ¹ bedraagt 0,5 ppm (1,3 mg/m ³). DMS kan door inademing worden opgenomen en werkt irriterend op de ogen, de huid en de ademhalingsorganen. Symptomen kunnen zijn: hoesten, duizeligheid en misselijkheid, roodheid van de huid en ogen. DMS kan inwerken op het centraal zenuwstelsel. Blootstelling kan bewusteloosheid en bij hoge concentraties de dood tot gevolg hebben. Bij langdurige, herhaalde blootstelling kan de stof op de longen, de lever en de bijnieren inwerken [2].
DMDS	Voor DMDS is er in Nederland geen MAC-waarde [4]. Ook door de ACGIH is geen TWA waarde vastgesteld. De stof kan door inademing worden opgenomen, en werkt irriterend op de ogen, de huid en de ademhalingsorganen. Bij hoge concentraties werkt de damp bijtend op de luchtwegen. Symptomen kunnen zijn: keelpijn, hoesten, branderig gevoel, hoofdpijn, misselijkheid, braken, sufheid en zwaktegevoel. Inademing van zeer fijne aërosoldeeltjes en damp kan longoedeem veroorzaken. Bij blootstelling kunnen de huid en ogen rood worden en pijnlijk aanvoelen. DMDS kan inwerken op het centraal zenuwstelsel, met als gevolg convulsies en bewusteloosheid. Blootstelling kan bij zeer hoge concentraties de dood tot gevolg hebben. Bij langdurige, herhaalde blootstelling kan DMDS inwerken op de lever en de schildklier, met functiestoornissen als gevolg [2].
Carbonylsulfide (COS)	Voor COS is er in Nederland geen MAC-waarde [4]. De 'ACGIH TWA-waarde' ¹ bedraagt 20 ppm. De stof kan door inademing worden opgenomen en werkt irriterend op de ogen, de neus en de keel. Bij hoge concentraties is de stof bijtend voor de longen. Symptomen kunnen zijn: keelpijn, hoesten, duizeligheid, hoofdpijn, misselijkheid, verwarring, krampen, blauwe lippen of nagels en bewusteloosheid. In het lichaam wordt COS omgezet in H ₂ S, waardoor ook de voor H ₂ S beschreven effecten kunnen optreden [1,2].
Methylmercaptaan (MM)	Voor MM is de MAC-waarde (1 mg/m ³) in 2004 ingetrokken [4]. De 'ACGIH TWA-waarde' ¹ bedraagt 0,5 ppm. MM kan door inademing worden opgenomen en werkt irriterend op de ogen, de huid en de ademhalingsorganen. Symptomen bestaan uit keelpijn, hoesten, kortademigheid, hoofdpijn en misselijkheid. In ernstige gevallen bestaat een kans op bewusteloosheid. Bij langdurige, herhaalde blootstelling kan MM inwerken op de lever, met orgaanbeschadigingen als gevolg [2].
Koolstofdissulfide (CS ₂)	CS ₂ heeft een MAC-waarde van 30 mg/m ³ , met huidnotatie [4,5]. De stof kan door inademing of via de huid worden opgenomen, en werkt bijtend op de ogen en de huid, waarbij de symptomen roodheid, pijn en brandwonden (huid) kunnen voorkomen. Verder werkt CS ₂ irriterend op de ogen, de neus en de ademhalingsorganen. Symptomen kunnen zijn: keelpijn, hoesten, duizeligheid, sufheid, hoofdpijn, bevingen en slapeloosheid. De stof kan inwerken op het centraal zenuwstelsel, met als gevolg bewusteloosheid. Blootstelling aan hoge concentraties kan de dood tot gevolg hebben. Bij langdurige, herhaalde blootstelling met de huid kan CS ₂ door beschadiging een eczeemachtige huidaandoening veroorzaken. Verder kan de stof op het zenuwstelsel, de lever, de nieren, het hart, de bloedvaten en de hormoonhuishouding inwerken [1,2]. Er zijn aanwijzingen dat CS ₂ de vruchtbaarheid verlaagt en het ongeboren kind kan schaden. Daarom is deze stof geclassificeerd als reprotoxisch (categorie 3 met betrekking tot vruchtbaarheid en ontwikkeling) [1,6].

1. Casarett & Doull's Toxicology (1996); 2. Chemiekaarten (2003); 3 IARC (1992); 4. Nationale MAC-lijst 2004; 5 Nationale MAC-lijst 2003; 6 Niet limitatieve lijst van voor de voortplanting giftige stoffen 2003

¹ De ACGIH TWA waarde is vergelijkbaar met de Nederlandse MAC waarde.

3

ENQUÊTE

Om een indruk te krijgen van de mate van geuroverlast bij de opslag en verlading van slib, is een enquête gehouden onder waterbeheerders in Nederland. De enquête is door 21 waterbeheerders ingevuld en omvat 85 ontwateringslocaties. In dit hoofdstuk worden de enquêteresultaten kort samengevat. Een uitgebreide beschrijving is gegeven in bijlage 2. Hierin is tevens aangegeven hoe op RWZI's in Nederland slibontwatering, slibopslag en slibverlading wordt uitgevoerd.

Op circa de helft van de ontwateringslocaties wordt tijdens de slibopslag of slibverlading geuroverlast op de locatie zelf waargenomen, variërend van ernstig en vaak (16 %) tot regelmatig (31 %). Op 38 % van de locaties wordt vrijwel nooit geuroverlast waargenomen.

Voor geuroverlast door omwonenden¹ blijkt dat bij 16 % van de locaties geuroverlast ter plaatse van de woonbebouwing regelmatig of vaak wordt waargenomen. Voor 44 % van de locaties is er vrijwel nooit geuroverlast terwijl voor 25 % absoluut geen geuroverlast bij de woonbebouwing is.

Als mogelijke oorzaken voor meer of minder geuroverlast worden door de waterbeheerders genoemd: het soort toeslagstof bij ontwatering (polymeer, FeCl₃), de opslagtijd in slibsilos, de slibsamenstelling, constructieve aspecten van de slibsilos, en het samendrukken of versmeren van ontwaterd slib tijdens transport. Belangrijk is dat de vrachtauto waarmee slib wordt getransporteerd als een belangrijke bron van geuremissie wordt aangeduid.

Om geuroverlast tegen te gaan zijn bij 75 % van de waterbeheerders maatregelen getroffen. In 80 % van de gevallen heeft dit geleid tot een vermindering van de geuroverlast.

De volgende maatregelen worden als succesvol omschreven:

- Maatregelen gericht op het verhinderen van de vorming van geurstoffen
 - verkorten slibopslagtijd tot minder dan 2 dagen;
 - doseren kleine hoeveelheid uitgegist slib (circa 1 %) aan secundair slib;
 - co-vergisten secundair slib;
 - menging uitgegist en secundair slib.

- Maatregelen tegen emissie en verspreiding van geurstoffen
 - isolatiemaatregelen (afdekken van onderdelen);
 - ventilatie en behandeling van afgezogen lucht van (gesloten) slibcontainers en van de laadruimte van de vrachtwagen bij verlading vanuit slibsilos.

¹ Dit is volgens de beoordeling van de waterkwaliteitbeheerders op de ontwateringslocaties. Omwonenden zelf zijn niet geënuêteerd.

Een aantal maatregelen worden als minder effectief omschreven:

- Maatregelen gericht op het verhinderen van de vorming van geurstoffen
 - dosering van chemicaliën, enzymen of nitraat.
- Maatregelen tegen emissie en verspreiding van geurstoffen
 - behandeling van afgezogen lucht met compost- en lavafilters;
 - eenvoudige isolatiemaatregelen zoals flappen en dergelijke.

Bij de uitwerking van de enquête is gekeken naar mogelijke relaties tussen diverse parameters en de mate waarin geuroverlast wordt waargenomen. Tabel 2 geeft een beknopt overzicht van de bevindingen.

TABEL 2

CORRELATIES TUSSEN GEUROVERLAST TIJDENS SLIBVERLADING EN VERSCHILLENDE ASPECTEN OP BASIS VAN DE ENQUÊTERESULTATEN

Parameter	Correlatie	Opmerkingen
Grootte ontwateringslocatie	-	De grootte van de locatie heeft geen invloed.
Slibsamenstelling	-	De slibsamenstelling heeft nauwelijks invloed.
Wijze slibontwatering	-	Centrifuges geven wat vaker aanleiding tot geuroverlast. Het verschil is echter zeer gering.
Toeslagstoffen bij slibontwatering	+/-	Er is geen duidelijke correlatie. Toevoeging van Fe lijkt te leiden tot minder geuroverlast. PE wordt iets ongunstiger beoordeeld.
Wijze van indikking	+/-	De invloed is gering. Gravitaire indikking lijkt tot minder geuroverlast te leiden.
Wijze slibverlading	+/-	Laadhallen lijken iets vaker aanleiding te geven tot geuroverlast dan verlading in de open lucht. Bij verlading in de open lucht was er geen correlatie tussen de mate van geuroverlast en het al dan niet toepassen van een isolatie tijdens de verlading.
Slibopslagtijd	+	De invloed is enigszins beperkt. Langere opslagtijden (> 3 dagen) geven vaker aanleiding tot geuroverlast.
Wijze transport ontwaterd slib	+	Plunjerpompen geven duidelijk vaker aanleiding tot geuroverlast. Bij de andere transportwijzen was nagenoeg geen correlatie.
Wijze slibopslag	+	Gesloten containers geven het minst aanleiding tot geuroverlast. Open of afgezeilde containers geven minder vaak geuroverlast dan slibsilos.

Uit de enquête kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Geuroverlast tijdens slibverlading komt in aanzienlijke mate voor en moet als een serieus probleem worden beschouwd.
- De vrachtauto's kunnen zelf een belangrijke bron voor geuremissie vormen. Mogelijke oorzaken zijn aanhangend slib, geen goed gesloten luiken et cetera.
- Bij slibopslag in containers is er minder vaak geuroverlast dan bij slibopslag in silo's. Gesloten en afgezogen containers geven het minst vaak geuroverlast.
- De samenstelling van het slib heeft geen duidelijke relatie met de overlast.
- De transportwijze van ontwaterd slib (plunjerpompen) en de opslagtijd vertonen een duidelijke relatie met geuroverlast.
- Verlading in een laadhal levert op de RWZI zelf (voor het personeel) meer geuroverlast op dan verlading in de open lucht.
- De huidige toegepaste isolaties tijdens slibverlading op ontwateringslocaties leiden niet per definitie tot het verhinderen van geuroverlast.

4

GEURREducerende MAATREGELEN OP DE ONDERZOCHE LOCATIES

4.1 INLEIDING

4.1.1 BEZOEKEN

Om beter en gedetailleerder inzicht te krijgen in de geurproblematiek en de effectiviteit van mogelijke maatregelen tegen geuroverlast zijn een aantal waterkwaliteitsbeheerders en ontwateringslocaties bezocht.

De volgende waterkwaliteitsbeheerders en locaties werden bezocht:

- Waterschap De Dommel
RWZI Tilburg Noord, SVI Mierlo
- Waterschap Aa en Maas
RWZI 's Hertogenbosch, Oijen
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
RWZI Beemster, Geestmerambacht, SDI Beverwijk
- Hoogheemraadschap van Schieland
AZWI Kortenoord, Groenedijk, Kralingseveer
- Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden
RWZI Hellevoetsluis, Middelharnis, Goedereede, Hoogvliet
- Waterschap Zuiderzeeland
AWZI Almere, Lelystad, Dronten, Tollebeek
- Waterschap Rijn en IJssel
RWZI Lichtenvoorde, RWZI Borculo, RWZI Duiven
- Hoogheemraadschap Rijnland
RWZI Bodegraven, Lisse en Zwaanshoek

In bijlage 3 is een uitgebreide beschrijving gegeven van de onderzochte locaties.

4.1.2 WATERLIJN

De locaties (met uitzondering van Mierlo) zijn allen laagbelaste installaties met nutriëntenverwijdering. Fosfaat wordt biologisch of chemisch verwijderd. Voorbezinking wordt in enkele gevallen toegepast. Er is geen duidelijke directe relatie tussen de waterlijn en het wel of niet optreden van geuroverlast tijdens slibverlading.

4.1.3 SLIBINDIKKING, SLIBGISTING, SLIBBUFFERING EN SLIBONTWATERING

Bij de ontwateringslocaties wordt primair slib voornamelijk gravitair ingedikt. Secundair slib wordt gravitair of met een bandindikker ingedikt. Bandindikking van secundair slib wordt toegepast als slibgisting aanwezig is. Een directe relatie tussen de processen in de slib-

lijn (tot en met de slibontwatering) en het wel of niet optreden van geuroverlast kon niet worden aangetoond. Verder bleek er geen relatie tussen de slibsamenstelling en geuroverlast. Hoewel wordt aangenomen dat geuroverlast bij uitgegist slib minder voorkomt, blijkt in de praktijk geuroverlast bij volledig aëroob slib, volledig uitgegist slib, en mengsels hiervan voor te komen.

4.1.4 SLIBOPSLAG EN -VERLADING

Uit het onderzoek bleek dat geuroverlast niet aanwezig is bij slibopslag in gesloten en afgezogen containers waarbij de geventileerde lucht wordt gezuiverd (locaties Lichtenvoorde en Tollebeek). Bij silo's en open/afgezeilde containers kan wel geuroverlast optreden.

4.2 SLIBOPSLAG IN SILO'S

Bij de onderzochte locaties zijn verschillende maatregelen genomen of getest om geuroverlast te voorkomen. Deze maatregelen omvatten:

- afzuigen slibsilos;
- toepassen isolatie tijdens slibverlading;
- afzuigen isolatie tijdens de slibverlading;
- behandeling van de afgezogen lucht;
- overige maatregelen zoals dosering van uitgegist slib of specifieke chemicaliën.

4.2.1 AFZUIGING VAN DE SLIBSILO

Tabel 3 geeft toegepaste ventilatievouden bij enkele slibsilos

TABEL 3 VENTILATIEVOUDEN EN AFZUIGDEBIETEN SLIBSILO'S

Locatie	Afzuigebiet (m ³ /h)	Ventilatievoud silo
Almere	250 – 500	1-2
Beemster	1.500	10
Geestmerambacht	1.200	10
Groenendijk	50	0,33
Hellevoetsluis	25	0,12
Kortenoord	100	0,45
Kralingseveer	1.600	3,5
Mierlo	4 * 1.200	12
Oijen	400	2
Tilburg Noord	2 * 375	2,5

Het blijkt dat er grote verschillen bestaan in afzuigebieten van slibsilos. De afzuigebieten op Beemster en Geestmerambacht zijn gebaseerd op mogelijke biogasontwikkeling tijdens slibopslag. Hierbij is een dusdanig afzuigebiet gekozen dat de verhouding biogas-lucht 20 % van de LEL¹ waarde is. De ontwerpgrondslagen voor de andere locaties zijn onbekend.

4.2.2 ISOLATIES TIJDENS DE SLIBVERLADING

Bij de meeste onderzochte locaties wordt een isolatie toegepast. Alleen op Tilburg-Noord en Nieuwgraaf was geen isolatie voorzien. De toegepaste isolatie omvat laadhallen (Mierlo en Oijen) en open of (in meer of mindere mate) luchtdichte overkappingen² (diverse locaties zoals Kortenoord, Groenendijk, Beemster).

¹ LEL = lower explosion limit.

² Door de waterkwaliteitsbeheerders worden verschillende benamingen gebruikt. Om verwarring te voorkomen wordt in dit rapport de term overkapping gehanteerd.

Laadhallen

Laadhallen (zie figuur 3) worden gebruikt op Mierlo, Oijen en Aarle Rixtel. Een beschrijving van de laadhallen zijn gegeven in bijlage 3. Tabel 4 geeft enkele kenmerken.

TABEL 4 GEGEVENS LAADHALLEN MIERLO, OIJEN EN AARLE-RIXTEL

Omschrijving	Eenheid	Aarle-Rixtel	Mierlo	Oijen	
Afzuiggebieden					
• laadhal afvoer	continu	m ³ /h	4.200	11.000	4.500
	tijdens verlading	m ³ /h	4.200	15.300	4.500
• laadhal toevoer	continu	m ³ /h	0	9.500	4.250
	tijdens verlading	m ³ /h	0	12.100	4.250
Ventilatievouden					
• laadhal	continu	h ⁻¹	10	7,3	6,5
	tijdens verlading	h ⁻¹	10	10	6,5
Geuroverlast (op locatie zelf)	[-]	geen	regelmatig	soms	

FIGUUR 3 LAADHAL MIERLO



Het blijkt dat laadhallen geen garantie geven dat geuroverlast wordt voorkomen. Op Oijen wordt soms enige geuroverlast waargenomen. Op Mierlo wordt ondanks een uitgebreid pakket aan maatregelen regelmatig op maandag een hinderlijke geuroverlast in de laadhal en aangrenzende gebouwen ervaren. Geuroverlast in de woonomgeving is nooit waargenomen.

Overkappingen

Op ontwateringslocaties worden verschillende typen overkappingen toegepast. Figuur 4 geeft enkele voorbeelden. Hieruit blijkt dat op sommige locaties een vrij open constructie (bijvoorbeeld Beemster) wordt toegepast. Op andere locaties is de constructie meer aangepast om de vulluiken van de container beter te omsluiten (bijvoorbeeld Almere, Kortenoord). Tabel 5 geeft een overzicht van de toegepaste ventilatiegebieden bij de verschillende overkappingen en de vraag of geurhinder aanwezig is.

TABEL 5

AFZUIGDEBIETEN SILO'S EN OVERKAPPINGEN BIJ SLIBVERLADING

Locatie	Afzuigdebieten (m ³ /h)		Ventilatievoud silo	Geuroverlast (ja/nee)
	Silo	Overkapping		
Almere	250 – 500	2.500	1-2	Nee
Beemster	1.500	1.500	10	Ja
Geestmerambacht	1.200	1.500	10	Ja
Groenendijk	50	3.000	0,33	Ja
Hellevoetsluis	25	2.750 *)	0,12	Nee
Kortenoord	100	2.500	0,45	Ja
Kralingseveer	0 **)	1.600	3,5	Ja

*) Regelbaar tot 4.200 m³/h. De opgegeven waarde wordt momenteel toegepast

**) Normaal wordt de silosilo afgezogen met een debiet van 1.600 m³/h. Tijdens silo-afgezogen wordt de silo echter niet afgezogen.

Uit tabel 5 blijkt dat een overkapping niet altijd succes heeft. Het blijkt dat twee parameters de effectiviteit van een overkapping bepalen:

- de constructie en vooral de mate waarin de vulluiken van de container worden omsloten;
- het afzuigdebiet tijdens de silo-afgezogen.

CONSTRUCTIE VAN DE OVERKAPPING

De mate waarin een overkapping de vulopening van de vrachtwagen goed omsluit bepaalt de "kans" dat geurhoudende lucht langs de openingen van de overkapping kan ontsnappen. Relatief open constructies zoals op Beemster of Geestmerambacht blijken in de praktijk onvoldoende effectief om emissie van geurhoudende lucht te verhinderen.

Een voorbeeld van het effect van de constructie van de overkapping is de AWZI Kortenoord. Op Kortenoord worden de silosilo en de overkapping (tijdens verladen) beide afgezogen. In de loop der jaren zijn diverse wijzigingen aan de overkapping doorgevoerd. De meest succesvolle maatregel was het toepassen van "afzuigbalgen" binnen de overkapping die goed aansloten op de openingen in de vrachtwagens. Hierdoor werden de vulopeningen goed afgesloten en waren er nagenoeg geen klachten over geuroverlast. Inmiddels is er een andere silo-afgezogen die andere vrachtwagens gebruikt met openingen die niet goed aansluiten op de geconstrueerde overkapping en afzuigbalgen. Nadat deze vrachtwagens zijn toegepast is de geurhinder weer toegenomen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het verladingsstelsel en de vrachtauto/container goed op elkaar moeten zijn afgestemd.

Op Hellevoetsluis is in 2002 een pilot-installatie (zie figuur 5) in bedrijf genomen. De installatie bestaat uit een overkapping onder aan de silo die tijdens de silo-afgezogen wordt neergelaten en de opening van de transportcontainer omsluit. De containers zijn speciaal voor de overkapping geconstrueerd. Tijdens de verladen wordt de vrachtauto met container zo geplaatst dat 1 van de 4 openingen/luiken in de container onder de vulopening staat. De andere luiken zijn op dat moment gesloten. De afzuigkap wordt over het luik geplaatst waarbij de afdichting (niet geheel luchtdichte flappen) over het luik op de container rust. Via een camera wordt de verladen gevolgd zodat kan worden vastgesteld wanneer de container ter plekke van de vulopening vol is en via een andere opening verder moet worden gevuld. Op Hellevoetsluis is geen geuroverlast tijdens de verladen; de toegepaste overkapping die de vulopening van de vrachtwagen goed omsluit blijkt effectief.

