

stowa

# INVENTARISATIE PRAKTIJKCASES ENERGIE- ZUINIG RETOURSLIB



RAPPORT

2011  
14

INVENTARISATIE PRAKTIJKCASES ENERGIEZUINIG RETOURLIB

**RAPPORT**

2011

**14**

ISBN 978.90.5773.526.4



# COLOFON

UITGAVE Amersfoort, 2011  
STOWA, Amersfoort

## PROJECTUITVOERING

Ir. A.G.N. van Bentem, DHV B.V.  
Ir. E.J.H. van Dijk, DHV B.V.

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Ir. M. Augustijn, Waterschap Scheldestromen  
Ir. P.G. Piekema, Waternet  
Ing. F.L.G. Besten, Waterschap Hollandse Delta  
Ir. H. van der Spoel, Waterschap Rivierenland  
Ing. R. van Dalen, Waterschap Veluwe  
Ing. O.B. Kluyving, Waterschap Hunze en Aa's  
Drs. H.G. Rekwinkel, Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden  
Ir. C.A. Uijterlinde, STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2011-14  
ISBN 978.90.5773.526.4

# SAMENVATTING

Het retourslibgemaal verbruikt 5 tot 10% van de energie op een rwzi. In de praktijk blijkt dat op veel rwzi's meer retourslib wordt verpompt dan nodig is. Door het retourslib op een slimmere wijze te verpompen kan daarom een interessante energiebesparing worden gerealiseerd. In november 2009 heeft de STOWA een workshop over dit onderwerp georganiseerd. Hieruit bleek dat verschillende Waterschappen al bezig waren met onderzoek naar mogelijkheden tot energiebesparing van het retourslibgemaal. Tevens is tijdens deze workshop een aantal positieve effecten benoemd en de mogelijke risico's. In dit rapport wordt een viertal praktijkcases beschreven en is een overzicht gegeven van de mogelijkheden, de aandachtspunten en de gerealiseerde energiebesparingen.

## ACHTERGRONDEN

Bij het ontwerp van de retourslibcapaciteit wordt uitgegaan van een drogestofgehalte in de beluchtingstank en een slibvolume-index (SVI). In de praktijk blijken beiden vaak lager te zijn dan volgens het ontwerp. Tot circa 10 jaar geleden werd in Nederland vaak een SVI van 150 ml/g aangehouden. Sinds de opkomst van de biologische fosfaatverwijdering wordt meestal een SVI van 120 ml/g aangehouden. In de praktijk blijkt de SVI van veel installaties gedurende een groot deel van het jaar zelfs nog lager dan 120 ml/g te zijn. Daarnaast blijkt ook het drogestofgehalte in de beluchtingstank vaak lager te zijn dan volgens het ontwerp. Meestal komt dit doordat de rwzi onderbelast is en met een lager slibgehalte wordt bedreven. Op veel rwzi's wordt in de zomer bovendien het slibgehalte verlaagd om energie te besparen. Bij het ontwerp van het retourslibgemaal is de capaciteit bij RWA maatgevend. Bij DWA is de benodigde capaciteit over het algemeen 40 tot 60% van de maximale capaciteit. Indien echter de actuele omstandigheden (drogestofgehalte en SVI) sterk afwijken van het ontwerp kan het zijn dat de benodigde DWA retourslibcapaciteit nog veel lager is. Vaak is dan de minimale capaciteit van de retourslibpomp- of vijzel te groot met als gevolg dat bij DWA te veel retourslib wordt verpompt.

## PRAKTIJKERVARINGEN

Uit een inventarisatie bleek dat circa de helft van de Waterschappen actief bezig is met (onderzoek naar) energiebesparing in het retourslibgemaal. De eerste stap die wordt gemaakt is het regelen van de retourslibpomp op basis van de actuele procesgegevens in plaats van de ontwerpwaarden. Vaak is echter de ondergrens van de retourslibpomp- of vijzel limiterend om hiermee veel energie te kunnen besparen. Een mogelijkheid is dan om de ondergrens verder te verlagen. Dit is beperkt mogelijk bij retourslibvijzels maar niet bij retourslibpompen. Een andere mogelijkheid, die vaak wordt toegepast, is intermitterend bedrijf van het retourslibgemaal bij DWA. De wijze waarop de intermitterende regeling is uitgevoerd verschilt. Er worden vier methoden toegepast:

1. Intermitterend op basis van een tijd klok (vaste tijden AAN en UIT);
2. Intermitterend op basis van het influentdebiet (of effluentdebiet). Hierbij wordt de tijd dat de retourslibpomp aanstaat berekend op basis van het cumulatieve influentdebiet en een instelbare retourslibverhouding;
3. Intermitterend op basis van de massabalans. Hierbij wordt de retourslibpomp aangezet op het moment dat een bepaalde slibmassa in de nabezinktank ligt. Deze slibmassa wordt bepaald aan de hand van het influentdebiet en de drogestofmeting in de beluchtingstank. De onttrokken slibmassa wordt bepaald op basis van het retourslibgehalte en het retourslibdebiet.

4. Intermitterend op basis van de slibdeken. Hierbij wordt de niveaumeting in de nabezinktank gebruikt om de retourslibpomp aan en uit te sturen. Bij hoog niveau schakelt de pomp aan en bij laag niveau uit.

In het rapport zijn vier praktijkcases beschreven.

Op de *rwzi Walcheren* is op één van de zes nabezinktanks een intermitterende regeling op influentdebiet getest. Hierbij zijn verschillende maatregelen genomen die tot energiebesparing hebben geleid. Als eerste is de intermitterende regeling geïmplementeerd. Ten gevolge hiervan wordt circa 17% minder retourslib verpompt. Vervolgens is onderzocht wat het energetisch optimale werkpunt is van de retourslibpomp. Dit blijkt rond de 27 Hz te liggen. Als de retourslibpomp in bedrijf komt wordt deze op de optimale frequentie bedreven. Dit leidt tot een extra energiebesparing per m<sup>3</sup> verpompt retourslib van 22%. In totaal hebben beide maatregelen tot een energiebesparing van circa 35% geleid. Tenslotte is er een technische maatregel getest, de zogenaamde fluxoptimalisatie. Dit betreft een instelling op de frequentie-omvormer die bij lage capaciteit tot een rendementsstijging leidt. De winst hiervan is echter relatief gering. Inmiddels is de intermitterende regeling op alle nabezinktanks van de *rwzi Walcheren* geïmplementeerd.

Op de *rwzi Arnhem-Zuid* is op één van de vijf nabezinktanks een intermitterende regeling op slibdekenniveau getest. Hierbij is het niveau waarop de retourslibvijzel wordt aangezet stapsgewijs verhoogd tot maximaal 150 cm (110 cm onder de waterspiegel). Hierbij kwam het voor dat de retourslibvijzel langer dan een dag niet in bedrijf kwam. Het gevolg hiervan was dat fosfaatafgifte in de nabezinktank plaatsvond. Bij de lagere slibdekeninstellingen leidt de intermitterende regeling tot een energiebesparing van 35%.

Op de *rwzi Goedereede* is op één van de twee nabezinktanks een intermitterende regeling op massabalans toegepast. Deze regeling is echter maar 1 à 2 dagen per week actief. Bovendien was de regeling zodanig ingesteld dat deze meestal overruled werd door een maximaal retourslibgehalte. Indien het retourslibgehalte boven een instelbare waarde komt wordt de retourslibpomp aangeschakeld. De toepassing van de regeling kan niet alleen tot een aanzienlijke energiebesparing in de retourslibpompen leiden maar ook in de slibontwatering.

Op de *rwzi Nijmegen* worden de retourslibvijzels continu bedreven en geregeld op basis van een retourslibverhouding met het influentdebiet. De retourslibverhouding wordt echter ingesteld op basis van de actuele procesgegevens (drogestofgehalte en SVI) en niet, zoals voorheen het geval was, op basis van de ontwerpwaarden. Hierdoor is het benodigde retourslibdebiet aanzienlijk lager. Omdat de ondergrens van de retourslibvijzel te hoog was om hiervan te kunnen profiteren is onderzocht of deze kan worden verlaagd. Uiteindelijk is gekozen voor een verlaging van 40 tot 15% van de maximale capaciteit. Deze maatregelen hebben geleid tot een energiebesparing van 40%.

#### **GEVOELIGHEIDSANALYSE**

Op basis van de praktijkcases is een goed beeld verkregen van de optimalisatiemogelijkheden op de betreffende *rwzi*'s. Om de resultaten goed met elkaar te kunnen vergelijken is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met behulp van een simulatiemodel. Het model berekent de hydraulische en drogestofbalans over een *rwzi* en omvat onder andere een 1-dimensionaal nabezinktankmodel. Er is met het model een gevoeligheidsanalyse van de procesomstandigheden en van de verschillende retourslibregelingen uitgevoerd.

Voor verschillende procesomstandigheden is de invloed op de werking van het retourlibgemeen en de energiebesparing onderzocht. Hieruit kan bijvoorbeeld worden geconcludeerd dat de energiebesparingspotentie van een intermitterende retourlibregeling groter is naarmate de RWA/DWA-verhouding van de rwzi groter is.

Voor de verschillende retourlibregelingen is onderzocht hoe de regeling omgaat met veranderende slibeigenschappen. Een intermitterende regeling op basis van een tijd klok of het influentdebiet houdt hier geen rekening mee en blijft evenveel retourlib verpompen, ook als bijvoorbeeld de slibindikking verslechtert. De intermitterende regeling op slibdeken en op massabalans reageren wel op gewijzigde slibeigenschappen. Het gevolg hiervan is dat deze regelingen bij verbetering van de slibeigenschappen leiden tot minder retourlib verpompen en daardoor tot een toename van de energiebesparing. Uit de berekeningsresultaten komt het beeld naar boven dat de invloed op het proces over het algemeen niet groot is omdat intermitterende regelingen alleen bij DWA in werking zijn.

### **ENERGIEBESPARING**

Op basis van de beschreven praktijkcases wordt geconcludeerd dat een significante energiebesparing mogelijk is bij het verpompen van retourlib. Afhankelijk van de uitgangssituatie en de systeemconfiguratie wordt een besparing op het energieverbruik van het retourlibgemeen van 30 tot 40% bereikt (met zelfs een uitschieter naar 60%). Dit leidt tot een verlaging van het energieverbruik op de rwzi van 1,5 tot 3%.

Naast de directe energiewinst kan er ook energiewinst of verlies ontstaan in andere procesonderdelen (b.v. meer energie voor interne recirculatie of minder energie voor de slibontwatering). Dit dient bij de afweging voor de implementatie van een dergelijke regeling te worden meegenomen.

### **FOSFAATAFGIFTE**

Op basis van de praktijkervaringen en de gevoeligheidsanalyse kan fosfaatafgifte in de nabezinktank (secondary release) als belangrijkste risico en aandachtspunt worden benoemd. Fosfaatafgifte is opgetreden op de rwzi Arnhem-Zuid bij (extreem) lange slibverblijftijd in de nabezinktank. Het is aan te bevelen de regeling zodanig te kiezen en in te stellen dat slibverblijftijden in de nabezinktanks van langer dan enkele (2-4 uren) niet voorkomen. Dit geldt uiteraard alleen voor rwzi's met biologische fosfaatverwijdering. Daarnaast wordt aanbevolen om dit aspect nader te onderzoeken.

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

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

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, 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 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# SUMMARY

The return sludge pumping station consumes 5 to 10% of a waste water treatment plants (wwtp) total energy consumption. In practice, it shows that at many wwtp's much more return sludge is being pumped than necessary. By implementing a more intelligent return sludge pumping strategy, the energy consumption can be reduced. In November 2009 the STOWA organised a workshop on this subject. It turned out that several Waterboards were already investigating the possibilities for energy savings in return sludge pumping. In the workshop a number of positive effects and possible risks have been determined. In this report four full-scale cases are presented and an overview of the possibilities, points of attention and energy savings is given.

## BACKGROUND

For the calculation of the return sludge capacity, the aeration tank sludge concentration and the sludge volume index (SVI) are used. In practice both values can be much lower than the design values. Until 10 years ago, an SVI of 150 ml/g was used for the design of Dutch wwtp's. Since the introduction of biological phosphorus removal a design value of 120 ml/g is being used. In practice, the SVI of many wwtp's is lower for at least part of the year. Besides that, also the aeration tank sludge concentration is often lower than the design value. Mostly this is due to an underloading of the wwtp which allows for a lower sludge concentration. Besides that, at many wwtp's, the sludge concentration is reduced in summer to save aeration energy. In the return sludge pumping station design, the RWF capacity is leading. In general, the DWF capacity is 40 to 60% of the maximum pump capacity. In case the actual process conditions (sludge concentration and SVI) strongly differ from the design values, the required DWF return sludge capacity can be much lower. In that case the minimum return sludge capacity can be too high for DWF conditions. As a consequence, too much return sludge is being pumped at DWF.

## FULL-SCALE CASES

From an assessment it showed that about half of the Dutch Waterboards is occupied with (investigating the potential of) energy savings in the return sludge pumping station. The first step is to control the return sludge pumps based on the actual process conditions, instead of the design values. In many cases, the minimum capacity of the return sludge pumping station is the limiting factor for optimal energy savings. An interesting option can be to further reduce the minimum capacity of the return sludge pumping station. This can only be an option for return sludge screw pumps, but not for centrifugal pumps. Another option that is used more often is intermittent operation of the return sludge pumps at DWF. The way the intermittent operation is controlled differs. The following four methods are used:

1. Intermittent operation based on time (fixed time ON and OFF);
2. Intermittent operation based on the influent (or effluent) flow. The operational period of the return sludge pumps is calculated based on the cumulative influent flow and an adjustable return sludge ratio with the influent flow.
3. Intermittent operation based on a mass balance. The return sludge pump is switched on when a certain amount of sludge is present in the secondary clarifier. The sludge mass is determined based on the influent flow and the aeration tank sludge concentration. The sludge mass that has been removed during operation is determined based on the return sludge concentration and the return sludge flow.



4. Intermittent operation based on the sludge blanket level. A sludge blanket level measurement in the secondary clarifier is used to control the return sludge pump. At high level the pump is switched on. At low level the pump is switched off.

In this report, four full-scale cases are presented.

At the *Walcheren wwtp* the intermittent control on influent flow has been tested at one of six secondary clarifiers. In this case, different measures have reduced the energy consumption. First, the intermittent pump control has been implemented. As a result, the return sludge flow has been reduced by 17%. Secondly, the energetic optimum work point of the return sludge pump has been determined. This showed to be around 27 Hz. In the intermittent mode the return sludge pump is operated at 27 Hz. This leads to an additional energy saving of 22% per m<sup>3</sup> return sludge. In total, both measures have led to an energy reduction of 35%. At last, a technical measure has been tested; the so called flux optimization. This is a setting in the frequency convertor that creates an efficiency increase at low capacity. The energy savings of this measure are relatively small. Due to the success, the intermittent control has been adopted to all six return sludge pumps of the *Walcheren wwtp*.

At the *Arnhem-Zuid wwtp* the intermittent control on sludge blanket level has been tested at one of five secondary clarifiers. The maximum sludge blanket level at which that return sludge pump is switched on has been increased step-by-step until a maximum value of 150 cm (110 cm under the water level). This resulted in an off time of the return sludge pump of more than a day. As a consequence, phosphorus release occurred in the secondary clarifier. At more realistic process settings, the intermittent sludge blanket control led to an energy saving of 35%.

At the *Goedereede wwtp* the intermittent control on mass balance has been tested at one of two secondary clarifiers. The control was in operation for only 1 to 2 days per week. Besides that, the process control on mass balance was overruled most of the time by a maximum return sludge concentration setting. In case the return sludge concentration exceeds a maximum value, the return sludge pump was switched on. The application of the intermittent control at *Goedereede* will not only save energy in the return sludge pumping, but also in the sludge dewatering.

At the *Nijmegen wwtp* the return sludge screw pumps are operated continuously. The control is based on a return sludge ratio with the influent flow. The return sludge ratio setting is based on actual process conditions (sludge concentration and SVI), and not, as was done before, based on design values. As a consequence the required return sludge flow has decreased significantly. Due to a relatively high minimum return sludge pump capacity, it was not possible to take the full benefit of this measure. The Waterboard investigated the possibility to decrease the minimum pumping capacity from 40 tot 15% of the maximum capacity. These measures have resulted in a 40% energy reduction.

#### **SENSITIVITY ANALYSIS**

The four full-scale cases give a good overview on the optimisation potential on each wwtp. To be able to compare the results, a sensitivity analyses with a simulation model has been performed. The model calculates the hydraulic and mass balance of a wwtp, and contains, among others, a 1-dimensional clarifier model. The sensitivity analyses have been performed on the process conditions and the different process control strategies.

The return sludge pump operation and energy savings have been investigated for different process conditions. Based on this, it can be concluded that the energy saving potential from an intermittent return sludge pump control increases with a higher RWF/DWF-ratio.

For the different process controls the sensitivity on changing sludge characteristics has been investigated. An intermittent control on time or influent flow doesn't take this into account and continues to pump the same amount of return sludge if, for instance, the sludge thickening deteriorates. The intermittent control on sludge blanket level and on mass balance react directly on changing sludge characteristics. As a consequence these controls lead to a reduction of energy consumption in case the sludge characteristics improve. From the calculation results it shows that the influence of the intermittent control on the treatment process is generally small as the control is only active during DWF.

### **ENERGY SAVINGS**

Based on the full-scale cases it is concluded that a significant energy saving can be achieved for the return sludge pumping. Depending on the situation and the process configuration, a energy reduction of 30 to 40% can be achieved (even 60% at Goedereede wwtp). This leads to an energy saving on the wwtp of 1.5 to 3%.

Besides the direct energy savings, additional energy savings or energy loss can occur in other process parts (for instance: more energy for internal recirculation of less energy for sludge dewatering). This needs to be taken into account when the implementation of such a return sludge control is considered.

### **PHOSPHORUS RELEASE**

Based on the full-scale cases and the sensitivity analysis, phosphorus release in the secondary clarifier (secondary release) is pointed out to be the most critical factor. Phosphorus release occurred at the Arnhem-Zuid wwtp at (extreme) long sludge retention times in the secondary clarifier. It is recommended to tune the return sludge control in such way that the sludge retention time in the secondary clarifier does not exceed the critical time of 2 to 4 hours. This only applies for wwtp's with biological phosphorus removal. Besides that, it is recommended to further investigate this aspect.

# DE STOWA IN BRIEF

The Foundation for Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are all ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater treatment installations and dam inspectors.

The water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative legal and social scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed based on requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as knowledge institutes and consultants, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

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

The money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some 6,5 million euro.

For telephone contact number is: +31 (0)30-2321199.

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

E-mail: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).

# INVENTARISATIE PRAKTIJKCASES ENERGIEZUINIG RETOURLIB

## INHOUD

	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
	SUMMARY	
	STOWA IN BRIEF	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ACHTERGRONDEN</b>	<b>2</b>
2.1	Inleiding	2
2.2	Ontwerprichtlijnen	2
2.3	Uitvoeringsvorm	4
2.4	Procesregeling	5
2.5	Energieverbruik	6
2.6	Aandachtspunten	7
<b>3</b>	<b>INVENTARISATIE PRAKTIJKCASES</b>	<b>8</b>
3.1	Inleiding	8
3.2	Inventarisatie	8
3.3	Categorisering	9
3.3.1	Inleiding	9
3.3.2	Intermitterend bedrijf	9
3.3.3	Fluxoptimalisatie	10
3.4	Selectie praktijkcases	10

<b>4</b>	<b>RWZI WALCHEREN</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b>Beschrijving rwzi</b>	<b>12</b>
4.2.1	Dimensies	12
4.2.2	Procesgegevens	13
<b>4.3</b>	<b>Retourlibregeling</b>	<b>13</b>
4.3.1	Inleiding	13
4.3.2	Bestaande regeling	13
4.3.3	Optimale frequentie retourlibpomp	15
4.3.4	Geoptimaliseerde regeling	16
<b>4.4</b>	<b>Resultaten</b>	<b>16</b>
4.4.1	Slibgehalte retourlib	16
4.4.2	Energiebesparing	17
<b>4.5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>RWZI ARNHEM-ZUID</b>	<b>20</b>
<b>5.1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>20</b>
<b>5.2</b>	<b>Beschrijving rwzi</b>	<b>21</b>
5.2.1	Dimensies	21
5.2.2	Procesgegevens	21
<b>5.3</b>	<b>Retourlibregeling</b>	<b>22</b>
5.3.1	Inleiding	22
5.3.2	Huidige regeling	22
5.3.3	Intermitterende regeling	22
5.3.4	Onderzoeksopzet	23
<b>5.4</b>	<b>Resultaten</b>	<b>24</b>
5.4.1	Slibdekenniveau	24
5.4.2	Fosfaatafgifte	26
5.4.3	Drogestofgehalte retourlib	26
5.4.4	Energiebesparing	27
5.4.5	Lokatie slibspiegelmeter	27
<b>5.5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>RWZI GOEDEREDE</b>	<b>29</b>
<b>6.1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>29</b>
<b>6.2</b>	<b>Beschrijving rwzi</b>	<b>29</b>
6.2.1	Dimensies	29
6.2.2	Procesgegevens	30
<b>6.3</b>	<b>Retourlibregeling</b>	<b>30</b>
6.3.1	Inleiding	30
6.3.2	Alternatieve retourlibregeling	31
<b>6.4</b>	<b>Resultaten</b>	<b>32</b>
6.4.1	Algemeen	32
6.4.2	Slibgehalte retourlib	32
6.4.3	Energiebesparing	33
<b>6.5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>34</b>

<b>7</b>	<b>RWZI NIJMEGEN</b>	<b>35</b>
<b>7.1</b>	Inleiding	35
<b>7.2</b>	Beschrijving rwzi	35
	7.2.1 Dimensies	35
	7.2.2 Procesgegevens	36
<b>7.3</b>	Retourslibregeling	36
<b>7.4</b>	Resultaten	37
	7.4.1 Algemeen	37
	7.4.2 Energiebesparing	38
<b>7.5</b>	Conclusies	38
<b>8</b>	<b>GEVOELIGHEIDSANALYSE</b>	<b>39</b>
<b>8.1</b>	Inleiding	39
<b>8.2</b>	Beschrijving van het model	39
	8.2.1 Inleiding	39
	8.2.2 Opzet van het model	39
	8.2.3 Standaard rwzi	40
<b>8.3</b>	Gevoeligheidsanalyse procesomstandigheden	43
	8.3.1 Inleiding	43
	8.3.2 Referentiesituatie	43
	8.3.3 RWA / DWA-verhouding	45
	8.3.4 Gevoeligheid slibgehalte	46
	8.3.5 Gevoeligheid slibeigenschappen	47
	8.3.6 Gevoeligheidsanalyse optimaal pompdebiet	49
	8.3.7 Gevoeligheid overstortlengte	50
<b>8.4</b>	Gevoeligheidsanalyse retourslibregelingen	51
	8.4.1 Inleiding	51
	8.4.2 Instelling intermitterende regelingen	52
	8.4.3 Slibeigenschappen	52
	8.4.4 Gevoeligheidsanalyse slibverblijftijd	54
	8.4.5 Gevoeligheidsanalyse massabalansregeling	56
<b>8.5</b>	Conclusies	57
<b>9</b>	<b>EVALUATIE</b>	<b>59</b>
<b>9.1</b>	Inleiding	59
<b>9.2</b>	Energiebesparing	59
<b>9.3</b>	Fosfaatafgifte	60
<b>9.4</b>	Slibindikking	61
<b>9.5</b>	Intermitterende regeling	61
<b>10</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>63</b>
<b>10.1</b>	Conclusies	63
	10.1.1 Retourslibregelingen	63
	10.1.2 Energiebesparing	64
	10.1.3 Risico's en aandachtspunten	64
	10.1.4 Ontwerpaspecten	65
<b>10.2</b>	Aanbevelingen	66
<b>11</b>	<b>REFERENTIES</b>	<b>67</b>
	<b>BIJLAGEN</b>	
1	INVENTARISATIE	69
2	RESULTATEN VAN DE VACCARI-MODEL BEREKENINGEN	73



# 1

## INLEIDING

Het verpompen van het retourlib vanuit de nabezinktank naar de beluchtingstank vraagt circa 5 tot 10% van het energieverbruik van een rwzi. Vaak wordt veel meer retourlib verpompt dan nodig is. Het optimaliseren van de retourlibregeling kan daarom een interessante bijdrage leveren aan de energiebesparingsdoelstellingen van de waterschappen. Tijdens een inventarisatie door STOWA begin 2009 onder de waterschappen, is energiebesparing rondom retourlibgemalen als belangrijke onderzoeksvraag geprioriteerd. Een aantal waterschappen heeft inmiddels onderzoek gestart naar de mogelijkheden hiertoe. Op 26 november 2009 is door de STOWA een workshop georganiseerd waarin de mogelijkheden en aandachtspunten zijn geïnventariseerd. Tijdens deze workshop is een aantal vervolgtacties vastgesteld, waarvan het inventariseren van de praktijkcases in Nederland de eerste is. Het resultaat van deze inventarisatie is beschreven in dit rapport.

AFBEELDING 1

RETOURLIBVIJZELS VAN DE RWZI ARNHEM-ZUID



In hoofdstuk 2 zijn allereerst de achtergronden van het retourlibgemaal toegelicht, zoals de ontwerprichtlijnen en de procesregelingen, om het kader van de energiebesparingsmogelijkheden inzichtelijk te maken. In hoofdstuk 3 is een overzicht gegeven van de ervaringen met retourlibregelingen in Nederland. Op basis hiervan zijn vervolgens 4 rwzi's geselecteerd die nader zijn beschreven. Dit betreft achtereenvolgens de rwzi Walcheren (hoofdstuk 4), de rwzi Arnhem-Zuid (hoofdstuk 5), de rwzi Goedereede (hoofdstuk 6) en de rwzi Nijmegen (hoofdstuk 7). In hoofdstuk 8 is op basis van een model een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de verschillende parameters en procesregelingen. In hoofdstuk 9 zijn de belangrijkste resultaten en bevindingen geëvalueerd. De conclusies en aanbevelingen zijn samengevat weergegeven in hoofdstuk 10.



# 2

## ACHTERGRONDEN

### 2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de achtergronden van het ontwerp en de regeling van het retour-slibgemaal nader toegelicht. Op basis hiervan wordt duidelijk gemaakt wat de oorzaak is van het relatief hoge energieverbruik van een retour-slibgemaal. In paragraaf 2.2 zijn allereerst de ontwerprichtlijnen voor retour-slibgemalen uiteengezet. In paragraaf 2.3 wordt nader ingegaan op de uitvoeringsvorm van het retour-slibgemaal en de keuzes die hierbij kunnen worden gemaakt. De procesregeling van de retour-slibgemalen is beschreven in paragraaf 2.4. In paragraaf 2.5 is aangegeven wat de potentie voor energiebesparing is. De aandachtspunten welke tijdens de STOWA workshop zijn benoemd zijn tenslotte in paragraaf 2.6 weergegeven.

### 2.2 ONTWERPRICHTLIJNEN

De ontwerprichtlijn voor de berekening van het retour-slibdebiet is in Nederland gebaseerd op de STORA-richtlijn voor ronde nabezinktanks [ref. 1]. Hierin wordt aangegeven dat het retour-slibgehalte ( $DS_{RS}$ ) afhankelijk is van de slibvolume-index (SVI). Er wordt onderscheid gemaakt tussen de situatie bij DWA en RWA volgens de volgende formules:

- STORA 1981 bij DWA:  $DS_{RS} = 1.200 / SVI$
- STORA 1981 bij RWA:  $DS_{RS} = 1.200 / SVI + 2$

In de praktijk wordt echter voor zowel DWA als RWA uitgegaan van de eerste formule. In een recenter STOWA rapport [ref. 2] wordt een veiligere variant hierop genoemd waarbij een “veilige marge” wordt ingecalculleerd, voor zowel DWA als RWA:

- STOWA 2002:  $DS_{RS} = 900 / SVI$

Ter vergelijking kan nog de Duitse ATV-131 richtlijn worden genoemd [ref. 3]. Deze richtlijn maakt onderscheid tussen het slibgehalte op de bodem van de nabezinktank ( $TS_{BS}$ ) en het retour-slibgehalte ( $TS_{RS}$ ). Het slibgehalte op de bodem is afhankelijk van niet alleen de SVI maar ook van de indiktijd. Uitgaande van de in de richtlijn genoemde standaardwaarden voor rwzi's met volledige stikstofverwijdering (een indiktijd van 2 uur) is de formule  $TS_{BS} = 1.250 / SVI$ . Dit is vergelijkbaar met de bovengenoemde Nederlandse ontwerprichtlijnen. Echter, om het retour-slibgehalte te berekenen wordt deze waarde nog gecorrigeerd om het effect van kortsluitstromen te verdisconteren. Voor nabezinktanks met ruimerbladen is de correctiefactor 0,7. Dit betekent dat volgens de ATV-richtlijn de volgende formule geldt:

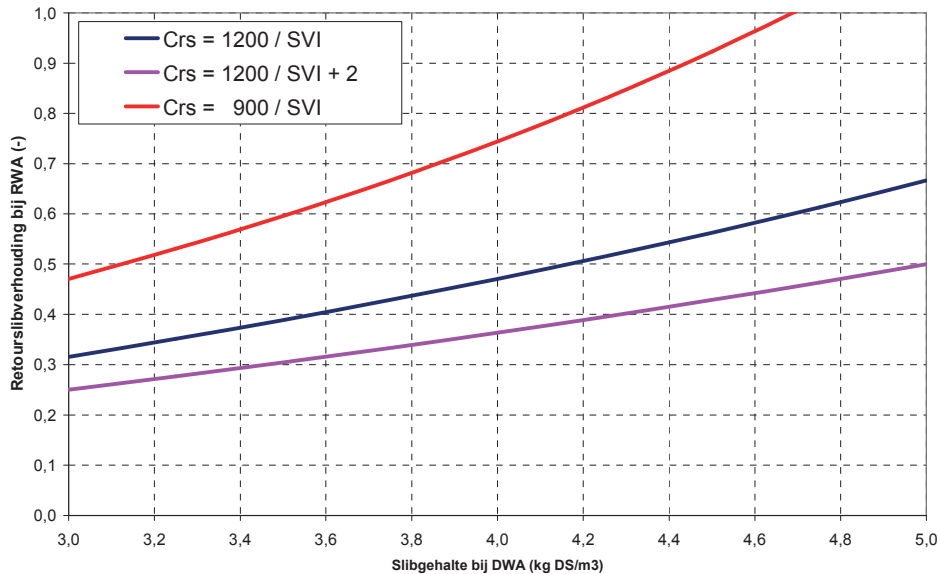
- ATV-131:  $DS_{RS} = 875 / SVI$

De retour-slibcapaciteit is sterk afhankelijk van de gekozen ontwerprichtlijn. Ter illustratie is in Afbeelding 2 weergegeven welke retour-slibverhouding bij RWA wordt berekend voor verschillende drogestofgehaltes door de verschillende ontwerprichtlijnen. Hierbij is uitgegaan van een SVI van 120 ml/g en een slibbuffering bij RWA van 20%<sup>1</sup>. De retour-slibverhouding

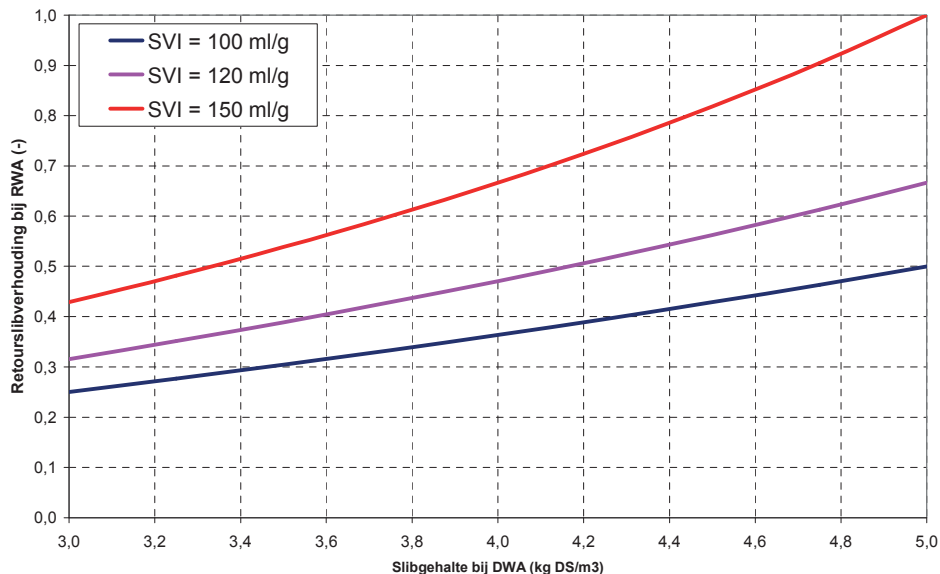
1 In de STOWA-richtlijn [ref.1] wordt een maximale slibbuffering bij RWA van 30% aangehouden.

varieert sterk tussen de verschillende ontwerprichtlijnen. Het verschil tussen de richtlijnen bedraagt maximaal een factor 2. In Afbeelding 3 is een soortgelijke gevoeligheidsanalyse voor de keuze van de slibvolume-index weergegeven.

AFBEELDING 2 DE RETOURLIBVERHOUDING BIJ RWA IN RELATIE TOT HET SLIBGEHALTE BIJ DWA VOOR VERSCHILLENDE ONTWERPRICHTLIJNEN (UITGAANDE VAN SVI = 120 ML/G)



AFBEELDING 3 DE RETOURLIBVERHOUDING BIJ RWA IN RELATIE TOT HET SLIBGEHALTE BIJ DWA VOOR VERSCHILLENDE ONTWERP SVI'S (UITGAANDE VAN  $DS_{RS} = 1.200 / SVI$ )



Soms wordt in het ontwerp van het retourslibgemeal ook nog rekening gehouden met een hoger slibgehalte dan in het ontwerp van het actiefslibstelsysteem. De gedachte hierbij is dat ook in het geval het slibgehalte in de praktijk tijdelijk hoger is, het retourslib verpompt moet kunnen worden. Zoals blijkt uit de afbeeldingen leidt dit ook tot een aanzienlijke vergroting van de geïnstalleerde capaciteit.

De keuze van de ontwerp SVI is afhankelijk van de systeemconfiguratie en de procescondities. Daarnaast is deze ook afhankelijk van het inzicht van het moment. Tot circa 10 jaar geleden werd in Nederland vaak een SVI van 150 ml/g aangehouden. Sinds de opkomst van de biologische fosfaatverwijdering wordt aanbevolen [ref. 4] om een SVI van 120 ml/g aan te houden. Dit is een waarde die ook vaak voor rwzi's met chemische fosfaatverwijdering wordt aangehouden. Aangezien het gros van de rwzi's op één van beide (of beiden) methoden fosfaat verwijderd komt het er op neer dat deze ontwerpwaarde voor de meeste rwzi's van toepassing is. In de praktijk blijkt de SVI van veel installaties gedurende een groot deel van het jaar zelfs nog lager dan 120 ml/g te zijn.

Ter illustratie is in Tabel 1 de ontwerpcapaciteit (voor RWA en DWA) van een retourslibgemaal berekend uitgaande van een standaard rwzi met de volgende ontwerpuitgangspunten:

- RWA : 1.000 m<sup>3</sup>/h
- DWA : 300 m<sup>3</sup>/h
- Slibgehalte bij DWA : 4,0 kg/m<sup>3</sup>
- Slibgehalte bij RWA : 3,2 kg/m<sup>3</sup> (20% buffering)

TABEL 1 GEVOELIGHEIDSANALYSE VAN DE RETOURLIBCAPACITEIT (DWA/RWA)

Ontwerp SVI (ml/g)	Ontwerprichtlijn		
	$DS_{RS} = 1.200 / SVI + 2$	$DS_{RS} = 1.200 / SVI$	$DS_{RS} = 900 / SVI$
100	150 / 300	180 / 360	310 / 550
120	180 / 360	250 / 470	470 / 740
150	250 / 470	400 / 670	960 / 1140

Het gevolg van het te veilig ontwerpen van een retourslibgemaal kan worden geïllustreerd aan de hand van deze tabel. In het meest extreme geval is het retourslibgemaal ontwerpen volgens de 900 / SVI richtlijn bij een SVI van 150 ml/g en blijkt in de praktijk een SVI van 100 ml/g op te treden en het slib bij RWA goed in te dikken tot 1.200 / SVI + 2. In dat geval is de capaciteit van het retourslibgemaal bij RWA een factor 3,8 te groot. Bij DWA is de maximale retourslibcapaciteit zelfs ruim 7 maal groter dan benodigd.

Een vaker voorkomend scenario is een ontwerp volgens de 1.200 / SVI richtlijn in combinatie met een SVI van 150 ml/g. In dat geval is de capaciteit van het retourslibgemaal (400 / 670 m<sup>3</sup>/h) ook nog bijna tweemaal groter dan benodigd in vergelijking met een SVI van 100 ml/g (180 / 360 m<sup>3</sup>/h). Als het drogestofgehalte in de praktijk dan ook nog eens lager is dan volgens ontwerp zal de beschikbare minimale capaciteit veel te groot zijn bij DWA.

### 2.3 UITVOERINGSVORM

Bij het ontwerp van het retourslibgemaal dient een aantal keuzes te worden gemaakt. De belangrijkste keuzes zijn tussen een pomp- en een vijzelgemaal, het aantal pompen/vijzels per nabezinktank en de reservestelling.

In de praktijk komt het vaak voor dat er slechts één pomp of vijzel per nabezinktank wordt geïnstalleerd. Deze is vaak regelbaar met een frequentieregelaar of een hoogtoeren / laagtoeren instelling. Een volledige reservestelling wordt niet vaak toegepast. Wel komt het voor dat een gezamenlijke reservepomp wordt geïnstalleerd die voor meerdere nabezinktanks kan worden ingezet.

Wat betreft de keuze tussen pompen of vijzels spelen een aantal aspecten een rol, zoals kosten, energieverbruik en regelbereik. Een vijzelgemaal is over het algemeen duurder dan een pomp-gemaal en neemt ook meer ruimte in beslag. De voordelen van een vijzelgemaal ten opzichte van een pomp-gemaal zijn de robuustheid en het geringe onderhoud.

Of het energieverbruik van de één hoger is dan van de ander is sterk afhankelijk van de situatie.

- Een vijzelgemaal heeft een vaste overstorthoogte welke iets hoger is dan het hoogste water-niveau van het ontvangende procesonderdeel. Dit betekent dat de statische opvoerhoogte (waterkolom) relatief hoog is. Daarentegen is de manometrische opvoerhoogte (statische + dynamische hoogte) nagenoeg onafhankelijk is van het te verpompen debiet.
- Voor een pomp geldt dat de dynamische opvoerhoogte afhankelijk is van de leidingweerstand. De druk neemt af naarmate het te verpompen debiet afneemt. Daarnaast kan bij een pomp-gemaal ook de statische opvoerhoogte (is gelijk aan de hoogte van waterkolom) afnemen bij afname van het debiet aangezien het niveau in de tanks mogelijk dan ook afneemt. Dit betekent dat de opvoerhoogte van een pomp-gemaal afneemt bij afname van het te verpompen debiet. Achter een pomp is een terugslagklep geplaatst welke een extra weerstand oplevert.

Het regelbereik van een pomp is afhankelijk van het toerental van de motor en van de hydraulische pompkarakteristieken (pompcurve). Een motor kan worden teruggeregeld van 50 tot 20 Hz. Een lager bereik wordt vaak beperkt doordat de motor niet alleen de pomp aandrijft maar ook de koeling van de motor. De koeling wordt te laag onder een bepaald toerental. Het hydraulische bereik van de pomp is afhankelijk van de statische opvoerhoogte, de leidingkarakteristieken en de pompkeuze. Als de statische opvoerhoogte een groot deel van de totale manometrische opvoerhoogte voor zijn rekening neemt is het bereik waarin kan worden teruggeregeld beperkt. Het terugregelen leidt dan relatief snel tot een zeer laag rendement. In een dergelijke situatie kan worden overwogen om twee kleinere pompen te installeren. De ondergrens van een retourslibpomp ligt in de praktijk tussen 30 en 50% van de maximale capaciteit. Bij het ontwerp van een pomp wordt vaak de maximale capaciteit als uitgangspunt genomen, waardoor het bereik in het onderste gebied wordt beperkt.

Het regelbereik van een vijzelgemaal is vergelijkbaar met die van een pomp. In de regel is het rendement van een vijzel stabiel tussen 100 en 50% van de maximale capaciteit. Onder de 50% nemen de terugloopverliezen (ten gevolge van de zwaartekracht) toe en neemt het rendement sterk af. De ondergrens van een retourslibvijzel ligt in de praktijk tussen de 40 en 50% van de maximale capaciteit. In hoofdstuk 7 wordt beschreven hoe de ondergrens op de rwzi Nijmegen is verlaagd van 40 naar 20%.

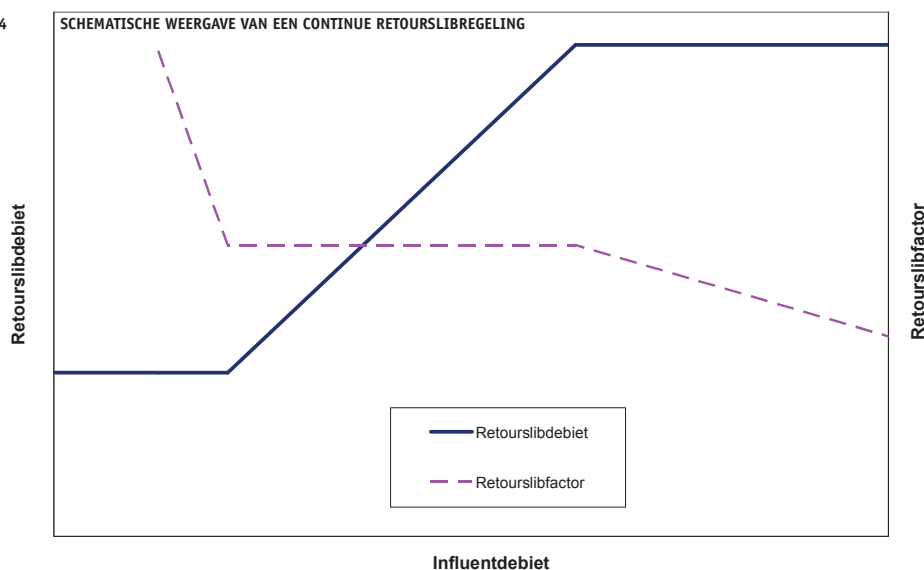
Met een vijzel kan zuurstof in het slib worden ingeslagen. Dit kan leiden tot zuurstofinbreng in de selector / anaërobe tank, wat ongewenst is. Dit kan een reden zijn om voor een retourslibpomp te kiezen.

## 2.4 PROCESREGELING

De wijze waarop de retourslibpompen of vijzels kunnen worden geregeld is afhankelijk van de opstelling en het regelbereik. Uiteraard is een regeling voor een opstelling met twee pompen anders dan voor één. Net als een regeling voor een frequentie-gestuurde pomp anders is dan die van een hoogtoeren-laagtoeren pomp.

De meest voorkomende procesregeling is op basis van het influentdebiet (of effluentdebiet), zoals weergegeven in Afbeelding 4. Hierbij wordt een frequentiegestuurde pomp of vijzel aangestuurd op basis van een vaste retourslibverhouding. Bij een hoog influentdebiet blijft de retourslibcapaciteit gelijk aan de maximum pompcapaciteit. De retourslibverhouding neemt hierdoor af. Bij een laag influentdebiet draait de retourslibpomp op minimale capaciteit. Hierbij neemt de retourslibverhouding toe bij afnemend influentdebiet. Een hoge retourslibverhouding betekent in feite dat het retourslibdebiet hoger is dan nodig en dat eigenlijk te veel retourslib wordt verpompt en teveel energie wordt gebruikt.

AFBEELDING 4



## 2.5 ENERGIEVERBRUIK

De beluchting is veruit de grootste energieverbruiker op een rwzi [ref. 5]. In de bedrijfsvergelijking zuiveringsbeur 2009 heeft de Unie van Waterschappen ook het energieverbruik van de Nederlandse rwzi's geïnventariseerd. Hieruit bleek dat in 2009 het landelijk rekenkundig gemiddelde van het totale energieverbruik 29,9 kWh/i.e.<sub>verwijderd</sub> bedroeg. Dit betreft het energieverbruik van de gehele rwzi, exclusief het influentgemaal en de slibontwatering. Het landelijk gemiddelde energieverbruik van de beluchting bedroeg 16,2 kWh/i.e.<sub>verwijderd</sub>. Dit betreft de energie die verbruikt wordt door de zuurstofinbrengende apparatuur (oppervlaktebeluchters en compressoren) in het beluchte deel van de actiefslibtank. Bij tegenstroombeluchting (omloopsystemen met bellenbeluchting) is het energieverbruik van de voortstuwers in dit beluchte deel ook meegenomen.

Op de tweede plaats wat betreft energieverbruik komt over het algemeen het retourslibgemaal. Hierover zijn geen algemene gegevens bekend. Op basis van een berekening met standaard kentallen kan een globale initiële schatting worden gemaakt van het energieverbruik:

- RWA debiet: 30 l/h per i.e.<sub>verwijderd</sub>
- Drogestofgehalte: 4,0 kg/m<sup>3</sup>
- SVI: 150 ml/g
- Retourslibverhouding bij RWA: 0,67 (zie Afbeelding 3)
- Capaciteit retourslibgemaal: 0,67 x 30 = 20 l/h per i.e.<sub>verwijderd</sub>
- Minimum capaciteit retourslibgemaal: 40% x 20 = 8,0 l/h per i.e.<sub>verwijderd</sub>
- Opvoerhoogte retourslibgemaal: 3 - 6 m;
- Rendement pomp: 75%

- Specifiek energieverbruik: 3,6 Wh/(m<sup>3</sup>.m)
- RWA periodes: 10% van de tijd
- Energieverbruik retourslibgemaal:  $(20 \times 10\% + 8,0 \times 90\%) \times 3,6 \times 24 \times 365 / 1.000 \times (3-6 \text{ m}) = 0,9 - 1,8 \text{ kWh/i.e.}^{\text{verwijderd}}$

Dit komt overeen met 3 tot 6% van het totale energieverbruik van een gemiddelde Nederlandse rwzi. Uiteraard gelden de gepresenteerde uitgangspunten niet voor alle rwzi's. Met name de keuzes in het ontwerp (drogestofgehalte en SVI, type apparaat en de opvoerhoogte) zijn bepalend. Op basis van bovenstaande globale berekening wordt ingeschat dat het energieverbruik 2 tot 10% van het totale energieverbruik van een rwzi kan bedragen.

## 2.6 AANDACHTSPUNTEN

Het aanpassen van de retourslibregeling om energie te besparen heeft invloed op andere processen en procesonderdelen binnen de rwzi. Tijdens de STOWA workshop over dit onderwerp in 2009 is een aantal positieve en negatieve effecten benoemd. Hierbij is met name het intermitterend verpompen van het retourslib in ogenschouw genomen. De belangrijkste zijn onderstaand kort omschreven.

- Selector / Anaërobe tank:
  - De contacttijd / verblijftijd neemt toe aangezien minder slib wordt verpompt.
  - In de periodes dat geen slib wordt verpompt is er geen slibtoevoer naar de selector en wordt alleen influent toegevoerd. Dit leidt tot grote schommelingen in de vlokbelading en zal de werking van de selector niet ten goede komen. Dit kan worden ondervangen door (op rwzi's met meerdere nabezinktanks per straat) de retourslibregeling van de verschillende gemalen op elkaar af te stemmen.
- Biologische fosfaatverwijdering:
  - Doordat het slib gemiddeld langer in de nabezinktank blijft liggen kan fosfaatafgifte plaatsvinden.
- Stikstofverwijdering:
  - Het retourslibgemaal zorgt er ook voor dat nitraat wordt gerecirculeerd. In bepaalde procesconfiguraties (bijvoorbeeld UCT) kan door het verlagen van het retourslibdebiet de nitraatrecirculatie te laag worden.
- Doordat het slib gemiddeld langer in de nabezinktank blijft liggen kan denitrificatie plaatsvinden. Dit kan slibopdrijving tot gevolg hebben.
- Nabezinktank:
  - Als de retourslibpomp uit staat, komt de slibdeken in de nabezinktank tot rust. Dit leidt tot een verdergaande indikking in de slibkegel. Hierdoor neemt de hoeveelheid te verpompen slib af.
- Retourslibgemaal:
  - Indien de retourslibpompen langdurig uit staan, kan slibafzetting in de retourslibleidingen optreden.
- Spuislibverwerking:
  - Het drogestofgehalte in het retourslib neemt toe. Vaak wordt het spuislib uit het retourslibgemaal of uit de retourslibleiding onttrokken. Er hoeft dan minder spuislib te worden verpompt. De hydraulische belasting van de spuislibindikker neemt af wat een positief effect heeft op de werking.
  - Bij de regeling van de spuislibonttrekking dient er rekening mee te worden gehouden dat er op bepaalde momenten geen retourslib is. Dit kan worden ondervangen door (op rwzi's met meerdere nabezinktanks) de retourslibregeling van de verschillende gemalen op elkaar af te stemmen.

## 3

## INVENTARISATIE PRAKTIJKCASES

## 3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk is een overzicht gegeven van de stand van zaken bij de Nederlandse waterschappen op het gebied van energiezuinig retourslib. Via de e-mail zijn in juni 2010 alle waterschappen benaderd met de vraag of zij actief bezig zijn met het verlagen van het energieverbruik van retourslibgemalen. Indien hierop positief is geantwoord is telefonisch meer informatie opgevraagd. In paragraaf 3.2 is een overzicht gegeven van deze inventarisatie. Op basis van dit overzicht is in paragraaf 3.3 een opdeling gemaakt in verschillende categorieën. Door de begeleidingscommissie is op basis van deze informatie vervolgens een drietal cases geselecteerd welke zijn onderzocht en beschreven (paragraaf 3.4).

## 3.2 INVENTARISATIE

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de inventarisatie. Hieruit blijkt dat meer dan de helft (13 van de 24) van de waterschappen actief met dit onderwerp bezig is. Dit betekent dat er bij die waterschappen op één of meer rwzi's een energiezuinige retourslibregeling wordt toegepast of getest.

TABEL 2 OVERZICHT ACTIVITEITEN VAN DE WATERSCHAPPEN

Nr. Waterschap		Actief	RWZI's	Methode	Fluxregeling
				<i>Intermitterend bedrijf</i>	
1	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	HDSR JA	Rhemen, Zeist en De Bilt	X (op tijd)	
2	Waterschap Veluwe	WSV NEE			
3	Waterschap Scheldestromen	WSSS JA	Walcheren	X (op influentdebiet)	X
4	Waterschap Hollandse Delta	WSHD JA	Goedereede, Ridderkerk	X (op massabalans)	
5	Waternet	WN NEE			
6	Waterschap Hunze & Aa's	WSHA JA binnenkort	Vriescheloo	X (op influentdebiet)	
7	Waterschap Regge en Dinkel	WSRD JA	Almelo-Sumpel, Oldenzaal	X (op tijd)	
8	Waterschap Rivierenland	WSRL JA	Nijmegen, Arnhem-Zuid, enkele kleine	X (op massabalans of slibdeken)	
9	Waterschap Vallei en Eem	WSVE NEE			
10	Waterschap Rijn en IJssel	WRIJ JA	Nieuwgaaf, Olburgen (Winterswijk, Holten)	X (op tijd)	
11	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	HHNK NEE			
12	Waterschapsbedrijf Limburg	WBL JA (pilot)	Kaffeberg	X (op effluentdebiet)	
13	Waterschap Brabantse Delta	WSBD NEE			
14	Waterschap Groot Salland	WSGS NEE			
15	Waterschap Aa en Maas	WSAM JA	Alle rwzi's, al jarenlang	X (op tijd)	
16	Waterschap De Dommel	WSDD JA	Eindhoven, Sint-Oedenrode	X (op effluentdebiet)	X
17	Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	HHSK JA	Kralingseveer	X (op slibdeken)	
18	Hoogheemraadschap van Delfland	HHDL NEE			
19	Waterschap Zuiderzeeland	WSZZ NEE			
20	Waterschap Velt en Vecht	WSVV NEE			
21	Waterschap Reest en Wieden	WSRW JA	Dieverbrug, Smilde, Meppel, Echten	X (op influentdebiet)	
22	Hoogheemraadschap van Rijnland	WSRL NEE			
23	Wetterskip Fryslan	WSF NEE			
24	Waterschap Noorderzijlvest	WSNZ JA	Alle rwzi's sinds 2006	X (op massabalans)	

In bijlage 1 is voor elk waterschap in meer detail aangegeven op welke wijze dit onderwerp wordt uitgevoerd.

### 3.3 CATEGORISERING

#### 3.3.1 INLEIDING

In Tabel 3 zijn de praktijkcases opgedeeld in 7 categorieën. In de praktijk betekent energiebesparing bij het verpompen van retourlib over het algemeen dat de pompen of vijzels bij lage aanvoer intermitterend worden bedreven. De wijze waarop dit wordt gestuurd varieert (er zijn 5 categorieën) en is beschreven in paragraaf 3.3.2.

TABEL 3 CATEGORIEËN IN AANSTURING RETOURLIBGEMALEN

Categorie	Omschrijving	Waterschap	RWZI
1	Intermitterend o.b.v. tijd	HDSR	Rhemen (Zeist, De Bilt)
		WSRD	Almelo-Sumpel, Oldenzaal
		WRIJ	Nieuwgraaf, Olburgen (Holten, Winterswijk)
		WSAM	Alle rwzi's
2	Intermitterend o.b.v. influentdebiet	WSSS	<b>Walcheren</b>
		WSRW	Dieverbrug, Smilde, Echten, Meppel ( <i>met bewaking slibspiegel</i> )
		WSHA	Vriescheloo
3	Intermitterend o.b.v. effluentdebiet	WBL	Kaffeberg (test)
		WSDD	St. Oedenrode, Eindhoven
4	Intermitterend o.b.v. massabalans	WSHD	<b>Goedereede</b> , Ridderkerk
		WSNZ	Alle rwzi's
5	Intermitterend o.b.v. slibdeken	WSRL	<b>Arnhem-Zuid (test)</b>
		HHSK	Kralingseveer (test)
6	Continu o.b.v. actuele gegevens	WSRL	<b>Nijmegen</b> ( <i>met bewaking slibspiegel</i> )
7	Fluxoptimalisatie van de FO	WSSS	<b>Walcheren</b>
		WSDD	Eindhoven

Categorie 6, verlaging van de ondergrens van het retourlibgemaal, vindt alleen op de rwzi Nijmegen plaats. Deze case is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 7. De zevende categorie betreft de zogenaamde flux-optimalisatie, waarbij het stroomverbruik van de pomp / vijzel door een gewijzigde elektrotechnische instelling in het lage bereik wordt verlaagd (voor toelichting zie paragraaf 3.3.3).