FIGUUR 4 OVERKAPPINGEN TIJDENS SLIBVERLADING OP ONTWERINGSLOCATIES



BEEMSTER



KORTENOORD

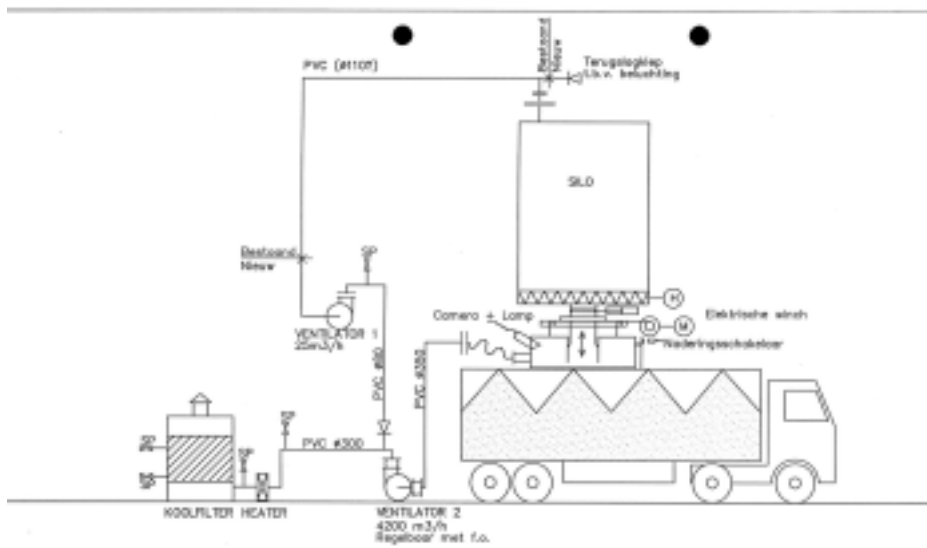


KRALINGSEVEER



ALMERE

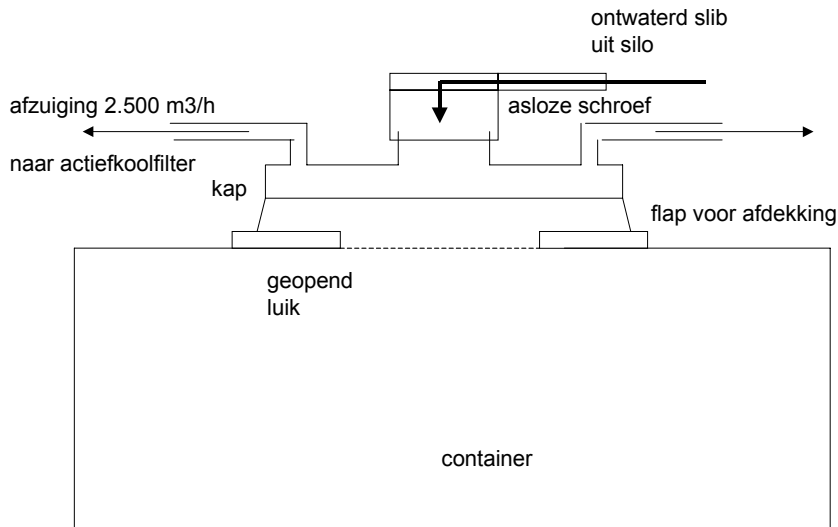
FIGUUR 5 PILOT-INSTALLATIE OVERKAPPING RWZI HELLEVOETSLUIS



Op de AWZI Almere is de overkapping opgesteld in een half gesloten laadhal. Bij de verlading komt het slib vanuit de silosilo via een vierkante opening en vrije val in de laadruimte. Het luik op de container wordt met een overkapping (flappen bevestigd aan een omkapping) afgesloten (zie figuur 6). De niet-geheel luchtdichte overkapping op Almere werkt voldoende effectief; er is weinig tot geen geuroverlast tijdens de slibverlading.

FIGUUR 6

SCHEMATISCHE VOORSTELLING OVERKAPPING SLIBVERLADING RWZI ALMERE



Uit het voorgaande blijkt dat overkappingen die goed aansluiten op de vulopeningen van de container de beste garantie biedt dat geuroverlast wordt voorkomen. Een geheel luchtdichte overkapping is niet nodig.

AFZUIGDEBIETEN OVERKAPPING

Uit tabel 5 blijkt dat de toegepaste afzuigdebieten variëren van 1.500 tot 3.000 m³/h. De ontwerpgrondslagen zijn echter onduidelijk, en zijn vaak empirisch vastgesteld. Op Almere is het afzuigdebiet een aantal keer verhoogd totdat er geen geuroverlast meer optrad. Op Groenedijk is het afzuigdebiet bepaald op basis van een aangenomen minimale luchtsnelheid van 0,5 m/s door de spleet/opening tussen de overkapping en de vulopening van de vrachtwagen. Er werd aangenomen dat onder deze condities voldoende geurhoudende lucht wordt afgezogen en er geen (storende) emissie langs de opening van de overkapping optreedt. Op Groenedijk treedt echter geuroverlast op; het gehanteerde criterium biedt onvoldoende zekerheid.

Uit tabel 5 kan worden afgeleid dat bij gebruik van een goed functionerende overkapping, een afzuigdebiet van 2.500 – 3.000 m³/h voldoende is om emissie van geurhoudende lucht afdoende te verhinderen.

4.2.3 BEHANDELING VAN AFGEZOGEN LUCHT

Op de onderzochte locaties worden voornamelijk compost- of lavafilters toegepast. Op enkele locaties wordt actiefkoolfiltratie toegepast. Op één locatie wordt een gaswasser gebruikt. Tabel 6 geeft enkele kenmerken van de luchtbehandeling zoals die momenteel wordt toegepast.

TABEL 6

LUCHTBEHANDELING OP ONTWATERINGSLOCATIES VOOR AFGEZOGEN LUCHT VAN DE SLIBOPSLAG EN VERLADING

Locatie	Biofilter			Actiefkool filter	
	Type	belasting (m/h)		Aanwezig	Contacttijd (s)
	biofilter	Continu	Tijdens verlading		
Almere	---	---	---	Ja	5
Beemster	Compost	30	60	Nee	---
Geestmerambacht	Compost	50	100	Nee	---
Mierlo	Lava	215	300	Nee	---
Oijen	Lava	275	275	Nee	---
Kortenoord *)	Lava	90	325	Ja	5
	Compost	35	135		

*) Oorspronkelijk ontwerp lava- en compostfilter in serie. Later aangepast tot compostfilter en actiefkoolfilter in serie.

In de praktijk blijken biofilters matig tot slecht te werken. Vooral tijdens de slibverlading kunnen deze systemen doorslaan. Op Kortenoord bleek dat tijdens de slibverlading een 'zure lucht' uit het compostfilter komt. Op Beemster blijkt dat het compostfilter regelmatig doorslaat. Uit onderzoek met lavafilters op Beemster blijkt dat deze filters bij normaal bedrijf goed functioneren maar tijdens de slibverlading doorslaan (STOWA, 2000). Dit doorslaan wordt veroorzaakt door een slecht verwijderingsrendement (45 tot 65 %) van vluchtige zwavelverbindingen. H_2S wordt wel goed afgebroken.

Door tegenvallende resultaten met biofilters zijn een aantal ontwateringslocaties (Almere, Kortenoord) overgestapt op actiefkoolfiltratie. Op beide locaties blijkt dat actiefkoolfiltratie goed werkt waarbij een hoog geurrendement wordt gehaald.

Uit het voorgaande blijkt dat de luchtbehandeling moet worden gebaseerd op actiefkoolfiltratie. Toepassing van biofilters geeft geen garantie dat geur voldoende wordt verwijderd.

4.2.4 OVERIGE MAATREGELEN

Door Hoogheemraadschap van Schieland zijn in het verleden experimenten uitgevoerd met het vernevelen van specifieke geurneutraliserende chemicaliën om geuremissie tijdens slibverlading te voorkomen. De chemicaliën werden tijdens de verlading met het slib verneveld. De resultaten van deze experimenten waren echter negatief.

Op Beverwijk worden momenteel experimenten uitgevoerd met verneveling van geurneutraliserende chemicaliën aan de inlaat van het biofilter; het is hierbij de bedoeling om de piekaanvoer aan geur naar het biofilter (tijdens het lossen van slib) uit te vlakken. De resultaten van deze experimenten worden momenteel geëvalueerd.

Door Waterschap Zuiderzeeland wordt op Almere een geringe hoeveelheid uitgestikt slib (1 %) gedoseerd om de vorming en emissie van DMS te reduceren. Deze maatregel blijkt succesvol; de concentratie DMS verminderde met 50 tot 70 %. Hiertegenover staat dat op diverse ontwateringslocaties met opslag van volledig of deels uitgestikt slib geuroverlast optreedt. Aanwezigheid van uitgestikt slib biedt geen garantie dat geurhinder wordt voorkomen.

4.3 SLIBOPSLAG IN CONTAINERS

4.3.1 OPEN OF AFGEZEILDE CONTAINERS

Bij de onderzochte locaties bleek dat (uitgezonderd te Lisse) er geen extra maatregelen zijn genomen om geuremissie vanuit de container te verhinderen. Hoewel bij slibopslag in containers minder vaak geuroverlast voorkomt dan bij opslag in silo's, blijkt toch op sommige locaties een hinderlijke geur aanwezig te zijn.

Op de RWZI Lisse (zie figuur 7) zijn experimenten uitgevoerd met het vernevelen van geurreducerende chemicaliën om emissie van stank vanuit de open containers te voorkomen. Op basis van de positieve resultaten uit de experimenten is besloten om chemicaliëndosering permanent te gaan toepassen. Experimenten met vernevelen van geurreducerende chemicaliën bij slibsilo's leidde niet tot een vermindering van de geuroverlast. Waarschijnlijk houdt dit verband met de piekemissie van geur tijdens slibverlading vanuit een slibsilo: bij opslag in containers is er een constante emissie van een beperkte hoeveelheid geur. De vraag of verneveling van specifieke chemicaliën in open containers voldoende is om geuremissie te voorkomen is op basis van één positieve ervaring voorbarig.

FIGUUR 7

SLIBCONTAINERS TE LISSE. DE VERNEVELSPROEIEERS ZIJN ZICHTBAAR.



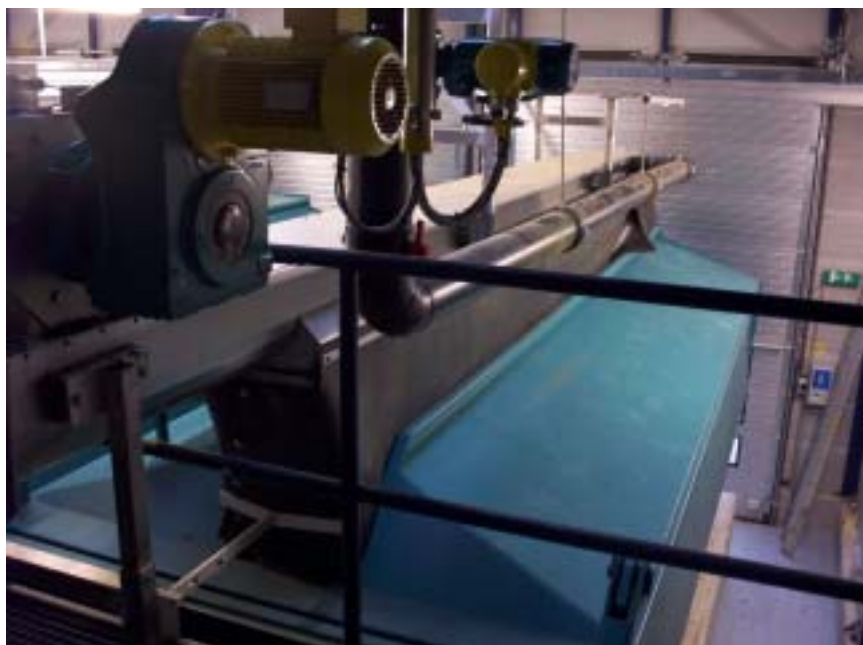
Als bij open containers geuroverlast wordt waargenomen wordt geadviseerd experimenteel vast te stellen of chemicaliëndosering een effectieve maatregel is. Verder moet worden nagegaan wat de consequenties zijn op de WM vergunning zijn. Bij Schieland zijn er ervaringen dat de intentie om chemicaliën toe te passen leidde tot overwegende bezwaren bij de vergunningverlener.

4.3.2 GESLOTEN CONTAINERS

Uit de enquête bleek dat van de 85 locaties er slechts in 2 gevallen gesloten containers worden toegepast: de locaties Tollebeek en Lichtenvoorde. Figuur 8 geeft de gebruikte slibcontainers op Lichtenvoorde.

FIGUUR 8

SLIBCONTAINERS LICHTENVOORDE



Tabel 7 geeft enkele kenmerken van beide locaties.

TABEL 7

GEGEVENS SLIBOPSLAG EN VERLADING OP LICHTENVOORDE EN TOLLEBEEK

Parameter	Waarde/omschrijving	Eenheid
Lichtenvoorde		
• Type slibopslag	container gesloten	[-]
• type opgeslagen slib	volledig aëroob	[-]
• opslagtijd	1-3	dag
• Afzuiging container	ja/nee ventilatie-voud	[-] h ⁻¹
• Luchtbehandeling ja/nee	ja	[-]
	geïntegreerd	[-]
	type	lava filter
• geuroverlast tijdens opslag/verlading	nee	[-]
Tollebeek		
• Type slibopslag	container gesloten	[-]
• type opgeslagen slib	volledig uitgest	[-]
• opslagtijd	1	dag
• Afzuiging container	ja/nee ventilatie-voud	[-] h ⁻¹
• Luchtbehandeling ja/nee	ja	[-]
	type	compost filter
	belasting	45
• geuroverlast tijdens opslag/verlading	nee	[-]

Op Tollebeek en Lichtenvoorde is geen geuroverlast. Dit geeft aan dat gebruik van gesloten en afgezogen containers voldoende garantie biedt om geuroverlast te verhinderen. Doordat piekemissies bij opslag in containers niet voorkomen, blijken biofilters (compost- of lava-filters) voldoende effectief om geur te verwijderen.

4.4 EVALUATIE

Uit het onderzoek kan het volgende worden afgeleid.

- Algemeen
 - Naast geuremissie tijdens slibopslag en verlading kan ook een belangrijke geuremissie optreden vanuit de vrachtwagens tijdens het slibtransport. Klachten uit de omgeving zijn mogelijk te herleiden tot dit transport.
 - Er is geen aantoonbare relatie tussen de waterlijn en het wel of niet optreden van geuroverlast tijdens slibverlading.
 - Er is geen direct verband tussen de wijze van slibindikking, de aanwezigheid van slibgisting en de slibsamenstelling (aandeel aëroob/uitgegist/primair) en het al dan niet optreden van geurhinder tijdens slibverlading.
 - Slibopslag in silo's en open of afgezeilde containers kunnen, als er geen aanvullende maatregelen worden genomen, geuroverlast veroorzaken.

- Verhinderen van de vorming van geurstoffen
 - Dosering van een kleine hoeveelheid uitgegist slib aan aëroob slib kan de geurvorming (DMS) tijdens slibopslag significant verminderen. Er is echter geen direct verband tussen de slibsamenstelling (aandeel aëroob/uitgegist/primair) en het wel of niet optreden van geurhinder tijdens slibverlading.

- Verhinderen van emissie en verspreiding van geurstoffen
 - Voor slibopslag in silo's kunnen de volgende conclusies worden getrokken:
 - Verneveling van chemicaliën is weinig effectief om geurhinder te verhinderen.
 - Het gebruik van laadhallen biedt geen garantie dat geuroverlast (binnen de locatie) wordt voorkomen.
 - De meeste zekerheid om geuroverlast te voorkomen wordt bereikt door toepassing van een overkapping die de vulluiken van de container goed omsluit. De overkapping dient in voldoende mate te worden afgezogen; praktijkgegevens duiden op een benodigd debiet van 2.500 tot 3.000 m³/h.
 - Luchtbehandeling dient te worden gebaseerd op actiefkoolfiltratie.
 - Bij slibopslag in open/afgezeilde containers blijkt:
 - Verneveling van geurreducerende chemicaliën kan mogelijk de geuroverlast verhinderen.
 - Bij slibopslag in gesloten en afgezogen containers:
 - Er treedt geen geurhinder op.
 - Biofilters kunnen worden toegepast om de afgezogen lucht te reinigen

5

METING VAN DE EMISSIE TIJDENS VERLADING

5.1 INLEIDING

Om vast te stellen hoeveel geur nu daadwerkelijk vrijkomt bij het verladen van slib, zijn geurmetingen uitgevoerd. Hiernaast zijn metingen uitgevoerd van een aantal vluchtige zwavelverbindingen (VZV) welke een relevante bijdrage kunnen leveren aan de geuremissie. Voor de meetcampagnes zijn vier locaties geselecteerd, te weten:

1. Hoogheemraadschap RWZI Kortenoord (Schieland);
2. Waterschap SVI Mierlo (De Dommel);
3. Waterschap RWZI Almere (Zuiderzeeland);
4. Waterschap RWZI Lichtenvoorde (Rijn en IJssel).

De metingen zijn verricht aan de afgezogen lucht vóór en na de luchtbehandeling.

5.2 MEETPROGRAMMA EN METHODIEK

Op 29 september (RWZI Kortenoord), 13 oktober (SVI Mierlo), 20 oktober (RWZI Almere), en 1 december 2003 (RWZI Lichtenvoorde) zijn door de luchtmeetdienst van Royal Haskoning geurmetingen uitgevoerd. Daarnaast is ter indicatie van enkele geurmonsters de hedonische waarde van de geur bepaald. Deze waarde geeft inzicht in de (on)aangenaamheid van de geur. Panelleden geven een waardering aan de waargenomen geur, gebaseerd op een schaalindeling van H_{-4} tot H_4 . Hierbij is H_{-4} uiterst onaangenaam, H_{-3} is zeer onaangenaam, H_{-2} is onaangenaam, H_{-1} is enigszins onaangenaam, H_0 is neutraal, H_1 is enigszins aangenaam, H_2 is aangenaam, H_3 is zeer aangenaam en H_4 is uiterst aangenaam. Een afgeleide hiervan is de hedonische waarde van $H_{0,5}$ die in de praktijk vaak gebruikt wordt als het geurniveau waarop geen geurhinder zal optreden (acceptabel hinderniveau). Tot slot zijn op de locaties Mierlo, Almere en Lichtenvoorde VZV metingen uitgevoerd. Alle metingen zijn uitgevoerd op maandagen, aangezien dan de meeste geur wordt verwacht.

De geur- en VZV-metingen zijn conform de Nederlandse Emissie Richtlijn (NeR) in drievoud uitgevoerd. De duur van de metingen is aangepast aan de duur van de slibverlading. Waar mogelijk is voor de meetduur uitgegaan van één complete laadperiode (laden van één vrachtwagen). Dit geldt echter alleen voor de locaties 1, 2 en 3. Op locatie 4 (RWZI Lichtenvoorde) vindt een continue ‘verlading’ plaats, waarbij slib in containers wordt gebracht. Deze containers zijn voorzien van afzuiging. Zodra een container is gevuld, wordt deze per vrachtwagen afgevoerd.

De geuranalyses zijn uitgevoerd door het geaccrediteerde geurlaboratorium van Witteveen+Bos.

De VZV-analyses zijn uitgevoerd door de Katholieke Universiteit Nijmegen (KUN), op alle locaties met uitzondering van AWZI Kortenoord. Het gehanteerde meetprogramma is in tabel 8 samengevat. Geanalyseerd zijn de componenten H₂S, CS₂, methaanthiol (MT), dimethylsulfide (DMS), dimethyldisulfide (DMDS) en dimethyltrisulfide (DMTS).

TABEL 8. GEHANTEERD MEETPROGRAMMA

Bron	Component	Meetmethode	Meetperiode
Ongereinigde en gereinigde luchtstroom	Geur	Monsternamen simultaan op beide luchtstromen. Monsterneming middels longmethode in nalofaan gaszak. Analyse van geurmonsters vindt plaats middels olfactometrie conform NVN 2820a.	Meting per locatie in drievoud, gedurende verladingsperiode
Ongereinigde en gereinigde luchtstroom	Hedonische waarde	Bepaling van de hedonische waarde van een geurmonster door de geur bovendrempelig aan te bieden aan een geurpaneel in het laboratorium.	Bepaling in enkelvoud
Ongereinigde en gereinigde luchtstroom	VZV	Monsternamen simultaan op beide luchtstromen. Monsterneming middels longmethode in nalofaan gaszakjes (ca. 5 liter). Analyse van monsters heeft plaatsgevonden op dag na monsternamen en is uitgevoerd middels gaschromatografie met zwaveldetectie.	Meting per locatie in drievoud, gedurende verladingsperiode

5.3 RESULTATEN

In tabel 9 is een korte samenvatting gegeven van de bevindingen.

TABEL 9 SAMENVATTING VAN DE GEURMETINGEN

Parameter	Kortenoord	Mierlo	Almere	Lichtenvoorde
Geurreductiemaatregel	Lava- en koolfilter	Lavafilters	Koolfilter	Lavafilter
Ongereinigde geurvracht [x10 ⁶ ge/uur]	457	1.204	3.081	1,7
Gereinigde geurvracht [x10 ⁶ ge/uur]	23	2.989	0,18	0,25
Geurverwijderingsrendement [%]	95	--	100	85
Geuremissiekental slib tijdens verlading [x10 ⁶ ge/ton]	5,5	13	31	-

De mate waarin een geur, bij een bepaalde concentratie, als meer of minder aangenaam wordt ervaren kan globaal worden gekwantificeerd met de zogenaamde hedonische waarde. De hedonische waarde geeft de geurconcentratie aan waarbij een bepaalde mate van (on)aangenaamheid van een geur wordt ervaren. De (on)aangenaamheid wordt weergegeven door een aantal klassificaties. Voor slibgeur zijn de klassificaties negatief (d.w.z. de geur wordt als onaangenaam ervaren). Afhankelijk van de geurconcentraties wordt de onaangenaamheid ervaren als slechts beperkt onaangenaam (H_{0,5}) tot zeer onaangenaam (H₂). De (on)aangenaamheid van de slibgeur (onbehandelde lucht) is samengevat in de onderstaande tabel 10.

TABEL 10 SAMENVATTING (ON)AANGENAAMHEID SLIBGEUR

Locatie	Hedonische waarde [ge/m ³]		
	H _{0,5}	H ₁	H ₂
rwzi Kortenoord	1,7	2,7	4,8
SVI Mierlo	1,9	3,0	5,6
rwzi Almere	2,4	5,0	12
rwzi Lichtenvoorde	2,1	4,6	12

Een hedonische waarde H_{0,5} van 1,7 ge/m³, zoals bij AWZI Kortenoord, geeft aan dat de geurcirkel van 1,7 ge/m³ (98-percentiel) niet tot geurhinder leidt. Daarnaast blijkt uit de metingen van de hedonische waarde van de slibgeur bij de verschillende locaties dat al bij een

toename van de geurconcentratie met een factor 2 tot 5 een ernstige geurhinder kan optreden.