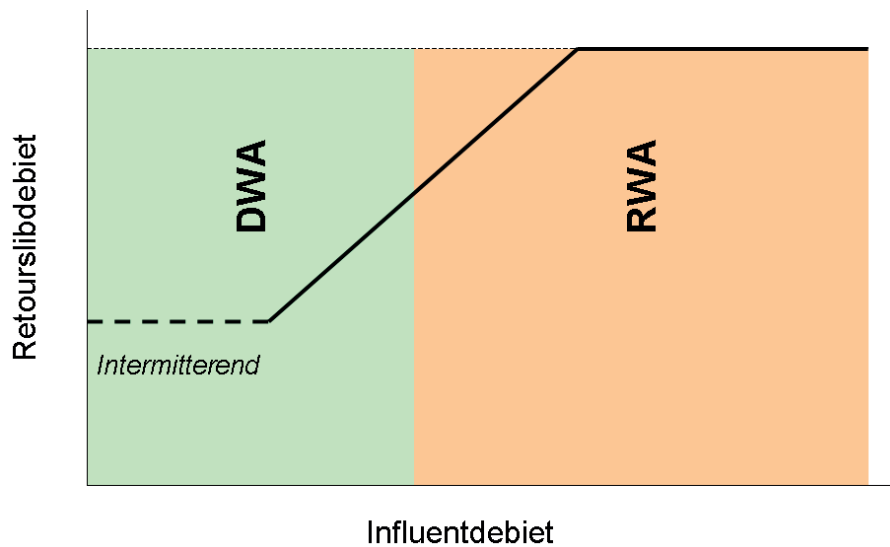
#### 3.3.2 INTERMITTEREND BEDRIJF

Normaliter wordt altijd retourlib uit een nabezinktank verpompt, ook bij lage influentaanvoer of als er nauwelijks slib in de nabezinktank aanwezig is. Door de retourlibpomp intermitterend te bedrijven kan bij lage belasting minder worden gepompt en energie worden bespaard. De intermitterende retourlibregeling is schematisch weergegeven in Afbeelding 5. Zoals aangegeven in Tabel 3 zijn er vijf categorieën te onderscheiden.

Bij de tijdsturing (categorie 1) wordt de intermitterende regeling op vaste tijden ingesteld. Bij categorie 2 en 3 wordt de tijd dat de pomp aan- en uitschakelt berekend aan de hand van het influent of effluentdebiet. Hierbij wordt de ingestelde retourlibfactor gebruikt. Bij categorie 4 wordt de slibmassa in de nabezinktank bepaald op basis van drogestofmetingen van de beluchtingstank en het retourlib en het influent- en retourlibdebiet. De regeling zorgt ervoor dat de slibmassa binnen bepaalde grenzen varieert. Bij regeling op basis van de slibdeken (categorie 5) wordt de niveaumeting in de nabezinktank gebruikt om de retourlibpomp aan en uit te sturen. Bij hoog niveau schakelt de pomp aan en bij laag niveau uit.



AFBEELDING 5 SCHEMATISCHE WEERGAVE INTERMITTERENDE RETOURSLIBREGELING



### 3.3.3 FLUXOPTIMALISATIE

Indien aan een motor een lastkoppel gevraagd wordt dat kleiner is dan het nominale koppel, dan is er koppeloverschot. Het is dan niet nodig om die flux in de machine op te wekken om het nominale koppel te leveren. Het is voldoende om juist die flux te genereren die nodig is om het gevraagde lastkoppel te leveren. Het koppeloverschot wordt dus geminimaliseerd. Dit wordt fluxoptimalisatie genoemd. Door het toepassen van fluxoptimalisatie wordt een algemene rendementsstijging bereikt. De stijging is het grootst bij een laag lastkoppel en fluxoptimalisatie speelt dus vooral een rol van betekenis bij gebruik van de motor bij lage snelheden. Fluxoptimalisatie zorgt voor energiebesparing en minder motorgeluid. De meeste frequentieomvormers hebben een dergelijke fluxoptimalisatie of energiebesparingsfunctie. De fluxoptimalisatie wordt (voor zover bekend) op twee rwzi's toegepast in de retourslibgemalen. In beide gevallen (rwzi Walcheren en rwzi Eindhoven) wordt dit gecombineerd met andere optimalisatiemaatregelen.

### 3.4 SELECTIE PRAKTIJKCASES

Op basis van dit overzicht is een viertal rwzi's geselecteerd die in dit rapport nader zijn beschreven:

- Rwzi Walcheren (hoofdstuk 4) is gekozen omdat hier door het Waterschap veel aandacht is besteed aan het onderzoek naar de intermitterende retourslibregeling op influentdebiet (categorie 2) en de fluxoptimalisatie (categorie 7).
- Rwzi Arnhem-Zuid (hoofdstuk 5) is gekozen als representant van de rwzi's met intermitterende retourslibregeling op slibdekenniveau. Alle rwzi's waar dit werd uitgevoerd bevonden zich op het selectiemoment nog in de testfase. Op de rwzi Kralingseveer is de test beschreven in de Neerslag van november 2010. De belangrijkste bevindingen hiervan worden ook in dit rapport beschreven.
- RWZI Goedereede (hoofdstuk 6) is gekozen omdat deze een intermitterende retourslibregeling op basis van de massabalans heeft.
- Rwzi Nijmegen (hoofdstuk 7) is gekozen omdat de energiebesparing op een relatief simpele wijze wordt bereikt. De retourslibregeling is niet een intermitterende regeling maar een conventionele continue regeling op basis van een retourslibverhouding (zie Afbeelding 4).

Door de retourlibverhouding in te stellen op basis van de actuele procesgegevens (drogestofgehalte en SVI) in plaats van de ontwerpwaarden, wordt minder retourlib verpompt. Hiertoe is het in Nijmegen wel noodzakelijk om de ondergrens van het bereik van de retourlibvijzel te verlagen.

De belangrijkste regelprincipes en gebruikte meetinstrumenten zijn in Tabel 4 weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen:

- de aspecten die ingebouwd zijn, of direct worden gebruikt, in de basisregeling (gearceerde vlakken);
- de aspecten die als beveiliging of back-up regeling dienen;
- de aspecten die alleen ter informatie dienen (aanwijzend) maar geen directe invloed hebben op de regeling.

De SVI en het drogestofgehalte in de aeratietank worden op de geselecteerde rwzi's in het laboratorium gemeten, zoals weergegeven in de tabel. De overige metingen (drogestofgehalte retourlib, slibspiegel, retourlibdebiet) worden on-line gemeten.

TABEL 4 OVERZICHT VAN DE BESCHREVEN PRAKTIJKCASES

RWZI	Walcheren	Arnhem-Zuid	Goedereede	Nijmegen
Hoofdstuk	4	5	6	7
Retourlibregeling				
Continu (o.b.v. retourlibverhouding)		bij RWA	bij RWA	Actuele DS/SVI
Intermitterend		bij DWA	bij DWA	
- op basis van het influentdebiet				
- op basis van de slibdekenhoogte				
- op basis van de massabalans				
- op basis van het retourlibgehalte			back-up	
- op basis van een tijd klok			back-up	
Metingen				
Influentdebiet				
SVI	laboratorium	laboratorium	laboratorium	laboratorium
Drogestofgehalte aeratietank	laboratorium	laboratorium	laboratorium	laboratorium
Drogestofgehalte retourlib				
Slibspiegelmeter			aanwijzend	aanwijzend
Retourlibdebiet				
Overige aspecten				
Uitgevoerd op aantal nabezinktanks	1 van 6	1 van 5	1 van 2	2 van 8
Optimalisatie regelbereik vijzels				
Energetisch optimaal pompdebiet				
Fluxoptimalisatie				

# 4

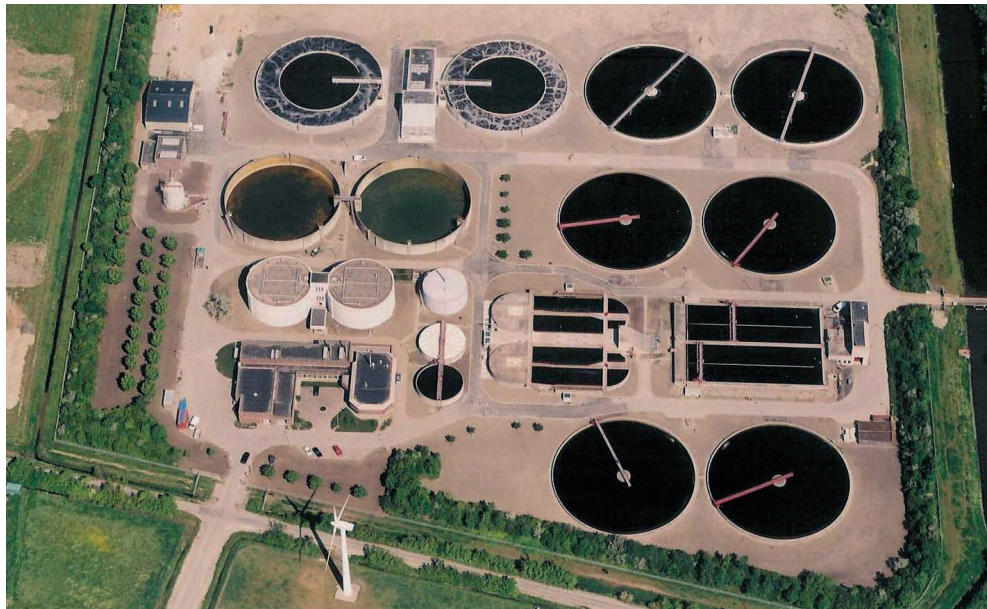
## RWZI WALCHEREN

### 4.1 INLEIDING

Op de rwzi Walcheren wordt sinds oktober 2009 een praktijktest uitgevoerd naar de mogelijkheden van intermitterend bedrijf van de retourslibpompen. Op één van de zes nabezinktanks is deze regeling geïmplementeerd en onderzocht [ref. 6].

Een globale beschrijving van de rwzi en de relevante procesgegevens (zoals energieverbruik) is gegeven in paragraaf 4.2. In paragraaf 4.3 is nader ingegaan op de retourslibregeling. De resultaten van de optimalisaties zijn beschreven in paragraaf 4.3. De conclusies uit dit onderzoek zijn tenslotte in paragraaf 4.5 weergegeven.

AFBEELDING 6 LUCHTFOTO VAN DE RWZI WALCHEREN



### 4.2 BESCHRIJVING RWZI

#### 4.2.1 DIMENSIES

De rwzi Walcheren is een laagbelast actiefslibstelsysteem met voorbezinktanks en slibgisting. De belangrijkste kentallen van de rwzi zijn weergegeven in Tabel 5. Het actiefslibstelsysteem bestaat uit twee beluchtingsstraten met 6 nabezinktanks. Een straat bestaat uit achtereenvolgens een selector / anaërobe tank, een anoxische tank en een beluchtingstank. De uitstroom van de beide beluchtingstanks wordt samengebracht en vervolgens via een aantal verdeelwerken verdeeld over de 6 nabezinktanks. Elke nabezinktank heeft een retourslibgemaal waarmee het retourslib naar de selector / anaërobe tank van de betreffende straat wordt teruggevoerd. Nabezinktanks 1 t/m 4 hebben retourslibvijzels, de nabezinktanks 5 en 6 hebben retourslibpompen.

TABEL 5 DIMENSIONERINGSGEGEVENS RWZI WALCHEREN

Onderdeel	Parameter	Eenheid	Nabezinktanks	
			1 - 4	5 - 6
Capaciteit	Belasting	i.e. (à 150 g TZV)		181.333
	Hydraulisch RWA	m <sup>3</sup> /h		8.000
	Hydraulisch DWA	m <sup>3</sup> /h		2.012
	Gemiddeld dagdebiet	m <sup>3</sup> /d		36.000
Beluchtingstank	Aantal	-		2
	Volume totaal	m <sup>3</sup>		25.000
	Slibgehalte ontwerp	g/l		4,5
	SVI ontwerp	ml/g		120
Nabezinktanks	Aantal	-	4	2
	Diameter	m	43,7	47,1
	Kantdiepte	m	1,5	2,0
	Oppervlakte elk	m <sup>2</sup>	1.500	1.740
	Maximale belasting	m <sup>3</sup> /h	1.265	1.470
	Oppervlaktebelasting	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)	0,84	0,84
Retourslibgemaal	Type	-	Vijzel	Pomp
	Aantal	-	4	2
	Vermogen elk	kW	9	3 - 22
	Capaciteit elk	m <sup>3</sup> /h	165 - 810	190 - 980
	Retourslibverhouding RWA	-	0,68	0,68

#### 4.2.2 PROCESGEGEVENS

In Afbeelding 7 is het verloop van het drogestofgehalte en de SVI in één van de twee straten weergegeven. Het slibgehalte varieert over het jaar tussen 3,5-4,5 g/l (in de zomer) en 5-6 g/l (in de winter). De SVI varieert tussen de 70 en 110 ml/g. In de zomer, als de SVI onder de 80 ml/g blijft en het slibgehalte onder de 4,5 g/l is het benodigde retourslibdebiet bij DWA (200 m<sup>3</sup>/h) gelijk aan de ondergrens van de retourslibpomp. Dit betekent dat een deel van de dag en vooral 's nachts teveel retourslib zal worden verpompt.

### 4.3 RETOURSLIBREGELING

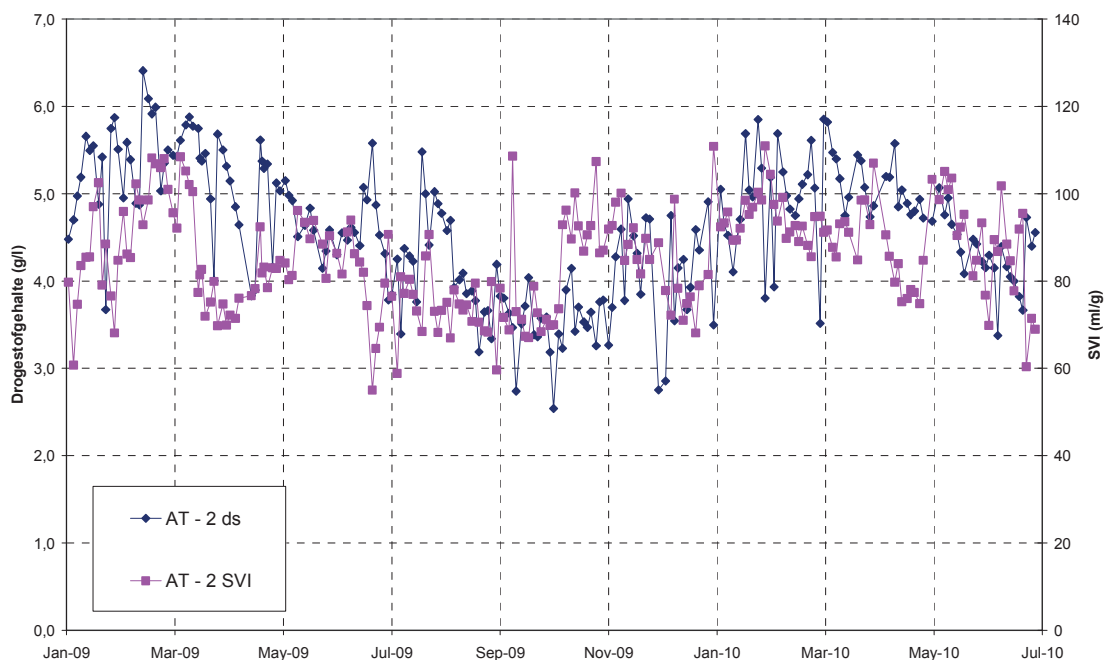
#### 4.3.1 INLEIDING

Voor het onderzoek naar het intermitterende bedrijf van het retourslibgemaal zijn de nabezinktanks 5 en 6 gebruikt. De regeling van de retourslibpomp van nabezinktank 6 is aangepast. Nabezinktank 5 wordt als referentie gebruikt.

#### 4.3.2 BESTAANDE REGELING

In de bestaande retourslibregeling is de retourslibpomp continu in bedrijf en wordt deze gestuurd op basis van het influentdebiet. Door middel van een verhoudingsfactor tussen retourslibdebiet en influentdebiet kan de regeling worden aangepast. Bij Waterschap Scheldestromen is het gebruikelijk het retourslibdebiet te sturen op een retourslibfactor van 1. De retourslibpomp is echter continu in bedrijf en heeft een minimale frequentie waarop deze draait. Dit betekent dat, wanneer het influentdebiet kleiner is dan het minimale retourslibdebiet, er te veel retourslib wordt verpompt. Bij een hoog aanvoerdebiet zal de retourslibpomp op maximale capaciteit draaien en kan de retourslibverhouding lager dan 1 worden. Een factor van 0,7 tijdens maximale RWA wordt echter als voldoende beschouwd, aangezien het retourslib dan wat dikker is als tijdens DWA.

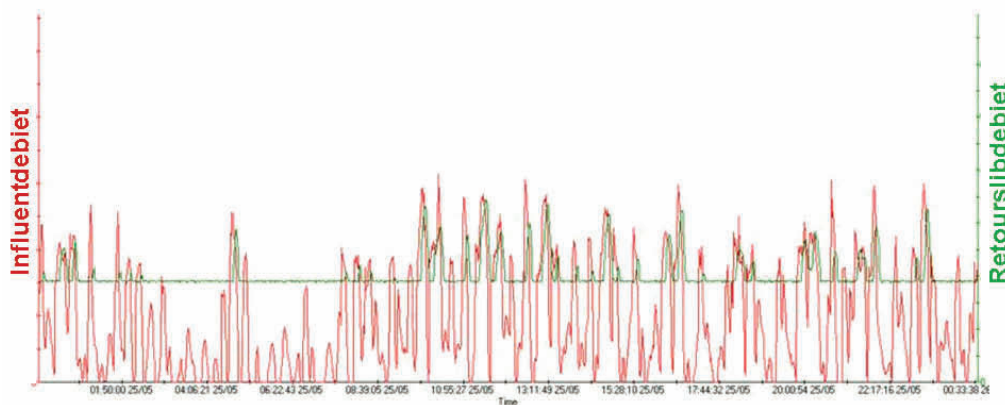
AFBEELDING 7 HET VERLOOP VAN HET DROGESTOFGEHALTE EN DE SVI IN STRAAT 2



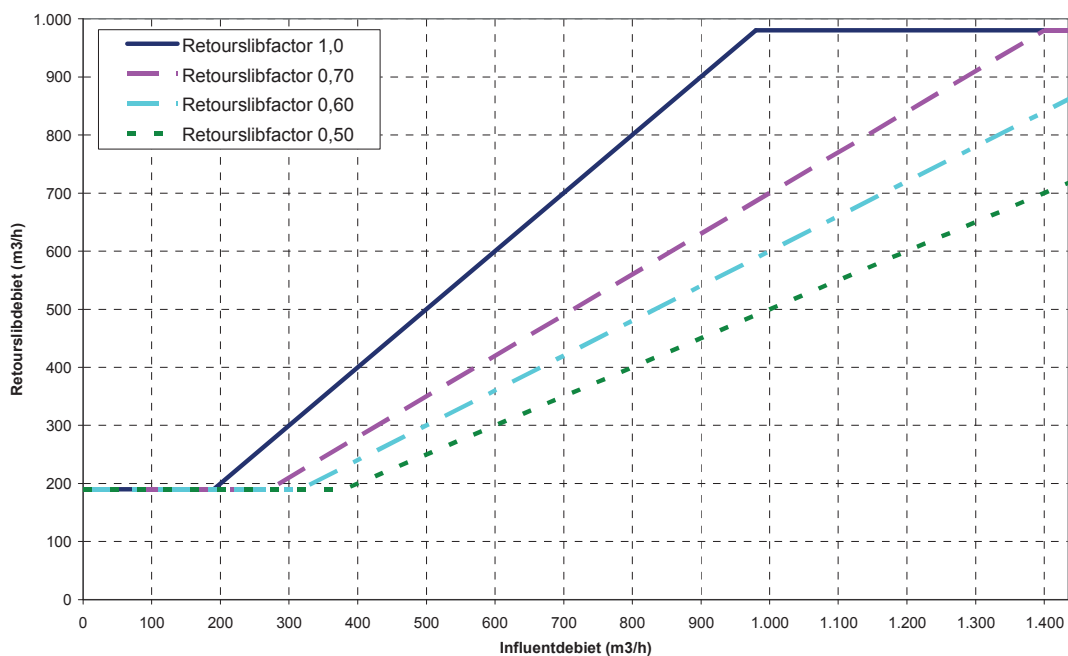
In Afbeelding 8 is voor nabezinktank 5 getoond hoe het retourlibdebiet varieert op een DWA-dag. Hieruit blijkt dat de retourlibpomp voor het grootste deel van de tijd op minimum capaciteit draait. Dit betekent dat bij DWA meer retourlib wordt verpompt dan noodzakelijk.

In Afbeelding 9 is voor de nabezinktanks 5 en 6 voor drie verschillende verhoudingsfactoren de relatie tussen influentdebiet en retourlibdebiet weergegeven. Door de retourlibfactor te verlagen zal de retourlibpomp een groter deel van de tijd op minimale capaciteit draaien.

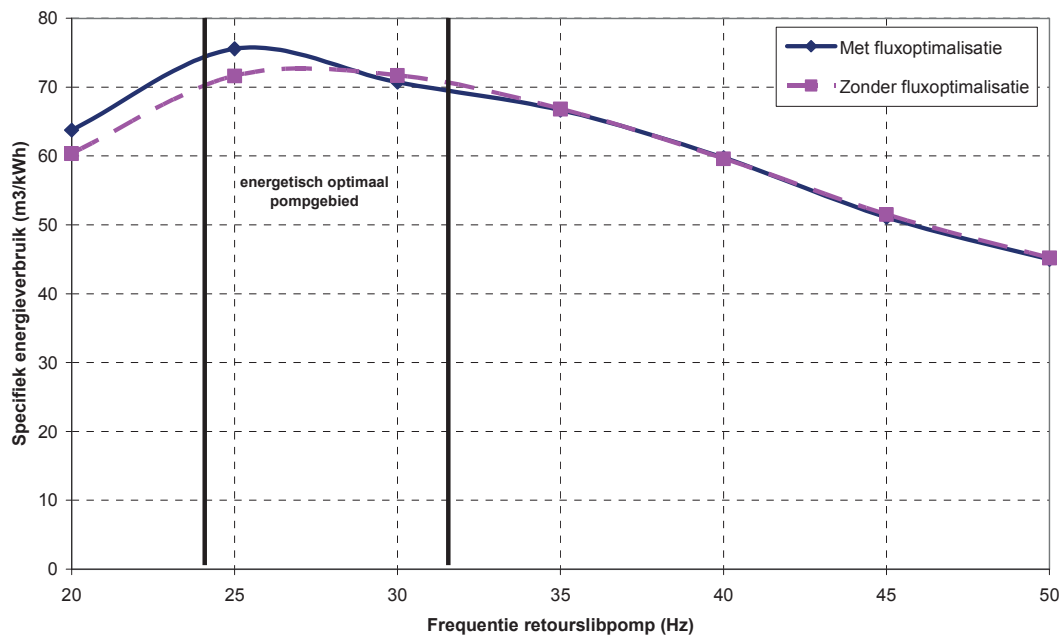
AFBEELDING 8 INFLUENTDEBIET EN RETOURLIBDEBIET OP DE RWZI WALCHEREN (NABEZINKTANK 5)



AFBEELDING 9 RELATIE TUSSEN INFLUENTDEBIET EN RETOURLIBDEBIET BIJ VERSCHILLENDE FACTOREN



AFBEELDING 10 OPTIMALE FREQUENTIE RETOURLIBPOMP RWZI WALCHEREN



#### 4.3.3 OPTIMALE FREQUENTIE RETOURLIBPOMP

Vaak wordt verondersteld dat een pomp optimaal functioneert op zijn maximum capaciteit. In de praktijk blijkt dit echter niet op te gaan en blijkt het optimum niveau afhankelijk te zijn van de specifieke situatie, zoals het type pomp. De meeste retourslibpompen zijn centrifugaalpompen, deze hebben een optimaal toerental, dat afhankelijk is van de pompconfiguratie (pompcurve en opvoerhoogte). Voor de rwzi Walcheren is de optimale pompfrequentie bepaald door de pompfrequentie van minimaal (20 Hz) steeds met 5 Hz te verhogen en bij iedere frequentie de opgenomen stroom uit het net en het verpompte debiet te noteren. Hieruit is het aantal verpompte m<sup>3</sup> per kWh berekend (zie Afbeelding 10). De optimale

frequentie voor de retourslibpomp van de rwzi Walcheren ligt tussen 25 Hz en 30 Hz. In de frequentie-omvormer van de pomp kan worden gekozen voor fluxoptimalisatie (zie paragraaf 3.3.3). Dit kan in sommige situaties een energievoordeel opleveren. Bij deze pomp bleek dat echter alleen in het lage bereik het geval. In Afbeelding 10 is het effect van de fluxoptimalisatie op het pompverbruik aangegeven.

#### 4.3.4 GEOPTIMALISEERDE REGELING

Vanaf oktober 2009 wordt de retourslibpomp van nabezinktank 6 van de rwzi Walcheren door een nieuwe regeling aangestuurd. Het doel hiervan is om minder retourslib te verpompen en daardoor energie te besparen. Nabezinktank 5, waarin de oude regeling actief bleef, diende als referentie.

De belangrijkste wijzigingen in de retourslibregeling van nabezinktank 6 zijn:

- de retourslibpomp wordt intermitterend bedreven bij lage aanvoer;
- de retourslibpomp wordt zoveel mogelijk in het optimale gebied gebruikt (27 Hz, zie Afbeelding 10);
- de retourslibverhouding is verlaagd naar 0,7 (dit geldt ook voor de oude regeling van nabezinktank 5).

In de intermitterende regeling wordt het te verpompen retourslibdebiet tijdens de looptijd van de pomp berekend op basis van de ingestelde retourslibfactor. Het berekende retourslibdebiet tijdens de wachttijd wordt opgeteld in de PLC en de looptijd van de pomp wordt gestart wanneer een instelbaar startdebiet is bereikt. Het startdebiet is zodanig gekozen dat de pomp minimaal 10 minuten zal kunnen draaien. Tijdens de looptijd wordt de pomp op het momentaan berekende retourslibdebiet gestuurd (op basis van de retourslibfactor), met als voorwaarde dat deze minimaal op de optimale frequentie ligt (27 Hz). Dit betekent in de praktijk dat tijdens DWA op de optimale frequentie gestuurd wordt en tijdens RWA het debiet toeneemt. De energiewinst treedt vooral tijdens DWA op. Bij DWA wordt namelijk geen m<sup>3</sup> te veel verpompt en wordt iedere m<sup>3</sup> op de energetisch meest gunstige wijze verpompt.