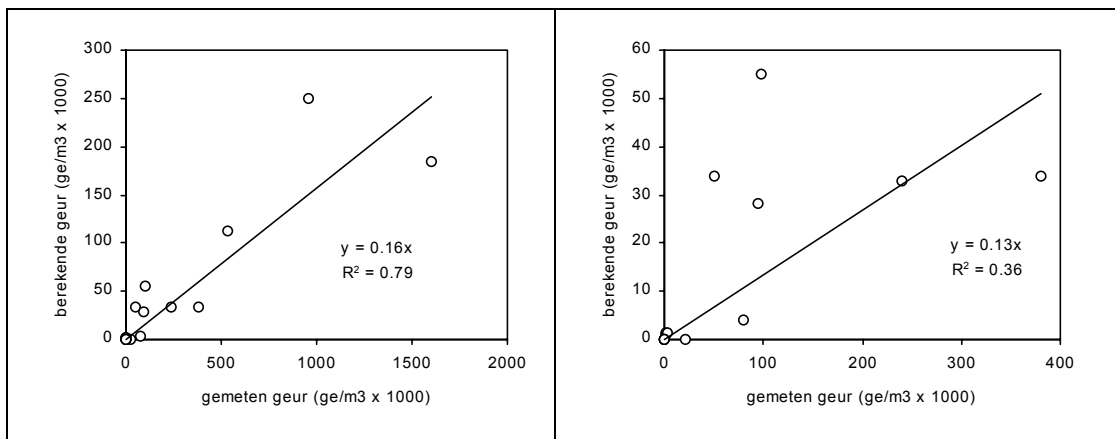
Van zeven zwavelverbindingen werden de concentraties gemeten. Deze resultaten zijn samengevat in tabel 11.

TABEL 11 RESULTATEN VAN DE METINGEN VAN DE CONCENTRATIES VAN VLUCHTIGE ZWAVELVERBINDINGEN VOOR EN NA DE LUCHTREINIGING (IN PPB).
 COS: CARBONYLSULFIDE; MT: METHAANTHIOOL OF METHYLMERCAPTAAN; DMS: DIMETHYLSULFIDE; CS₂: KOOLSTOFDISULFIDE; DMDS: DIMETHYLDISULFIDE; DMTS: DIMETHYLTRISULFIDE. OVERIGE VLUCHTIGE ZWAVELVERBINDINGEN WERDEN IN DE MONSTERS NIET AANGETROFFEN.

		H ₂ S	COS	MT	DMS	CS ₂	DMDS	DMTS
SVI Mierlo	voor	220	12	2.300	700	< 6	400	44
	na	< 5	8	480	1.200	< 6	810	13
rwzi Almere	voor	8.100	11	12.900	700	< 6	500	80
	na	< 3	< 2	< 3	< 5	< 3	< 3	< 6
rwzi Lichtenvoorde	voor	< 3	33	33	54	30	19	< 6
	na	< 1,5	31	< 1,5	< 5	31	< 1,5	< 3

Op plaatsen met hoge concentraties van de gemeten verbindingen was de hoeveelheid gemeten geureenheden ook hoog. Geurhinder wordt vooral veroorzaakt door H₂S, methaanthiol, dimethylsulfide en dimethyldisulfide en in veel mindere mate door de overige drie componenten. Op basis van geurdrempels van de gemeten vluchtige zwavelverbindingen is een ruwe inschatting gemaakt van de optredende geurconcentraties. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 9.

FIGUUR 9 HET AANTAL UIT DE ZWAVELCOMPONENTEN BEREKENDE GEURENHEDEN ALS FUNCTIE VAN HET AANTAL GEMETEN GEURENHEDEN. IN FIGUUR 9A ZIJN ALLE PUNTEN WEERGEGEVEN, IN FIGUUR 9B ZIJN DE DRIE HOOGSTE (SVI MIERLO) WEGGELATEN.



Uit figuur 9 wordt duidelijk dat het niet eenvoudig is de gemeten geureenheden te relateren aan de gemeten concentraties van zwavelverbindingen. Het is niet duidelijk of de lage 'verklaarbaarheid' van de gemeten geuremissie een indicatie is voor een groot aandeel van andere geurcomponenten in de totale geuremissie dan degene die zijn gemeten. Voor het aspect geur kunnen geen conclusies uit de VZV metingen worden getrokken.

5.4 BESPREKING VAN DE RESULTATEN

AWZI KORTENOORD

Op Kortenoord wordt naast de slibverlading ook de slibindikers, slibgebouw en de slibsilos afgezogen. Omdat de geurmeting aan de gecombineerde lucht werd uitgevoerd, kan worden gesteld dat het vastgestelde kengetal voor slibverlading (ge/ton) geen onderschatting is.

Ten tijde van de metingen was er een geur van het actiefkoolfilter waarneembaar. Of het actiefkoolfilter verzadigd is geweest, kan aan de hand van de metingen niet worden geconcludeerd. Wel kan worden geconcludeerd dat het totale systeem (lavafilter plus actiefkoolfilter) met een verwijderingsrendement van gemiddeld 95% goed functioneert. Wat betreft de aard van de geur wordt opgemerkt dat de gereinigde geur (uitlaat) niet onaangener is dan de ongereinigde geur (inlaat).

SVI MIERLO

Bij SVI Mierlo vindt luchtbehandeling plaats in zeven parallelle lavafilters. Metingen (mengmonster) zijn hierbij uitgevoerd aan de 'middelste' drie lavafilters. Uit de geurmetingen is gebleken dat bij twee van de drie metingen de geurconcentratie van de behandelde lucht hoger is dan de concentratie van de onbehandelde lucht. Uit de VZV-metingen komt naar voren dat de lavafilters een goed rendement hebben voor H_2S , en een redelijk rendement voor methaanthiol en dimethyltrisulfide. Het rendement is matig voor carbonylsulfide en zelfs negatief voor dimethylsulfide en dimethyltrisulfide.

Tijdens normale bedrijfsomstandigheden wordt in totaal circa 11.000 m³/h lucht in de lavafilters behandeld. Ten tijde van verladingsactiviteiten wordt deze luchthoeveelheid verhoogd tot circa 15.300 m³/h. Gezien de meetresultaten lijkt het erop dat de verhoogde luchtdoorvoer een (tijdelijk) storend effect heeft op de werking van de lavafilters. Mogelijk treedt bij verhoging van het luchtdebiet een stripeffect op voor de componenten dimethylsulfide en dimethyltrisulfide. Hierbij wordt opgemerkt dat vooral dimethylsulfide een zeer lage geurdrempel heeft waardoor een negatief geurrendement kan optreden.

De gemiddelde geuremissie van de onbehandelde lucht is, uitgaande van identieke geuremissie via zeven lavafilters, vastgesteld op circa 1.200×10^6 ge/h en voor de behandelde lucht op circa 3.000×10^6 ge/h. De berekende geuremissies zijn hiermee zeer hoog te noemen. Dergelijke geuremissies lijken niet in overeenstemming met de waarneming van de meettechnici in het veld (geen overdreven geur in het veld).

Uit metingen uitgevoerd in het verleden is gebleken dat de geuremissie van de onbehandelde en behandelde lucht respectievelijk circa 610×10^6 ge/h en $4,5 \times 10^6$ ge/h bedroeg¹. Gezien het gemeten afgasdebiet ten tijde van deze metingen zijn de metingen uitgevoerd toen geen slibverlading plaatsvond. Aangenomen kan worden dat de geurvracht van in ieder geval de onbehandelde lucht tijdens slibverlading significant hoger zal zijn dan hier genoemde geurvracht van 610×10^6 ge/h. De op Mierlo uitgevoerde metingen duiden hier ook op.

¹ Geuronderzoek SVI Mierlo, november 2002, Witteveen+Bos, rapport SECM/KRUB/rap.001, d.d. 4 december 2002

AWZI ALMERE

Uit de metingen uitgevoerd bij AWZ Almere blijkt dat de geurconcentratie van de onbehandelde lucht relatief hoog is. Het actiefkoolfilter waarin de actiefkool een maand voor de meting was ververst, heeft een uitstekend geurverwijderingsrendement van circa 100%. De geuremissie na het koolfilter is dan ook laag ($< 1 \times 10^6$ ge/uur). Ook uit de VZV-metingen blijkt dat na het koolfilter geen verbindingen meer zijn aangetoond boven de detectiegrens.

De geurconcentratie van de onbehandelde lucht wordt voornamelijk bepaald door de emissie van methaanthiol en in iets mindere mate door H_2S en dimethylsulfide.

RWZI LICHTENVOORDE

Het slibverladingssysteem bij RWZI Lichtenvoorde wijkt sterk af van de verladingssystemen bij de andere locaties. Aangezien slib 'continu' wordt overgebracht in containers (er vindt geen storting tijdens een slibverlading plaats zoals op de overige locaties), is het niet zinvol een geuremissie per ton vast te stellen. In feite kan hier gesproken worden over een continu optredende emissie. De vastgestelde geurvracht van de onbehandelde lucht is hierbij vastgesteld op $1,7 \times 10^6$ ge/uur (voor de behandelde lucht bedroeg deze $0,25 \times 10^6$ ge/uur). Dit is de lucht van drie containers.

Uit metingen uitgevoerd in het verleden is gebleken dat de geuremissie van de onbehandelde en behandelde lucht respectievelijk circa 71×10^6 ge/uur en $0,5 \times 10^6$ ge/uur bedroeg¹. Hierbij wordt opgemerkt dat slechts één meting is uitgevoerd aan de onbehandelde lucht. De geurconcentratie van de onbehandelde lucht wordt voornamelijk bepaald door de emissie van methaanthiol en dimethylsulfide.

5.5 CONCLUSIES

- Voor het storten van slib vanuit een silo kan voorlopig worden uitgegaan van een emissie van 5 tot 31×10^6 ge per ton verladen slib.
- Voor slib opgeslagen in containers kan worden uitgegaan van een emissie van circa $0,6 \times 10^6$ ge.container⁻¹.h⁻¹.
- Actiefkoolfilters zijn in staat om alle gemeten zwavelverbindingen effectief te binden, terwijl lavafilters een matig rendement hebben voor COS, DMS, DMDS, en DMTS.
- Bij piekbelastingen tijdens slibverlading lijkt een zeker stripeffect in lavafilters te kunnen leiden tot een toename van de emissie.

¹ Aanvullend geuronderzoek rwzi Lichtenvoorde, Witteveen+Bos, rapport LT20-2/panh/003, d.d. 4 november 2003

6

TECHNOLOGISCHE EVALUATIE

6.1 GEURVORMING

6.1.1 OORZAKEN GEURVORMING

De directe oorzaak voor de vorming van geurcomponenten tijdens slibopslag zijn de microbiologische (anaërobe) processen die tijdens de slibopslag optreden. In hoofdstuk 2 zijn de diverse microbiologische processen die leiden tot de vorming van geurcomponenten (zwaavelverbindingen, N verbindingen *et cetera*) beschreven. De mate waarin een microbiologische populatie zich kan ontwikkelen hangt af van diverse parameters zoals temperatuur, verblijftijd, pH, aanwezigheid substraat *et cetera*. Als voor de hand liggende conclusie zal het duidelijk zijn dat:

- Bij een hogere temperatuur in hogere mate geurcomponenten worden gevormd.
- Bij een langere slibverblijftijd meer geurvorming zal optreden.
- Bij ontwaterd slib eerder substraatlimitatie optreedt dan in een waterige oplossing.
- Bij handelingen waarbij slib ‘kapot’ wordt gemaakt substraat vrijkomt wat meer geurvorming op kan leveren.
- De pH een grote invloed kan hebben.

6.1.2 MAATREGELEN OM GEURVORMING TE VERHINDEREN

Maatregelen om geurvorming te voorkomen richten zich op het verhinderen van een anaërobe microbiologische populatie die geurcomponenten produceert of het introduceren van microbiële activiteit die geurcomponenten in voldoende mate verwijdert.

HET VERHINDEREN VAN DE ONTWIKKELING VAN EEN ANAËROBE MICROBIOLOGISCHE POPULATIE

Om de ontwikkeling van een microbiologische populatie te voorkomen kan gedacht worden aan dosering van biologische remmers (biocides), slibpasteurisatie of het instellen van dusdanige milieucondities dat microbiële groei wordt voorkomen dan wel sterk wordt geremd.

Dosering van biocides wordt onder andere toegepast in koelwatersystemen. Om de afwezigheid van microbiologische groei bij slibopslag te garanderen zijn er waarschijnlijk zeer hoge concentraties biocides nodig; ook goede menging zou problemen met zich meebrengen. Dosering van biocide wordt daarom niet als een oplossing beschouwd.

Pasteurisatie van slib kan worden uitgevoerd door het slib kortstondig te verhitten tot 80 °C. Het op temperatuur brengen en tijdelijk houden van ontwaterd slib in de opslag (silo, container) is vanuit praktisch en energetisch oogpunt niet gewenst of uitvoerbaar. Een alternatief is ontwaterd slib te pasteuriseren voor het de container of silo ingaat. Het lijkt onwaarschijnlijk of verhinderd kan worden dat zich op termijn in de silo of container alsnog microbiële activiteit ontwikkelt. Op basis van deze onzekerheid en het hoge energieverbruik is slibpasteurisatie geen oplossing.

Belangrijke parameters voor microbiële activiteit zijn de pH, de aanwezigheid van substraat en de verblijftijd. Door het aanbrengen van extreme pH's kunnen microbiële reacties verhinderd of voldoende geremd worden. Met kalkdosering kan de pH oplopen tot pH 12¹, en kan door de vrijgekomen warmte de temperatuur sterk stijgen, waardoor eveneens een zekere microbiële inactivatie optreedt. De extra slibproductie, het (te) hoge drogestofgehalte na dosering en het feit dat mogelijk niet alle activiteit voldoende geremd wordt, pleiten sterk tegen kalkdosering als oplossing voor de geuremissie tijdens slibverlading.

Hoe korter de verblijftijd van het slib tijdens de opslag, des te geringer de ophoping van microbiële geurcomponenten. Het is aan te bevelen het slibtransport zo op te zetten dat de verblijftijd geminimaliseerd wordt. Bij voorkeur dient het slib dagelijks te worden vervoerd.

Bij een aantal locaties met silo's wordt de silo vanonder gevoed en verladen. Dit 'last in – first out' principe heeft het gevaar dat een deel van het slib een aanzienlijke verblijftijd kan krijgen. Er wordt daarom ook aanbevolen dat de silo's van boven worden gevoed en vanonder verladen. Dit is geen garantie dat zich geen geurvorming ontwikkelt, maar vermindert de kans en leidt tot gereduceerde hoeveelheden geurcomponenten.

De aanwezigheid en beschikbaarheid van substraat kan worden beïnvloed door de manier van transport van ontwaterd slib. Het gebruik van plunjerpompen waarbij hoge drukken worden gebruikt, kan een directe oorzaak zijn voor de waargenomen geuroverlast. In plunjerpompen wordt het slib "versmeerd" waardoor meer substraat beschikbaar komt. Er wordt aanbevolen om bij transport van ontwaterd slib gebruik te maken van middelen die het slib zo min mogelijk versmeren. Hiermee wordt de kans op geurvorming verminderd. Een alternatief voor plunjerpompen zijn bijvoorbeeld wormpompen of transportbanden.

HET INTRODUCEREN VAN AFBRAAKCAPACITEIT VAN GEURCOMPONENTEN

De meeste gevormde geurcomponenten kunnen anaëroob, anoxisch of aëroob worden omgezet. Om voldoende anaërobe omzetting te garanderen dient er voldoende anaërobe activiteit aanwezig te zijn. Op de RWZI Almere wordt een kleine hoeveelheid uitgegist slib bijgeent om geurvorming door DMS te reduceren. In de praktijk blijkt echter dat aanwezigheid van anaëroob slib geen garantie is dat geuremissie wordt voorkomen.

Anoxische omzetting van geurcomponenten kan worden geïntroduceerd door nitraat aan het ontwaterd slib te doseren. In het verleden zijn enkele proeven met nitraatdosering uitgevoerd, echter zonder succes. Aërobe omzetting kan alleen plaatsvinden indien voldoende zuurstof wordt ingebracht. Voor ontwaterd slib met een droge stof gehalte van 20 % en hoger is dit praktisch niet uitvoerbaar. Ook proeven met dosering van specifieke enzymen om geurcomponenten te verwijderen waren niet succesvol.

Uit het bovenstaande blijkt dat er geen praktische maatregelen zijn die voldoende garantie bieden om de vorming van geurcomponenten te voorkomen of de eventueel gevormde geurcomponenten in voldoende mate af te breken. Wel zijn er een aantal maatregelen mogelijk waarmee de mate van geurvorming wordt gereduceerd.

¹ Bij deze pH kan emissie van NH₃ optreden.

Deze maatregelen zijn:

- minimaliseer de opslagtijd (logistiek);
- voed silos van boven en verlaad van onder;
- gebruik geen plunjerpompen of andere transportmiddelen die ontwaterd slib versmeren.

6.2 GEUREMISSIE

6.2.1 SLIBOPSLAG IN SILO'S

Er zijn verschillende maatregelen mogelijk om geuremissie te verminderen of verhinderen. Deze maatregelen worden in deze paragraaf besproken.

TOEVOEGING SPECIFIEKE CHEMICALIËN

Op dit moment zijn geen gegevens beschikbaar die erop wijzen dat dosering van chemicaliën tot een positief resultaat leiden. De maatregel wordt als niet effectief beschouwd.

ISOLATIE EN VENTILATIE

De wijze van isolatie en de ventilatie ervan zijn in diverse combinaties voorzien en/of uitgetest. Tabel 12 geeft een overzicht inclusief de waargenomen effectiviteit.

TABEL 12 GEUREMISSIE REDUCERENDE MAATREGELEN: EFFECTIVITEIT ISOLATIE EN AFZUIGING

Omschrijving maatregel							Maatregel effectief
isolatie				Afzuiging			
overkapping		laadhal		geen	silo	isolatie	
open	gesloten	open	dicht				
-	-	-	-	+	+	-	Nee
+	-	-	-	-	-	+	Nee
+	-	-	-	-	+	+	Nee
-	+	-	-	-	+	+	Ja
-	-	+	-	-	+	+	Nee
-	-	-	+	-	+	+	Nee

Overkapping : open = open niet luchtdichte constructie.

gesloten = overkapping die de opening in de container/vrachtwagen goed om- en afsluit.

+ = aanwezig; - = afwezig.

Uit tabel 12 blijkt dat in de praktijk alleen een overkapping die de vulopening(en) van de container goed omsluit en een redelijke luchtdichtheid kent, succes heeft. Het afzuigdebiet dient tenminste 2.500 – 3.000 m³/h te zijn.

Toepassing van een gesloten laadhal geeft onvoldoende garantie dat geuremissie wordt voorkomen. Bij de vergelijking tussen een gesloten overkapping en een laadhal kan het volgende worden opgemerkt. Bij een gesloten overkapping wordt een “geconcentreerde geur” vanuit de container/vrachtwagen afgezogen, zodat verhinderd wordt dat deze lucht zich verspreidt. Bij een voldoende hoog afzuigdebiet is deze maatregel effectief.

Bij een gesloten laadhal wordt geaccepteerd dat geurhoudende lucht zich in de laadhal verspreidt; het voorkomen van geuremissie moet worden gerealiseerd door het afzuigen van de laadhal. Bij ventilatievouden tot een factor 10 blijkt in de praktijk dat geuroverlast tijdens

slibverlading niet wordt voorkomen. Het is in dit stadium niet te voorspellen of met een hoger afzuigdebiet (en zo ja welke) geuremissie kan worden voorkomen.

Tot slot kan worden gesteld dat bij slibverlading de geuremissie als een “piek” vrijkomt die snel dient te worden afgezogen en behandeld. In de beperkte ruimte van de overkapping is dit eenvoudiger te realiseren dan in de grote ruimte van een laadhal.

Op locaties waar meer ‘open’ overkappingen worden toegepast blijkt dat bij de toegepaste afzuigdebieten, die uiteenlopen van 1.500 tot 2.500 m³/h, geuremissie niet wordt voorkomen.

WIJZE LUCHTBEHANDELING

Tabel 13 geeft aan dat een effectieve behandeling van de afgezogen lucht tijdens slibverlading alleen is waargenomen voor systemen bestaande uit actiefkoolfiltratie of een combinatie van een biofilter (compost) en een actiefkoolfilter.

TABEL 13

GEUREMISSIE REDUCERENDE MAATREGELEN: EFFECTIVITEIT LUCHTBEHANDELING

Bio-Filter		Gaswasser	Actiefkool	Maatregel effectief
Compost	lava			
+	-	-	-	Nee
+	-	+	-	Onbekend
-	+	-	-	Nee
-	+	-	-	Nee
+	-	-	+	Ja
-	-	-	+	Ja

+ = aanwezig, - = afwezig.

Biofiltratie (1 of 2 traps) blijkt in de praktijk onvoldoende om geuremissie te voorkomen. De biofilters kunnen tijdens de slibverlading doorslaan en in belangrijke mate geur verspreiden. Doorslaan van biofilters wordt veroorzaakt door de piekbelasting tijdens de verlading, die vooral uit andere verbindingen bestaat dan H₂S. Biofilters hebben voor verbindingen als methaanthiol en DMS slechts een geringe capaciteit, van naar schatting 0,05 en 0,15 Mge.m⁻³.h⁻¹ (STOWA 2000).

Alternatieve mogelijkheden om de piekbelasting voor biofilters op te vangen zijn:

- Het integreren van de luchtbehandeling van de slibverlading met andere onderdelen. Als de afgezogen lucht tijdens de slibverlading wordt behandeld met geventileerde lucht van andere onderdelen wordt de piekbelasting afgevlakt. De concentraties van moeilijk afbreekbare componenten worden hierbij eveneens verdund. Integratie met onderdelen van de waterlijn is een andere optie, maar een belangrijk nadeel hiervan is doorgaans de grote lengte van het luchtleidingwerk.
- Dosering (verneveling) van chemicaliën in de luchtleiding voor het biofilter tijdens de slibverlading om geurcomponenten te absorberen waardoor de piek wordt afgevlakt en het filter wordt ontlast. Hiermee zijn experimenten uitgevoerd. Deze moeten echter nog worden geëvalueerd. Bij toepassing van chemicaliën moet rekening worden gehouden met vergunningsaspecten (WM vergunning).

Een alternatief is om de lucht van de slibverlading te injecteren in de beluchttingsruimte van de waterlijn. Er zijn echter geen resultaten van testen of praktijksituaties beschikbaar.

Het is duidelijk dat wordt aanbevolen om de afgezogen lucht met actiefkoolfilters te behandelen. Indien toch lavafilters (en andere biologische systemen) worden toegepast dienen deze voorzichtig te worden ontworpen.

6.2.2 SLIBOPSLAG IN CONTAINERS

OPEN OF AFGEZEILDE CONTAINERS

In de praktijk blijkt dat bij open of afgezeilde containers minder vaak geuroverlast optreedt dan bij silos. Een belangrijke reden hiervoor is dat bij silo's tijdens de verlading een geuremissiepiek optreedt. Bij opslag in containers wordt een constante hoeveelheid geur per tijdseenheid geëmitteerd. Mogelijk treedt hieraan gewenning op zodat de emissie niet als hinderlijk wordt ervaren.

In een aantal gevallen wordt bij open of afgezeilde containers toch geuroverlast waargenomen. Dit soort opslag biedt geen garantie dat er geen geurhinder optreedt als geen aanvullende maatregelen worden getroffen.

Verneveling van geur neutraliserende chemicaliën bleek succesvol en het systeem wordt momenteel toegepast. Aangezien het hier één locatie betreft wordt vooralsnog geadviseerd om bij geuroverlast experimenteel vast te stellen of verneveling van chemicaliën effectief is. Verder moet bij toepassing van chemicaliën rekening worden gehouden met vergunningsaspecten.

GESLOTEN CONTAINERS

Een gesloten container kan worden beschouwd als een goed gesloten opslagmedium dat relatief eenvoudig te ventileren is. Door het aanleggen van een onderdruk kan emissie vanuit de container worden voorkomen. Hiernaast is de emissie vanuit het slib constant. In principe is dit proces beter beheersbaar.

Voor de luchtbehandeling kunnen biofilters worden toegepast. Actiefkoolfiltratie kan nodig zijn indien geurcomponenten aanwezig zijn die in biofilters niet of te weinig worden afgebroken. De praktijkgegevens geven hier echter geen aanleiding toe.

6.3 SAMENVATTING TECHNOLOGISCHE EVALUATIE

Uit de technologische evaluatie zijn de volgende punten naar voren gekomen.

- Er zijn nog geen maatregelen voorhanden om te garanderen dat tijdens slibopslag geurvorming niet zal optreden. Wel zijn er een aantal eenvoudige maatregelen te treffen om de kans hierop te verkleinen. Deze maatregelen zijn het voorkomen van lange(re) slibopslagtijden door logistieke maatregelen, het niet toepassen van pompen of ander transportmiddelen waarbij het slib sterk versmeert (bijvoorbeeld plunjerpompen) en, bij silos, de voeding van boven en de verlading vanonder uit te voeren. Bij opslag van aëroob slib kan bij-enten van anaëroob slib geurhinder reduceren. Echter, verhinderen van geuremissie dient te worden gerealiseerd door aanvullende maatregelen.
- Bij slibopslag in silos is tot nu toe alleen een voldoende afgezogen gesloten overkapping die de vulopeningen goed omsluit en een zekere luchtdichtheid kent succesvol gebleken. Laadhallen en open overkappingen bieden onvoldoende zekerheid.

- Bij slibopslag in containers bieden alleen gesloten en afgezogen containers een zekere garantie dat er geen geurhinder optreedt.
- Voor de luchtbehandeling kan bij gesloten, afgezogen containers biofilters (lava/compost) worden toegepast. Bij verlading vanuit silos zijn biofilters onvoldoende. Zekerheid van een afdoende luchtbehandeling wordt verkregen indien aanvullend of alleen actiefkoolfiltratie wordt toegepast.

7

TECHNISCHE UITVOERING EN KOSTEN VAN DE SLIBVERLADING

7.1 SLIBOPSLAG IN SILO'S

7.1.1 TECHNISCHE UITVOERING

Om geuroverlast bij slibopslag en –verlading te voorkomen kunnen de volgende eisen worden gesteld.

- afzuiging van de slibosilo is vereist;
- toepassing en afzuiging van een isolatie tijdens de verlading is nodig;
- behandeling van de afgezogen lucht van de slibosilo en isolatie moet worden voorzien.

Afzuiging slibosilo

Voor de afzuiging van de slibosilo zijn er 2 benaderingen mogelijk: gedinieerde ventilatievoud en voorkomen van een explosief gasmengsel door biogasvorming in de slibosilo.

- Ventilatievoud

Er zijn momenteel geen specifieke richtlijnen voor afzuiging van slibosilo's. Een slibosilo kan beschouwd worden als een niet betreedbare ruimte. Volgens de algemene STOWA richtlijnen (STOWA 1994) betekent dit een ventilatievoud van 1-3 keer per uur. Het vereiste afzuigdebiet Q_{silosilo} (m³/h) voor een slibosilo met een volume van V_{silosilo} (m³) bedraagt:

$$V_{\text{silosilo}} < Q_{\text{silosilo}} < 3 V_{\text{silosilo}}$$

- Voorkómen explosief gasmengsel

In een silo wordt biogas gevormd. De afzuiging van de silo dient zodanig te zijn dat het mengsel lucht – biogas niet explosief is. In bijlage 4 is een berekening van het benodigde afzuigdebiet gegeven. Uitgaande van een eis aan de afgezogen lucht van een waarde van maximaal 20 % van de LEL¹ voor methaan bedraagt het afzuigdebiet:

$$\begin{array}{ll} Q_{\text{silosilo}} = 4,6 * V_{\text{silosilo}} & \text{bij een droge stof gehalte ontwaterd slib van 20 \%} \\ Q_{\text{silosilo}} = 5,8 * V_{\text{silosilo}} & \text{bij een droge stof gehalte ontwaterd slib van 25 \%} \\ Q_{\text{silosilo}} = 7,0 * V_{\text{silosilo}} & \text{bij een droge stof gehalte ontwaterd slib van 30 \%} \end{array}$$

¹ LEL = lower Explosion Limit

Het afzuigdebiet wordt bepaald door de eisen aan het gasmengsel. De benodigde ventilatievolumen van de silo bedraagt afgerond circa 5 tot 7.

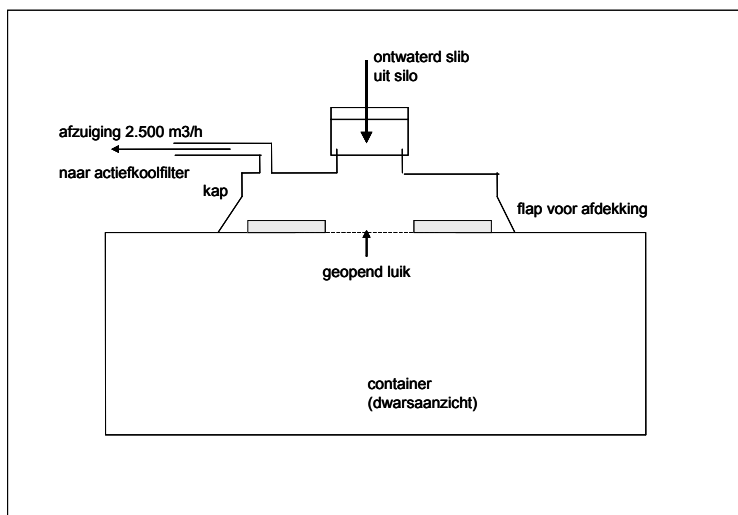
TYPE ISOLATIE

Om geuremissie te voorkomen dient een overkapping te worden voorzien die de vulluiken van de vrachtwagen goed omsluit. De overkapping dient een redelijke mate van luchtdichtheid te garanderen maar hoeft niet volledig luchtdicht te zijn. Overkapping en vrachtwagen moeten goed op elkaar zijn afgestemd.

Op basis van praktijkervaringen blijken constructies zoals die onder andere worden toegepast op Almere en Hellevoetsluis te voldoen. Hierbij bestaat de afdichting uit flappen (zie figuur 10), of een balgconstructie binnen een goed gesloten omkapping.

FIGUUR 10

SCHEMATISCHE VOORSTELLING OMKAPPING SLIBVERLADING VANUIT EEN SLIBSILO



Bij gebruik van bovengenoemde overkapping kan de slibverlading via een vrije val in de open lucht worden uitgevoerd. Een laadhal is niet noodzakelijk.

Een goede bedrijfsvoering en afspraken met de slibverlader zijn van belang. De verlading kan pas beginnen nadat de overkapping is gezakt en op de juiste plaats zit. De overkapping mag pas worden opgehesen indien de verlading klaar is en de vulluiken van de container zijn gesloten.

Indien de container meerdere vulluiken bevat dient alleen het vulluik geopend te zijn waarlangs de verlading plaatsvindt. Indien de container ter plekke van het luik vol is kan via een ander vulluik worden gevuld.

Om te detecteren wanneer de container vol is zijn er een aantal mogelijkheden:

- plaatsen van een camera binnen de omkapping;
- toename gewicht waarbij de vrachtwagen op een weegbrug staat;
- sensoren om hoogte van het slib te meten (niveaumeting);
- asdrukmeting op de vrachtwagen.

AFZUIGING ISOLATIE

Er bestaan geen specifieke richtlijnen en ontwerpgrondslagen voor het vereiste afzuigebiet van de isolatie. Praktijkgegevens geven aan dat voor het minimale afzuigebiet van de isolatie Q_{isolatie} (m^3/h) de volgende eis geldt:

$$Q_{\text{isolatie}} \geq 2.500 - 3.000 \text{ m}^3/\text{h}.$$

TYPE LUCHTBEHANDELING

In de praktijk blijkt dat alleen actiefkoolfiltratie voldoet. Een combinatie van een biofilter en een actiefkoolfilter is mogelijk maar niet noodzakelijk. Voor de dimensionering van een actiefkoolfilter kan worden uitgegaan van een contacttijd van 3 à 5 seconden. Het filter moet worden uitgevoerd met een luchtverwarmer om de aanvoer van droge lucht te garanderen.

SAMENVATTING EISEN SLIBVERLADING VANUIT SLIBSILO'S

De eisen zijn samengevat in tabel 14.

TABEL 14

EISEN SLIBVERLADING VANUIT SLIBSILO'S

Parameter	Waarde/omschrijving	Eenheid
Ventilatievoud silosilo	5 tot 7, afhankelijk van droge stof gehalte ontwaterd slib	[-]
Type isolatie	Overkapping met afdichting die de vulluiken goed omsluit. Afdichting hoeft niet luchtdicht te zijn. Toepassing van rubberen flappen zijn een mogelijkheid. Vulproces kan via een camera, silbniveaumeting of asdrukmeting op de vrachtwagen worden gevolgd. Goede bedrijfsvoering en afspraken met transporteur zijn vereist.	[-]
Afzuigebiet isolatie	$\geq 2.500 - 3.000$	m^3/h
Type luchtbehandeling	Actiefkoolfiltratie, contacttijd 3 à 5 seconden	[-]

7.1.2 KOSTEN SLIBVERLADING

De extra kosten om geuremissie tijdens de slibverlading te verhinderen bestaan uit:

- ventilatoren voor de afzuiging van de silo en isolatie inclusief toebehoren (leidingwerk, afsluiters etc);
- isolatie;
- actiefkoolfiltratie.

Een raming van de kosten is gegeven in tabel 15.

TABEL 15

RAMING INVESTERING GEURMAATREGELEN SLIBVERLADING PER SLIBSILO

Omschrijving	Waarde	Eenheid
isolatie *)	60.000	Euro's
actiefkoolfilter en ventilator **)	11.500	Euro's
overigen 15 % **)	5.000	Euro's
Totaal	76.500	Euro's

*) Gebaseerd op kosten overkapping Hellevoetsluis

***) Aanbieding Logisticon 1999 actiefkoolfilter inclusief vulling en ventilator, capaciteit $2.500 \text{ m}^3/\text{h}$. Voor indexatie is uitgegaan van 3 % per jaar. Afgerond op veelvoud van 500.

De jaarlijkse kosten worden bepaald door energiekosten en vervanging van de actiefkool. De standtijd van het actiefkool bedraagt circa 22 maanden ¹. Dit komt overeen met circa 475 slibverladingsen².

De jaarlijkse kosten voor een RWZI van 100.000 i.e. à 136 g TZV en een specifieke slibproductie van 0,02 ton ds/i.e. bedragen circa:

- | | | |
|-------------------------|-------|-----|
| • vervanging actiefkool | 1.650 | €/j |
| • energie ³ | 500 | €/j |

7.2 SLIBOPSLAG IN CONTAINERS

7.2.1 TECHNISCHE UITVOERING

Om geuroverlast te voorkomen kunnen de volgende eisen gesteld worden:

- de container dient gesloten te zijn;
- de container dient voldoende te worden afgezogen;
- de afgezogen lucht dient te worden behandeld.

TYPE EN LOCATIE CONTAINER

De containers dienen gesloten te zijn. De containers kunnen in een gesloten laadhal worden opgesteld maar dit is niet strik noodzakelijk. Een buitenopstelling met eventueel een overkapping is een goed alternatief.

AFZUIGING VAN DE CONTAINER

Voor de afzuiging van de container kunnen in principe dezelfde criteria als voor een silo worden gebruikt: een ventilatievoud van 5 tot 7 afhankelijk van het drogestofgehalte van het ontwaterd slib.

LUCHTBEHANDELING AFGEZOGEN LUCHT

In de praktijk blijkt dat bij afgezogen containers biofilters (compost/lava) voldoen. Indien vluchtige zwavel verbindingen verregaand moeten worden verwijderd moet actiefkoolfiltratie worden toegepast.

Voor de dimensionering van biofilters kan worden uitgegaan van de volgende kengetallen:

- | | | | |
|------------------|-------------------------|----------------|-------------------------------|
| • Lava filters | belasting maximaal | 150 | m/h |
| | Geurbelasting maximaal | $8 \cdot 10^6$ | ge/m ³ lava . h |
| | vulhoogte lavafilter | 3 | m |
| • Compostfilters | belasting maximaal | 50 | m/h |
| | geurbelasting maximaal | $2 \cdot 10^6$ | ge/m ³ compost . h |
| | vulhoogte compostfilter | 1 | m |

¹ L. van Efferen, *mondelling mededeling*, gegevens over rwzi Almere

² 1 verlading per werkdag

³ Gebaseerd op 1 transport per werkdag à 30 m³, een verladingsduur van 30 minuten en een energieprijis van 0,065 €/kWh.

SAMENVATTING EISEN SLIBVERLADING VANUIT SLIBSILO'S

De eisen zijn samengevat in tabel 16.

TABEL 16 EISEN VOOR SLIBVERLADING VANUIT CONTAINERS

Parameter	Waarde/omschrijving	Eenheid
Type container	Gesloten. Containers kunnen buiten eventueel onder overkapping worden opgesteld.	[-]
Ventilatievoud container	5 tot 7, afhankelijk van droge stof gehalte ontwaterd slib	h ⁻¹
Type luchtbehandeling	Biofilter (lava/compost) of Actiefkool	[-]

7.2.2 KOSTEN SLIBVERLADING

De kosten voor de slibverlading bestaan uit:

- kosten voor de gesloten container;
- ventilatoren voor de afzuiging van de container inclusief toebehoren (leidingwerk, afsluiters etc);
- kosten voor de luchtbehandeling.

Een raming van de kosten is gegeven in tabel 17. Hierbij is uitgegaan van 3 containers geplaatst in de open lucht. De afzuiging komt op een gezamenlijke leiding. Voor de luchtbehandeling wordt uitgegaan van één lavafilter.

TABEL 17 RAMING INVESTERING GEURMAATREGELEN SLIBVERLADING VANUIT CONTAINERS

Omschrijving	Waarde	Eenheid
containers en toebehoren*	65.000	Euro's
ventilator en lavafilter	7.500	Euro's
overigen	5.000	Euro's
totaal	77.500	Euro's

*) gebaseerd op de investering bij de rwzi Tollebeek (L. van Efferen, *persoonlijke mededeling*).

De jaarlijkse kosten bestaan voornamelijk uit energie. Deze worden geraamd op 250 €/j.

8

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 CONCLUSIES

- Geuroverlast tijdens slibverlading komt in aanzienlijke mate voor. Bij circa 50 % van de locaties waar slib wordt verladen treedt geurhinder op.
- De vrachtwagens die het slib transporteren kunnen een belangrijke bron voor geuremissie zijn. Klachten uit de omgeving van ontwateringslocaties worden mogelijk hierdoor veroorzaakt.
- Er is geen directe relatie tussen geurhinder tijdens slibverlading en de waterlijn, de wijze van slibindikking, de aanwezigheid van slibgisting, de slibsamenstelling en de wijze van slibontwatering.
- Er is wel een relatie tussen wijze van transport van ontwaterd slib en slibopslagtijd. Het gebruik van pompen die het slib versmeren (bijvoorbeeld plunjerpompen) kan geurhinder bevorderen.
- Op ontwateringslocaties in Nederland blijkt dat bij slibopslag in containers er minder vaak geuroverlast optreedt dan bij opslag in silo's.
- Bij de verlading van slib uit een slibsilos komt een geurexplosie vrij. Als kengetal kan worden uitgegaan van 5 - 31 ge/ton verladen slib.
- Bij slibopslag in silo's zijn de volgende maatregelen niet effectief of bieden onvoldoende garantie dat geurhinder wordt voorkomen: dosering van chemicaliën, gebruik van laadhallen, behandeling van afgezogen lucht via biofilters.
- Biofilters slaan door tijdens de verlading en zijn weinig effectief in de verwijdering van vluchtige zwavelverbindingen.
- Om geuroverlast bij verlading van slib uit silo's te verhinderen zijn de volgende maatregelen nodig: afzuiging van de slibsilos, het plaatsen van een overkapping over de container, afzuiging van de overkapping, en behandeling van de afgezogen lucht in een actiefkoolfilter.
- Geuroverlast vanuit open of afgezeilde containers kan mogelijk worden voorkomen door het vernevelen van specifieke chemicaliën.
- Om geuroverlast vanuit gesloten containers te verhinderen is afzuiging van de container en behandeling in biofilters voldoende.

8.2 AANBEVELINGEN

- Bij slibopslag in silo's worden om geurhinder te voorkomen de volgende voorzieningen aanbevolen:
 - afzuiging van de silosilo met een ventilatievoud van 5 tot 7;
 - een overkapping als isolatie die over het vulluik van de container wordt geplaatst en deze goed om- en afsluit;
 - het afzuigen van de overkapping met een debiet van tenminste 2.500 – 3.000 m³/h.
 - behandeling van de afgezogen lucht met actiefkoolfiltratie.
- Bij slibopslag in containers dient te worden uitgegaan van gesloten containers. Voor de afzuiging van de container kan worden uitgegaan van een ventilatievoud van 5 tot 7. De afgezogen lucht moet worden behandeld in een biofilter of een actiefkoolfilter.
- Bij bestaande locaties met open/afgezeilde containers waar geurhinder optreedt kan experimenteel worden vastgesteld of verneveling van specifieke chemicaliën voldoende is. Verder moeten vergunningsaspecten worden nagegaan. Er zijn ervaringen dat de intentie om chemicaliën toe te passen leidt tot overwegende bezwaren bij de vergunningverlener

9

REFERENTIES

Buisman C J N 1989. Biotechnological sulphide removal with oxygen. Proefschrift, Landbouw-universiteit Wageningen.

Bonnin C, A Laborie & H Paillard 1990. Odor nuisances created by sludge treatment: problems and solutions. *Water Science & Technology* **12**: 65-74.

Casarett & Doull's Toxicology: The basic science of poisons, editor C.D. Klaassen. 1996, vijfde editie, The McGraw-Hill Companies, United States of America.

Chemiekaarten: Gegevens voor veilig werken met chemicaliën. 2002, 18^e editie 2003, TNO Arbeid, VNCI

Geurts M J G 1986. Onderzoek naar stankoverlast bij de behandeling van afvalwater en drijfmest - Vorming en afbraak van biologische stankfactoren. Rapport, Landbouwuniversiteit Wageningen, 1987.

Ginzburg B, I Chalifa, O Hadas, I Dor & O Lev 1999. Formation of dimethyloligosulfides in Lake Kinneret. *Water Science & Technology* **40** (6): 73-78.

Gostelow P & S A Parsons 2000. Sewage works odour measurement. *Water Science & Technology* **41** (6): 33-40.

Heitz A 2002. Malodorous dimethylpolysulfides in Perth drinking water. Ph D Thesis, Curtin University of Technology, Perth, Australia, 2002.

IHE-LUW 2000. Syllabus IHE-LUW International course on anaerobic wastewater treatment. IHE Delft, LUW Wageningen.

International Agency for Research on Cancer (IARC): Monographs programme on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 54, 1992.

Janssen A J H 1996. Formation and colloidal behaviour of elemental sulphur produced from the biological oxidation from hydrogen sulphide. Proefschrift, Landbouwuniversiteit Wageningen, 1996.

Kuenen J G & L A Robertson 1992. The use of natural bacterial populations for the treatment of sulphur containing waste water. *Biodegradation* **3** : 239-254.

Lomas B P, H J M Op den Camp, A Pol, C van der Drift & G D Vogels 1999. Role of methanogens and other bacteria in degradation of dimethyl sulfide and methanethiol in anoxic freshwater sediments. *Applied and Environmental Microbiology* **65**: 2116-2121.

Lomas B P, R Maas, R Luderer, H J M Op den Camp, A Pol, C van der Drift & G D Vogels 1999. Isolation and characterization of *Methanomethylovorans hollandica*, *gen nov*, *sp nov*, isolated from freshwater sediment, a methylotrophic methanogen able to grow on dimethyl sulfide and methanethiol. *Applied and Environmental Microbiology* **65**: 3641-3650.

Islam A K M N, K Hanaki & T Matuso 1998. Fate of dissolved odorous compounds in sewage treatment plants. *Water Science & technology* **38** (3): 337-344.

Nationale MAC-lijst 2004. 2003, Sdu Uitgevers, Den Haag, onder auspiciën van het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Nationale MAC-lijst 2003. 2002, Sdu Uitgevers, Den Haag, onder auspiciën van het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

Niet-limitatieve lijst van voor de voortplanting giftige stoffen, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, december 2003.