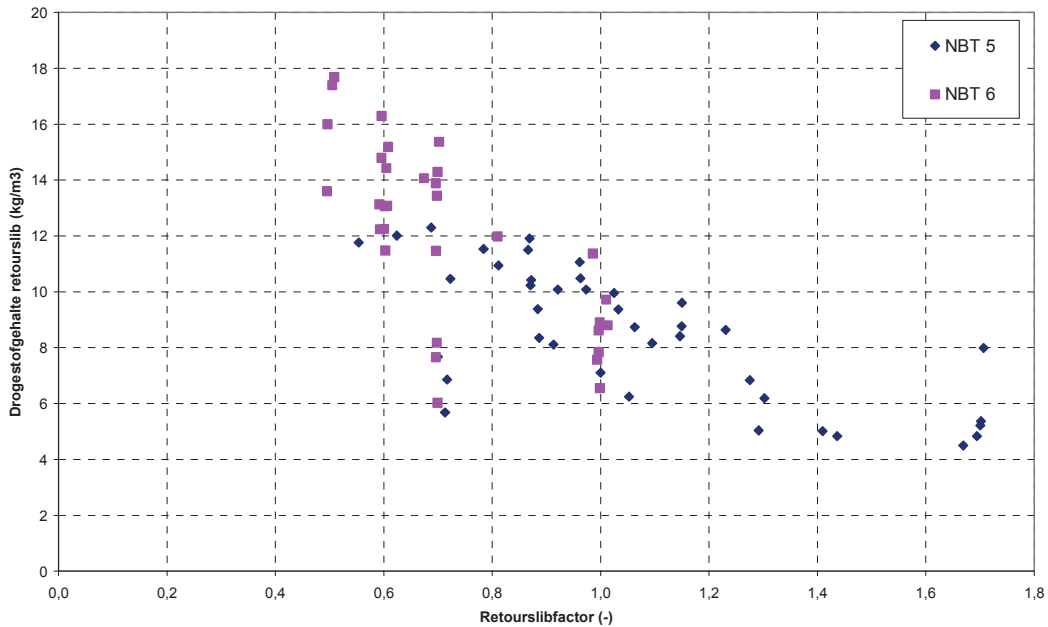
## 4.4 RESULTATEN

### 4.4.1 SLIBGEHALTE RETOURLIB

In de ontwerprichtlijnen wordt vaak uitgegaan van een retourslibgehalte van 1.200 gedeeld door de SVI (zie paragraaf 2.2). Voor de rwzi Walcheren zou dit betekenen dat bij een SVI van 100 ml/g een retourslibgehalte van maximaal 12 g/l zou kunnen optreden. Bij toepassing van de geoptimaliseerde intermitterende regeling blijkt echter een aanzienlijk hoger retourslibgehalte te worden gerealiseerd.

Van half oktober 2009 tot begin mei 2010 is de retourslibfactor van de beide procesregelingen geleidelijk verlaagd van 1,0 naar eerst 0,7, toen 0,6 en uiteindelijk zelfs gedurende korte tijd 0,5. In Afbeelding 11 is het retourslibgehalte van nabezinktanks 5 en 6 uitgezet tegen de retourslibfactor. Het betreft daggemiddelde waarden van zowel DWA als RWA dagen. Het drogestofgehalte in de beluchtingstank neemt in deze periode toe van rond de 3,5 naar maximaal 5,5 kg DS/m<sup>3</sup>.

AFBEELDING 11 RELATIE TUSSEN HET RETOURLIBGEHALTE EN DE RETOURLIBFACTOR BIJ DWA



Op basis van deze afbeelding kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Bij de continue retourlibregeling lijkt de ontwerprichtlijn van 1.200 / SVI te voldoen aangezien het retourlibgehalte niet hoger dan 12 kg DS/m<sup>3</sup> wordt, ook niet bij een retourlibfactor van 0,5-0,6 waarbij onder de heersende omstandigheden (DS-gehalte in de AT van 5,0-5,5 kg/m<sup>3</sup>) op basis van de massabalans over de nabezinktank een retourlibgehalte van 14-16 kg DS/m<sup>3</sup> zou moeten kunnen worden bereikt. Hoewel het in de praktijk niet is waargenomen bestaat in deze situatie het risico van een stijgende slibdeken.
- Bij de intermitterende regeling neemt het retourlibgehalte wel toe tot een maximum van circa 17,5 kg DS/m<sup>3</sup>. Door het feit dat de retourlibpomp uit staat neemt de indikking van het slib in de nabezinktank toe en daarmee ook het retourlibgehalte.

Een verregaande indikking blijkt ook uit het feit dat de slibdeken bij de intermitterende retourlibregeling niet hoger werd dan bij de continue retourlibregeling. In beide gevallen werd alleen slib gemeten vanaf ongeveer 2/3 vanaf het centrum van de nabezinktank.

#### 4.4.2 ENERGIEBESPARING

Aangezien de retourlibpompen niet zijn voorzien van een aparte kWh-meter is de bereikte besparing berekend, op basis van het verpompte retourlibdebiet. Er is hierbij in eerste instantie geen rekening gehouden met het feit dat met de nieuwe regeling de pomp vaker op de optimale frequentie draait. In Tabel 6 is de berekende energiebesparing tijdens DWA weergegeven bij verschillende retourlibverhoudingen. Als referentiepunt is genomen de oude continue regeling (nabezinktank 5) met een retourlibfactor van 1,0. De energiebesparing is opgedeeld in een besparing ten gevolge van de lagere retourlibverhouding en een besparing ten gevolge van de intermitterende procesregeling.



TABEL 6

## ENERGIEBESPARING OP DE RETOURLIBPOMPEN TIJDENS DWA OP DE RWZI WALCHEREN

Besparing	Retourlibfactor			
	1,0	0,7	0,6	0,5
Retourlibfactor verlaging	0%	5%	14%	18%
Intermitterende procesregeling	20%	22%	26%	28%
Totaal	20%	27%	40%	45%

Door het verlagen van de retourlibverhouding kan een energiebesparing van 5-18% worden bereikt, afhankelijk van de ingestelde retourlibfactor. Bij DWA wordt hierdoor telkens meer op minimale capaciteit gedraaid. Hierbij is de werkelijke retourlibverhouding hoger dan ingesteld.

De grootste winst zit vervolgens in het intermitterend bedrijven van de retourlibpomp in het lage bereik, waarbij een extra energiebesparing van 20 tot 28% kan worden bereikt. Bij de intermitterende regeling wordt de ingestelde retourlibverhouding exact gevolgd.

In de periode na het hierboven beschreven onderzoek is de retourlibregeling van alle nabezinktanks aangepast naar intermitterend. Voor nabezinktank 5 is vervolgens bijgehouden hoeveel het energieverbruik is afgenomen. Hiertoe is het energieverbruik van de periode vóór de wijziging (1 oktober – 16 december 2010) vergeleken met een periode na de wijziging (17 december 2010 – 24 februari 2011). In deze periode was de retourlibfactor op 0,8 ingesteld. De resultaten van deze vergelijking zijn samengevat weergegeven in Tabel 7.

TABEL 7

## ENERGIEBESPARING PER RETOURLIBPOMP TIJDENS DWA OP DE RWZI WALCHEREN

Parameter	Eenheid	Continu	Intermitterend	Vershil
Influentdebiet	m <sup>3</sup> /d		5.910	-
Retourlibdebiet	m <sup>3</sup> /d	6.090	5.040	- 17%
Retourlibverhouding	-	1,03	0,85	
Energieverbruik	kWh/d	94,2	61,2	- 35%
Specifiek energieverbruik	Wh/m <sup>3</sup>	15,5	12,1	- 22%

Op basis van deze analyse kan worden geconcludeerd dat bij DWA 17% minder retourlib wordt verpompt. Dit ligt in dezelfde ordegrrootte als is berekend in Tabel 6 (bij een retourlibverhouding van 0,8 zou hierbij een besparing van circa 21% worden verwacht). De totale energiebesparing bij DWA bedraagt 35%. Een belangrijke factor hierbij is het feit dat bij DWA in het optimale bereik van de pomp wordt gewerkt (zie Afbeelding 10). Dit leidt tot een energiebesparing per m<sup>3</sup> verpompt retourlib van 22%.

Op basis van deze gegevens kan een inschatting gemaakt worden van de totale energiebesparing. Hierbij worden de volgende uitgangspunten en tussenberekeningen gehanteerd:

- In de zomermaanden, wanneer het drogestofgehalte van de beluchtingstanks over het algemeen lager is, kan eventueel een lagere retourlibverhouding worden gekozen. Hoewel deze bij RWA in theorie tot circa 0,4 verlaagd zou moeten kunnen worden, bleek in de praktijk een retourlibfactor van 0,6 (bij een DS-gehalte van 4,9 g/l en een SVI van 95 ml/g) echter iets te kritisch. Hierbij werd de slibspiegel tijdens RWA te hoog. Een factor 0,7 bleek, met dezelfde SVI en hetzelfde DS-gehalte wel voldoende om slibuitspoeling te voorkomen.
- In de wintermaanden wordt uitgegaan van een retourlibfactor van 1,0 aangezien dan het slibgehalte en de SVI hoger zijn (zie Afbeelding 7).

- Op basis van de meetgegevens uit Tabel 6 en Tabel 7 kan een jaargemiddelde energiebesparing bij DWA van circa 23% worden afgeleid, waarvan 20% ten gevolge van de intermitterende regeling en 3% door de lagere retourslibfactor in de zomermaanden.
- Deze besparing neemt nog toe doordat de retourslibpompen het grootste deel van de tijd in het optimale bereik draaien. Op basis van Tabel 7 wordt een rendementstoename aangenomen van 22%. De jaargemiddelde energiebesparing bij DWA wordt dan 40%.
- Bij RWA is de energiebesparing gering aangezien de retourslibpompen dan een groot deel van de tijd in het maximale bereik werken. Uitgaande van 10% RWA op jaarbasis kan een gemiddelde energiebesparing van 90% van 40% is circa 36% worden berekend.
- Het jaargemiddelde specifieke energieverbruik van de retourslibpompen is naar verwachting  $60 \text{ m}^3/\text{kWh}$  (schatting op basis van Afbeelding 10). Uitgaande van  $36.000 \text{ m}^3/\text{dag}$  aanvoer en een gemiddelde gerealiseerde gemiddelde retourslibfactor van 1,1 komt dit neer op circa  $240.000 \text{ kWh/jaar}$ .

Het totale energieverbruik van de rwzi Walcheren bedraagt  $2.843.000 \text{ kWh/jaar}$ . Dit is een specifiek energieverbruik van circa  $19,1 \text{ kWh/i.e.}_{\text{verwijderd}}$ . Het energieverbruik van de retourslibpompen en vijzels op de rwzi Walcheren is berekend op circa  $240.000 \text{ kWh/jaar}$ . Dit komt overeen met 8,5% van het totale energieverbruik. Een verlaging van 36% op het energieverbruik van de retourslibpompen komt overeen met circa 3,0% energiebesparing op de rwzi.

#### 4.5 CONCLUSIES

Het is bij de rwzi Walcheren gebleken dat, met dezelfde hardware, maar met andere software een aanzienlijke besparing mogelijk was op het verpompen van retourslib. De mogelijke besparing bedraagt circa 36% van het huidige energieverbruik van de retourslibpompen. Deze besparing is een gevolg van de volgende aanpassingen in de retourslibregeling:

- Het verlagen van de retourslibverhouding van 1,0 naar 0,7 gedurende een deel van het jaar. De benodigde retourslibfactor is afhankelijk van de actuele SVI en het actuele slibgehalte. Deze maatregel is verantwoordelijk voor een energieverlaging van circa 3%.
- Het intermitterend bedrijven van de retourslibpompen bij DWA. Deze maatregel is verantwoordelijk voor een energiebesparing van circa 17%.
- Het zo veel mogelijk laten draaien van de retourslibpomp in het optimale gebied. Deze maatregel is verantwoordelijk voor een energiebesparing van circa 16%.

Het onderzoek op de rwzi Walcheren heeft circa 1 jaar in beslag genomen, van september 2009 tot en met september 2010. Er zijn geen nadelige gevolgen van de gewijzigde regeling geconstateerd. De regeling is sinds december 2010 op alle nabezinktanks van de rwzi Walcheren geïmplementeerd. Indien dit succesvol verloopt, overweegt het Waterschap om de regeling op alle rwzi's te installeren.

# 5

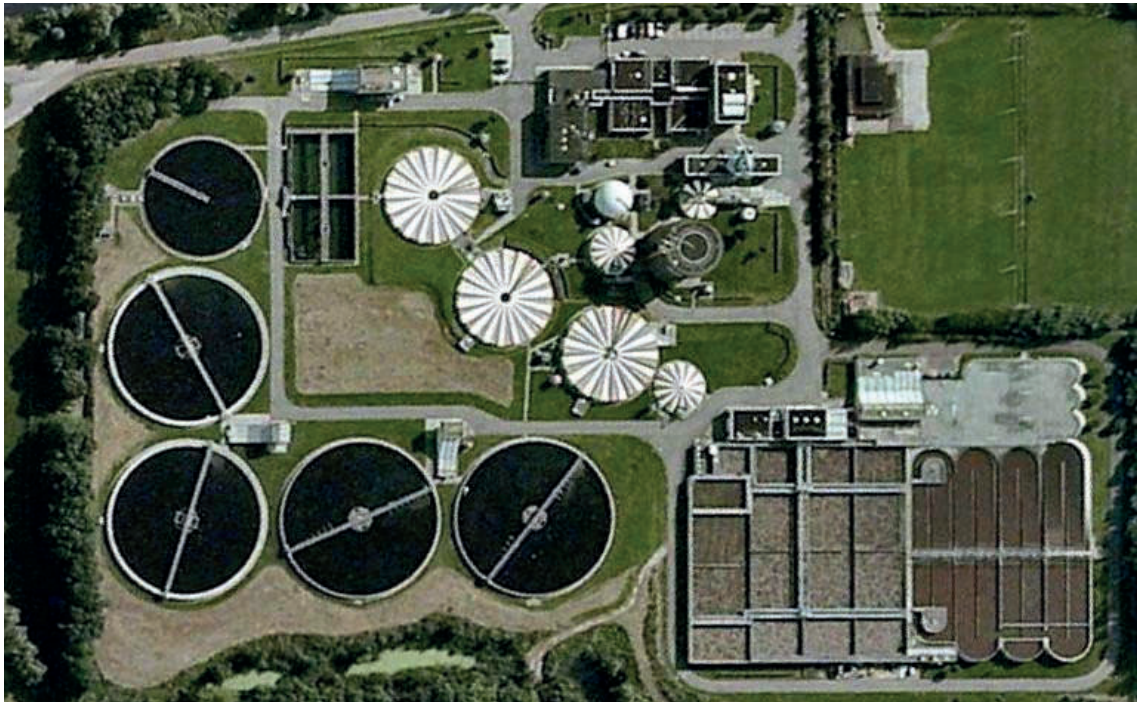
## RWZI ARNHEM-ZUID

### 5.1 INLEIDING

In het kader van de meerjarenaafsprake energiebesparing voor 2005 – 2020 die door de branchevereniging is aangegaan met het ministerie van Economische Zaken is bij Waterschap Rivierenland een energiebesparingsonderzoek uitgevoerd. Naar aanleiding hiervan is een maatregelenlijst opgesteld waarin onder andere het toepassen van nieuwe meet- en regelconcepten is opgenomen. Deze worden eerst uitgewerkt en getest in een pilot en daarna, afhankelijk van de uitkomsten hiervan, op andere rwzi's geïmplementeerd. In dit kader is in 2009 en 2010 op rwzi Arnhem-Zuid de pilot "Retourslibpompen sturen met slibspiegelsensor" uitgevoerd [ref. 7]. Het retourslibdebiet werd hierbij gedurende bepaalde perioden gestuurd op basis van het slibniveau in de nabezinktank. Deze regeling is een alternatief voor sturen op het aanvoerdebiet. Het doel van de pilot was te onderzoeken of de wijziging van sturing van het retourslibdebiet kan bijdragen aan een lager energieverbruik. De resultaten van deze studie zijn beschreven in dit hoofdstuk.

Een globale beschrijving van de rwzi en de relevante procesgegevens (zoals energieverbruik) is gegeven in paragraaf 5.2. In paragraaf 5.3 is nader ingegaan op de retourslibregeling. De resultaten van de optimalisaties zijn beschreven in paragraaf 5.4. De conclusies uit dit onderzoek zijn in paragraaf 5.5 weergegeven.

AFBEELDING 12 LUCHTFOTO VAN DE RWZI ARNHEM-ZUID (BRON: GOOGLEEARTH)



## 5.2 BESCHRIJVING RWZI

### 5.2.1 DIMENSIES

De rwzi Arnhem-Zuid is een laagbelast actiefslibstelsysteem met voorbezinktank en slibgisting. De belangrijkste kentallen van de rwzi zijn weergegeven in Tabel 8. Het actiefslibstelsysteem bestaat uit één beluchtingsstraat met 5 nabezinktanks. De beluchtingstank bestaat uit achtereenvolgens een selector, een anaërobe tank, een voordennitrificatietank (3 compartimenten in serie), een nitrificatietank (4 parallelle straten) en een nabeluchtingstank. Elke nabezinktank heeft één retourlibvijzel waarmee het retourlib naar de selector en anaërobe tank wordt teruggevoerd. Het voorbezonden influent wordt via een tussengemaal naar de beluchtingstank gebracht. Het toerental van de retourlibvijzels wordt geregeld op basis van het debiet bij het tussengemaal.

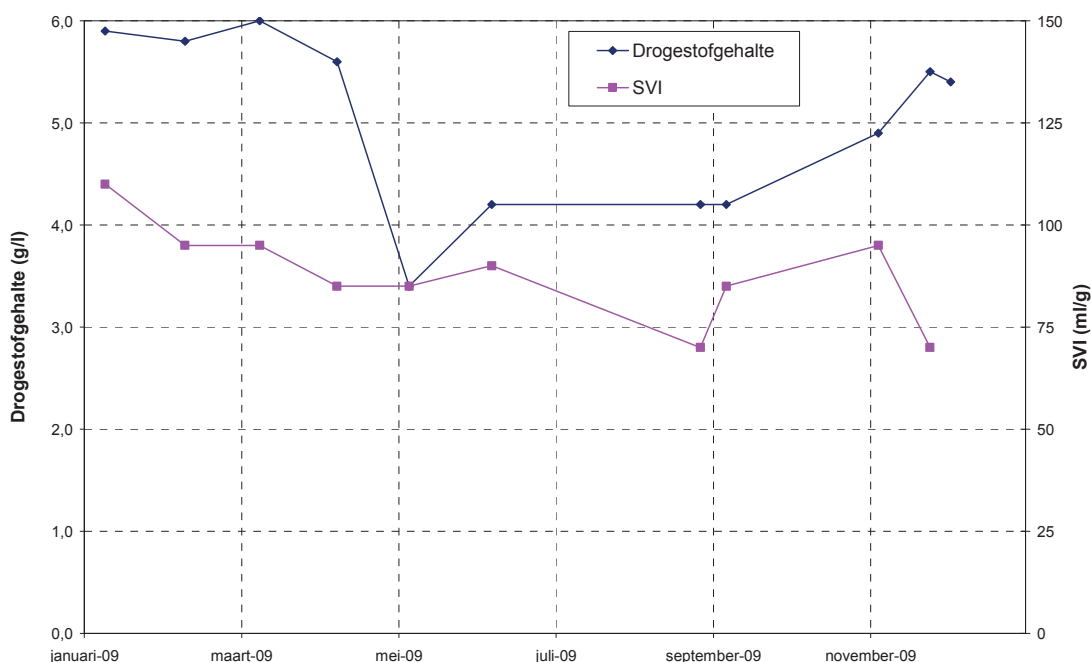
TABEL 8 DIMENSIONERINGSGEGEVENS RWZI ARNHEM-ZUID

Onderdeel	Parameter	Eenheid	Nabezinktanks 1 - 4	Nabezinktank 5
Capaciteit	Belasting	i.e. (à 150 g TZV)		170.000
	Hydraulisch RWA	m <sup>3</sup> /h		6.400
	Hydraulisch DWA	m <sup>3</sup> /h		2.120
	Gemiddeld dagdebiet	m <sup>3</sup> /d		29.700
Beluchtingstank	Aantal	-		1
	Volume totaal	m <sup>3</sup>		34.300
	Slibgehalte ontwerp	g/l		3,8
	SVI ontwerp	ml/g		147
Nabezinktanks	Aantal	-	4	1
	Diameter	m	47,4	36,0
	Kantdiepte	m	2,0	1,5
	Oppervlakte elk	m <sup>2</sup>	1.765	1.018
	Maximale belasting	m <sup>3</sup> /h	1.400	800
	Oppervlaktebelasting	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)	0,79	0,79
Retourlibgemaal	Type	-	Vijzels	Vijzels
	Aantal	-	4	1
	Vermogen elk	kW	22	22
	Capaciteit elk	m <sup>3</sup> /h	330 - 930	230 - 460
	Retourlibverhouding RWA	-	0,66	0,58

### 5.2.2 PROCESGEGEVENS

In Afbeelding 7 is het verloop van het drogestofgehalte en de SVI in één van de vier straten weergegeven. Het slibgehalte varieert over het jaar tussen 3,5-4,5 g/l (in de zomer) en 5-6 g/l (in de winter). De SVI varieert tussen de 70 en 110 ml/g. Met name in de zomer, als de SVI onder de 90 ml/g blijft en het slibgehalte onder de 4,2 g/l is het benodigde retourlibdebiet bij DWA ( $\leq 250 \text{ m}^3/\text{h}$ ) lager dan de minimale capaciteit van de vijzels ( $330 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

AFBEELDING 13 HET VERLOOP VAN HET DROGESTOFGEHALTE EN DE SVI



In de winter is het theoretisch benodigde retourlibdebiet (400 - 500 m<sup>3</sup>/h) hoger dan de minimale capaciteit. De mogelijkheden om energie te besparen zijn in de zomer dus aanzienlijk groter dan in de winter.

## 5.3 RETOURLIBREGELING

### 5.3.1 INLEIDING

Gedurende een aantal maanden is een test uitgevoerd met het regelen van één van de retourlibvijzels op basis van de slibdeken in de nabezinktank. Hiertoe is op nabezinktank 1 een slibspiegelmeting (Sonatax Plus, leverancier Hach Lange) geïnstalleerd en is in de PLC een aanpassing doorgevoerd waardoor de retourlibvijzel van nabezinktank 1 kan worden aangestuurd door de slibspiegelmeting. De sturing van de retourlibvijzel van nabezinktank 2, welke als referentie wordt gebruikt, vond nog steeds op basis van het influentdebiet plaats. Om het energieverbruik van beide retourlibvijzels te meten zijn twee kWh-meters geïmplementeerd. De signalen van de slibspiegelmeting en beide kWh-meters zijn aangesloten op de PLC zodat deze meetsignalen konden worden gevisualiseerd.

### 5.3.2 HUIDIGE REGELING

Het toerental van de retourlibvijzels wordt geregeld op basis van het influentdebiet (bij het tussengemaal). Aan de hand van het toerental van de tussengemaal vijzels wordt het influentdebiet berekend. Om al te grote fluctuaties tegen te gaan wordt het debiet over een periode van een kwartier gemiddeld. Dit betekent dat het influentdebietsignaal, en daarmee ook het retourlibdebiet, gedurende een kwartier constant blijft.

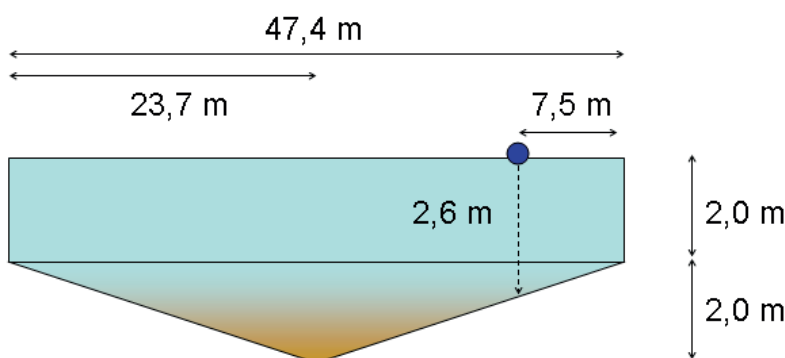
### 5.3.3 INTERMITTERENDE REGELING

De regeling van het retourlibdebiet op basis van het slibniveau in de nabezinktank 1 is als volgt gekozen. De pomp/vijzel schakelt in op 700 m<sup>3</sup>/h (instelbaar) bij schakelniveau 2 (hoog slibniveau) en schakelt vervolgens uit bij schakelniveau 1 (laag slibniveau). Deze regeling is

alleen actief onder DWA-omstandigheden. Om slibuitspoelingen uit te sluiten wordt onder RWA-omstandigheden het retourlibdebiet gestuurd op influentdebiet (zie paragraaf 5.3.2). Op deze wijze wordt naar schatting gedurende 90% van de tijd het retourlibdebiet op basis van het slibniveau in de nabezinktank gestuurd.

De niveaumeting is gepositioneerd op circa  $2/3^e$  van de tankstraal. De diepte op deze lokatie is circa 2,6 meter. In Afbeelding 14 is de nabezinktank schematisch weergegeven.

AFBEELDING 14 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE NABEZINKTANK VAN DE RWZI ARNHEM-ZUID



#### 5.3.4 ONDERZOEKSOPZET

De intermitterende regeling is opgestart in juli 2009. Na opstartproblemen met de niveaumeting (zie paragraaf 5.4.5) is vanaf september 2009 met succes een aantal periodes met de nieuwe regeling gedraaid. Hierbij is de regeling bij verschillende niveau-instellingen getest. In Tabel 9 is een overzicht gegeven van de verschillende onderzoeksperiodes.

TABEL 9 DE NIVEAU-INSTELLINGEN TIJDENS DE VERSCHILLENDE ONDERZOEKSPERIODES

Periode	Slibniveau [cm]		Helderwaterniveau [m]	
	Ondergrens	Bovengrens	Ondergrens	Bovengrens
1 14 september – 18 november 2009	30	50	2,3	2,1
2 18 november – 7 december 2009	30	100	2,3	1,6
3 21 juni – 29 juni 2010	50	100	2,1	1,6
4 5 juli – 9 juli 2010	30	150	2,3	1,1

De volgende data zijn tijdens de pilot met behulp van een digitale schrijver gelogd:

- Drogestof gehalte in AT (elke dag)
- Slibniveau in nabezinktank 1 (elke 15 minuten)
- Influentdebiet (tussengemaal) (elke 15 minuten)
- Verbruik kWh van retourlibvijzel van nabezinktank 1 (elke dag)
- Verbruik kWh van retourlibvijzel van nabezinktank 2 (elke dag)

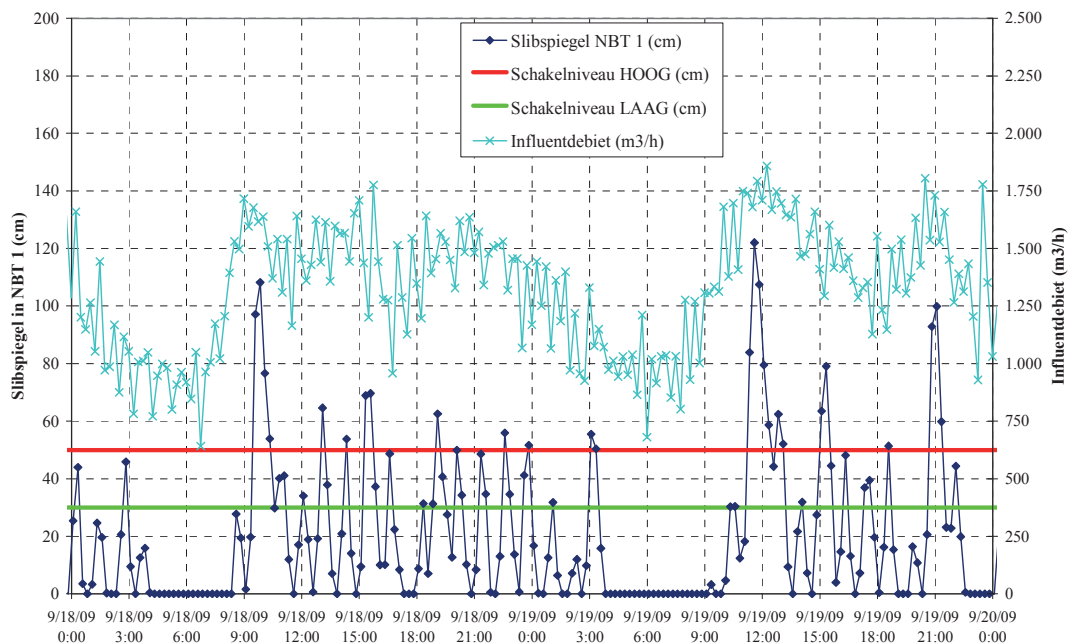
## 5.4 RESULTATEN

### 5.4.1 SLIBDEKENNIVEAU

Tijdens het onderzoek is getracht de energiebesparing te vergroten door de schakelniveaus aan te passen. Gebleken is dat het aantal schakelingen van de retourlibvijzel sterk afhankelijk is van met name het inschakelniveau. Dit wordt onderstaand geïllustreerd voor de verschillende onderzoeksinstellingen.