Op den Camp H J M, A Pol & C van der Drift. Dimethylsulfide verwijdering met behulp van een lab-scale biofilter. Samenvatting voordracht TCA workshop 'Zwavelverbindingen in de milieu(bio)technologie: een last of een lust'. 1994

STOWA 1994. Bedrijfstakonderzoek stankbetrijding op RWZI's. – Handleiding voor het vaststellen van geuremissies bij rwzi's. STOWA, Utrecht, rapport 94-5

STOWA 2000. Biologische luchtzuivering op rwzi's – Systeemkeuze en dimensionering gebaseerd op literatuur- en praktijkonderzoek. STOWA, Utrecht, rapport 2000-03.

STOWA (2002). Het voorkomen van endotoxinen op rwzi's. STOWA, Utrecht, rapport 2002-44.

Visscher P T & B F Taylor 1993. A new mechanism for the aerobic catabolism of dimethyl sulfide. *Applied and Environmental Microbiology* **59**: 3784-3789.

Visscher P T, L K Baumgartner, D H Buckley, D R Rogers, M E Hogan, C D Raleigh, K A Turk & D J Des Marais 2003. Dimethyl sulphide and methanethiol formation in microbial mats: potential pathways for biogenic signatures. *Environmental Microbiology* **5**: 296-308

Winter P & S C Duckham 2000. Analysis of volatile odour compounds in digested sewage sludge and aged sewage sludge cake. *Water Science & Technology* **41** (6): 73-80.

BIJLAGE 1

POTENTIËLE STANKVEROORZAKENDE STOFFEN

POTENTIËLE STANKVEROORZAKENDE STOFFEN (BONNIN ET AL. 1990, HVIVED-JACOBSEN ET AL. 2002) MAC WAARDE UIT: NATIONALE MAC-LIJST 2004; 5 NATIONALE MAC-LIJST 2003

Klasse	Verbinding	Formule	Geur	MAC waarde (mg/m ³)	Geurdrempel (ppb)
S-verbindingen	waterstofsulfide	H ₂ S	rotte eieren	15	0,4
	koolstofdifluoride	CS ₂	onaangenaam, zoet	20	2,6
	methylmercaptaan	CH ₃ SH	knoflook, kool	1	1
	ethylmercaptaan	C ₂ H ₅ SH	rotte groenten	1	0,2
	propylmercaptaan	C ₃ H ₇ SH	rotte groenten	---	0,5
	dimethylsulfide	(CH ₃) ₂ S	rotte groenten	---	1
	diethylsulfide	(C ₂ H ₅) ₂ S	ether	---	0,25
	dimethyldisulfide	(CH ₃) ₂ S ₂	bedorven	---	0,3 - 10
	dimethyltrisulfide	(CH ₃) ₂ S ₃	bedorven	---	
N-verbindingen	ammonia	NH ₃	irriterend	14	37
	methylamine	CH ₃ NH ₂	rotte vis	6,4	1 - 50
	ethylamine	C ₂ H ₅ NH ₂	rotte vis	9	2.400
	Propylamine	C ₃ H ₇ NH ₂	rotte vis	---	7
	dimethylamine	(CH ₃) ₂ NH	dode vis	1,8	20-80
	trimethylamine	(CH ₃) ₃ N	dode vis	8	0,2
	indol	C ₈ H ₇ NH	feces	---	1,5
	skatol	C ₉ H ₇ NH	feces	---	0,002 -1
zuren	azijnzuur	CH ₃ COOH	azijn	25	15
	boterzuur	C ₃ H ₇ COOH	ranzig	---	0,1-20
	valeriaanzuur	C ₁₀ H ₈ COOH	zweet	---	2-2.600
aldehyden en ketonen	formaldehyde	CH ₂ O	verstikkend	1,5	37
	aceetaldehyde	CH ₃ CHO	fruit, appel	180	0,005-2
	aceton	CH ₃ COCH ₃	fruit, zoet	1780	4.600
	butanon	C ₄ H ₈ COCH ₃	groene appel	590	270

BIJLAGE 2

ENQUÊTERESULTATEN

RESPONS

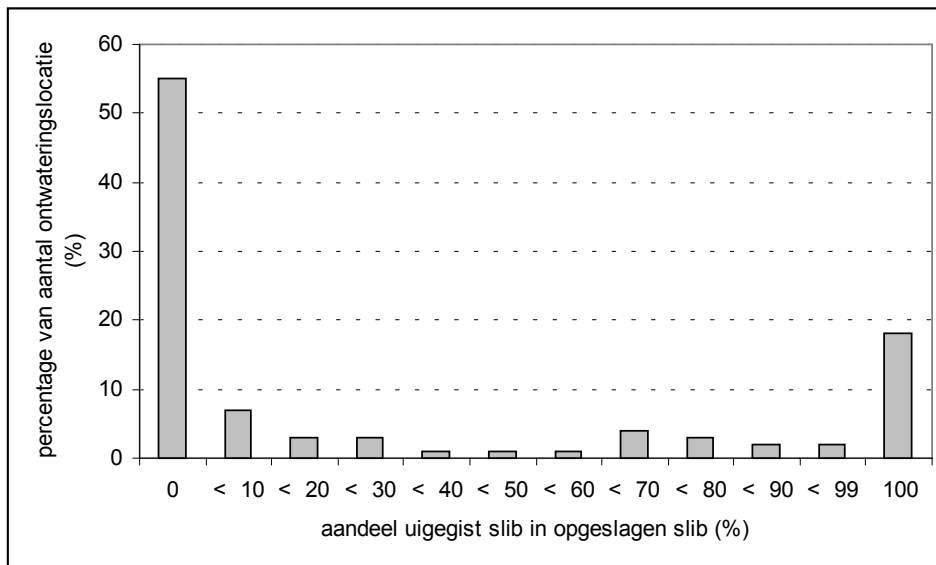
Op de enquête is gereageerd door 21 waterbeheerders, die in totaal voor 85 ontwateringslocaties gegevens ter beschikking stelden.

WIJZE VAN SLIBONTWATERING, SLIBOPSLAG EN SLIBVERLADING OP RWZI'S IN NEDERLAND

- Grootte slibontwateringslocaties
De meeste ontwateringslocaties (50 %) hebben een capaciteit tussen 50.000 en 250.000 i.e., 25 % is kleiner en 25 % is groter dan deze grenzen.
- Slibsamenstelling (zie figuur 11)
Het te ontwateren slib bestaat voornamelijk uit aëroob slib, uitgedist slib of een mengsel hiervan.

FIGUUR 11

PERCENTAGE UITGEGIST SLIB IN HET TE ONTWEREN SLIB.



Bij 12,5 % van de ontwateringslocaties wordt een mengsel van primair en secundair slib ontwaterd. Het aandeel primair slib op deze ontwateringlocaties bedroeg:

- 0 - 25 % 45 % van de locaties
- 25 - 50 % 27 % van de locaties
- 50 - 75 % 27 % van de locaties
- 75 - 100 % 0 % van de locaties

Bij 13 % van de locaties worden drijfslagen meegenomen bij de ontwatering en slibopslag. Bij 70 % van de locaties gebeurt dit niet. Voor 17 % van de locaties was dit onbekend.

- Wijze van slibindikking

gravitair	69 %
band	17 %
centrifuge	7 %
anders	7 %

- Wijze van slibontwatering

centrifuges	53%
zeefbandpersen	36%
filterpersen	7%.

- Toeslagstoffen slibontwatering

poly-electroliet	82 %
Fe-zout	7 %
hout	3 %
kalk	1 %
geen	6 %

- Transport ontwaterd slib naar slibopslag

transportbanden	24 %
plunjerpompen	26 %
wormpompen	22 %
anders	28 %

- Wijze slibopslag

silos	47 %	
slibcontainers	47 %	waarvan open 60 %, afgedekt 36 % en gesloten 4 %.
anders	6 %	

- Slibopslagtijd

< 1 dag behalve in weekeinde	20 %
< 1 dag	8 %
1 – 3 dagen	42 %
3 – 5 dagen	27 %
> 5 dagen	3 %

- Wijze van slibverlading

- bij slibopslag in silo's (aantal 40)
 - laadhal 20 % waarvan open 25 % en gesloten 75 %.
 - buiten 80 % waarvan met isolatie ¹ 44 % , zonder isolatie 56 %
- bij slibopslag in containers, gesloten (aantal 2)
 - laadhal 50 %
 - buiten 50 %
- bij slibopslag in containers, open/afgezeild (aantal 39)
 - laadhal 5 %
 - buiten 95 %

¹ Isolatie kan zijn balg, slurf, overkapping, flappen

- Luchtafzuiging tijdens slibverlading
 - Opslag in containers
 - open en afgezeilde containers worden niet afgezogen. Gesloten containers worden altijd afgezogen.
 - Opslag in silo's
 - bij toepassing van een laadhal of een ander isolatie tijdens de verlading worden deze bijna altijd afgezogen. In andere gevallen is er geen afzuiging voorzien.

- Wijze van luchtbehandeling
 - Bij opslag in gesloten containers
 - in deze gevallen worden op de locaties (2x) biologische filters toegepast
 - Bij opslag in silo's

○ biologische filters	68 %
○ actiefkool	17 %
○ biologische filters + actiefkool	5 %
○ inblazen beluchttingsruimte	5 %
○ anders	5 %

MATE VAN GEUROVERLAST OP ONTWATERINGSLOCATIES

Van de waterbeheerders geeft iets meer dan de helft aan dat er geuroverlast bij het verladen van slib optreedt. Een derde geeft aan dat geen overlast plaatsvindt en de rest geeft aan dat maatregelen de overlast hebben verminderd.

GEURBEPERKENDE MAATREGELEN OP ONTWATERINGSLOCATIES

Geurbeperkende maatregelen zijn getroffen bij ongeveer 75% van de beheerders. Ze hebben in 80% van de gevallen geleid tot vermindering van de overlast.

De volgende maatregelen werden als succesvol omschreven:

- Isolatiemaatregelen, zoals
 - afdekken containers;
 - afdekken nat silos;
 - inpandige verlading;
 - transport van ontwaterde slibkoek via gesloten kettingtransportsysteem;
 - afzuiging van lucht in het gebouw van de kamerfilterpers.

- Ventilatie en behandeling van de afgezogen lucht, zoals
 - afgedekte en afgezogen slibcontainers;
 - continue afzuiging laadruimte vrachtwagen en behandeling afgezogen lucht;
 - volledig gesloten systeem van containerbelading, afzuiging centrifuge en containers.

Voor de behandeling van de afgezogen lucht wordt de voorkeur gegeven aan: actiefkoolfilters, inblazen in de beluchting of lavafilters.

- Maatregelen ‘aan de bron’, zoals:
 - beperking van de slibverblijftijd in een slibsilos tot minder dan 2 dagen;
 - dosering van 1% uitgegist slib aan het te ontwateren ingedikte slib (ter voorkoming van de vorming van DMS);
 - co-vergisting van secundair slib, met name in de zomerperiode;
 - het mengen van uitgegist slib en secundair surpluslib (van directe ontwatering).

Een aantal maatregelen wordt als minder succesvol omschreven zoals:

- matige werking van de luchtafzuiging;
- behandeling van DMS-houdende lucht in lavafilters;
- het gebruik van laadruimtes zonder luchtbehandeling;
- een afzuigkap ter grootte van de vrachtwagen;
- verhoging van de ventilatie zonder behandeling;
- eenvoudige aanpassingen als flappen en dergelijke;
- het doseren van enzymen;
- het doseren van nitraat.

MOGELIJKE OORZAKEN VAN GEUROVERLAST TIJDENS SLIBVERLADING VOLGENS WATERBEHEERDERS

Aan de waterbeheerders is tevens gevraagd wat de oorzaken van de overlast konden zijn. Vanzelfsprekend werd de invloed van temperatuur op de vorming en van wind op de verspreiding van geuremissie aangegeven. Andere genoemde oorzaken betroffen:

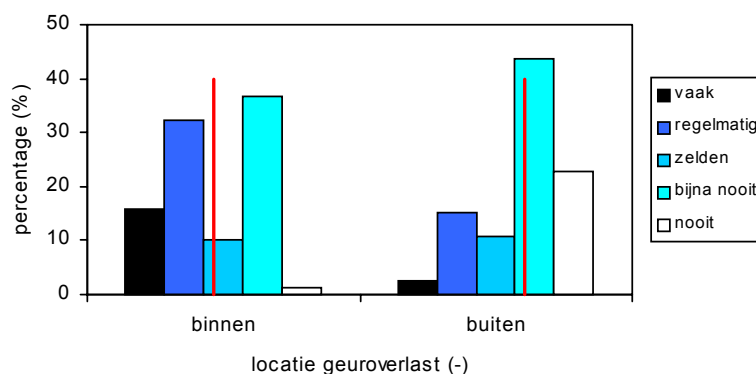
- Het soort toeslagstof bij de slibontwatering; met name als FeCl_3 wordt toegepast treedt minder geurhinder op.
- De duur van de anaërobe periode van spuien tot en met beladen en de verblijftijd in slibsilos.
- De kwaliteit en samenstelling van het slib (stabilisatiegraad, vergist of aëroob gestabiliseerd, directe ontwatering bij bio-P slib, aanwezigheid van methanogene bacteriën).
- De invoerconstructie, en de aanwezigheid van dode hoeken of brugvorming in slibsilos.
- Het schoonhouden van vrachtauto's en de compartimentering van het vulluik van vrachtauto's beperken de stankemissie uit de vrachtauto's, die ook als bron worden aangemerkt.
- Het samendrukken of ‘versmeren’ van slib bij ontwaterd slibpompen; vooral plunjerpompen worden ongunstig gewaardeerd.
- Het gebruikte polymeer.

MATE VAN GEUROVERLAST EN RELATIES PARAMETERS EN GEUROVERLAST OP ONTWATERINGSLOCATIES

- Mate geuroverlast

Van 85 ontwateringslocaties werden gegevens verstrekt over de geuroverlast. Met betrekking tot de mate van overlast konden zes antwoorden worden gegeven (1: ja, ernstig en vaak, 2: ja, regelmatig, 3: ja, zelden, 4: nee, vrijwel nooit, 5: nee, absoluut niet en 6: nee, maar vroeger wel). Het antwoord 'nee, maar vroeger wel' is in de volgende beschouwing niet meegenomen. De overige zijn opgevat als een schaal van 'vaak' naar 'nooit'. De mate van geuroverlast bij deze locaties is weergegeven in figuur 12, zowel op de ontwateringslocatie en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woonbebouwing.

FIGUUR 12 KWANTIFICERING VAN DE GEURHINDER OP HET TERREIN ('BINNEN'), EN TER HOOGTE VAN DE DICHTSTBIJZIJNDE WOONBEBOUWING ('BUITEN'). DE RODE LIJNEN GEVEN HET 'GEMIDDELDE' VAN DE BEOORDELINGEN AAN. IN TOTAAL 85 LOCATIES ZIJN BETROKKEN.



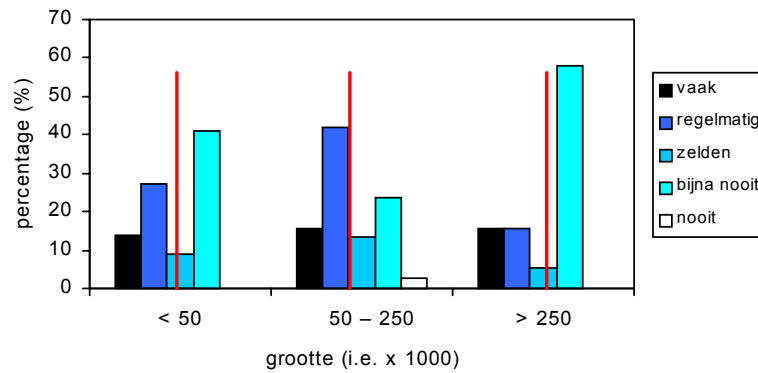
De verdeling over de verschillende antwoorden laat zien dat er een ruime spreiding in de antwoorden is. Op het oog licht de verdeling van de beoordeling van de overlast 'buiten' (ter hoogte van de dichtstbijzijnde woonbebouwing) duidelijk meer naar rechts dan die van 'binnen' (op de locatie zelf). Dit is vooral duidelijk als gekeken wordt naar het 'gemiddelde' van de beoordelingen. De 'gemiddelde' beoordeling is hier berekend als de mediaan, het punt dat de verdeling halveert. Vanzelfsprekend ligt het 'gemiddelde' van de beoordeling ter hoogte van de woonbebouwing aanzienlijk meer naar rechts (naar zelden tot nooit) dan op de ontwateringslocatie zelf.

- Grootte ontwateringslocatie

De grootte van de ontwateringslocatie heeft zo goed als geen invloed op de mate van geuroverlast. Dit is geïllustreerd in figuur 13, voor de overlast ter plaatse van de dichtstbijzijnde woonbebouwing. Ook op het terrein zelf is er geen verschil.

FIGUUR 13

INVLOED VAN DE GROOTTE VAN DE ONTWATERINGSLOCATIE OP DE MATE VAN OVERLAST TER PLAATSE VAN DE DICHTSTBIJZIJNDE WOONBEBOUWING. IN TOTAAL 85 LOCATIES ZIJN BETROKKEN.

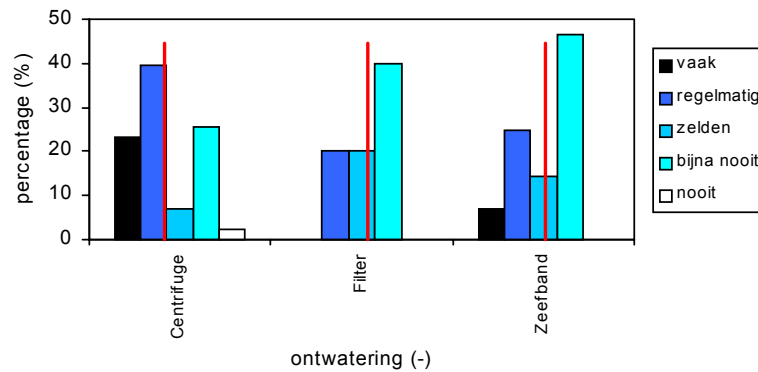


- Wijze slibontwatering

De wijze van ontwatering lijkt een zwakke invloed te hebben op de mate van overlast. In figuur 14 is te zien, dat centrifuges wat vaker aanleiding tot overlast geven dan zeefbandpersen of kamerfilterpersen.

FIGUUR 14

BEOORDELING VAN DE GEUROVERLAST (OP HET TERREIN) BIJ TOEPASSING VAN VERSCHILLENDE METHODEN VAN ONTWATERING. HET BETREFT 45 LOCATIES MET CENTRIFUGES, 6 MET FILTERPERSEN EN 31 MET ZEEFBANDPERSEN.

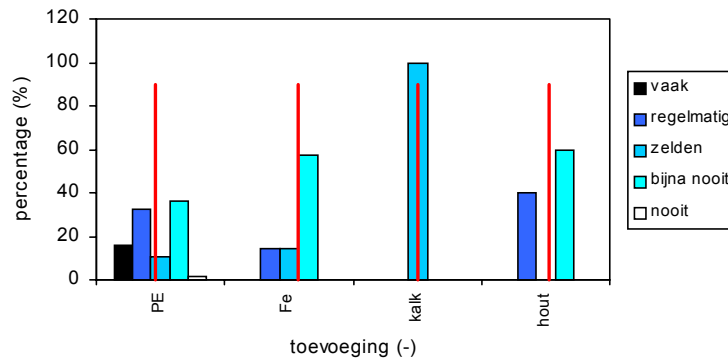


- Toeslagstoffen

De aard van de toevoegingen aan het slib zou mogelijk invloed hebben op de mate van geuroverlast. Uit de enquête is dat echter niet duidelijk gebleken. Dit is te zien in figuur 15, waarbij aangetekend dient te worden dat slechts één locatie met kalktoevoeging heeft gerepsondeerd. Het toepassen van poly-elektrolyt heeft een iets ongunstiger beoordeling dan de overige, waarvan Fe-dosering het gunstigste is.

FIGUUR 15

INVLOED VAN DE AARD VAN DE TOEVOEGINGEN AAN HET SLIB OP DE MATE VAN GEUROVERLAST (OP DE LOCATIE). HET BETREFT 82 LOCATIES MET PE-DOSERING, 7 MET FE-ZOUT, 1 MET KALK EN 6 MET ANDERE TOEVOEGINGEN (GEEN TOEVOEGING, HOUT OF GEURBESTRIJDENDE TOEVOEGINGEN).

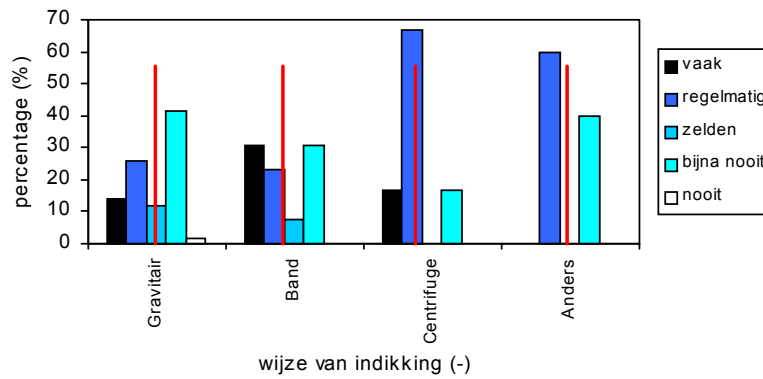


- Wijze indikking

De wijze van indikking lijkt een geringe invloed te hebben, met gravitaire indikking leidend tot minder geuroverlast dan andere methoden. Dit is weergegeven in figuur 16.

FIGUUR 16

INVLOED VAN DE WIJZE VAN INDIKKING OP DE GEUROVERLAST (OP DE LOCATIE). DE CATEGORIE 'ANDERS' BEVAT VOORNAMELIJK DIRECTE ONTWATERING. HET BETREFT 62 LOCATIES MET GRAVITAIRE INDIKKING, 15 MET BANDINDIKKING, 6 MET INDIKCENTRIFUGE EN 7 MET ANDERE METHODEN.