In Afbeelding 15 is het verloop van de slibdeken gedurende 2 dagen weergegeven tijdens de eerste onderzoeksperiode. Hierbij werd de retourlibvijzel ingeschakeld op 50 cm en uitgeschakeld op 30 cm. Uit deze grafiek blijkt dat de retourlibvijzel circa 15 keer per dag wordt aan- en uitgeschakeld. Gedurende de nacht blijft de vijzel 4 tot 5 uur helemaal uit staan. De slibdeken (of de meting hiervan) fluctueert in dit bereik relatief sterk waardoor de gemeten slibdeken regelmatig de inschakelgrens van 50 cm overstijgt.

AFBEELDING 15 HET VERLOOP VAN DE SLIBDEKEN IN ONDERZOEKSPERIODE 1 (30 / 50 CM)

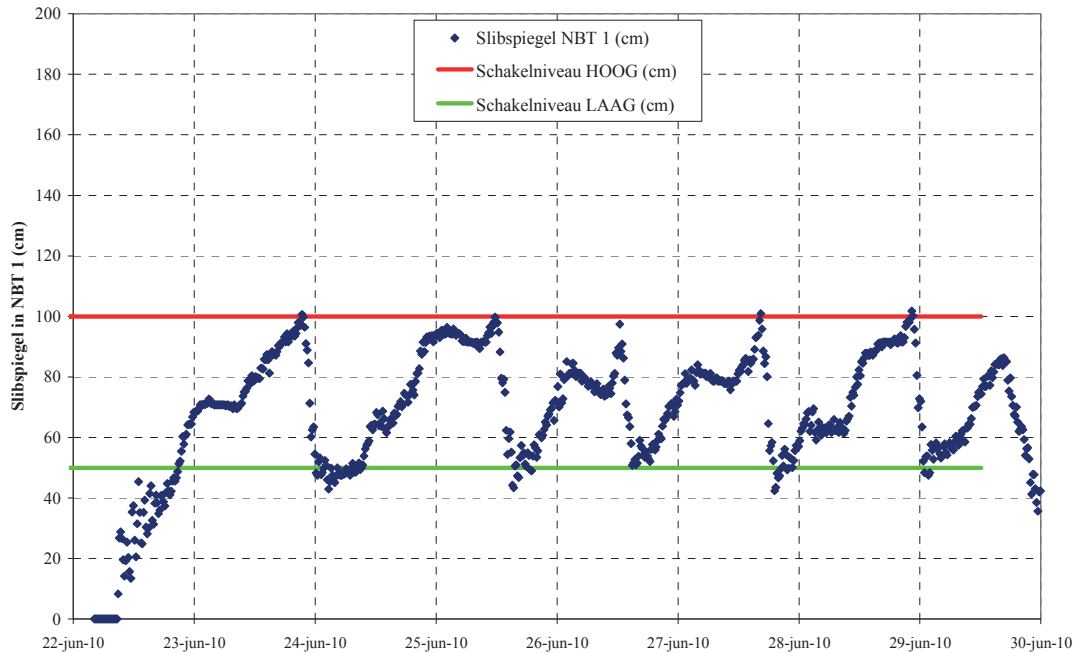


In Afbeelding 16 en Afbeelding 17 is het verloop van de slibdeken over de onderzoeksperiodes 3 en 4 weergegeven. Tijdens de onderzoeksperiodes 3 en 4 was alleen sprake van DWA. Opvallend is het lage aantal schakelingen van de retourlibvijzel in deze onderzoeksperiodes.

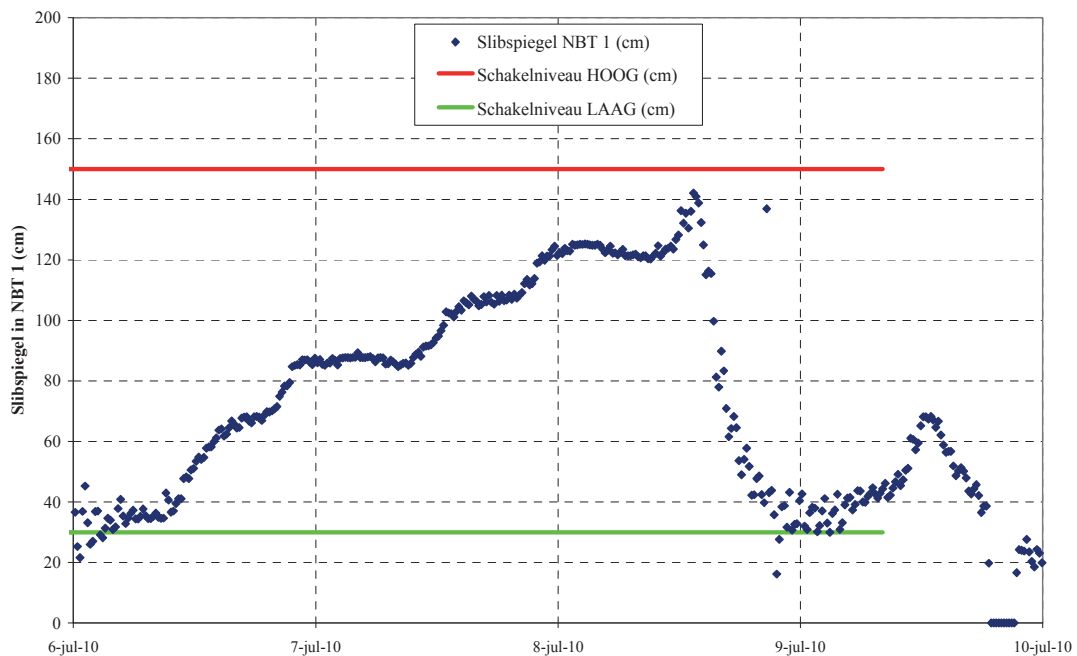
In de 3<sup>e</sup> onderzoeksperiode, waarbij werd geschakeld tussen 50 en 100 cm slibdeken vinden 6 schakelingen in 8 dagen plaats. Als het slibniveau boven de 100 cm komt wordt de vijzel gedurende circa 3 uur ingeschakeld. Vervolgens wordt deze uitgeschakeld en duurt het 20 tot 26 uur voordat het inschakelniveau weer is bereikt. Wat hierbij opvalt, is dat de slibdeken in eerste instantie geleidelijk stijgt maar dat deze vervolgens stagneert en zelfs licht gaat dalen. De daling vindt plaats tijdens de nachturen en is waarschijnlijk een gevolg van de lage aanvoer. In de ochtend stijgt de aanvoer naar de nabezinktank weer en stijgt ook de slibdeken vervolgens weer relatief snel.

Het beschreven effect uit de 3<sup>e</sup> onderzoeksperiode manifesteert zich in de 4<sup>e</sup> onderzoeksperiode nog sterker. In deze periode vindt één schakeling plaats in ruim 2 dagen. Vervolgens duurt het circa 8 uur voordat de retourslibvijzel de slibdeken heeft verlaagd van 150 naar 30 cm. Ook in deze situatie vindt gedurende de nacht een stagnatie of lichte daling van de slibdeken plaats.

AFBEELDING 16 HET VERLOOP VAN DE SLIBDEKEN IN PERIODE 3 (50 / 100 CM)



AFBEELDING 17 HET VERLOOP VAN DE SLIBDEKEN IN PERIODE 4 (30 / 150 CM)





#### 5.4.2 FOSFAATAFGIFTE

Op de rwzi Arnhem-Zuid vindt biologische defosfatering plaats. Een aandachtspunt bij het uitvoeren van het onderzoek was het risico op fosfaatafgifte in de nabezinktank door de langere verblijftijd van het slib. Tijdens de onderzoeksperiodes 1 en 2 is geen fosfaatafgifte waargenomen. Zoals blijkt uit Afbeelding 15 is de schakelfrequentie van de retourslibpomp relatief hoog en zal de gemiddelde verblijftijd van het slib in de nabezinktank niet lang zijn. In de onderzoeksperiodes 3 en 4 zijn de schakelgrenzen sterk verruimd met als doel de grenzen op te zoeken en zo veel mogelijk energie te besparen. Zoals blijkt uit Afbeelding 16 en Afbeelding 17 leidt dit echter tot zeer lange verblijftijden van het slib in de nabezinktank.

In onderzoeksperiode 3 (21 tot 29 juni 2010) is fosfaatafgifte in de nabezinktank geconstateerd. Op basis van een aantal metingen in het totaal-effluent en het effluent van beide nabezinktanks (zie Tabel 10) kan worden waargenomen dat het effluent-fosfaatgehalte van nabezinktank 1 sterk stijgt. Ook in onderzoeksperiode 4 is een meting uitgevoerd waarbij fosfaatafgifte is waargenomen. Op basis van de meting van 25 juni 2010 kan worden geconcludeerd dat de stijging van het fosfaatgehalte in het effluent volledig voor rekening komt van de stijging van het fosfaatgehalte in nabezinktank 1.

TABEL 10

HET FOSFAAT-EFFLUENTGEHALTE (MG P/L) TIJDENS ONDERZOEKSPERIODES 3 EN 4

Periode	Datum	Nabezinktank 1	Nabezinktank 2	Totaal effluent
3	25 juni 2010	3,9	0,10	0,82
	27 juni 2010	-	-	1,3
	28 juni 2010	4,4	0,12	-
4	7 juli 2010	2,2	0,30	-

In de onderzoeksperiodes 1 en 2 is geen verhoogd fosfaatgehalte in het effluent gemeten. In deze periode is het effluentgehalte relatief stabiel tussen 0,15 en 0,30 mg P<sub>totaal</sub>/l.

#### 5.4.3 DROGESTOFGEHALTE RETOURLIB

Tijdens het onderzoek is op een (zeer beperkt) aantal momenten een drogestofmeting van het retourslib uitgevoerd. Deze metingen zijn weergegeven in Tabel 11. Op basis van deze (weinig) metingen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Bij de intermitterende regeling in nabezinktank 1 neemt het retourslibgehalte toe tot rond de 20 kg DS/m<sup>3</sup>. Dit is aanzienlijk hoger dan op basis van de ontwerpformule (1.200 / SVI) zou mogen worden verwacht. Bij een SVI van 90-100 ml/g zou een drogestofgehalte van 12-14 kg DS/m<sup>3</sup> kunnen worden verwacht. Door het feit dat de retourslibpomp uit staat neemt de verblijftijd en de indikking van het slib in de nabezinktank toe en daarmee ook het retourslibgehalte.
- Bij de continue retourslibregeling in nabezinktank 2 lijkt de ontwerprichtlijn van 1.200 / SVI te voldoen aangezien het retourslibgehalte niet veel hoger dan 12 kg DS/m<sup>3</sup> wordt.

TABEL 11 HET RETOURLIBGEHALTE (KG DS/M3) TIJDENS EN NA ONDERZOEKSPERIODES 3 EN 4

Periode	Datum	Nabezinktank 1	Nabezinktank 2
3	29 juni 2010	19,5	-
4	9 juli 2010	21,1	-
-	15 juli 2010	-	12,2

#### 5.4.4 ENERGIEBESPARING

Door het energieverbruik van retourlibvijzel 1 en 2 met elkaar te vergelijken kan de besparing ten gevolge van de nieuwe retourlibregeling worden berekend. Deze besparing is per onderzoeksperiode weergegeven in Tabel 12.

TABEL 12 DE ENERGIEBESPARING IN DE VERSCHILLENDE ONDERZOEKSPERIODES

Periode		Slibniveau [cm]		Energiebesparing retourlib	
		Ondergrens	Bovengrens	[kWh/dag]	[%]
1	14 september – 18 november 2009	30	50	30,4	35
2	18 november – 7 december 2009	30	100	36,8	35
3	21 juni – 29 juni 2010	50	100	42,7	68
4	5 juli – 9 juli 2010	30	150	33,6	57

Op basis van de resultaten van het onderzoek blijkt dat het gemiddelde energieverbruik van de retourlibvijzels circa 160.000 kWh/jaar bedraagt. Het totale energieverbruik van de rwzi in de laatste jaren was gemiddeld 4.000 MWh/jaar. Het energieverbruik van de retourlibvijzels bedraagt dus circa 4,0% van het totale energieverbruik.

Op basis van de ervaringen kan worden geconcludeerd dat een besparing van 35% op het energieverbruik van de retourlibvijzels haalbaar is zonder dat fosfaatgifte plaatsvindt. Dit komt overeen met circa 1,4% energiebesparing voor de gehele rwzi.

Het Waterschap Rivierenland heeft de benodigde investeringskosten om slibspiegelregelingen in alle 5 nabezinktanks te realiseren op € 40.000,- geraamd. Op basis hiervan kan een terugverdientijd van circa 6 jaar worden berekend. Hierbij zijn de kosten voor onderhoud niet meegenomen.

#### 5.4.5 LOKATIE SLIBSPIEGELMETER

Op 24 juli 2009 is de regeling op basis van slibniveau in nabezinktank 1 opgestart. Daarbij is een dompeddiepte van 10 cm voor de sonde van de slibspiegelmeting aangehouden. De slibniveaus waarbij de retourlibvijzel aan- en uitschakelde waren respectievelijk 50 en 30 cm. Op 28 juli 2009 is de retourlibvijzel van nabezinktank 1 omstreeks 22.30 uur ingeschakeld. De volgende ochtend bleek dat het waterniveau in de nabezinktank sterk gedaald was. De niveausonde was droog komen te hangen als gevolg waarvan de slibspiegelmeting onbetrouwbare waarden aangaf. Hierdoor werd de retourlibvijzel niet meer uitgeschakeld en was 's nachts de capaciteit van de retourlibvijzel groter dan de toevoer naar de nabezinktank.

Het dalen van het waterniveau in de nabezinktank is een rechtstreeks gevolg van de proefopzet. In het begin van het onderzoek werd de retourlibpomp op maximum capaciteit gezet als deze werd ingeschakeld. De retourlibpompen van de andere vier nabezinktanks draaiden 's nachts echter continu op minimum capaciteit. Al het retourlib wordt, samen met het influent, verdeeld over de vijf nabezinktanks. Bij lage aanvoer en het aanschakelen van de intermitterende retourlibpomp wordt de toevoer naar de betreffende nabezinktank lager dan het retourlibdebiet, met daling van het waterniveau als gevolg.

## 5.5 CONCLUSIES

Door de retourlibvijzels op slibniveau intermitterend te regelen kan op het retourlibbedrijf circa 35% energie worden bespaard. De keuze van de regelniveaus is hierbij echter zeer kritisch. Indien het inschakelniveau te hoog wordt ingesteld kan het slib te lang in de nabezinktank blijven en fosfaatafgifte plaatsvinden. Het Waterschap Rivierenland heeft daarom de conclusie getrokken dat deze manier van regelen te veel risico met zich meebrengt voor grotere rwzi's met biologische fosfaatverwijdering. Voor kleinere rwzi's zonder bio-P blijft deze regeling wel een optie.

Voor de rwzi Arnhem-Zuid zal het Waterschap een nieuwe regeling implementeren waarbij de retourlibvijzels nog steeds op het slibniveau worden geregeld. De vijzels worden hierbij echter niet intermitterend bedreven. De retourlibvijzels draaien in principe op laagtoeren. Bij hoog slibniveau wordt de vijzel op hoogtoeren geschakeld totdat het slibniveau weer op laag niveau is.

Een belangrijke les tijdens het onderzoek op de rwzi Arnhem-Zuid is dat de niveaumeting voldoende diep onder het waterniveau moet hangen, zodat deze te allen tijde blijft functioneren. Gezien de gevoeligheid van de regeling en de rwzi voor het goed functioneren van de slibspiegelmeting is een back-up regeling (b.v. op basis van een tijdsklok) aan te bevelen.

# 6

## RWZI GOEDEREDEE

### 6.1 INLEIDING

Op rwzi Goedereede van het Waterschap Hollandse Delta worden de retourslibpompen sinds 2007 gestuurd op basis van een massabalansregeling. Het retourslib uit de nabezinktank wordt direct onttrokken als voeding voor de ontwateringscentrifuges. Het primaire doel van de retourslibregeling is het verlagen van het energieverbruik van de slibontwatering.

Een globale beschrijving van de rwzi en de relevante procesgegevens (zoals energieverbruik) is gegeven in paragraaf 6.2. In paragraaf 6.3 is nader ingegaan op de retourslibregeling. De resultaten van de optimalisaties zijn beschreven in paragraaf 6.4. De conclusies uit dit onderzoek zijn tenslotte in paragraaf 6.5 weergegeven.

AFBEELDING 18 LUCHTFOTO VAN DE RWZI GOEDEREDEE



### 6.2 BESCHRIJVING RWZI

#### 6.2.1 DIMENSIES

De rwzi Goedereede is een laag-belast actiefslibstelsysteem. De belangrijkste kentallen van de rwzi zijn weergegeven in Tabel 13. Het actiefslibstelsysteem bestaat uit een selector/anaërobe tank gevolgd door een denitrificatie- en een nitrificatietank met een interne recirculatie (Hoogvliet concept). Van hieruit doorloopt het afvalwater twee in serie geplaatste Carrousel. Vanuit de laatste Carrousel wordt het actiefslib verdeeld over 2 ongelijke nabezinktanks. Elke nabezinktank heeft één retourslibpomp waarmee het retourslib naar de selector/anaërobe tank wordt teruggevoerd.

TABEL 13 DIMENSIONERINGSGEGEVENS RWZI GOEDEREDEE

Onderdeel	Parameter	Eenheid	Nabezinktank 1	Nabezinktank 2
Capaciteit	Belasting	i.e. (à 150 g TZV)		41.900
	Hydraulisch RWA	m <sup>3</sup> /h		1.450
	Hydraulisch DWA	m <sup>3</sup> /h		480
	Gemiddeld dagdebiet	m <sup>3</sup> /d		6.500
Beluchtingstank	Aantal	-		1
	Volume totaal	m <sup>3</sup>		9.722
	Slibgehalte ontwerp	g/l		4,0
	SVI ontwerp	ml/g		150 (+ 10%)
Nabezinktanks	Aantal	-	1	1
	Diameter	m	34,2	39,6
	Kantdiepte	m	1,5	2,0
	Oppervlakte elk	m <sup>2</sup>	920	1.230
	Maximale belasting	m <sup>3</sup> /h	580	870
	Oppervlaktebelasting	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)	0,63	0,71
Retourslibgemaal	Type	-	Pomp	Pomp
	Aantal	-	1	1
	Vermogen elk	kW	12,4	12,4
	Capaciteit elk <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup> /h	140 – 320	170 – 480
	Retourslibverhouding RWA	-	0,55	0,55

1) Dit betreft de praktijkinstellingen. De werkelijke capaciteit van beide pompen bedraagt 140 – 560 m<sup>3</sup>/h.

### 6.2.2 PROCESGEGEVENS

In Afbeelding 13 is het verloop van het drogestofgehalte en de SVI in van de rwzi Goedereede in 2010 weergegeven. Het slibgehalte varieert over het jaar tussen 2,0 en 2,5 g/l (in de zomer) en 2,5 en 3,5 g/l (in de winter). De SVI varieert tussen de 100 en 160 ml/g. Met name in de zomer, als de SVI rond de 120 ml/g en het slibgehalte onder de 3,0 g/l blijft, is het benodigde retourslibdebiet bij DWA (90 resp. 120 m<sup>3</sup>/h) lager dan de minimale capaciteit van de pompen (140 m<sup>3</sup>/h). In de winter is het theoretisch benodigde retourslibdebiet bij DWA hoger dan de minimale capaciteit. De mogelijkheden om energie te besparen zijn in de zomer dus groter dan in de winter.

## 6.3 RETOURLIBREGELING

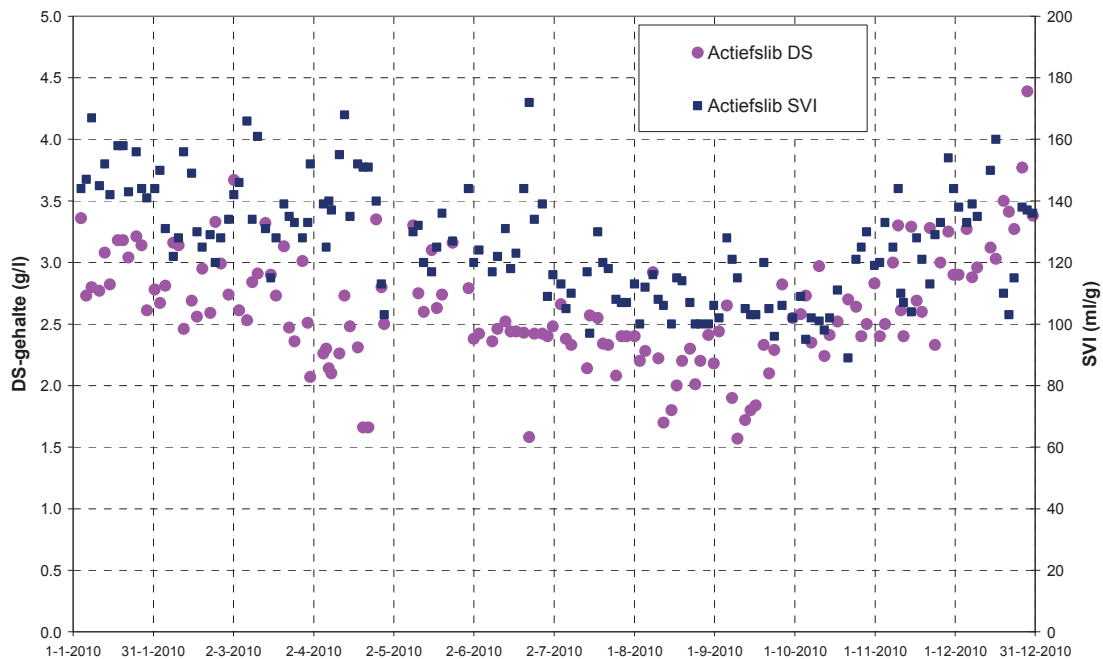
### 6.3.1 INLEIDING

De rwzi Goedereede wordt geregeld op basis van slibleeftijd. Dit betekent dat het slibgehalte in de beluchtingstank wordt afgestemd op de slibbelasting en de slibproductie. In de praktijk komt het er op neer dat het slibgehalte lager (circa 2,7 g/l, zie Afbeelding 19) is dan volgens het ontwerp (4,0 g/l).

Tot 2005 werd de slibontwatering gevoed vanuit de beluchtingstank. Toen de sturing op slibleeftijd werd ingevoerd is tevens overgestapt op ontwatering van retourslib. Hiervoor wordt alleen retourslib uit nabezinktank 1 gebruikt. Door de relatief hoge retourslibverhouding was het retourslibgehalte gemiddeld niet hoog waardoor het energieverbruik van de slibontwatering onnodig hoog bleef. Om dit te verlagen heeft het Waterschap in 2007 een alternatieve retourslibregeling geïntroduceerd, welke in paragraaf 6.3.2 is beschreven.

De originele retourslibregeling is een regeling op basis van influentdebiet. Hierbij is standaard een retourslibfactor van 1,0 ingesteld. Deze regeling is op nabezinktank 2 nog steeds in bedrijf.

AFBEELDING 19 HET VERLOOP VAN HET DROGESTOFGEHALTE EN DE SVI



### 6.3.2 ALTERNATIEVE RETOURLIBREGELING

Voor nabezinktank 1 is door het Waterschap een alternatieve retourlibregeling ontwikkeld die bij DWA de retourlibpomp intermitterend aan en uitschakelt. Het aan- en uitschakelen van de retourlibpomp vindt plaats op basis van een massabalans over de rwzi. De alternatieve retourlibregeling is alleen actief als de slibontwatering in bedrijf is. Dit is slechts 1 à 2 dagen per week. Op de dagen dat de slibontwatering niet in bedrijf is wordt op nabezinktank 1 ook de originele retourlibregeling toegepast.

De basis van de alternatieve retourlibregeling is een massabalansregeling. Hierbij wordt op basis van het influentdebiet, het drogestofgehalte in de beluchtingstank en het drogestofgehalte van het retourlib, berekend hoeveel retourlib verpompt dient te worden. Op basis hiervan wordt vervolgens de looptijd van de retourlibpomp bepaald. De massabalans wordt berekend op basis van:

- Het slibgehalte in de beluchtingstank. Dit wordt regelmatig gemeten in het laboratorium aan de hand van een steekmonster, en in het BBS ingevoerd.
- Het retourlibgehalte. Dit wordt on-line gemeten in de toevoerleiding naar de ontwateringscentrifuge.
- De capaciteit van de retourlibpomp. De retourlibpomp draait in de intermitterende regeling op minimum toerental. De capaciteit hierbij is circa 140 m<sup>3</sup>/h.

Het aanschakelen van de retourlibpomp vindt in principe plaats bij een overschrijding van de maximale slibbuffering in de nabezinktank bij DWA. Hiervoor is momenteel een grenswaarde van 8.500 kg drogestof ingevoerd. Deze vracht wordt continu berekend op basis van de bovengenoemde parameters en het influentdebiet. De actuele waarde van de slibbuffering (in kg drogestof) wordt weergegeven in het besturingssysteem.

Daarnaast zijn er nog drie andere factoren die de retourslibpomp kan aanzetten:

1. Optreden van RWA: als het influentdebiet hoger wordt dan 875 m<sup>3</sup>/h. Op dat moment wordt de influentdebietregeling actief, waarbij het retourslibdebiet is gekoppeld aan het influentdebiet.
2. Overschrijding van de maximale retourslibconcentratie; de grenswaarde is momenteel 12 g/l. De waarde wordt ingesteld om verstopping van de retourslibleidingen te voorkomen;
3. Overschrijding van een maximale tijd die de pomp uit bedrijf mag zijn. Deze is momenteel ingesteld op 3 uur. Dit is om te voorkomen dat de retourslibpomp te lang uit blijft staan. Dit is een soort veiligheid die in werking treedt als bijvoorbeeld de retourslibconcentratiemeting defect is.

In de praktijk blijkt dat de maximale slibbuffering nooit wordt overschreden, maar dat de retourslibpomp meestal wordt aangestuurd op basis van het maximale retourslibgehalte. Indien dit gebeurt wordt de retourslibpomp aangezet totdat het retourslibgehalte onder de maximale waarde komt (met een minimum draaitijd van 2 minuten). De intermitterende retourslibregeling is dus eigenlijk geen echte massabalansregeling maar een regeling op basis van de retourslibconcentratie.

Het feit dat het criterium voor de maximale slibbuffering niet wordt bereikt is een gevolg van de relatief hoge waarde die voor de slibbuffering is ingesteld. Een slibbuffering van 8.500 kg drogestof komt overeen met circa 30% van de totale slibhoeveelheid van de rwzi. Dit is een hoeveelheid die bij RWA in de nabezinktanks zou mogen worden gebufferd (volgens de STORA richtlijn [ref.1]) maar niet bij DWA in één nabezinktank. Het blijkt dat in de praktijk de gerealiseerde slibbuffering niet hoger komt dan 2.000-2.500 kg drogestof. Dit komt overeen met 8-10% van de totale drogestofmassa.

## 6.4 RESULTATEN

### 6.4.1 ALGEMEEN

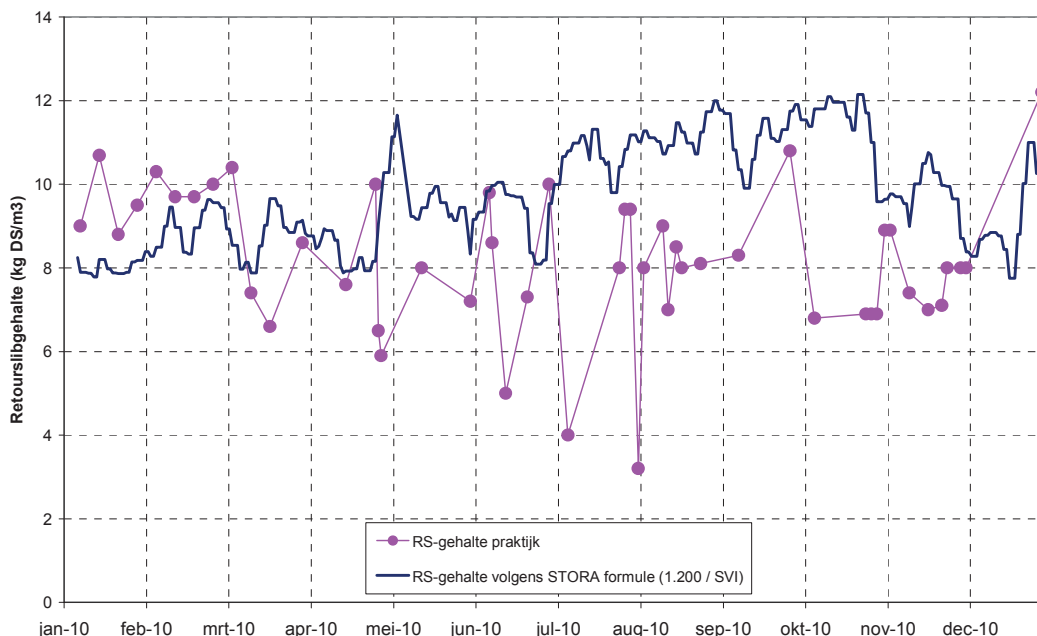
In deze paragraaf is de invloed van de alternatieve retourslibregeling op het retourslibgehalte (paragraaf 6.4.2) en op het energieverbruik (paragraaf 6.4.3) beschreven.

Aangezien de alternatieve retourslibregeling slechts 1 à 2 dagen per week in bedrijf is op één van de twee nabezinktanks, is het niet mogelijk om de effecten op het proces goed te analyseren. De fosfaatverwijdering op de rwzi Goedereede is volledig biologisch. De toename van de slibbuffering in de nabezinktank bij DWA leidt niet tot een verslechtering van de effluentkwaliteit. Of dit ook het geval zou zijn indien de regeling continu en op beide nabezinktanks zou worden toegepast is niet te voorspellen.

### 6.4.2 SLIBGEHALTE RETOURLIB

In de praktijk wordt de alternatieve retourslibregeling begrensd op basis van een maximaal toelaatbaar retourslibgehalte van 12 g/l. Het retourslibgehalte op de rwzi Goedereede in 2010 is grafisch weergegeven in Afbeelding 20. Het betreft steekmonsters. Het grootste deel van de tijd varieert het retourslibgehalte tussen de 7 en 11 g/l. In de grafiek is ter illustratie ook het volgens de STORA richtlijn (1.200 / SVI) haalbare retourslibgehalte weergegeven. Aangezien de SVI varieert tussen 100 en 160 ml/g (zie Afbeelding 19), varieert het haalbare retourslibgehalte tussen de 8 en 12 g/l. Het retourslibgehalte dat in de praktijk wordt bereikt blijkt soms hoger te zijn dan haalbaar is volgens de richtlijn.

AFBEELDING 20 HET RETOURLIBGEHALTE (STEEKMONSTERS) OP DE RWZI GOEDEREDEE



#### 6.4.3 ENERGIEBESPARING

De alternatieve retourlibregeling leidt tot een verlaging van het energieverbruik van zowel de retourlibpompen als van de slibontwatering.

Zoals aangegeven vindt de alternatieve regeling alleen plaats op nabezinktank 1 en dan alleen tijdens slibontwatering, wat circa 1 à 2 dagen per week is. In de praktijk is de energiebesparing op de retourlibpompen daarom niet groot. Het energieverbruik van de retourlibpompen wordt niet apart gemeten, maar kan globaal worden berekend op basis van de draaiuren. In de oorspronkelijke regeling zijn de retourlibpompen continu in bedrijf. Ten gevolge van de alternatieve retourlibregeling neemt de draaitijd af tot ruim 9 uur per dag (gemiddeld over 2010). Dit is een afname van ruim 60%. Uitgaande van een opgenomen vermogen van 7 kW neemt het energieverbruik grofweg af van 61.300 naar 23.000 kWh per jaar. De besparing treedt alleen op bij DWA wat circa 90% van de tijd is. Dit is een potentiële energiebesparing van 34.500 kWh/jaar per pomp, of te wel 69.000 kWh/jaar voor beide nabezinktanks.

Het energieverbruik van de slibontwatering is na de introductie van de alternatieve retourlibregeling sterk gedaald. Voordat de regeling in 2007 werd ingevoerd was het slibgehalte naar de slibontwatering erg laag (3-4 g/l). Door de introductie van de alternatieve retourlibregeling is het retourlibgehalte gestegen tot gemiddeld 8-10 g/l. Doordat de retourlibpomp nog maar 40% van de tijd in bedrijf is en daardoor ook maar 40% van het debiet verpompt neemt het retourlibgehalte gemiddeld met een factor 2 toe. Hierdoor nemen ook de draaiuren van de ontwateringscentrifuge met een zelfde factor af. Door het Waterschap is berekend dat het specifieke energieverbruik is gedaald van 475 kWh/ton DS in 2006 tot 225 kWh/ton DS in 2008. Dit komt neer op een energiebesparing van circa 86.600 kWh/jaar.

De totale energiebesparing kan worden berekend door het jaar 2006 als referentie te gebruiken. In dat jaar was de sturing op sibleeftijd al in bedrijf maar was de alternatieve retourlibregeling nog niet geïmplementeerd. In 2006 was het energieverbruik 913.000 kWh/jaar.



Op basis van de hierboven gepresenteerde uitgangspunten kunnen de volgende kentallen worden afgeleidt:

- Het energieverbruik van de retourslibpompen bedraagt 2 pompen x 7 kW x 24 h/d x 365 d/jaar x 90% DWA = 110.000 kWh/jaar. Dit was circa 12% van het totale energieverbruik van de rwzi.
- De potentiële energiebesparing op de retourslibpompen bedraagt 69.000 kWh/jaar, wat overeenkomt met circa 60% van het energieverbruik van de retourslibpompen. Het is een besparing van 7,6% op het totale energieverbruik van de rwzi.
- De besparing op het energieverbruik van de slibontwatering bedraagt 86.600 kWh/jaar. Dit komt overeen met een besparing van circa 10% op het totale energieverbruik.
- De totale energiebesparing ten gevolge van de alternatieve retourslibregeling op de rwzi Goedereede is in potentie ruim 17% van het totale energieverbruik.

## 6.5 CONCLUSIES

Op de rwzi Goedereede is een retourslibregeling geïmplementeerd die het retourslibdebiet op basis van een massabalans kan regelen. Hierbij wordt bij DWA toegestaan dat een deel van het slib in de nabezinktank ligt waardoor het verder kan indikken en de retourslibpomp intermitterend kan worden bedreven. In de praktijk blijkt echter dat de begrenzing op een maximaal retourslibgehalte het grootste deel van de tijd bepalend is en dat de intermitterende retourslibregeling geen echte massabalansregeling is maar een regeling op basis van de retourslibconcentratie.

De alternatieve retourslibregeling is gemiddeld 1 dag per week op één van de twee nabezinktanks in bedrijf. Effecten op het proces (b.v. de biologische fosfaatverwijdering) zijn hierdoor moeilijk waar te nemen. Duidelijk is wel dat de regeling veel energie bespaart in de slibontwatering. In potentie kan de regeling ook veel energie besparen in de retourslibpompen aangezien deze slechts 40% van de tijd in bedrijf hoeven te zijn.

# 7

## RWZI NIJMEGEN

### 7.1 INLEIDING

De rwzi Nijmegen heeft in de praktijk een lager drogestofgehalte en een lagere SVI dan volgens het ontwerp. Het gevolg is dat de potentie voor energiebesparing in het retourslibgemaal groot is. Om deze reden heeft het Waterschap Rivierenland in 2009 een test uitgevoerd op één van de vier straten. In dit hoofdstuk zijn de resultaten hiervan beschreven.

Een globale beschrijving van de rwzi en de relevante procesgegevens (zoals energieverbruik) is gegeven in paragraaf 7.2. In paragraaf 7.3 is nader ingegaan op de retourslibregeling. De resultaten van de optimalisaties zijn beschreven in paragraaf 7.4. De conclusies uit dit onderzoek zijn tenslotte in paragraaf 7.5 weergegeven.

AFBEELDING 21 LUCHTFOTO VAN DE RWZI NIJMEGEN



### 7.2 BESCHRIJVING RWZI

#### 7.2.1 DIMENSIES

De rwzi Nijmegen is een laag-belast actiefslibstelsysteem met voorbezinktanks en slibgisting. De belangrijkste kentallen van de rwzi zijn weergegeven in Tabel 14. Het actiefslibstelsysteem bestaat uit vier parallelle beluchtungsstraten met elk 2 nabezinktanks. De beluchtingstank bestaat uit achtereenvolgens een selector, een denitrificatietank en een nitrificatietank. Elke nabezinktank heeft één retourslibvijzel waarmee het retourslib naar de selector wordt teruggevoerd.

TABEL 14 DIMENSIONERINGSGEGEVENS RWZI NIJMEGEN

Onderdeel	Parameter	Eenheid	Waarde
Capaciteit	Belasting	i.e. (à 150 g TZV)	400.000
	Hydraulisch RWA	m <sup>3</sup> /h	16.000
	Hydraulisch DWA	m <sup>3</sup> /h	3.000 – 4.000
	Gemiddeld dagdebiet	m <sup>3</sup> /d	70.000
Beluchtingstank	Aantal	-	4
	Volume totaal	m <sup>3</sup>	33.740
	Slibgehalte ontwerp	g/l	4,5
	SVI ontwerp	ml/g	120
Nabezinktanks	Aantal	-	8
	Diameter	m	54
	Kantdiepte	m	1,5
	Oppervlakte elk	m <sup>2</sup>	2.290
	Maximale belasting	m <sup>3</sup> /h	2.000
	Oppervlaktebelasting	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)	0,87
Retourslibgemaal	Type	-	Vijzels
	Aantal	-	8
	Vermogen elk	kW	5 - 21
	Capaciteit elk	m <sup>3</sup> /h	750 – 1.700
	Retourslibverhouding RWA	-	0,64

### 7.2.2 PROCESGEGEVENS

Het theoretisch benodigde retourslibdebiet per nabezinktank bij RWA (uitgaande van een slibgehalte van 4,5 g/l en een SVI van 120 ml/g) is aanzienlijk lager (920 m<sup>3</sup>/h) dan de ontwerp-capaciteit van de retourslibvijzels (1.700 m<sup>3</sup>/h). Bij DWA is de benodigde capaciteit slechts circa 400 m<sup>3</sup>/h per nabezinktank. Dit is aanzienlijk lager dan de gehanteerde ondergrens van de retourslibvijzels (750 m<sup>3</sup>/h). De overdimensionering van de retourslibvijzels is een gevolg van de uitbreiding van de rwzi. Hierbij werd de hydraulische belasting van de drie bestaande straten sterk verlaagd. Er is toen voor gekozen om het retourslibgemaal van de nieuwe vierde straat gelijk te maken aan dat van de andere drie straten.

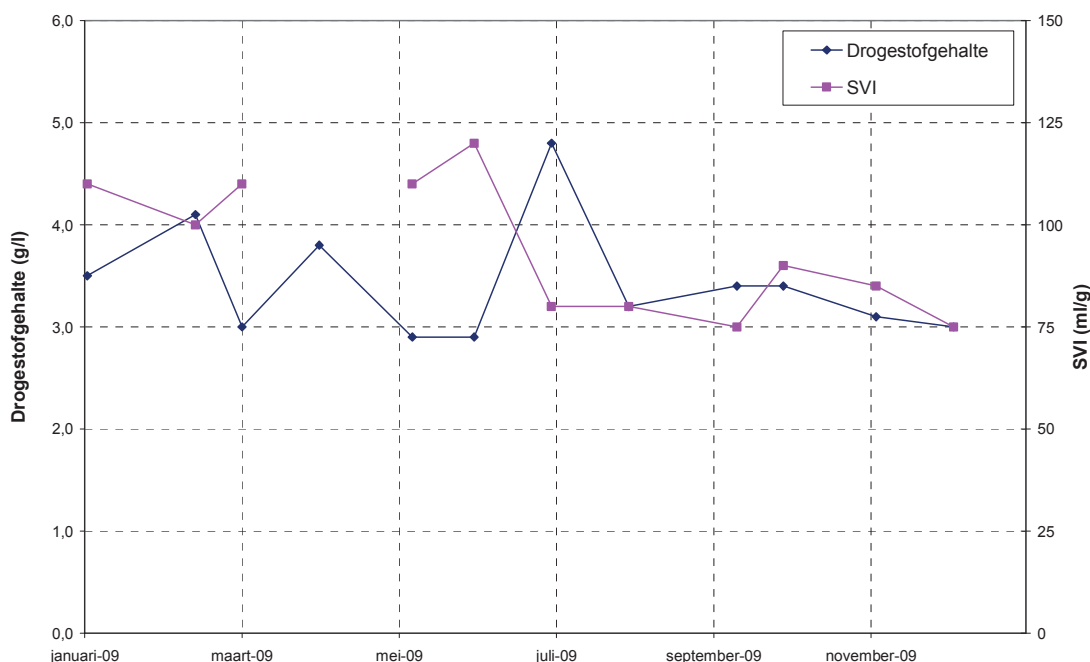
In Afbeelding 22 is het verloop van het drogestofgehalte en de SVI in één van de vier straten weergegeven. Hieruit blijkt dat het werkelijke slibgehalte over het jaar tussen 3-4 g/l varieert met een uitschieter naar bijna 5 g/l. De SVI varieert over het algemeen tussen de 80 en 110 ml/g. De actuele waarden zijn dus nog lager dan de ontwerpwaarden. Dit alles geeft aan dat de mogelijkheid om energie te besparen groot is.

### 7.3 RETOURLIBREGELING

Om energie te kunnen besparen heeft het Waterschap een proef uitgevoerd met als doel om te onderzoeken welke energiewinst behaald kan worden door de retourslibverhouding in te stellen op basis van actuele procesgegevens (DS-gehalte, SVI).

De retourslibvijzels worden in de praktijk traploos geregeld tussen 40 en 100% van het toerental wat overeenkomt met circa 750 en 1.700 m<sup>3</sup>/h. Bij DWA draaien de vijzels op 40% van de capaciteit. Bij RWA worden op basis van het influentdebiet de retourslibvijzels opgetoerd. Zoals aangegeven in de vorige paragraaf is deze DWA capaciteit aanzienlijk hoger dan theoretisch benodigd is. Het onderzoek naar de retourslibregeling op basis van actuele procesgegevens is daarom alleen mogelijk indien het onderste bereik van de retourslibvijzels kan worden verlaagd. De mogelijkheden hiertoe zijn tevens onderzocht.

AFBEELDING 22 HET VERLOOP VAN HET DROGESTOFGEHALTE EN DE SVI IN STRAAT 1



Het onderzoek is uitgevoerd op straat 1 (met nabezinktanks 1 en 2), waarbij de andere straten als referentie dienden. In nabezinktank 1 is een slibspiegelmeter geplaatst op basis waarin in de regeling ingegrepen op het moment dat slibuitspoeling dreigde. Het toerental van de “regeling” is in stappen verlaagd van 40% naar 10%.

## 7.4 RESULTATEN

### 7.4.1 ALGEMEEN

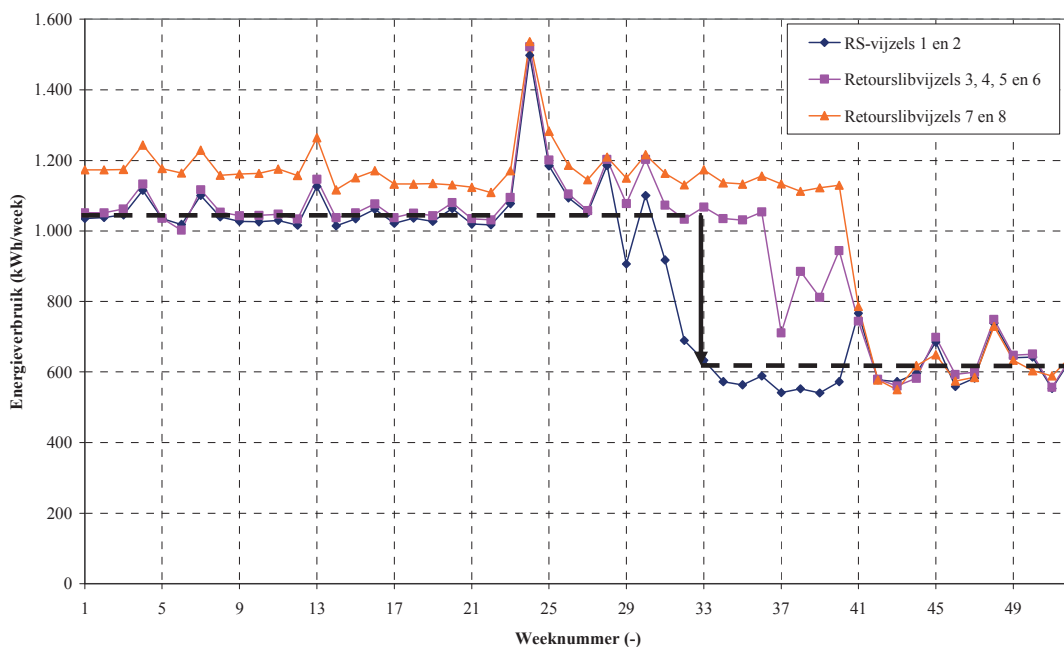
Bij een retourlibvijzel geldt dat zowel het vermogen als het debiet nagenoeg evenredig is met het toerental. Onder een toerental van circa 20% van het ontwerp toerental neemt het rendement sterk af ten gevolge van lekverliezen. Om op zekerheid te spelen en de capaciteit van de retourlibvijzel niet te ver laten dalen is het minimum toerental verhoogd naar 15%.

In eerste instantie is gekeken naar de opbouw van de slibdeken in de nabezinktank. Bij DWA was er met de slibspiegelmeter geen slibdeken waar te nemen. De slibspiegelmeter is gepositioneerd op circa 1/3 van de straal van de tank ten opzichte van het midden van de tank. De diepte op dat punt is circa 3,2 meter. Als hier geen slibdeken wordt gemeten betekent dit dat er zeer weinig tot geen slib in de nabezinktank aanwezig is. Bij RWA komt de slibdeken 30 tot 60 cm omhoog. Ook hierbij geldt dat de slibdeken nog zeer laag is en nog circa een halve meter onder de kantdiepte blijft. Er is geen daling van het drogestofgehalte in de beluchtingstank opgetreden. Ook dit geeft aan dat de buffering van slib in de nabezinktanks gering is. Er is ook geen drijfslagvorming op de nabezinktank opgetreden. Het drogestofgehalte in het retourlib is toegenomen van gemiddeld 6 g/l naar 9 g/l. Het spuislib debiet neemt evenredig af.

### 7.4.2 ENERGIEBESPARING

Het energieverbruik van de retourslibvijzels is grafisch weergegeven in Afbeelding 23. Het energieverbruik van een retourslibvijzel neemt af van gemiddeld 1.050 kWh/week naar 625 kWh/week. Dit is een verlaging van circa 40%.

AFBEELDING 23 ENERGIEVERBRUIK RETOURLIBVIJZELS RWZI NIJMEGEN (IN 2009)



Het energieverbruik van de rwzi Nijmegen is gemiddeld 7.500 MWh/jaar, wat overeenkomt met circa 27,2 kWh/i.e.<sub>verwijderd</sub>. Op basis van de ervaringen van het Waterschap Rivierenland kan worden geconcludeerd dat een besparing van 180.000 kWh/jaar op het energieverbruik van de retourslibvijzels haalbaar is. Dit komt overeen met 0,7 kWh/i.e.<sub>verwijderd</sub> of wel 2,4% energiebesparing voor de gehele rwzi.

### 7.5 CONCLUSIES

Op de rwzi Nijmegen is aangetoond dat een structurele energiebesparing kan worden gerealiseerd door in de "klassieke" retourslibregeling (op basis van een retourslibverhouding) uit te gaan van actuele waarden voor slibgehalte en SVI. Aangezien de retourslibvijzels van de rwzi Nijmegen sterk zijn overgedimensioneerd was het tevens nodig het minimum retourslibdebiet sterk te verlagen. Het minimum toerental is verlaagd van 40% tot 15% van het regelbereik van de vijzel. Ondanks het rendementsverlies is hierdoor een energiebesparing van 40% gerealiseerd. Deze werkwijze heeft geen nadelige effecten op andere processen.

# 8

## GEVOELIGHEIDSANALYSE

### 8.1 INLEIDING

Op basis van de in de vorige hoofdstukken beschreven praktijkcases is een goed beeld verkregen van de optimalisatiemogelijkheden op de betreffende rwzi's. Elke case staat echter op zichzelf en de mogelijke energiewinst is sterk afhankelijk van de uitgangssituatie (configuratie rwzi, debietvariaties, SVI, etc.). Om de resultaten goed met elkaar te kunnen vergelijken wordt in dit hoofdstuk een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met behulp van een simulatiemodel.

De opzet van het model is beschreven in paragraaf 8.2. Het betreft een 1-dimensionaal nabezinktankmodel, opgebouwd uit laagjes. Het model is een benadering van de werkelijkheid en houdt geen rekening met de 3-dimensionale stromingsprocessen in een nabezinktank. De resultaten van de modelberekeningen zijn daarom indicatief en alleen geschikt voor onderlinge vergelijking.

Het model is toegepast om de gevoeligheid van verschillende aspecten te onderzoeken. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in de volgende categorieën:

- Paragraaf 8.3: Een gevoeligheidsanalyse van de procesomstandigheden;
- Paragraaf 8.4: Een gevoeligheidsanalyse van de verschillende retourlibregelingen.

De belangrijkste conclusies zijn in paragraaf 8.5 samengevat weergegeven.

### 8.2 BESCHRIJVING VAN HET MODEL

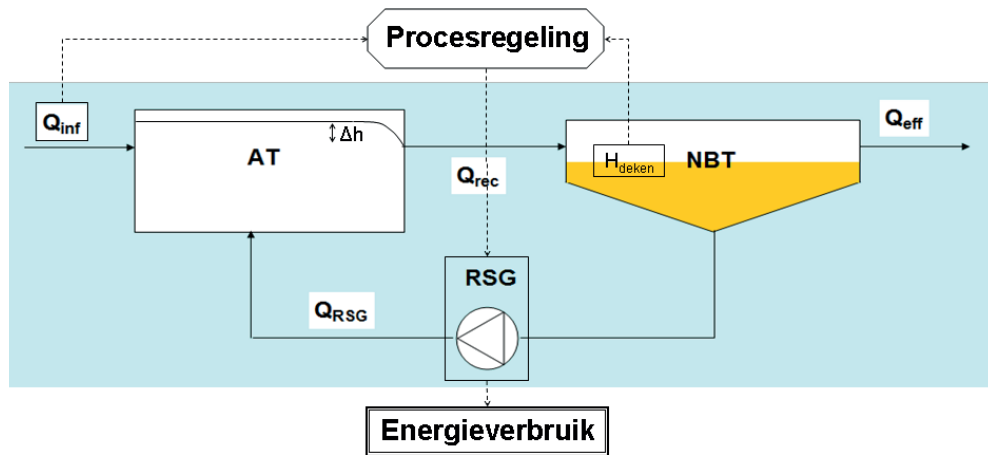
#### 8.2.1 INLEIDING

In Matlab is een model opgesteld waarmee een massabalans over een rwzi kan worden doorerekend. In dit model bestaan de nabezinktanks uit een laagjesmodel waarbij de slibbezinking en slibindikking wordt berekend op basis van het Vaccari-model. Hiermee wordt een slibdekenopbouw berekend. Met dit model is voor een standaard rwzi de gevoeligheid voor verschillende ontwerp- en operationele parameters onderzocht en zijn de verschillende typen retourlibregelingen met elkaar vergeleken. De opzet van het model is beschreven in paragraaf 8.2.2. De standaard rwzi is beschreven in paragraaf 8.2.3. De uitgangspunten voor de modelberekeningen zijn in paragraaf 8.2.4. weergegeven.

#### 8.2.2 OPZET VAN HET MODEL

Het model berekent de water- en drogestofbalans over de rwzi. Hierbij wordt de retourlibpomp- of vijzel geregeld door een continue of intermitterende procesregeling. Op basis van het verpompte debiet wordt het energieverbruik van het retourlibgemaal berekend. De opzet van het model is schematisch weergegeven in Afbeelding 24.

AFBEELDING 24 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE MODELOPZET



### 8.2.3 STANDAARD RWZI

De standaard rwzi heeft een capaciteit van circa 50.000 i.e. en een maximale hydraulische capaciteit van 1.000 m<sup>3</sup>/h. De belangrijkste dimensies die zijn aangehouden voor de standaard rwzi, en voor een rwzi met afwijkende RWA / DWA-verhoudingen (zie paragraaf 8.3.3), zijn weergegeven in Tabel 15.