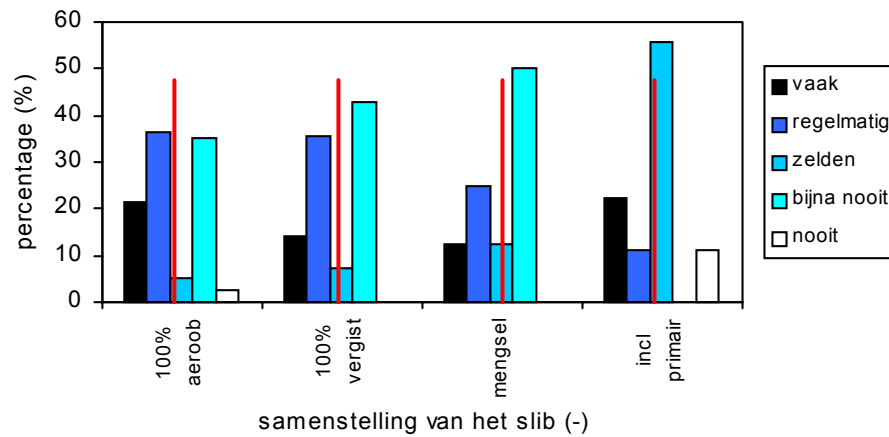


- Slibsamenstelling

De samenstelling van het slib heeft, in tegenstelling tot wat men zou vermoeden, nauwelijks invloed op de geuroverlast (zie figuur 17).

FIGUUR 17

INVLOED VAN DE SAMENSTELLING VAN HET SLIB OVER DE VERSCHILLENDE KLASSEN VAN GEUROVERLAST. HET BETREFT 41 LOCATIES MET 100% AËROOB SLIB, 15 MET 100% UITGEGIST SLIB, 18 MET EEN MENGSEL VAN AËROOB EN VERGIST SLIB EN 11 LOCATIES MET EEN MENGSEL WAARIN ZICH PRIMAIR SLIB BEVINDT.



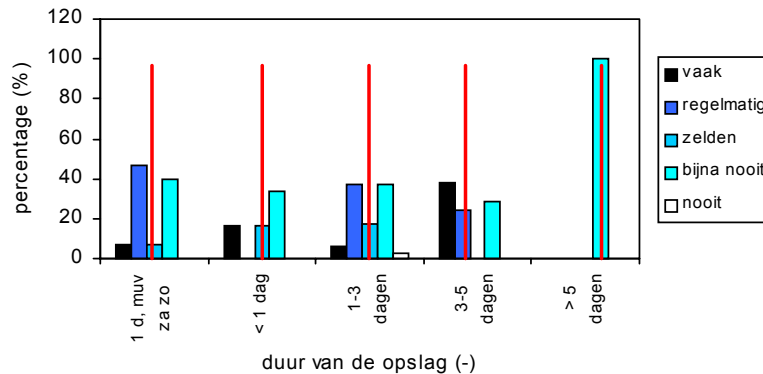
Het lijkt er (zwak) op dat een mengsel van aëroob en vergist slib leidt tot iets meer geuroverlast. 100% aëroob slib en 100% uitgedist slib leiden tot vrijwel hetzelfde resultaat.

- Slibopslagtijd

De opslagtijd van het slib heeft volgens de meeste respondenten invloed op de geuroverlast tijdens de verlading van het slib. Dat komt ook, zij het in beperkte mate, naar voren uit de enquête (zie figuur 18).

FIGUUR 18

GEUROVERLAST ALS FUNCTIE VAN DE OPSLAGTIJD. HET BETREFT 17 LOCATIES MET 1 DAG OPSLAG, BEHALVE IN HET WEEKEINDE, 5 LOCATIES MET MINDER DAN 1 DAG, 26 LOCATIES MET 1-3 DAGEN, 21 LOCATIES MET 3-5 DAGEN EN 2 LOCATIES MET MEER DAN 5 DAGEN.



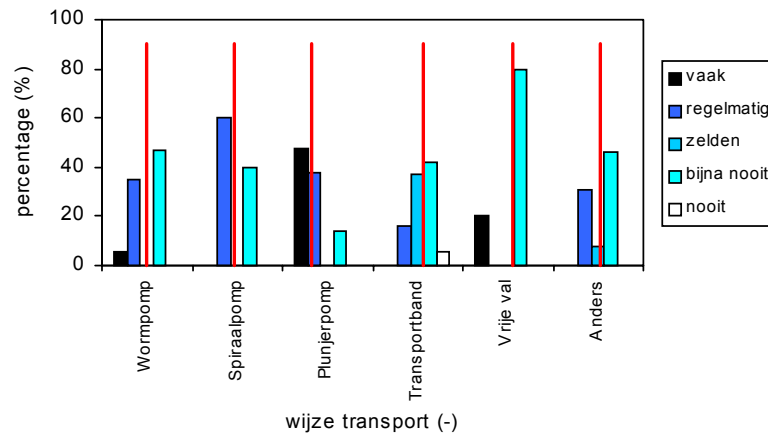
De categorie 'meer dan 5 dagen opslagtijd' heeft betrekking op één waterbeheerder met slibdroogbedden, en één met gebruikelijke slibverwerking. De categorie '3 tot 5 dagen' heeft een duidelijk slechtere beoordeling dan de categorieën met kortere opslagtijd.

- Wijze transport ontwaterd slib

De wijze van transport van het slib naar de slibopslag heeft mogelijk enige invloed. Uit figuur 19 is te zien dat plunjerpompen een beduidend slechtere beoordeling hebben dan de andere methoden.

FIGUUR 19

INVLOED VAN DE WIJZE VAN TRANSPORT VAN HET SLIB OP DE MATE VAN GEUROVERLAST (OP DE LOCATIE). HET BETREFT 17 LOCATIES MET WORMPOMPEN, 5 MET SPIRAALPOMPEN, 21 MET PLUNJERPOMPEN, 22 MET TRANSPORTBANDEN, 5 MET VRIJE VAL EN 12 'ANDERS'.



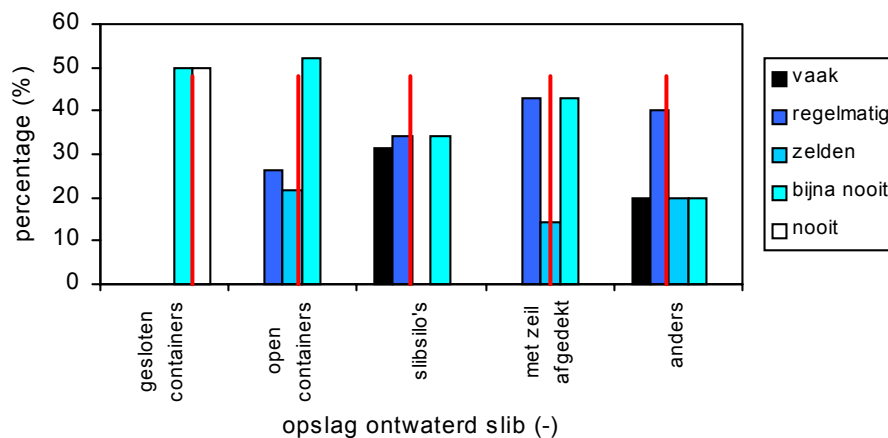
De verschillen tussen de overige categorieën zijn veel geringer, met spiraalpompens iets ongunstiger dan wormpompens of transportbandens.

- Wijze slibopslag

De wijze van slibopslag heeft een duidelijke relatie met de overlast. Dit is geïllustreerd in figuur 20.

FIGUUR 20

GEUROVERLAST (OP DE LOCATIE) ALS FUNCTIE VAN DE WIJZE VAN OPSLAG VAN HET SLIB. DE CATEGORIE 'ANDERS' BEVATTE VOORNAMELIJK CONTAINERS DIE ZIJN AFGEDEKT. DIE ZIJN HIER ALS EEN APARTE CATEGORIE OPGENOMEN. HET BETREFT 3 LOCATIES MET GESLOTEN CONTAINERS, 23 MET OPEN CONTAINERS, 19 MET SLIBSILO'S, 15 AFGEZEILDE CONTAINERS, EN 5 MET ANDERE CONTAINERS.



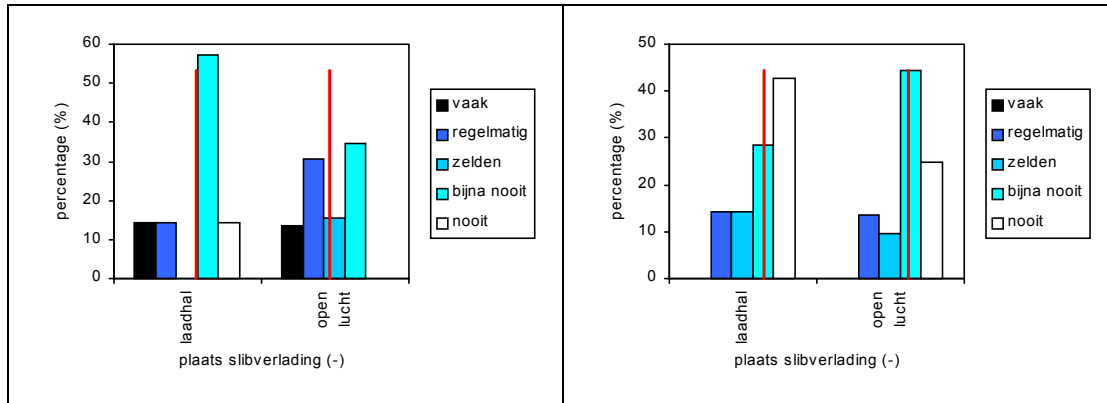
Het is duidelijk dat opslag in gesloten containers de voorkeur verdient boven andere opslagmethoden, en dat opslag in silbsilo's aanzienlijk meer kans heeft op overlast dan andere methoden. Er is nauwelijks verschil tussen open containers en open containers die met een zeil zijn afgedekt.

- Wijze slibverlading

Hoewel verwacht wordt dat een laadhuis duidelijk voordelen biedt boven verlading van slib in de buitenlucht, geven de uitkomsten van de enquête dat niet aan (zie figuur 21).

FIGUUR 21

INVLOED VAN DE PLAATS VAN VERLADING VAN HET SLIB, IN EEN LAADHAL OF IN DE OPEN LUCHT, OP DE MATE VAN GEUROVERLAST OP DE LOCATIE (LINKS) EN TER HOOGTE VAN DE DICHTSTBIJZIJNDE WOONBEBOUWING (RECHTS). HET BETREFT 7 LOCATIES MET VERLADING IN EEN LAADHAL EN 54 LOCATIES MET VERLADING IN DE OPEN LUCHT.



Op de locatie is enig verschil waarneembaar, maar daarbuiten is er geen noemenswaardig verschil in de overlast.

BIJLAGE 3

BESCHRIJVING ONDERZOCHE ONTWATERINGSLOCATIES

1. WATERKWALITEITSBEHEERDER

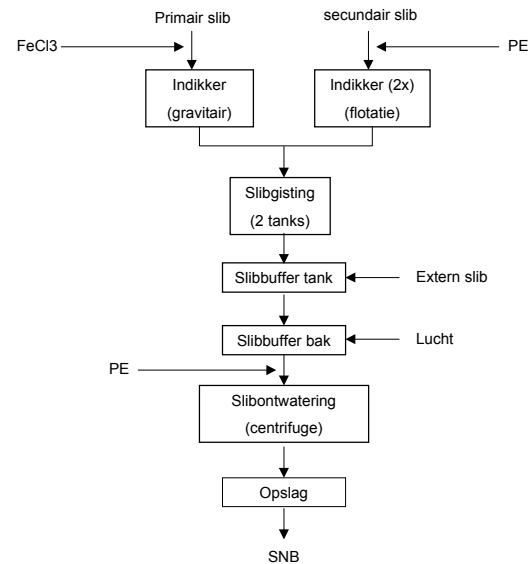
WATERSCHAP AA EN MAAS

A. RWZI 'S HERTOGENBOSCH

Watertijn

De RWZI is ontworpen voor een aanvoer van 342.000 i.e. à 136 g TZV. De installatie bestaat uit 2 voorbezinktanks een 4-tal beluchttingsruimtes en 8 nabezinkers. Fosfaat wordt chemisch verwijderd. In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,33 kg CZV/kg ds. De effluentkwaliteit was (mg/l): NK_j (6,8), $NO_{2/3}$ (5,3), P_{tot} (1,4)

Sliblijn



De sliblijn in 's Hertogenbosch bestaat uit:

- 2 gravitaire indikkers van ieder 1.100 m³ voor primair slib. Primair slib wordt ingedikt tot circa 5,5 %. $FeCl_3$ wordt gedoseerd om H_2S vorming tegen te gaan.
- 2 flotatie indikkers voor secundair slib. Secundair slib wordt ingedikt tot circa 4,5 %. Aan het slib wordt PE (Presto 644 BC) gedoseerd.
- 2 slibgistingstanks van ieder 4.000 m³.
- 2 slibbuffers met een volume van 1.000 en 280 m³.
- 1 centrifuge voor de ontwatering van uitgegist en extern slib. Aan het slib wordt PE (Zetag 7878 FS 40) gedoseerd. De dosering bedraagt circa 10,5 kg Act PE/kg tds. Het droge stof gehalte na ontwatering is circa 25 %. Ontwaterd slib wordt opgeslagen in container.

Kentallen sliblijn 2002.

- verblijftijd slibgisting 17 dagen
- slibafvoer 4.435 ton ds.

Slibopslag en verlading

Ontwaterd slib wordt opgeslagen in open containers. De slibaanvoer geschiedt via een wormpomp en een afgedekt niet afgezogen transport systeem. De opslagtijd is 1 dag behalve maandag. De containers staan in een open laadstraat en worden tijdens werkdagen afgehaald. Er zijn geen specifieke geurmaatregelen genomen.

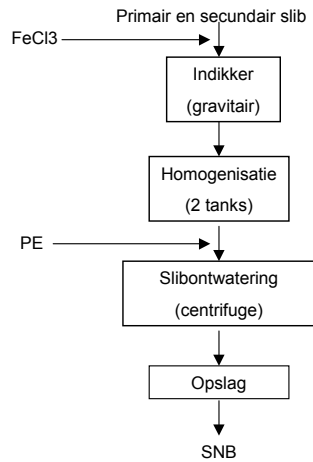
Er is geen last van geuroverlast. De continue sliblucht vanuit de containers wordt niet als hinderlijke ervaren.

B: RWZI OIJEN

Waterlijn

De RWZI is ontworpen voor een aanvoer van 300.000 i.e. à 136 g TZV. De installatie bestaat uit 2 voorbezinkers, 2 carroussels en 8 nabezinkers. Fosfaat wordt chemisch verwijderd. Stikstof wordt verwijderd via nitrificatie- simultane denitrificatie. In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,06 kg BZV/kg ds.d De effluentkwaliteit was (mg/l): NK_j (6,8), $NO_{x/n}$ (3,8), P_{tot} (1,8)

Sliblijn



Onder normale omstandigheden wordt op de RWZI Oijen geen extern slib verwerkt. Primair en secundair slib worden ingedikt met een drietal gravitaire indikkers van ieder 690 m³. Aan het in te dikken slib wordt FeCl₃ gedoseerd (H₂S bestrijding). Ingedikt slib wordt via een tweetal homogenisatie tanks van ieder 100 m³ naar een tweetal ontwateringcentrifuges gebracht. Aan het slib wordt PE – Zetag 78 FS 40 (Ciba) – gedoseerd. De dosering bedraagt 8,4 kg act/tds. Het slib, een mengsel van circa 75% secundair en 22% primair slib word ontwaterd tot een drogestofgehalte van circa 25%.

Kentallen sliblijn 2002

Slibafvoer 4.859 tds. In 2002 werd 277 tds van de RWZI Land van Cuijk mee verwerkt.

Slibopslag en verlading

Ontwaterd slib wordt opgeslagen in een tweetal slibsilo's. Het slib wordt via een wormpomp boven in de slibsilo gebracht. Verlading vindt plaats via een transportschroef in een gesloten laadstraat. De slibsilo's, de ruimte rondom de slibsilo's en de laadstraat worden beide afgezogen (zie specificatie ventilatie laadstraat Ooien). De laadstraat wordt ter hoogte van de laadopeningen over de gehele lengte van de straat geventileerd. Aan beide zijden van de laadpunten zijn 2 keer 4 ventilatioosters geplaatst. Bij de laadstraat wordt eveneens (verwamde) lucht ingeblazen. In de laadstraat wordt een onderdruk gehandhaafd door circa 5 % extra lucht af te zuigen ten opzichte van het toevoerdebiet. Het afzuigdebiet in de laadstraat is constant en wordt niet verhoogd tijdens de verlading. Afgezogen lucht wordt behandeld in een lavafilter.

In het algemeen is er weinig tot geen geuroverlast op de RWZI Ooijen. Wel is er op maandag een beperkte verhoging van de geur waarneembaar en treedt soms stankoverlast op in de ruimte naast de laadhal.

SPECIFICATIE VENTILATIE LAADSTRAAT OIJEN (OPGAVE)

CONSTRUCTIE LAADSTRAAT

De laadstraat wordt ter hoogte van de laadopeningen over de gehele lengte van de straat geventileerd. Aan beide zijden van de laadpunten zijn 2 keer 4 ventilatieroosters geplaatst. Naast de ventilatie van de laadstraat wordt ook (verwarmde) lucht in de ruimte gebracht. Via één toevoerventilator wordt lucht onder de weegbrug - welke in open verbinding staat met de laadstraat- en lucht in de laadstraat ingebracht. De verdeling van beide luchtstromen kan ingeregeld worden via kleppen bij de ventilatorkast. In de laadruimte wordt een lichte onderdruk gehandhaafd door 5% extra lucht af te zuigen (250 m³/h) ten opzicht van het toevoerdebiet van 4.250 m³/h.

CONSTRUCTIE SLIBBUNKERS PLUS DE OMLIGGENDE RUIMTE

De twee slibbunkers en de ruimte rond de slibbunkers worden afzonderlijk geventileerd via één ventilator. Boven de twee slibbunkers wordt het leidingwerk gesplitst in drie leidingen. Voor de ventilatie van de ruimte rond de bunkers wordt boven de bunkers lucht onttrokken via 6 roosters. Naast de ventilatie wordt ook (verwarmde)lucht in de ruimte rond de bunkers en de onderliggende kelder ingebracht. De kelder staat in open verbinding met de bovenliggende ruimte. In de kelder wordt een overdruk gecreëerd door circa 3.000 m³/h extra lucht in te blazen ten opzichte van het afzuigdebiet (1.700 m³/h).

In de twee ruimtes, waarin de centrifuges zijn opgesteld, wordt (verwarmde) lucht ingebracht met een debiet van 3.250 m³/h per centrifugeruimte. Daarbij wordt de lucht onttrokken aan dezelfde ruimte (luchtcirculatie) en/of onttrokken aan de buitenlucht. De verhouding binnen- en buitenlucht kan via kleppen ingesteld worden. De twee centrifugeruimtes staan via een rooster in open verbinding met de buitenlucht.

Afzuigdebiet:	slibbunkers	2 x 400 m ³ /h	
	ruimte rond slibbunkers	1.700 m ³ /h	
	laadstraat	4.500 m ³ /h	
Luchtinbreng:	ruimte rond slibbunkers	4.750 m ³ /h	
	laadstraat	4.250 m ³ /h	
afmetingen:	laadstraat		
	(LxBxH) ruimte onder weegbrug		
	totaal laadhal (schatting)	(20 x 5,5 x 6,0)	660 m ³
ventilatievoud	(schatting)	6,5	
Luchtbehandeling	Lavafilters	2 x 12,6 m ²	

De afgezogen lucht van de laadstraat, slibbunkers en de ruimte rond de slibbunkers wordt verdeeld over twee lavafilters.

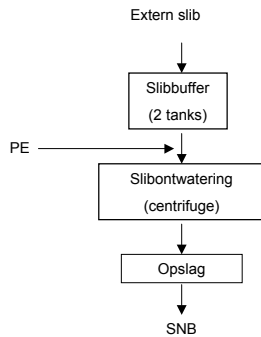
2. WATERKWALITEITSBEHEERDER WATERSCHAP DE DOMMEL

A: SVI MIERLO

Waterlijn

Op Mierlo wordt het slib van voornamelijk de RWZI Eindhoven ontwaterd. De RWZI Eindhoven, een 1 traps zuivering is ontworpen voor 750.000 i.e. à 54 g BZV. De installatie bestaat uit 3 voorbezinkers, 5 beluchtingscircuits en 5 nabezinkers. De slibbelasting bedroeg in 2002 0,13 tot 0,21 kg BZV/kg ds.d. De effluentkwaliteit was (mg/l): N_{kj} (12), NO_{2/3} (9,3), P_{tot} (1,3). Op de RWZI wordt fosfaat verwijderd via chemische precipitatie met natriumalumaat, AlCl₃ en ijzersulfaat.

Sliblijn



Op de slibontwateringsinstallatie te Mierlo wordt voornamelijk het slib van RWZI Eindhoven ontwaterd¹. Het slib van RWZI Eindhoven is een mengsel van primair en secundair slib. Het overige externe ontwaterd slib is voornamelijk aëroob gestabiliseerd slib. Van het totaal te ontwateren slib is circa 6 % uitgegist slib.

Extern aangevoerd slib wordt opgeslagen in twee slibbuffers van ieder 2.500 m³. Het gebufferde slib wordt ontwaterd met een viertal centrifuges. Aan het te ontwateren slib wordt PE – Zetap 7878 FS 40 (Ciba) – gedoseerd; de dosering bedraagt 8,6 kg act/tds. Het slib wordt ontwaterd tot een drogestofgehalte van 24-32%, gemiddeld 26%.

Kentallen 2002

In 2002 werd op Mierlo 16.787 ton droge stof ontwaterd.

Slibopslag en verlading

Op Mierlo wordt ontwaterd slib opgeslagen in 4 slibsilo's die van boven worden gevoed. Slib wordt iedere dag, behalve in het weekeinde, afgevoerd. De centrifuges staan opgesteld boven de silo's. De silo's staan boven de twee laadstraten, welke volledig zijn afgesloten. In de laadstraten vindt de slibverlading plaats. De verlading verloopt via een vrije val. De laadstraten staan in open verbinding met de slibsilo's.

Geurreducerende maatregelen bestaan uit het afzuigen van de slibsilo's en de laadstraat en behandeling van de geventileerde lucht in lavafilters. (zie specificatie ventilatie Mierlo). Naast luchtafzuiging wordt verwarmde lucht in de laadruimte gebracht. Dit toevoerdebiet is afgestemd op het afzuigdebiet waarbij in de laadstraat een onderdruk wordt gecreëerd. Tijdens de eigenlijke verlading wordt een verhoogd afzuigdebiet van de laadstraat toegepast. De ventilatievouden van de laadstraat zijn 7,3 (continu) en 10,3 (tijdens verlading). De ontwerp ventilatievouden waren 10 (continu) en 13 (tijdens verlading). Geventileerde lucht wordt behandeld in 7 lavafilters. De belasting is 215 m/h (continu) en 300 m/h (tijdens verlading).

Ondanks de genomen maatregelen blijkt in de praktijk dat een zekere luchtuitwisseling van de laadhoeven en het bedrijfsgebouw niet wordt voorkomen. Vooral op maandag wordt geuroverlast waargenomen in het dienstgebouw. Op overige werkdagen is de overlast beperkt tot de laadruimte.

¹ Het aandeel van de rwzi Eindhoven circa 90 %.

SPECIFICATIES VENTILATIE SLIBSILO'S EN LAADSTRAAT (OPGAVE WATERSCHAP DE DOMMEL)

CONSTRUCTIE

De laadstraten staan in open verbinding met de slibbunkers. Hiertoe zijn vier PVC leidingen aangebracht tussen de bovenzijde van de slibbunkers en de bovenzijde van de voorste laadstraat. De vier slibbunkers worden afzonderlijk afgezogen via één ventilator. Elk afzuigpunt is voorzien van een vlinderklep. Er is een extra ventilator geïnstalleerd als reserveventilator. De twee laadstraten, welke samen één grote ruimte vormen, worden afgezogen met twee ventilatoren. Daartoe zijn aan beide zijden van de laadpunten horizontale leidingen (totaal vier leidingen) aangebracht met ventilatieroosters. Naast de luchtafzuiging wordt via drie toevoerventilatoren (verwarmde) lucht in de ruimte gebracht. Daarbij wordt de lucht grotendeels van buiten aangetrokken. Een relatief klein deel wordt onttrokken aan de weegkamer en de bovengelegen ruimte rond de bunkers (toevoer gangen).

De toevoerdebieten in de laadstraat zijn afgestemd op de afzuigdebieten van de laadstraat en de bunkers. In de laadstraat moet een onderdruk gecreëerd worden ten opzichte van de druk buiten en de druk in de weegkamer, om verdringing van geurcomponenten naar buiten en naar het bedrijfsgebouw te voorkomen. In de weegkamer is een beperkte overdruk aanwezig. Deze ruimte wordt zowel belucht als geventileerd, waarbij het inblaasdebiet een fractie hoger is dan het afzuigdebiet. Tijdens laadactiviteiten wordt de betreffende laadstraat met een hoger debiet afgezogen (2 toeren geschakelde aandrijfmotor). Daarbij neemt eveneens het debiet van de luchttoevoer toe. De schakeling van de ventilatoren van de laadstraten is in 1999 aangepast ten opzichte van het ontwerp, doordat de betreffende ventilatoren niet de gewenste afzuigdebieten haalden. Hierdoor was het niet mogelijk om ten alle tijden een onderdruk te creëren in de laadstraten ten opzichte van de bedrijfsruimte en de buitenlucht. De ontwerp en huidige regeling met bijbehorende debieten staan weergegeven in de tabellen 18 en 19a/b.

TABEL 18

DE SCHAKELING VAN DE VENTILATOREN VOLGENS ONTWERP EN DE HUIDIGE REGELING (AANPASSINGEN IN DE REGELING ZIJN VETGEDRUKT WEERGEGEVEN).

	ontwerp		huidige regeling	
	toevoer*	afvoer*	toevoer	afvoer
situatie 1: geen laadactiviteiten				
straat 1	laag toeren	laag toeren	laag toeren	laag toeren
straat 2	laag toeren	laag toeren	laag toeren	hoog toeren
situatie 2: laden straat 1				
straat 1	hoog toeren	hoog toeren	hoog toeren	hoog toeren
straat 2	laag toeren	laag toeren	laag toeren	hoog toeren
situatie 3: laden straat 2				
straat 1	laag toeren	laag toeren	laag toeren	hoog toeren
straat 2	hoog toeren	hoog toeren	hoog toeren	hoog toeren

* De ventilatoren voor de afzuiging van de slibbunkers en de toevoer van lucht vanuit de bedrijfsruimte ("gangen") staan in alle situaties op een vast toerental.

TABEL 19A

DE VENTILATIEDEBIETEN VOLGENS ONTWERP.

toevoer			afvoer			verschil
		Q (m ³ /h)			Q (m ³ /h)	
situatie 1: geen laadactiviteiten						
straat 1	laag toeren	5.680	straat 1	laag toeren	5.000	
straat 2	laag toeren	5.680	straat 2	laag toeren	5.000	
Gangen		2.880	bunker		4.800	
Totaal		14.240	totaal		14.800	-540 m³/h
situatie 2: laden straat 1						
straat 1	hoog toeren	10.980	straat 1	hoog toeren	9.900	
straat 2	laag toeren	5.680	straat 2	laag toeren	5.000	
Gangen		2.880	bunker		4.800	
Totaal		19.540	totaal		19.700	-160 m³/h

TABEL 19B

DE VENTILATIEDEBIETEN BIJ DE HUIDIGE SCHAKELING VAN DE VENTILATOREN.

toevoer			afvoer			verschil
		Q (m ³ /h)			Q (m ³ /h)	
situatie 1: geen laadactiviteiten						
straat 1	laag toeren	3.500	straat 1	laag toeren	-1.500	
straat 2	laag toeren	3.500	straat 2	hoog toeren	8.500	
gangen		2.500	bunker		3.700	
totaal		9.500	totaal		11.000	-1.500 m³/h
situatie 2: laden straat 1						
straat 1	hoog toeren	6.700	straat 1	hoog toeren	6.000	
straat 2	laag toeren	3.200	straat 2	hoog toeren	6.000	
gangen		2.200	bunker		3.300	
totaal		12.100	totaal		15.300	-3.200 m³/h

In de avonduren van 19:30 tot 7:30 uur wordt de ventilatie van de gangen (zowel verwarming als afzuiging van de weegkamer en gangen nabij de bunkers) uitgeschakeld. Daarbij neemt het inblaasdebiet in de laadstraat af met circa 2.500 m³/h. Met deze schakeling wordt een aanzienlijke besparing op het gasverbruik voor de verwarming van de luchtstroom gerealiseerd, zonder dat dit een negatief effect heeft op de luchtverplaatsing vanuit de laadstraat naar het bedrijfsgebouw. Het leidingwerk van de drie ventilatoren komen uit op een gezamenlijke ondergrondse leiding. Op de gezamenlijke leiding zijn de zeven lavafilters aangesloten met een diameter van 3 meter.

Afzuigdebieten	zie tabel 19 a/b		
Toevoerdebieten	zie tabel 19 a/b		
Afmetingen:	laadstraat 1+2	21,5 x 10,5 x 4,5	1.015 m ³
(LxBxH)	ruimte onder weegbrug	21,5 x 10,5 x 2,15	485 m ³
	totaal laadhal	21,5 x 10,5 x 6,65	1.500 m ³
ventilatievoud	rust	7,3 (ontwerp 10)	
	laden	10 (ontwerp 13)	
Luchtbehandeling	7 x 7 m ² lavafilter	belasting "rust"	215 m ³ /m ² .h (ontwerpbelasting 300 m ³ /m ² .h)
		belasting "laden"	300 m ³ /m ² .h (ontwerpbelasting 400 m ³ /m ² .h)

De afgezogen lucht van de laadstraat en de slibbunkers worden gezamenlijk behandeld over 7 lavafilters.

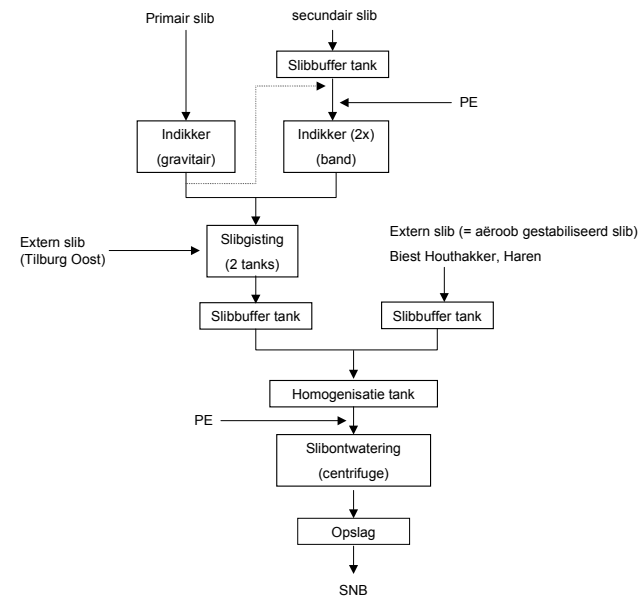
B: RWZI TILBURG-NOORD

Waterlijn

Tilburg Noord, met een ontwerpcapaciteit van 445.000 i.e à 54 g BZV, is een 1-traps zuivering bestaande uit 3 voorbezinktanks, 2 beluchtingscircuits en 12 nabezinkers.

In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,05 kg BZV/kg ds.d. De RWZI is een laagbelaste installatie. De effluentkwaliteit was (mg/l): Nkj (2,3), NO_{2/3} (4,9), P_{tot} (0,9). Op de RWZI wordt chemische fosfaatverwijdering toegepast. Hierbij wordt natriumalumaat, aluminiumsulfaat (Al-Al₂(SO₄)₃) en ijzersulfaat (Fe-FeSO₄) gedoseerd.

Sliblijn



De sliblijn in Tilburg Noord bestaat uit:

- 2 gravitaire indikkers voor primair slib. Het slib wordt ingedikt tot circa 5,5 %.
- 2 bandindikkers voor secundair slib. Het secundair slib wordt ingedikt tot circa 5,5 %. Aan het slib wordt PE (Zetag 7989 50 % actief) gedoseerd. De dosering bedraagt circa 2,5 kg.tds. Op Tilburg Noord kan gravitair ingedikt primair slib verder worden ingedikt via de bandindikker.
- 2 slibgistingstanks van ieder 4.400 m³. Naast slib van Tilburg Noord wordt slib van Tilburg West meevergist. Aan de slibgisting wordt FeCl₃ gedoseerd.
- 2 (onbeluchte) slibbuffers. 1 slibbuffer (volume 1100 m³) wordt gebruikt voor uitgestist slib. De ander slibbuffer (volume 250 m³) dient voor extern slib van de RWZI's Biest Houthakker en Haren. Dit slib is aëroob gestabiliseerd slib.
- 1 homogenisatie tank (volume 450 m³). Deze tank wordt gemengd via beluchting. De mengverhouding is bij benadering uitgestist slib:extern slib = 3:1.
- 2 centrifuges voor de ontwatering van uitgestist en extern slib. Aan het slib wordt PE (Zetag 7878 FS 40) gedoseerd. De dosering bedraagt circa 9,5 kg Act PE/kg tds. Het drogestofgehalte na ontwatering is circa 22-25.
- 2 slibsilo's

Kentallen sliblijn (2002)

- verblijftijden (dag): slibgisting (19), buffer uitgestist slib (ca 2), buffer extern slib (ca 1,5), homogenisatie tank (ca 0,5).
- Slibafvoer 7.181 ton ds/j waarvan ca 75 % uitgestist slib

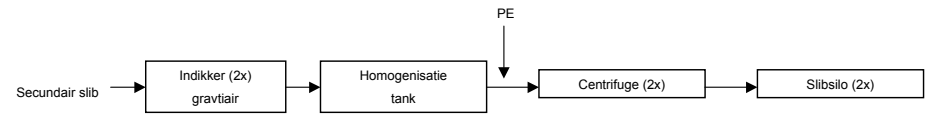
Slibopslag en verlading

Slib wordt opgeslagen in 2 slibsilo's van ieder 156 m³ die van boven via een vrije val worden gevoed. Vanuit hier wordt het slib naar SNB getransporteerd. De opslag tijd is 1 dag behalve in het weekeinde. Slibverlading vindt plaats via een vrije val en in een buitenopstelling. Geurmaatregelen zijn beperkt tot het afzuigen van de slibsilo's (375 m³/h per silo) en luchtbehandeling in een lavafilter (belasting 220 m/h).

Op Tilburg Noord is regelmatig last van geuroverlast

3. WATERKWALITEITSBEHEERDER HOOGHEEMRAADSCHAP HOLLANDS NOORDERKWARTIER

A. RWZI BEEMSTER

<p>Waterlijn</p> <p>De RWZI Beemster, met een ontwerpcapaciteit van 96.000 i.e à 54 g BZV is een laag belaste installatie. De installatie is opgebouwd uit een carousel en 4 nabezinkers. Fosfaat wordt chemisch verwijderd via precipitatie met Fe^{3+}. In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,06 kg BZV/kg ds.d. De effluentkwaliteit was (mg/l): N_{kj} (4), $NO_{2/3}$ (1), P_{tot} (1).</p>	
<p>Sliblijn</p>  <pre>graph LR; A[Secundair slib] --> B[Indikker (2x) gravitair]; B --> C[Homogenisatie tank]; PE --> C; C --> D[Centrifuge (2x)]; D --> E[Slibsilo (2x)];</pre>	<p>De Sliblijn op Beemster bestaat uit:</p> <ul style="list-style-type: none">• 2 gravitaire indikers voor secundair slib met een diameter van respectievelijk 11 en 15,6 m.• 1 homogenisatie tank van 285 m³. Deze tank wordt mechanische gemengd. De slibverbliftijd in de indikers en homogenisatie tank bedraagt circa 2 tot 3 dagen.• 2 centrifuges voor ontwatering van het ingedikte slib. Aan het slib wordt PE gedoseerd (CIBA 7898). Het drogestofgehalte bedraagt circa 20-22 %.
<p>Slibopslag en verlading</p> <p>Ontwaterd slib wordt opgeslagen in 2 slibsilo's. De silo's worden van onder gevoed en verladen. De opslagtijd bedraagt 1 dag behalve in het weekeinde. Slibverlading wordt uitgevoerd via een vrije val en een niet luchtdichte isolatie. Per verlading wordt er 20-30 m³ slib gestort.</p> <p>Geurreducerende maatregelen bestaan uit het afzuigen van de slibsilo's en de isolatie. De afgezogen lucht wordt behandeld in een compostfilter. De afzuigdebieten zijn: slibsilo 1500 m³/h, isolatie 1500 m³/h. De belasting van het compostfilter zijn 30 m/h (continu) en 60 m/h (verlading).</p> <p>Op Beemster wordt regelmatig geuroverlast waargenomen. De getroffen maatregelen blijken tot nu toe niet effectief.</p>	

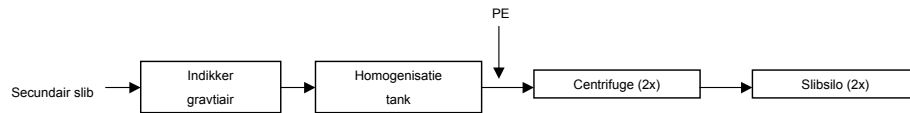
B. RWZI GEESTMERAMBACHT

Waterlijn

De RWZI Geestmerambacht, is een laag belaste installatie. De installatie is opgebouwd uit een carrousel en nabezinkers. Fosfaat wordt biologisch verwijderd via een deelstroomproces (strippertank) en een korrelreactor.

In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,036 kg BZV/kg ds.d. De RWZI is een laagbelaste installatie. De effluentkwaliteit was (mg/l): Nkj (1,5), NO_{2/3} (1,4), P_{tot} (0,5).

Sliblijn



De Sliblijn op Geestmerambacht bestaat uit:

- 2 gravitaire indikkers (D = 20,6m) voor secundair slib.
- 1 homogenisatie tank van 335 m³. Deze tank wordt belucht (250 m³/h).
- De verblijftijd in de indikkers en homogenisatie tank bedraagt circa 1 tot 3 dagen.
- 2 centrifuges voor ontwatering van het ingedikte slib. Aan het slib wordt PE gedoseerd (verschillende soorten gebruikt).
- 2 slibsilo's van ieder 150 m³
- Vanuit de slibsilo's wordt het slib afgevoerd naar de slibdroging in Beverwijk.

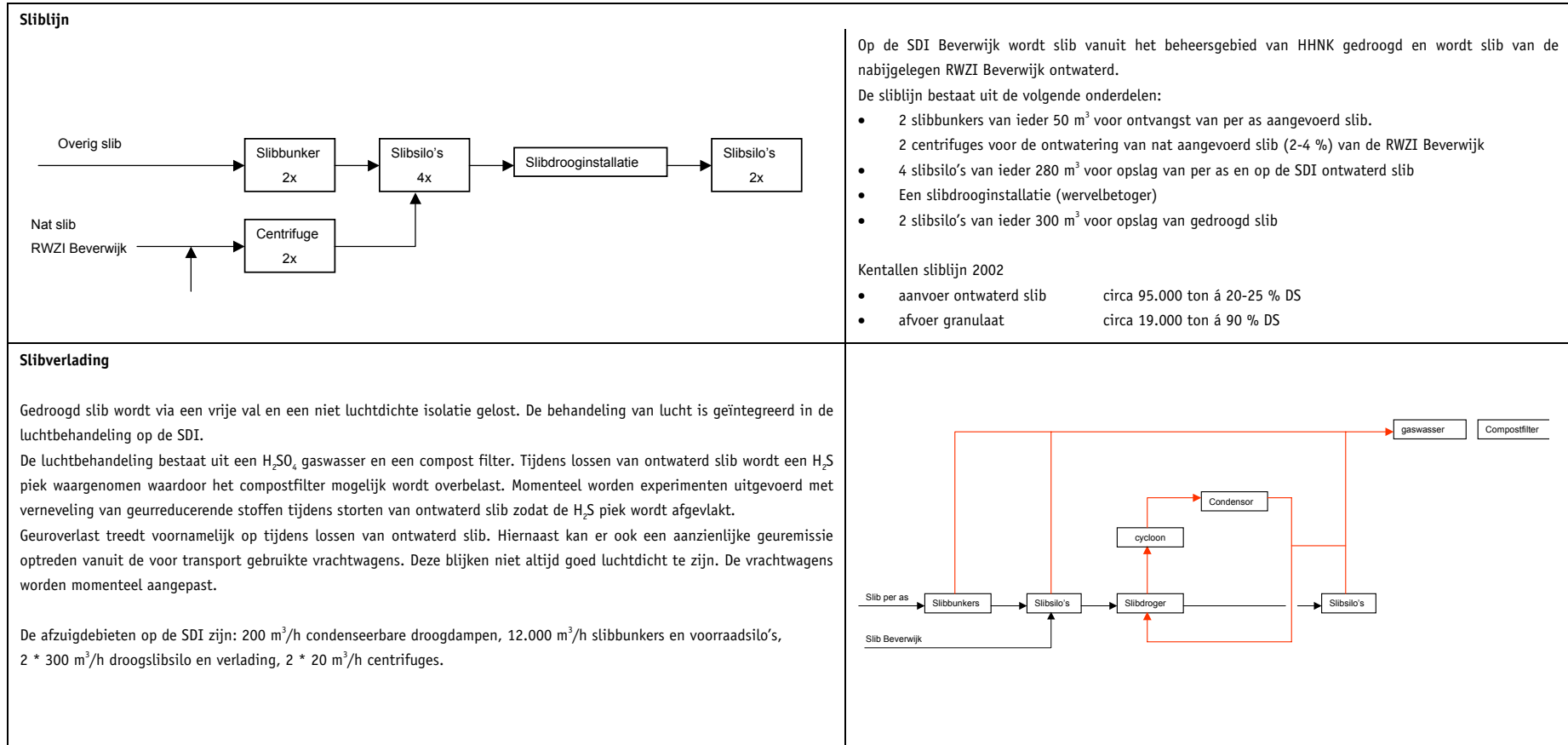
Slibopslag en verlading

Ontwaterd slib wordt opgeslagen in 2 slibsilo's van ieder 75 m³. De silo's worden van boven gevoed. De opslagtijd bedraagt 1 dag behalve in het weekeinde. Slibverlading wordt uitgevoerd via een vrije val en een niet luchtdichte isolatie. Per verlading wordt er 20-30 m³ slib gestort.

Geurreducerende maatregelen bestaan uit het afzuigen van de slibsilo's en de isolatie. De afgezogen lucht wordt behandeld in een compostfilter. De afzuigdebieten zijn: slibsilo 1200 m³/h, isolatie 1500 m³/h. De belasting van het compostfilter is 40 m/h (continu) en 80 m/h (verlading).

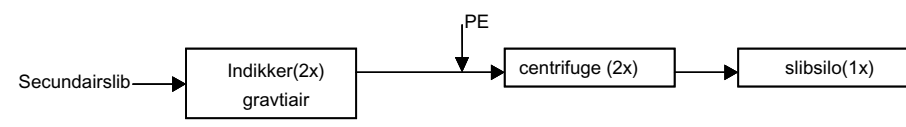
Op Geestmerambacht wordt regelmatig geuroverlast waargenomen. De getroffen maatregelen blijken tot nu toe niet effectief. Geuroverlast vanuit de omgeving wordt mogelijk veroorzaakt door geuremissie vanuit de vrachtwagens die gebruikt worden voor transport.