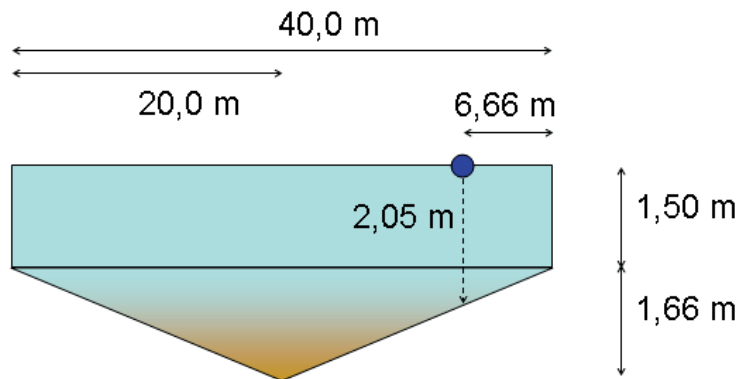
TABEL 15 MODELPARAMETERS VOOR DE STANDAARD RWZI

Parameter	Eenheid	Standaard	Lage RWA/DWA	Hoge RWA/DWA
Ontwerpcapaciteit	i.e. (à 150 g TZV)	50.000	75.000	37.500
RWA	m <sup>3</sup> /h	1.000	1.000	1.000
DWA	m <sup>3</sup> /h	400	<b>600</b>	<b>300</b>
RWA / DWA verhouding	-	2,50	1,66	3,33
Slibgehalte	g/l	4,0	4,0	4,0
SVI	ml/g	120	120	120
AT volume	m <sup>3</sup>	10.000	<b>15.000</b>	<b>7.500</b>
NBT diameter	m	40,0	40,0	40,0
AT / NBT volume	-	3,1	<b>4,7</b>	<b>2,3</b>
Retourslibcapaciteit	m <sup>3</sup> /h	200 - 650	200 - 650	200 - 650

Het ontwerp van de standaard rwzi is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Het ontwerp van de nabezinktank is gebaseerd op de STORA-richtlijn [ref. 1], uitgaande van een slibgehalte van 4,0 g/l en een SVI van 120 ml/g. De diameter van de tank is 40 meter en de kantdiepte 1,5 meter. De opzet van de tank en de lokatie van de slibniveaumeting is schematisch weergegeven in Afbeelding 25.
- Het ontwerp van de retourslibpomp is gebaseerd op een gebruikelijke extra capaciteit van een 0,5 g/l. Dit wil zeggen dat de retourslibpomp ook bij een slibgehalte in de beluchtingstank van 4,5 g/l het retourslib kan verpompen.

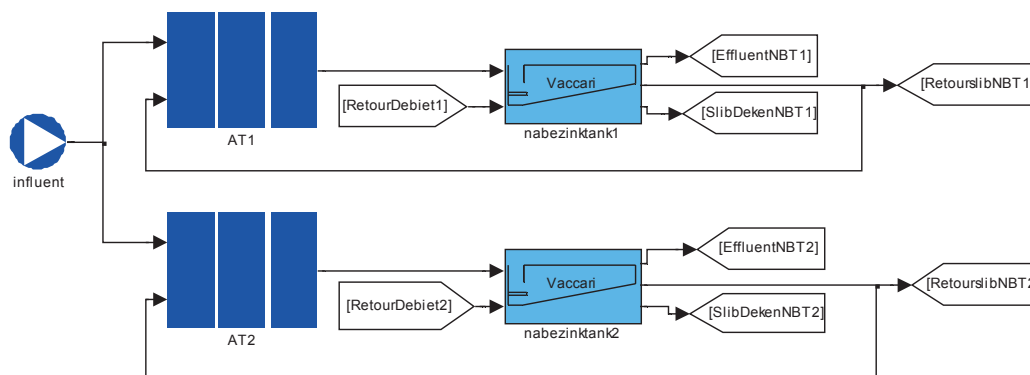
AFBEELDING 25 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE NABEZINKTANK IN HET MODEL



### UITGANGSPUNTEN MODELBEREKENINGEN

Het in Matlab opgebouwde model is grafisch weergegeven in Afbeelding 26.

AFBEELDING 26 MATLAB MASSABALANS-MODEL



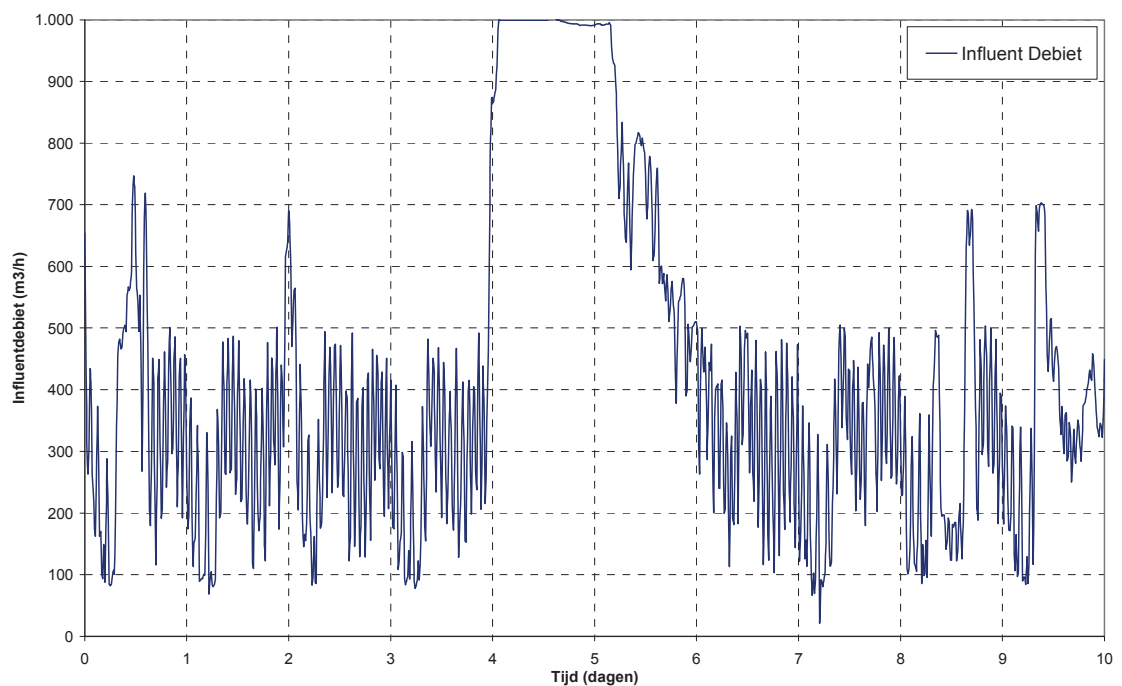
In het model zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er wordt gebruik gemaakt van een realistisch 10-daags influentpatroon, waarbij een representatieve verdeling tussen DWA- en RWA-dagen is aangehouden (zie Afbeelding 27).
- De beluchtingstank is volledig gemengd en heeft een overstortlengte van 5 meter.
- Voor de nabezinktanks is een 1-dimensionaal laagjesmodel toegepast. De nabezinktanks zijn opgedeeld in 50 laagjes.
- Voor de beschrijving van de bezink- en indikprocessen in het nabezinktankmodel is een combinatie van het Vaccari-model en het Takacs-model toegepast.
- De instellingen van de Vaccari-model [ref. 8] en het Takacs-model [ref. 9] parameters zijn gebaseerd op de FAST2d dataset van een fictieve rwzi met een SVI van 120 ml/g met gemiddelde slibindikkingseigenschappen. De belangrijkste parameters zijn weergegeven in de eerste kolom van in Tabel 16 (referentie).
- De retourslibpomp van nabezinktank 1 wordt bij DWA intermitterend geregeld. Dit kan op verschillende manieren:
  - Tijdsklokregeling: een vaste instelling van de AAN en UIT tijd van de retourslibpomp;
  - Slibdekenregeling: het aan- en uitschakelen van de pomp vindt plaats op basis van de hoogte van de slibdeken (zoals op de rwzi Arnhem-Zuid, zie hoofdstuk 5);
  - Influentdebietregeling: op basis van een vaste retourslibverhouding wordt het benodigde retourslibdebiet berekend. Indien dit een bepaalde waarde overstijgt wordt de retourslibpomp aangezet (zoals op de rwzi Walcheren, zie hoofdstuk 4).



- Massabalansregeling: op basis van debiet- en drogestof-metingen in de beluchtingstank en de retourslibleiding van nabezinktank 1, wordt de drogestofbalans over nabezinktank 1 berekend. Indien de drogestofvracht in nabezinktank 1 een bepaalde waarde overstijgt wordt de retourslibpomp aangezet (zoals op de rwzi Goedereede, zie hoofdstuk 6);
- Als de intermitterende regeling in bedrijf is wordt de pomp op een capaciteit van 300 m<sup>3</sup>/h aangeschakeld. Deze capaciteit komt overeen met het energetisch optimum van de pompcurve van de rwzi Walcheren (zie Afbeelding 10).
- De retourslibpomp van nabezinktank 2 wordt geregeld via een vaste verhouding met het influentdebiet.
- Bij RWA (influentdebiet > 700 m<sup>3</sup>/h) wordt de retourslibpomp van nabezinktank 1, net als die van de andere nabezinktank, op basis van het influentdebiet geregeld. Hiervoor wordt dezelfde retourslibverhouding als voor nabezinktank 2 aangehouden.
- Het energieverbruik wordt berekend op basis van het te verpompen retourslibdebiet. Hierbij wordt er van uit gegaan dat het energieverbruik per m<sup>3</sup> constant is, zoals bij een vijzel min of meer het geval is. Voor de opvoerhoogte wordt een totale waarde (statische en dynamische opvoerhoogte) van 6 meter aangehouden. Het pomprendement wordt op 75% verondersteld. De relatie tussen energieverbruik en pompdebiet is dan 22,2 Wh/m<sup>3</sup>.

AFBEELDING 27 STANDAARD INFLUENTPATOORN IN HET MODEL



Bij de gevoeligheidsanalyse wordt de referentiesituatie als uitgangspunt genomen. Voor verschillende analyses wordt de invloed van variërende slibeigenschappen aangegeven. Er is een “beter slib” en een “slechter slib” dan het referentieslib gedefinieerd. Hierbij wordt de slibbezinking ( $a$ ) en de maximale concentratiegradiënt ( $K_{MAX}$ ) aangepast, zoals weergegeven in de laatste twee kolommen in Tabel 16.

TABEL 16 MODELPARAMETERS VAN HET VACCARI- EN TAKACS-MODEL

Parameter	Omschrijving	Eenheid	Referentie slib	Beter slib	Slechter slib
SVI	Slibvolume-index	ml/g	120	100	140
Indikking	Slibindikking	-	Gemiddeld	Beter	Slechter
a	Empirische constante slibbezinking	m/h	4,45	<b>5,07</b>	<b>3,83</b>
b	Empirische constante slibbezinking	kg/m <sup>3</sup>	0,4	0,4	0,4
K <sub>MAX</sub>	Maximale concentratiegradiënt	kg/(m <sup>3</sup> .m)	40	<b>60</b>	<b>30</b>
CC	Compressie Coëfficiënt	kg/m <sup>3</sup>	4,0	4,0	4,0
k <sub>H</sub>	karakteristieke bezinkparameter in de gehinderde bezinkzone	m <sup>3</sup> /kg	0,38	0,38	0,38
k <sub>P</sub>	karakteristieke bezinkparameter bij lage concentraties	m <sup>3</sup> /kg	5,0	5,0	5,0
C <sub>MIN</sub>	Minimale slibconcentratie	kg/m <sup>3</sup>	0,003	0,003	0,003
C <sub>MAX</sub>	Maximale slibconcentratie	kg/m <sup>3</sup>	30	30	30

### 8.3 GEVOELIGHEIDSANALYSE PROCESOMSTANDIGHEDEN

#### 8.3.1 INLEIDING

In deze paragraaf zijn de resultaten van de modelberekeningen beschreven. Hierbij is onderscheid gemaakt in de volgende berekeningen:

- De RWA / DWA verhouding (paragraaf 8.3.3);
- Het drogestofgehalte (paragraaf 8.3.4);
- De slibeigenschappen (SVI en slibindikking) (paragraaf 8.3.5);
- Het optimale pompdebiet (paragraaf 8.3.6);
- Lengte van de overstortrand van de beluchtingstank (paragraaf 8.3.7);

In paragraaf 8.3.2 is allereerst de referentiesituatie gepresenteerd. Alle gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd met twee typen procesregelingen:

- de continue regeling op influentdebiet (retourlibfactor van 0,67)
- de slibdekenregeling (Uit bij 25 cm / Aan bij 45 cm).

#### 8.3.2 REFERENTIESITUATIE

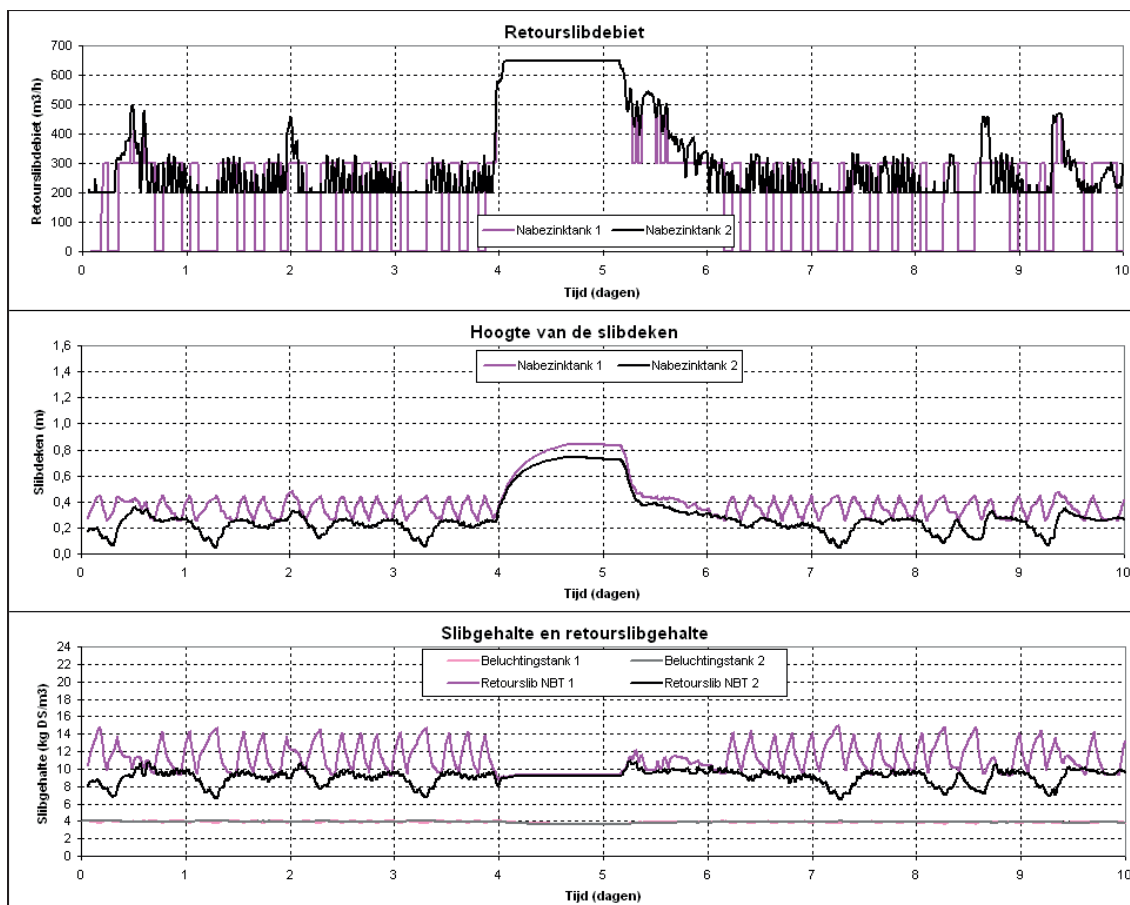
Voor de standaard rwzi uit Tabel 15 is het gedrag en het energieverbruik bekeken voor een continue procesregeling en een intermitterende procesregeling (op basis van slibspiegel-niveau). De instellingen en resultaten zijn gepresenteerd in Tabel 17. De berekende energiebesparing met de intermitterende regeling komt overeen met de besparing zoals die op de rwzi Walcheren is gemeten (zie Tabel 7 in paragraaf 4.4.2). Ter illustratie is in Afbeelding 28 het schakelgedrag van de retourlibpomp, het verloop van de slibspiegel en het verloop van het retourlibgehalte voor beide procesregelingen gepresenteerd.

TABEL 17 EFFECT VAN VERSCHILLENDE PROCESREGELINGEN OP DE STANDAARD RWZI

Procesregeling	Retourlibfactor	Schakelpunten	Energieverbruik	Energiebesparing
	[-]	[cm]	[kWh/10 d]	[%]
Continu	0,67	-	1.633	referentie
Intermitterend	0,67	25 / 45	1.327	- 19

Voor de retourlibfactor van de continue regeling is uitgegaan van  $0,67^2$ . Deze waarde is gebaseerd op het theoretisch benodigde retourlibdebiet bij DWA, berekend op basis van de STORA-richtlijn. Daarnaast is het verloop van de slibdeken bij RWA in de nabezinktanks beschouwd. Zoals blijkt uit Afbeelding 28 loopt de slibdeken bij RWA op tot 84 cm in nabezinktank 1 en tot 74 cm in nabezinktank 2. Dit komt overeen (zie Afbeelding 25) met circa 30 en 20 cm boven de kant. De ontwerprichtlijn bij RWA is een slibdeken tot 30 cm boven de kant.

AFBEELDING 28 RETOURLIBDEBIET, SLIBDEKENHOOGTE EN SLIBGEHALTES VOOR DE REFERENTIESITUATIE



De slibdeken in nabezinktank 1 komt bij RWA hoger dan in nabezinktank 2. Dit is een gevolg van de intermitterende retourlibregeling. Het slibgehalte in beide beluchtingstanks wordt op 4 g/l gestuurd. Door de intermitterende regeling ligt er bij DWA meer slib in nabezinktank 1 dan in nabezinktank 2. Dit heeft tot gevolg dat er in straat 1 in totaal meer slib aanwezig is dan in straat 2. Bij RWA leidt dit tot een hogere slibdeken in de nabezinktank.

$$2 \quad (DS_{AT} / (DS_{RS} - DS_{AT})) = 4,0 / (1.200 / SVI - 4,0) = 4,0 / (10 - 4,0) = 0,67$$

### 8.3.3 RWA / DWA-VERHOUDING

De RWA / DWA-verhouding van een rwzi bepaalt in het ontwerp de verhouding tussen het volume van de beluchtingstank en van de nabezinktank. Deze verhouding is weer van invloed op de hoeveelheid slib die tijdens RWA en DWA in de nabezinktank kan worden gebufferd en daarmee op de slibdekenhoogte. Met het model is de gevoeligheid van de RWA / DWA-verhouding op de hoogte van de slibdeken bij RWA en DWA en het energieverbruik bepaald. Hiertoe zijn de uitgangspunten uit Tabel 15 (standaard rwzi, lage en hoge RWA / DWA-verhouding) toegepast. Door het DWA-debiet (en het beluchtingstankvolume) te wijzigen is de RWA / DWA-verhouding aangepast. Hierbij zijn de dimensies van de nabezinktank en de retourslibpomp gelijk gehouden. De belangrijkste resultaten zijn in Tabel 18 getoond. Het energieverbruik bij de gewijzigde RWA / DWA-verhoudingen is gecorrigeerd voor het gewijzigde influentdebiet, om een vergelijking met de referentievariant mogelijk te maken.

TABEL 18 EFFECT VAN DE RWA / DWA-VERHOUDING

RWA / DWA	Hoogte slibdeken (maximaal)		Slibgehalte aerietank	Retourslibgehalte		Energieverbruik	
	bij DWA	bij RWA	bij RWA	bij DWA	bij RWA	Absoluut	Relatief
[-]	[cm]	[cm]	[g/l]	[g/l]	[g/l]	[kWh/10 d]	[%]
<i>Continue regeling</i>							
1,66	34	81	3,81	9,6	9,3	1.537 <sup>1)</sup>	- 6
<b>2,5 (referentie)</b>	<b>27</b>	<b>74</b>	<b>3,63</b>	<b>8,8</b>	<b>9,2</b>	<b>1.633</b>	<b>0</b>
3,33	21	65	3,58	8,0	9,1	1.776 <sup>1)</sup>	+ 9
<i>Intermitterende regeling</i>							
1,66	45	88	3,90	11,1	9,4	1.394 <sup>1)</sup>	- 15
2,5	45	84	3,66	11,6	9,3	1.327	- 19
3,33	45	70	3,61	12,4	9,1	1.252 <sup>1)</sup>	- 23

1) Het energieverbruik is gecorrigeerd voor het hogere of lagere influentdebiet ten opzichte van de referentiesituatie.

Bij de continue regeling valt op dat de slibdeken bij DWA hoger is als de RWA/DWA-verhouding lager is. Bij een hoge RWA/DWA-verhouding zal de ondergrens van de retourslibpomp te hoog zijn bij DWA. Dit betekent dat bij DWA meer retourslib zal worden verpompt dan volgens de regeling noodzakelijk zou zijn. Bij de lage RWA/DWA-verhouding is de retourslibpomp wel goed in staat om het benodigde retourslibdebiet te verpompen omdat het benodigde debiet hoger zal zijn. Het gevolg is dat er bij een hoge RWA/DWA-verhouding bij DWA relatief weinig slib in de nabezinktank zal achterblijven en dat de slibdeken daardoor laag zal zijn. Dit heeft tevens tot gevolg dat het energieverbruik bij een hoge RWA/DWA-verhouding relatief hoog is. Er wordt meer retourslib verpompt dan nodig.

Bij de toepassing van de intermitterende retourslibregeling wordt de slibdeken bij DWA tussen 25 en 45 cm gehouden. De hoeveelheid slib die bij DWA in de nabezinktank ligt is daarvoor groter dan bij de continue regeling. In tegenstelling tot de continue regeling is hierbij het energieverbruik bij de hoge RWA/DWA-verhouding het laagst. De beperking van het regelbereik van de pomp speelt hierbij geen rol meer. Bij de hoge RWA/DWA-verhouding is de DWA relatief laag en zal de retourslibpomp vaker of langer uit staan. Het gevolg is dat het slib meer tijd krijgt om in te dikken waardoor het retourslibgehalte bij DWA hoger is. Er hoeft vervolgens dus minder retourslib te worden verpompt wat leidt tot minder energieverbruik.

Het introduceren van een intermitterende beluchterregeling heeft in het berekeningsvoorbeeld de volgende energiebesparing tot gevolg:

- RWA/DWA-verhouding van 1,66: een verlaging van 1.537 naar 1.394 kWh/10 d = 9%
- RWA/DWA-verhouding van 2,50: een verlaging van 1.633 naar 1.327 kWh/10 d = 19%
- RWA/DWA-verhouding van 3,33: een verlaging van 1.776 naar 1.252 kWh/10 d = 30%

De conclusie is dat het introduceren van een intermitterende retourslibregeling op een rwzi met een hoge RWA/DWA-verhouding over het algemeen tot een grotere energiebesparing zal leiden dan op een rwzi met een lagere RWA/DWA-verhouding.

### 8.3.4 GEVOELIGHEID SLIBGEHALTE

In de referentieberekening is uitgegaan van een slibgehalte van 4,0 g/l en een bijbehorende retourslibverhouding van 0,67. In de praktijk kan het voorkomen dat het slibgehalte (tijdelijk) hoger is dan de ontwerpwaarde. De invloed hiervan op de werking van de nabezinktank en het energieverbruik van de retourslibpompen, is in Tabel 19 getoond.

TABEL 19 GEVOELIGHEIDSANALYSE SLIBGEHALTE

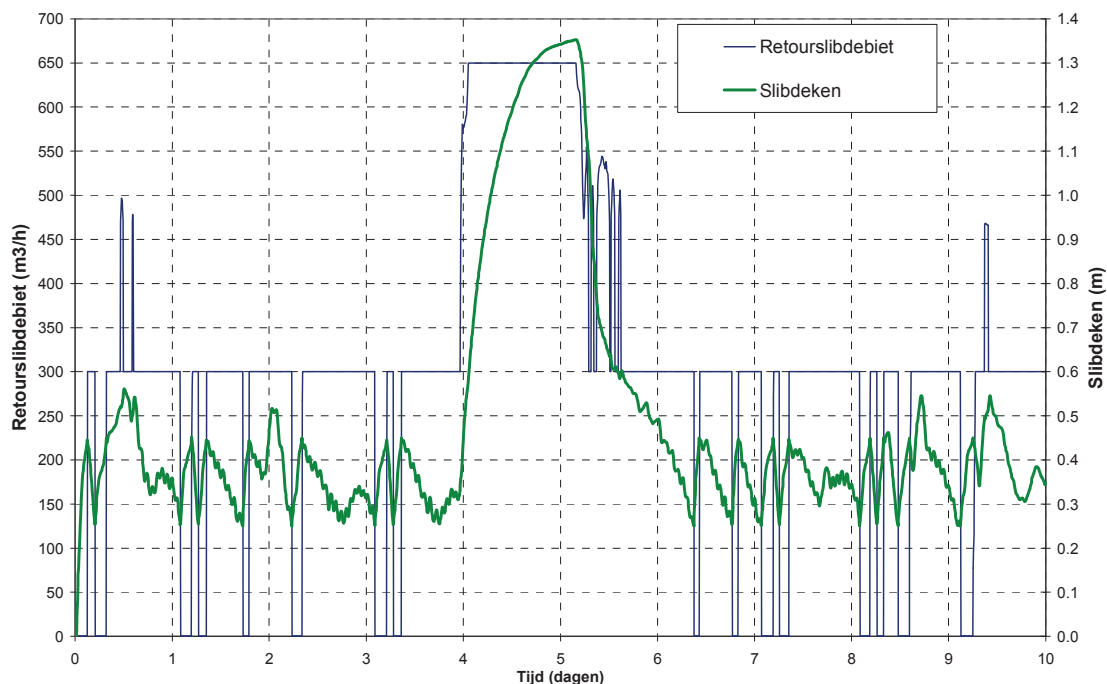
Slibgehalte [g/l]	Hoogte slibdeken (maximaal)		Slibgehalte aerrietank bij RWA [g/l]	Retourslibgehalte		Energieverbruik	
	bij DWA [cm]	bij RWA [cm]		bij DWA [g/l]	bij RWA [g/l]	Absoluut [kWh/10 d]	Relatief [%]
<i>Continue regeling</i>							
4,0	27	74	3,63	8,8	9,2	1.633	0
4,5	34	93	4,00	9,9	10,1	1.633	0
5,0	40	122	4,29	11,0	10,9	1.633	0
<i>Intermitterende regeling</i>							
4,0	45	84	3,66	11,6	9,3	1.327	- 19
4,5	45	104	4,02	11,2	10,2	1.501	- 8
5,0	45	135	4,30	11,7	10,9	1.613	- 1

Bij de continue regeling leidt de verhoging van het slibgehalte tot een hogere slibdeken bij DWA. Door de hogere slibdeken neemt de slibindikking en daarmee ook het retourslibgehalte toe. Bij RWA stijgt de slibdeken sterk tot 122 cm bij een slibgehalte van 5,0 g/l. Dit is circa 80 cm onder de waterspiegel en een kritische situatie die een risico op slibuitspoeling met zich meebrengt.

Bij de intermitterende regeling wordt de slibdeken bij DWA tussen 25 en 45 cm gehouden. Bij een stijging van het slibgehalte is het maximum slibdeken niveau sneller bereikt en zal de retourslibpomp sneller worden aangeschakeld. Het retourslibdebiet, en daarmee het energieverbruik, neemt hierdoor toe. Ter illustratie is in Afbeelding 29 het verloop van de slibdeken

bij een slibgehalte van 5,0 g/l weergegeven over een periode van 10 dagen. De slibdeken stijgt tot 135 cm (70 cm onder de waterspiegel) en zou zelfs nog iets verder stijgen als de RWA langer geduurd zou hebben.

AFBEELDING 29 HET VERLOOP VAN DE SLIBDEKEN BIJ EEN SLIBGEHALTE VAN 5,0 G/L



### 8.3.5 GEVOELIGHEID SLIBEIGENSCHAPPEN

Met het model van de standaard rwzi is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de slibeigenschappen. Hierbij is uitgegaan van de belasting en dimensies van de standaard rwzi zoals weergegeven in Tabel 15. Er is uitgegaan van de intermitterende procesregeling (25 / 45 cm) bij een retourslibverhouding van 0,67. De slibeigenschappen zijn gewijzigd zoals weergegeven in Tabel 16 en beschreven in paragraaf 8.2.4. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 20.