B. SDI BEVERWIJK

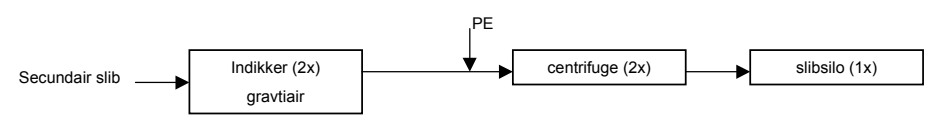


4. WATERKWALITEITSBEHEERDER HOOGHEEMRAADSCHAP VAN SCHIELAND

A. AWZI KORTENOORD

<p>Waterlijn</p> <p>De AWZI Kortenoord, ontworpen voor 100.000 i.e. à 54 g BZV is een laag belaste installatie. De zuivering bestaat uit een selector, een voordentrificatie, 2 beluchtingscircuits en 4 nabezinkers. Op de RWZI wordt biologische P verwijdering (ombouw bestaande indikker) met aanvullende ijzerdosering ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).</p> <p>In 2002 bedroeg slibbelasting 0,028 kg BZV/kg DS.d De effluentkwaliteit was (mg/l): Nkj (2,1), NO_{3^-} (1,2), P_{tot} (0,7).</p>
<p>Sliblijn</p>  <p>De sliblijn op Kortenoord bestaat uit:</p> <ul style="list-style-type: none">• 2 gravitaire indikkers (D 15,8 m; kantdiepte 3,6 m) voor de indikking van secundair slib. Het slib wordt hier ingedikt tot circa 2,5 %. Momenteel is er slechts 1 indikker in gebruik• 2 centrifuges voor ontwatering van het ingedikte slib. Aan het slib wordt PE gedoseerd (CIBA 7897). De gemiddelde dosering bedraagt circa 20,8 kg Act PE/kg tds. Het droge stofgehalte bedraagt circa 20-22 %.
<p>Slibopslag en verlading</p> <p>Ontwaterd slib wordt opgeslagen in een slibsilo (227 m³). Slib wordt met een plunjerpomp aan de onderzijde van de silo ingebracht. Slibverlading wordt uitgevoerd met een verrijdbare niet luchtdichte overkapping. Per verlading, die ca 30-45 minuten duurt en via een vrije val wordt uitgevoerd, wordt ca 35 m³ slib afgevoerd.</p> <p>Geurreducerende maatregelen bestaan uit een overkapping en afzuiging van de slibsilo en de overkapping tijdens de verlading. De luchtbehandeling is geïntegreerd met andere onderdelen van de sliblijn. Onder normale bedrijfsomstandigheden wordt 1.500 m³/h (slibindikkers, silo, slibverwerkingsgebouw) afgezogen. Tijdens de slibverlading wordt 2.500 m³/h extra afgezogen.</p> <p>Afgezogen lucht wordt behandeld via een lava- en een actiefkoolfilter. In het verleden werkte de geurmaatregelen goed en was er geen geuroverlast. Momenteel worden andere vrachtwagens toegepast. Deze worden door de toegepaste overkapping niet goed afgesloten waardoor de geurklachten weer zijn toegenomen.</p>

B. AWZI GROENENDIJK

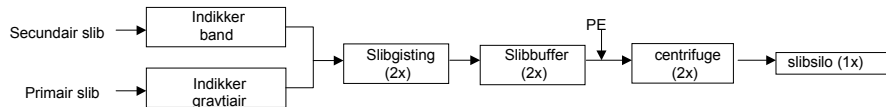
Waterlijn De AWZI Groenedijk is ontworpen voor 70.000 i.e. De zuivering bestaat uit een selector, een beluchtingsruimte (carousel) en 4 nabezinkers. P wordt chemisch verwijderd. In 2002 bedroeg slibbelasting 0,023 kg BZV/kg ds.d De effluentkwaliteit was (mg/l): N _{kj} (1,6), NO _{2/3} (1,7), P _{tot} (1,4).	
Sliblijn	
	<p>De sliblijn op Groenedijk bestaat uit de volgende onderdelen:</p> <ul style="list-style-type: none">• 1 gravitaire indikker (D 12,5 m; Kantdiepte 3,5 m) voor indikking van secundair slib. Het slib wordt ingedikt tot circa 2,5 %. De andere indikker is niet in gebruik.• 2 centrifuges voor ontwatering van het ingedikte slib. Aan het slib wordt PE gedoseerd (Cytec superfloc 2085). De gemiddelde dosering bedraagt circa 21,1 kg PE/kg tds. Het droge stofgehalte bedraagt circa 24-25 %.• Ontwaterd slib wordt opgeslagen in een slibsilo van 150 m³.
Slibopslag en verlading Slib wordt opgeslagen in een slibsilo van 150 m ³ . De silo wordt vanonder gevoed via een wormpomp. De opslagtijd is ca 3-5 dagen. De slibverlading wordt uitgevoerd via een vrije val waarbij een niet luchtdichte overkapping wordt toegepast. Slib wordt hiertoe met een ronddraaiende ruimer naar de uitloopopening gebracht. Per verlading wordt ca 35 m ³ verladen. Geurreducerende maatregelen bestaan uit afzuiging van de silo en de niet luchtdichte overkapping. Afgezogen lucht die geïntegreerd is met andere onderdelen van de sliblijn wordt behandeld in een kokos- en actiefkoolfilter. Het afzuigdebiet van de isolatie op Groenedijk is gebaseerd op een luchtsnelheid van 0,5 m/s door de spleet/opening tussen de isolatie en de opening in de container. De maatregelen op Groenedijk blijken in de praktijk onvoldoende te werken. Er wordt regelmatig geuroverlast waargenomen.	

C. AWZI KRALINGSEVEER

Waterlijn

De AWZI is ontworpen voor een aanvoer van 360.000 i.e à 54 g BZV. De installatie is opgebouwd uit 4 voorbezinkers, een selector, een voordenenitrificatieruimte, 2 carrousel en 8 nabezinkers. De selector doet eigenlijk dienst als anaërobie tank voor de biologische P verwijdering. In 2002 werden geen aanvullende chemicaliën gedoseerd. In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,051 kg BZV/kg ds.d De effluentkwaliteit was (mg/l): N_{kj} (2,3), NO_{2/3} (6,1), P_{tot} (0,7).

Sliblijn



De sliblijn op Kralingseveer bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1 gravitaire indikker (D 23 m; Kantdiepte 3 m) voor indikking van primair slib. Het slib wordt ingedikt tot circa 6 %.
- 2 Bandindickers voor indikking secundair slib. Aan de bandindikker wordt PE gedoseerd (Cytec superfloc SD 2081). Het slib wordt ingedikt tot circa 6 %.
- 2 Gistingstanks met ieder een volume van 5.100 m³. Na de gistingstank wordt anti-precipitant (Cytec CYAF 5872; "modified polycarboxylic acid in water") gedoseerd ter voorkoming struvietvorming.
- 2 onbeluchte slibbuffers van ieder 1.000 m³ voor uitgestit slib.
- 2 centrifuges voor ontwatering van het ingedikte slib. Aan het slib wordt PE gedoseerd (Cytec superfloc SD 2081). Het droge stofgehalte bedraagt 24-25 %.

Slibopslag en verlading

Ontwaterd slib wordt opgeslagen in een silo van 440 m³. Slib wordt onderin ingebracht via een pluñjerpomp. Verlading wordt via een vrij val uitgevoerd waarbij een laadbalg wordt gebruikt als isolatie.

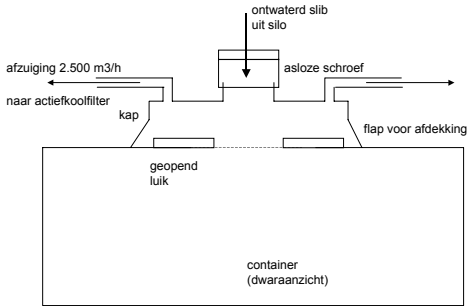
Geurreducerende maatregelen omvatten de afzuiging van alleen de laadbalg. Afgezogen lucht wordt behandeld in een compostfilter en een (ozon)gaswasser.

De getroffen maatregelen werken onvoldoende. Geuroverlast wordt regelmatig waargenomen.

5. WATERKWALITEITSBEHEERDER

ZUIVERINGSSCHAP HOLLANDSE EILANDEN EN WAARDEN

A. RWZI HELLEVOETSLUIS

Waterlijn De RWZI Hellevoetsluis, ontworpen voor 90.000 ie à 180 g TZV is een laag belaste installatie met een aandeel van 25 % industrieel afvalwater. De RWZI is opgezet volgens het ultra-laagbelast Hoogvliet concept: selector-anaërobe tank-denitrificatieruimte-nitrificatieruimte-nazuivering-bezinking. De effluenteisen zijn N-totaal 10 mg/l en P-totaal 1 mg/l.
Sliblijn Slibontwatering vindt direct plaats vanuit de retourstroom. Slib wordt ontwaterd via centrifuges. Aan het slib wordt PE gedoseerd. Het droge stof gehalte na ontwatering is circa 22 %.
Slibopslag en verlading  <p>Ontwaterd slib wordt via een pluizerpomp bovenin een silo gebracht. Slib wordt via een vrije val verladen. Geurreducerende maatregel bestaan uit een niet luchtdichte afdichting (flappen) die over het luik op de container wordt geplaatst en afzuiging van de afdichting en de silo. Het afzuigdebiet bedraagt 2.500 m³/h. Indien nodig kan de afzuiging worden opgevoerd tot 6.500 m³/h. De afgezogen lucht wordt behandeld in een 3,5 m³ actiefkoolfilter. De standtijd van het actiefkool bedraagt circa 1 jaar.</p>

B. OVERIGE RWZI'S

De RWZI's Middelharnis, Goedereede en Hoogvliet, allemaal opgezet volgens het ultra-laagbelast Hoogvliet concept kennen allemaal een directe slibontwatering en opslag in silo's met een opslagtijd van 3-5 dagen. Slibverlading vindt plaats in de open lucht. Deze RWZI's kennen nagenoeg geen geuroverlast.
--

6. WATERKWALITEITSBEHEERDER WATERSCHAP ZUIDERZEELAND

A. RWZI ALMERE

Waterlijn De RWZI Almere is ontworpen voor 191.000 i.e. 54 g BZV. Het aandeel industrieel afvalwater is gering (5 %). De effluenteisen zijn Ntotaal 10 mg/l en Ptotaal 1 mg/l. Er is geen voorbezinking. P wordt biologisch verwijderd met aanvullende FeCl ₃ dosering. De beluchtingsruimte bedraagt 35.000 m ³ en bestaat uit 3 tanks: 2 x 10.000 m ³ met puntbeluchting en 1 x 15.000 m ³ met bellenbeluchting. De slibbelasting bedraagt 0,060 kg BZV/kg ds.d
Sliblijn Slib wordt ingedikd tot 1,8 – 2,4 % met twee indikkers met ieder een diameter van 15 m. Ingedikt slib wordt verzameld in een beluchte (1,25 Nm ³ /m ³ .h grove bellen) homeogenisatietank van 200 m ³ . Aan het te ontwateren slib wordt 1 % uitgestist slib van de RWZI Dronten toegevoegd. Slib wordt ontwaterd in een centrifuge tot 19,5 – 21 % DS. Aan het slib wordt PE (Cytec SD 2083). De dosering bedraagt gemiddeld 11,5 kg PE/ton ds.
Slibopslag en verlading Ontwaterd slib wordt met een wormpomp naar de silo's afgevoerd. De silo's worden van onder gevoed. De verlading vindt plaats via een vrij val in een gesloten laadhal en met een niet luchtdichte afdichting (flappen). Geurreducerende maatregelen bestaan uit dosering van 1 % uitgestist slib, en de afzuiging van de afdichting en de silo's. Uitgestist slib wordt bijgedoseerd om geuroverlast door DMS te verminderen. In de praktijk blijkt dat een reductie van 50-70 % van de DMS vorming optreedt. Het afzuigebied van de afdichting is in een aantal stappen verhoogd tot de huidige waarde van 2.500 m ³ /h. De afzuiging van de silo's is gebaseerd op een ventilatievoud van 1 a 2 h ⁻¹ . Afgezogen lucht wordt behandeld in een 3,5 m ³ actiefkoolfilter met een oppervlakte van 6 m ² . De standtijd van het actiefkool bedraagt circa 22 maanden. Op Almere is nagenoeg geen sprake van geuroverlast.

B. RWZI TOLLEBEEK

Waterlijn De RWZI behandelt 79.500 i.e. 54 g BZV. De effluenteisen zijn Ntotaal 30 mg/l en Ptotaal 1 mg/l. De installatie bestaat uit voorbezinking, beluchtingsruimte en nabezinking.
Sliblijn Primair slib wordt gravitair ingedikd. Secundair slib via een indiktrommel ingedikd. Ingedikt slib wordt vergist (15 dagen verblijftijd, FAST installatie). Uitgestist slib wordt met centrifuge ontwaterd.
Slibopslag en verlading Ontwaterd slib wordt met een transportband naar gesloten afgezogen slibcontainers gebracht. Op Tollebeek is geen sprake van geuroverlast.

7. WATERKWALITEITSBEHEERDER

WATERSCHAP RIJN EN IJSSEL

A. RWZI LICHTENVOORDE

<p>Waterlijn</p> <p>De RWZI is ontworpen voor een aanvoer van 72.000 i.e. à 136 g TZV. De installatie is opgebouwd uit 1 carousel en 2 nabezinktanks. Stikstofverwijdering verloopt via simultane denitrificatie. P verwijdering wordt chemisch uitgevoerd. Het aandeel industrieel water is relatief hoog (20 %) en is voornamelijk leerlooierij afvalwater.</p> <p>In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,038 kg BZV/kg ds.d. De effluentkwaliteit was (mg/l): NK_j (1,9), $NO_{2/3}$ (1,9), P_{tot} (0,4).</p>
<p>Sliblijn</p> <pre>graph LR; subgraph Sliblijn direction LR I[Indikker gravitair] --> S[slibbuffer] S --> C[Centrifuge] C --> SC[Slibcontainers (gesloten)] end ES[extern slib] --> S SS[Secundair slib] --> I PE[PE] --> C</pre> <p>De sliblijn bestaat uit:</p> <ul style="list-style-type: none">- gravitaire indikker voor secundair slib.- slibbuffer voor ingedikt en extern slib- centrifuge voor ontwatering- 3 gesloten slibcontainers voor slibopslag <p>Gegevens 2002: slibafvoer na centrifuge 1.292 ton drogestof a 20 %.</p>
<p>Slibopslag en verlading</p> <p>Ontwaterd slib wordt opgeslagen in gesloten en afgezogen slibcontainers. De slibaanvoer naar de containers wordt uitgevoerd met slibschroeven (2 horizontale, 1 verticale). De gehele slibaanvoer is afgedekt en afgezogen. De afgezogen lucht van de containers en de slibschroeven wordt samen met de afgezogen lucht van de slibbuffer voor de ontwatering in een lavafilter behandeld. In de slibcontainer is een niveaumeting aanwezig met 2 grenswaarden: beperken afzuigcapaciteit en container vol. Indien de container vol is wordt de afzuiging gestopt.</p> <p>Op Lichtenvoorde zijn 3 containers geplaatst in een gesloten laadhal. De totale investering (centrifuge, gebouw, containers) bedroeg circa 1,5 miljoen euro.</p>

B. RWZI BORCULO

Waterlijn De RWZI is ontworpen voor een aanvoer van 20.000 i.e. à 136 g TZV. De installatie bestaat uit een beluchtingsruimte onderverdeeld in 4 secties met ieder een puntbeluchter en 1 nabezinker. In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,047 kg BZV/kg ds.d. De effluentkwaliteit was (mg/l): NKj (4,4), NO _{2/3} (6,5), P _{tot} (1,0)
Sliblijn Surplusslib wordt ingedikd in een gravitaire indikker gevolgd door een na-indikker. Vanuit hier wordt het naar een onbeluchte buffer gepompt. Het slib wordt ontwaterd met zeebandpersen. Het PE verbruik (Necarbo 852BC) is circa 5,5-6 g actief PE/kg DS.
Slibopslag en verlading Ontwaterd slib wordt in open containers gestort. De opslagtijd is 1 dag. Er zijn verder geen specifieke geurmaatregelen getroffen. Er is geen sprake van geuroverlast.

C. RWZI NIEUWGRAAF

Waterlijn De RWZI is ontworpen voor een aanvoer van 436.000 i.e. a 136 g TZV. De installatie is opgebouwd 3 voorbezinktanks, 3 beluchtingsruimtes en 9 nabezinktanks. Op Nieuwgraaf wordt het phoredox proces toegepast. Om aan de P-eis te voldoen wordt naast biologische P verwijdering aanvullend Fe-zout gedoseerd. In 2002 bedroeg de slibbelasting 0,035 kg BZV/kg ds.d. De effluentkwaliteit was (mg/l): NKj (2,6), NO _{2/3} (7), P _{tot} (1,1)
Sliblijn De sliblijn bestaat uit: <ul style="list-style-type: none">• Gravitaire indikers voor primair slib. Het slib wordt tot 4 % ds ingedikd.• Bandindikers voor secundair slib waarbij wordt ingedikd tot circa 6 %.• 2 slibgistingstanks met een totaal volume van 6.250 m³. Aan de gisting wordt FeCl₃ gedoseerd.• 1 na-indikker voor uitgestit slib• centrifuges voor slibontwatering. Aan het te ontwateren slib wordt PE gedoseerd (circa 15 g actief/kg DS)• 2 slibsilos voor slibopslag. Gegevens 2002 <ul style="list-style-type: none">• Verbliftijd slibgisting 19 dagen• Slibafvoer vanuit centrifuge 3.905 ton droge stof
Slibopslag en verlading Slib wordt opgeslagen in 2 slibsilos. De opslagtijd bedraagt 1 tot 3 dagen. Het slib wordt via transportschroeven in de silo gebracht. Slibverlading vindt plaats in de open lucht. Geurreducerende maatregelen zijn beperkt tot het afzuigen van de silo's en behandeling van de afgezogen lucht, tezamen met die van de indikers, in lavafilters. De maatregelen zijn weinig effectief. Tijdens slibverlading is er regelmatig sprake van geuroverlast.

8. WATERKWALITEITSBEHEERDER

HOOGHEEMRAADSCHAP VAN RIJNLAND

A. AWZI BODEGRAVEN

Waterlijn De RWZI is ontworpen voor een aanvoer van 84.000 i.e. à 54 g BZV. De installatie bestaat uit een carousel. Er is geen voorbezinking. P wordt biologische verwijderd. De BZV belasting bedraagt circa 0,054 kg BZV/kg ds.d. In 2002 was de effluentkwaliteit: NKj 2,5 mg/L, NO _{2/3} 2 mg/L, P _{tot} 0,2 mg/L.
Sliblijn Spuislib wordt vanuit de beluchtingsruimte naar een slibindikker gebracht waar het wordt ingedikt circa 2 % ds. Deze dient tevens als slibbuffer. Vanuit de slibbuffer wordt het slib ontwaterd met een zeebandpers ontwaterd tot circa 20 % DS. Aan het slib wordt PE (Ciba Zetag 7587) gedoseerd.
Slibopslag en verlading Ontwaterd slib wordt opgeslagen in open containers. Deze containers staan maximaal 2 dagen op het terrein. Op het moment dat de vervoerder de container komt ophalen worden de containers afgezeild. Er zijn geen specifieke geurmaatregelen voorzien. Er is ook geen sprake van geuroverlast.

B. AWZI LISSE

Waterlijn De RWZI is ontworpen voor een aanvoer van 49.000 i.e. à 54 g BZV. De installatie bestaat uit een laagbelaste installatie met anaërobe ruimte en voordennitrificatie (rotoflow). De BZV belasting bedraagt circa 0,06 kg BZV/kg ds.d. In 2002 was de effluentkwaliteit: NKj 3,1 mg/L, NO _{2/3} 4,2 mg/L, P _{tot} 0,7 mg/L.
Sliblijn Slib wordt direct ontwaterd via centrifuges. Aan het slib wordt PE (Ciba Zetag 7587) gedoseerd. Het ontwateringsresultaat bedraagt circa 22 % ds.
Slibopslag en verlading Ontwaterd slib wordt via een plunjerpomp in open containers gestort. De opslagtijd bedraagt maximaal 3 dagen. Op Lisse waren tot voor kort geen specifieke geurmaatregelen aanwezig terwijl er sprake was van geuroverlast. Momenteel wordt een geurbestrijdingsmiddel over de open containers verneveld via een eenvoudige proefopstelling. Deze maatregel lijkt effectief; er zijn geen klachten meer van geuroverlast. De investeringskosten voor de vernevelapparatuur bedraagt circa 10.000 Euro. De exploitatiekosten bedragen circa 15.000 Euro.

BIJLAGE 4

BEREKENING AFZUIGDEBIET SLIBSILO

In een slibsilo wordt biogas geproduceerd. Het afzuigdebiet moet zodanig zijn dat het mengsel lucht – biogas zich in de veilige, niet explosieve zone bevindt.

Voor een slibsilo kan de maximale biogasproductie als volgt worden geschat:

$$Q_{\text{gas}} = V_{\text{silo}} * \rho_{\text{slib}} * \%DS * \%OS * Q_{\text{gas,specifiek}} * \frac{1}{24 * 1000}$$

met	Q_{gas}	biogasproductie	m^3/h
	V_{silo}	volume slibsilo	m^3
	ρ_{slib}	dichtheid van slib	kg/m^3
	% DS	drogestof gehalte	kg droge stof/kg slib
	% OS	organische stof gehalte	kg organische stof/kg droge stof
	$Q_{\text{gas,specifiek}}$	specifieke biogasproductie	l biogas/kg organische stof
	24	aantal uren per dag	d^{-1}
	1.000	aantal l per m^3	

Er zijn momenteel weinig gegevens beschikbaar over de specifieke biogasproductie. Metingen aan slib van Beemster, Zaandam en Beverwijk dat werd opgeslagen bij 30 °C geeft een specifieke biogasproductie van 6 tot 9 l.kg organische stof¹.dag⁻¹. Er wordt voorgesteld om uit te gaan van een waarde 10 l biogas/kg organische stof.dag.

De LEL waarde¹ voor methaan in lucht bedraagt circa 4,4 volumeprocent.

Het benodigde afzuigdebiet Q_{silo} (m^3/h) om te voldoen aan 20 % van de LEL waarde bedraagt:

$$Q_{\text{silo}} = Q_{\text{gas}} * \frac{\% - \text{CH}_4}{100} * \frac{100}{4,4 * 0,2}$$

met	%-CH ₄	methaangehalte biogas	%
-----	-------------------	-----------------------	---

Het methaangehalte in biogas is doorgaans 60-70 %. Toepassen van bovenstaande formule geeft bij een methaangehalte van 70 % de volgende afzuigdebieten:

DS - %	OS - %	Q_{silo}
20	70	$4,6 * V_{\text{silo}}$
25	70	$5,8 * V_{\text{silo}}$
30	70	$7,0 * V_{\text{silo}}$

1 lel = lower explosion limit