Bij de continue regeling is het retourslibdebiet voor alle situaties gelijk aangezien de retourslibverhouding is vastgesteld op 0,67. Dit heeft tot gevolg dat ook het energieverbruik voor alle berekeningen gelijk is.

Het retourslibgehalte bij DWA is niet afhankelijk van de slibeigenschappen maar is een gevolg van de massabalans. Aangezien het slibgehalte in de beluchtingstank voor alle situaties gelijk is (4,0 g/l) en het retourslibdebiet ook (306 m<sup>3</sup>/h), zal ook het retourslibgehalte gelijk zijn. Bij DWA neemt de slibdeken wel enigszins toe naarmate de slibeigenschappen slechter worden. Er is een hogere slibdeken en een langere indiktijd nodig om het benodigde retourslibgehalte te bereiken.

TABEL 20 GEVOELIGHEIDSANALYSE SLIBEIGENSCHAPPEN

Slibkwaliteit	Hoogte slibdeken (maximaal)		Slibgehalte aeratie tank	Retourlibgehalte		Energieverbruik	
	bij DWA	bij RWA	bij RWA	bij DWA	bij RWA	Absoluut	Relatief
	[cm]	[cm]	[g/l]	[g/l]	[g/l]	[kWh/10 d]	[%]
<i>Continue regeling</i>							
Beter	13	29	3,86	8,9	9,8	1.633	0
<b>Referentie</b>	<b>27</b>	<b>74</b>	<b>3,63</b>	<b>8,8</b>	<b>9,2</b>	<b>1.633</b>	<b>0</b>
Slechter	40	160	3,15	8,8	8,0	1.633	0
<i>Intermitterende regeling</i>							
Beter	45	33	3,97	16,3	10,1	985	- 40
Referentie	45	84	3,66	11,6	9,3	1.327	- 19
Slechter	45	173	3,16	9,3	8,0	1.607	- 2

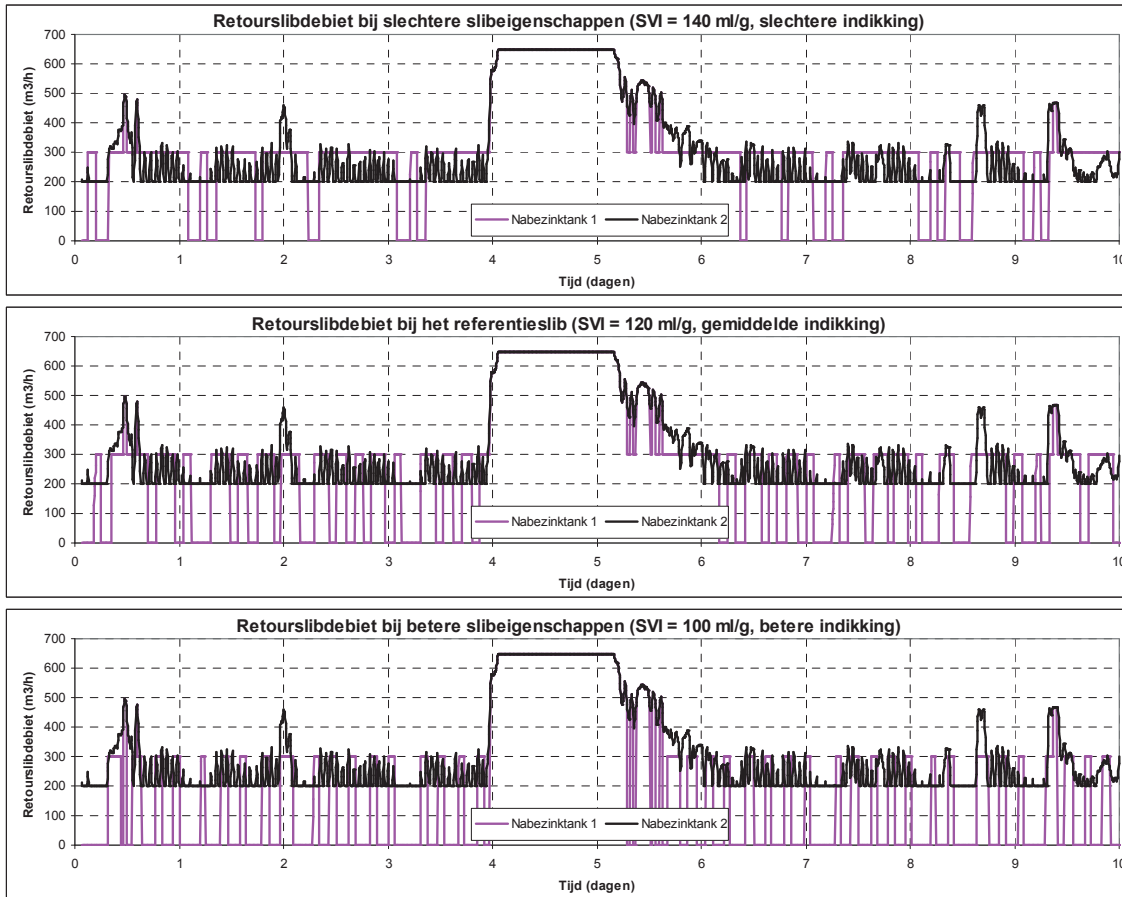
Bij RWA treedt een sterke stijging van de slibdeken op bij verslechtering van de slibeigenschappen. Het slib dikt minder goed in waardoor het retourlibgehalte lager is. Het slib bezinkt ook minder goed waardoor de slibdeken nog verder toeneemt. Het gevolg is een daling van het slibgehalte in de beluchtingstank tot 3,15 g/l. Bij dit slibgehalte treedt een evenwichtsituatie op waarbij de slibdeken is toegenomen tot 160 cm, wat overeenkomt (zie Afbeelding 25) met een helderwaterlaag van minder dan een halve meter.

Bij de intermitterende regeling op slibdekenniveau is het beeld bij RWA vergelijkbaar. Zowel het gemiddelde retourlibgehalte als de hoogte van de slibdeken is bij RWA van dezelfde orde grootte. Dit komt doordat bij RWA de intermitterende regeling wordt uitgeschakeld en er wordt overgegaan op dezelfde retourlibverhouding als bij de continue regeling. De verschillen die optreden zijn een gevolg van de toestand van de slibdeken bij aanvang van de RWA-situatie. Daarnaast is bij de slechtere slibeigenschappen de lengte van de RWA-periode te kort om een evenwicht te bereiken (net als bij een hoger slibgehalte, zie Afbeelding 29). Hierdoor kunnen ook verschillen ontstaan tussen de verschillende berekeningen.

Bij DWA is het verschil wel aanzienlijk, zowel wat betreft het retourlibgehalte als de hoogte van de slibdeken. De slibdeken varieert tussen 25 en 45 cm, aangezien de regeling hierop is ingesteld. Hoe beter het slib indikt hoe langer de retourlibpomp uit bedrijf is, zoals is weergegeven in Afbeelding 30. In de periodes dat de pomp uit staat dikt het slib vervolgens nog verder in, waardoor de verschillen in retourlibgehalte bij DWA tussen de verschillende situaties groot zijn.

Het verschil in energieverbruik is dientengevolge ook groot. Bij het slechtere slib wordt ongeveer evenveel slib verpompt als met de continue regeling, waardoor de energiewinst maar 2% is. Met het betere slib staat de pomp veel langer uit en is de energiewinst 40%.

AFBEELDING 30 REGELGEDRAG VAN DE RETOURLIBPOMP BIJ VERSCHILLENDE SLIBEIGENSCHAPPEN



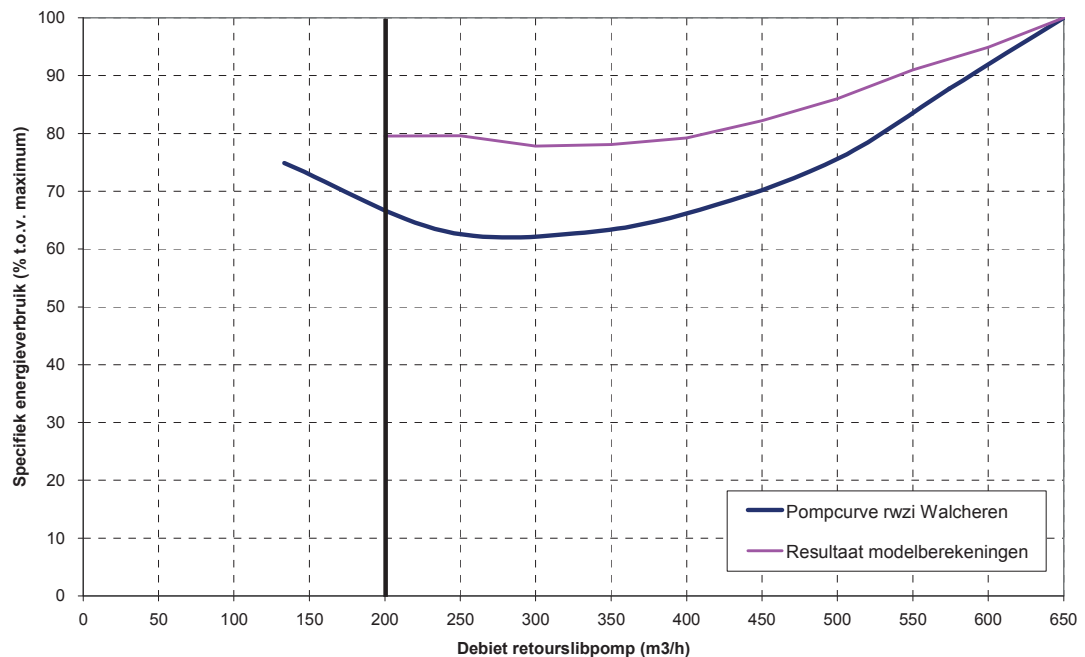
### 8.3.6 GEVOELIGHEIDSANALYSE OPTIMAAL POMPDEBIET

Op de rwzi Walcheren wordt bij de instelling van de intermitterende retourslibregeling het energetisch optimale werkpunt van de pomp gekozen (zie Afbeelding 10). Dit houdt in dat bij DWA de pomp op 27 Hz wordt bedreven. Op basis van de energiecurve van de rwzi Walcheren is een curve afgeleid voor de retourslibpomp van de in het model gebruikte retourslibpomp. Deze curve is weergegeven in Afbeelding 31. Hierbij is de relatieve verlaging van het specifieke energieverbruik weergegeven ten opzichte van het maximale debiet. Het verpompen bij 300 m<sup>3</sup>/h vraagt per m<sup>3</sup> slechts iets meer dan 60% van de energie dan bij 650 m<sup>3</sup>/h.

Op basis van deze energiecurve is voor verschillende ingestelde retourslibdebieten (het debiet waarop de retourslibpomp wordt ingeschakeld bij intermitterend bedrijf) het energieverbruik over de 10-daagse periode berekend. Hierbij is uitgegaan van de intermitterende slibdekenregeling met de schakelpunten 25 en 45 cm. In Afbeelding 31 is ook het resultaat van de modelberekeningen weergegeven. Omdat dit het energieverbruik over 10 dagen betreft, inclusief RWA-periodes waarbij de pomp maximaal draait, is de werkelijke energiebesparing lager dan volgens de pompcurve. Door het optimale pompdebiet te kiezen (circa 300 m<sup>3</sup>/h) kan een extra energiebesparing van circa 22% worden bereikt. Deze besparing komt bovenop de besparing ten gevolge van de intermitterende regeling, en komt overeen met de energiebesparing die op de rwzi Walcheren wordt bereikt (zie paragraaf 4.4.2).



AFBEELDING 31 GEVOELIGHEIDSANALYSE OPTIMAAL POMPDEBIET



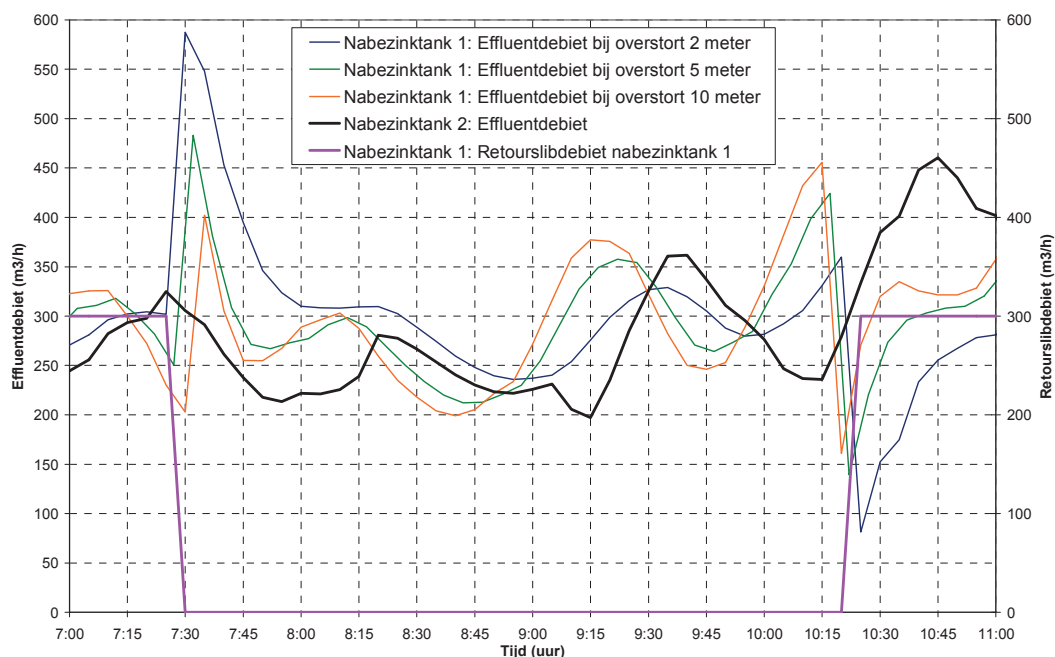
### 8.3.7 GEVOELIGHEID OVERSTORTLENGTE

Het schakelen van het retourslibdebiet beïnvloedt direct het hydraulische gedrag in de nabezinktank. Op het moment dat de retourslibpomp geheel wordt uitgeschakeld blijft het toevoerdebiet naar de nabezinktank in eerste instantie gelijk. Het toevoerdebiet is namelijk direct afhankelijk van het waterniveau in de beluchtingstank en dit wijzigt niet onmiddellijk. Na het uitzetten van de retourslibpomp gaat zich een nieuw evenwicht instellen en zal het toevoerdebiet naar de nabezinktank afnemen. De snelheid waarmee het nieuwe evenwicht zich instelt is onder andere afhankelijk van de lengte van de overstortgoot in de beluchtingstank.

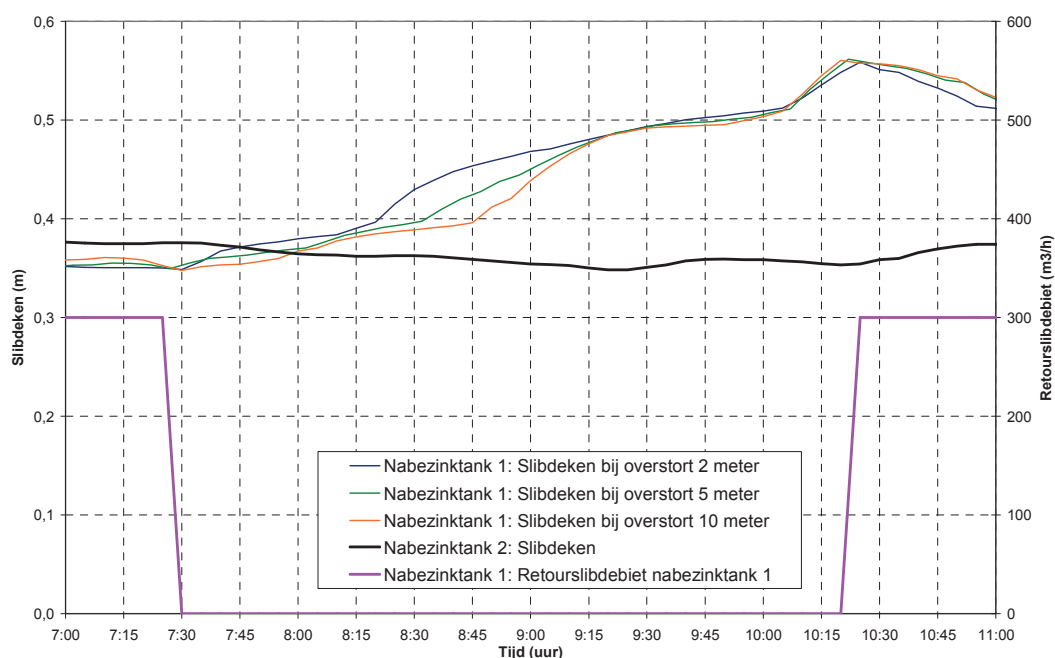
Dit fenomeen is voor de standaard rwzi berekend voor verschillende overstortlengtes. Het resultaat hiervan is grafisch weergegeven in Afbeelding 32). Hieruit valt op te maken dat na het uitschakelen van de retourslibpomp een significante verhoging van het effluentdebiet optreedt. De toename van het effluentdebiet en de duur hiervan neemt toe naarmate de lengte van de overstortgoot kleiner is. Bij het inschakelen van de retourslibpomp treedt het tegengestelde effect op, waardoor het effluentdebiet tijdelijk sterk daalt.

Hoewel de relatieve toename van het effluentdebiet groot is, is de toename in absolute zin niet groot. Zoals blijkt uit Afbeelding 33 is het effect op de stijging van de slibdeken gering. De slibdeken stijgt bij een kleinere overlaat met enkele centimeters meer dan bij een langere overlaat. Op het moment dat de pomp aan wordt geschakeld is dit verschil alweer opgeheven. Gezien het feit dat de intermitterende procesregeling alleen bij DWA plaatsvindt, zal het fenomeen daarom over het algemeen niet tot problemen leiden.

AFBEELDING 32 HET VERLOOP VAN HET EFFLUENTDEBIET BIJ VERSCHILLENDE OVERSTORTLENGTES



AFBEELDING 33 HET VERLOOP VAN DE SLIBDEKENHOOGTE BIJ VERSCHILLENDE OVERSTORTLENGTES



## 8.4 GEVOELIGHEIDSANALYSE RETOURSLIBREGELINGEN

### 8.4.1 INLEIDING

Het in paragraaf 8.2 beschreven massabalans model is gebruikt om de werking en de gevoeligheid van de verschillende retourslibregelingen met elkaar te vergelijken. Net als in de vorige paragraaf is hierbij telkens nabezinktank 1 met de intermitterende regeling uitgevoerd en is de retourslibpomp van nabezinktank 2 op basis van een retourslibverhouding van 0,67 geregeld.

Voor de verschillende intermitterende regelingen zijn in paragraaf 8.4.2 allereerst de instellingen gezocht die een vergelijkbaar resultaat geven ten opzichte van de intermitterende regeling op slibdeken (25 cm / 45 cm), zoals beschreven in paragraaf 8.3.2. Op basis van deze ingestelde regelingen is vervolgens voor elke regeling de gevoeligheid voor veranderende slibeigenschappen onderzocht (zie paragraaf 8.4.3). In paragraaf 8.4.4 is aangegeven hoe de retourlibregeling van invloed zijn op de slibverblijftijd in de nabezinktanks. Dit in verband met mogelijk fosfaatafgifte bij een te lange verblijftijd, zoals gerapporteerd op de rwzi Arnhem-Zuid. De gevoeligheid van de massabalansregeling voor afwijkingen in de drogestofmetingen is in paragraaf 8.4.5 beschreven. In paragraaf 8.5 zijn de conclusies van de gevoeligheidsanalyses weergegeven.

#### 8.4.2 INSTELLING INTERMITTERENDE REGELINGEN

Voor de vier retourlibregelingen (zie paragraaf 8.2.4) zijn berekeningen uitgevoerd bij verschillende instellingen. Op basis hiervan zijn de instellingen gekozen die tot vergelijkbaar gedrag van het slib in de nabezinktank leiden. Als uitgangspunt is de slibdekenregeling uit paragraaf 8.3.2 genomen. De resultaten van de verschillende berekeningen zijn samengevat weergegeven in Tabel 21. De resultaten van de berekeningen zijn grafisch weergegeven in bijlage 2.

Het retourlibdebiet is voor alle regelingen gelijk. Doordat de frequentie waarmee de retourlibpomp door de regeling aan en uit wordt gestuurd niet gelijk is, zijn ook de retourlibgehaltenes en de hoogte van de slibdeken niet altijd gelijk. Het energieverbruik van alle regelingen is vergelijkbaar en is 19% lager dan met de continue regeling.

TABEL 21 OVERZICHT RESULTATEN MODELBEREKENINGEN MET VERSCHILLENDE PROCESREGELINGEN

Regeling	Instellingen		Debiet [m <sup>3</sup> /h]	Retourlib		Slibdeken	Energie
	AAN	UIT		bij DWA	bij RWA	bij DWA	Verbruik [kWh/10d]
				[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[cm]	
Tijdlok	60 min.	40 min.	248	10,4	9,2	39	1.321
Slibdeken	45 cm	25 cm	249	11,6	9,3	45	1.327
Influentdebiet <sup>1)</sup>	300 m <sup>3</sup>	50 m <sup>3</sup>	248	11,4	9,2	43	1.321
Massabalans	5.000 kg	2.500 kg	250	12,6	9,7	48	1.331

1) bij een ingestelde retourlibverhouding bij DWA van 0,55

#### 8.4.3 SLIBEIGENSCHAPPEN

Voor de vier verschillende intermitterende retourlibregelingen is de gevoeligheid onderzocht voor wijzigingen van de slibeigenschappen en het slibgehalte. Hiervoor zijn de in Tabel 21 getoonde regelinstellingen als uitgangspunt genomen. Bij deze instellingen vertonen alle regelingen een vergelijkbaar gedrag. De gevoeligheid is in Tabel 22 getoond voor een verbetering van de slibeigenschappen en een verslechtering van de slibeigenschappen. Hierbij zijn de slibeigenschappen uit Tabel 16 aangehouden, waarbij een referentieslib (SVI 120 ml/g, gemiddelde indikking), een beter slib (SVI 90 ml/g, snellere bezinking en betere indikking) en een slechter slib (SVI 140 ml/g, minder snelle bezinking en minder goede indikking) zijn gedefinieerd. Daarnaast is bij de verslechterde slibeigenschappen ook nog eens het slibgehalte verhoogd van 4,0 naar 4,5 kg/m<sup>3</sup>.

Een deel van de resultaten in Tabel 22 komt overeen met die uit Tabel 20, waarbij de gevoeligheid voor de slibeigenschappen voor de continue en de intermitterende slibdekenregeling is getoond.

De tijdsklokregeling heeft een vaste instelling en gebruikt geen procesinformatie (influentdebiet of drogestofgehalte) in de aansturing van de retourslibpomp. Deze regeling wordt ingeregeld op basis van het referentieslib, maar als de procesomstandigheden wijzigen bestaat het risico dat de slibdeken te veel stijgt. Hetzelfde geldt voor de intermitterende influentdebietregeling, die met een vaste retourslibverhouding werkt. De intermitterende slibdekenregeling en de intermitterende massabalansregeling houden wel rekening met gewijzigde slibeigenschappen doordat de slibdeken of het slibgehalte in de beluchtingstank en het retourslib wordt gemeten en meegenomen in de regeling.

Het gevolg hiervan is dat het energieverbruik van de tijdsklokregeling en de intermitterende influentdebietregeling onafhankelijk is van de slibeigenschappen. Het energieverbruik van de intermitterende slibdekenregeling en de intermitterende massabalansregeling neemt toe naarmate de slibeigenschappen verslechteren. Dit betekent ook dat indien de slibeigenschappen verbeteren, het energieverbruik daalt.

Opvallend aan de resultaten van de modelberekeningen is dat de stijging van de slibdeken bij RWA voor alle regelingen vergelijkbaar is. Bij het slechtere slib neemt de dekenhoogte toe tot 150 tot 170 cm, wat erg hoog is. Indien ook nog het slibgehalte wordt verhoogd neemt de slibdeken zelfs toe tot bijna het niveau van de waterspiegel.

De slibdeken bij DWA is wel afhankelijk van de gekozen regeling en de slibeigenschappen. Bij de intermitterende slibdekenregeling varieert de slibdeken uiteraard tussen de ingestelde schakelpunten (25 en 45 cm). Bij de andere regelingen varieert de slibdeken bij DWA tussen 20-30 cm bij het betere slib tot 40-50 cm bij het slechtere slib. De variaties zijn relatief groot maar in absolute zin varieert de slibdeken slechts met enkele tientallen centimeters. Hierbij blijft de slibdeken altijd ruim aan de veilige kant. Dit is mede te danken aan het feit dat bij intermitterend bedrijf van de retourslibpompen het slib verder indikt dan bij continue slibonttrekking.

Op basis van de modelberekeningen kan worden geconcludeerd dat de gevoeligheid voor variaties in de slibeigenschappen relatief gering zijn. De variaties in de slibeigenschappen die in het model zijn doorgerekend zijn aanzienlijk, zoals blijkt uit de sterke stijging van de slibdeken bij RWA. Bij DWA hebben deze slibeigenschappen veel minder invloed op de stijging van de slibdeken.

TABEL 22 GEVOELIGHEIDSANALYSE SLIBEIGENSCHAPPEN

Slibkwaliteit	Hoogte slibdeken (maximaal)		Slibgehalte aeratie tank	Retourlibgehalte		Energieverbruik	
	bij DWA	bij RWA		bij DWA	bij RWA	Absoluut	Relatief
[-]	[cm]	[cm]	[g/l]	[g/l]	[g/l]	[kWh/10 d]	[%]
<i>Continue regeling</i>							
Beter	13	29	3,86	8,9	9,8	1.633	0
<b>Referentie</b>	<b>27</b>	<b>74</b>	<b>3,63</b>	<b>8,8</b>	<b>9,2</b>	<b>1.633</b>	<b>0</b>
Slechter	40	160	3,15	8,8	8,0	1.633	0
Slechter (4,5)	47	194	3,40	9,9	8,7	1.633	0
<i>Intermitterende Tijdlokregeling</i>							
Beter	26	30	3,91	10,6	9,9	1.321	- 19
Referentie	39	77	3,64	10,4	9,2	1.321	- 19
Slechter	52	157	3,20	10,3	8,3	1.321	- 19
Slechter (4,5)	60	193	3,46	11,5	9,0	1.321	- 19
<i>Intermitterende Slibdekenregeling</i>							
Beter	45	33	3,97	16,3	10,1	985	- 40
Referentie	45	84	3,66	11,6	9,3	1.327	- 19
Slechter	45	173	3,16	9,3	8,0	1.607	- 2
Slechter (4,5)	45	197	3,47	9,5	9,0	1.706	+ 4
<i>Intermitterende Influentdebitregeling</i>							
Beter	30	29	3,88	11,8	9,8	1.321	- 19
Referentie	43	74	3,63	11,4	9,2	1.321	- 19
Slechter	54	153	3,19	11,2	8,2	1.321	- 19
Slechter (4,5)	60	188	3,45	12,4	8,9	1.321	- 19
<i>Intermitterende Massabalansregeling</i>							
Beter	39	33	3,98	15,3	10,1	1.070	- 34
Referentie	48	61	3,83	12,6	9,7	1.331	- 18
Slechter	54	172	3,16	10,7	8,0	1.535	- 6
Slechter (4,5)	54	197	3,47	10,7	9,0	1.702	+ 4

#### 8.4.4 GEVOELIGHEIDSANALYSE SLIBVERBLIJFTIJD

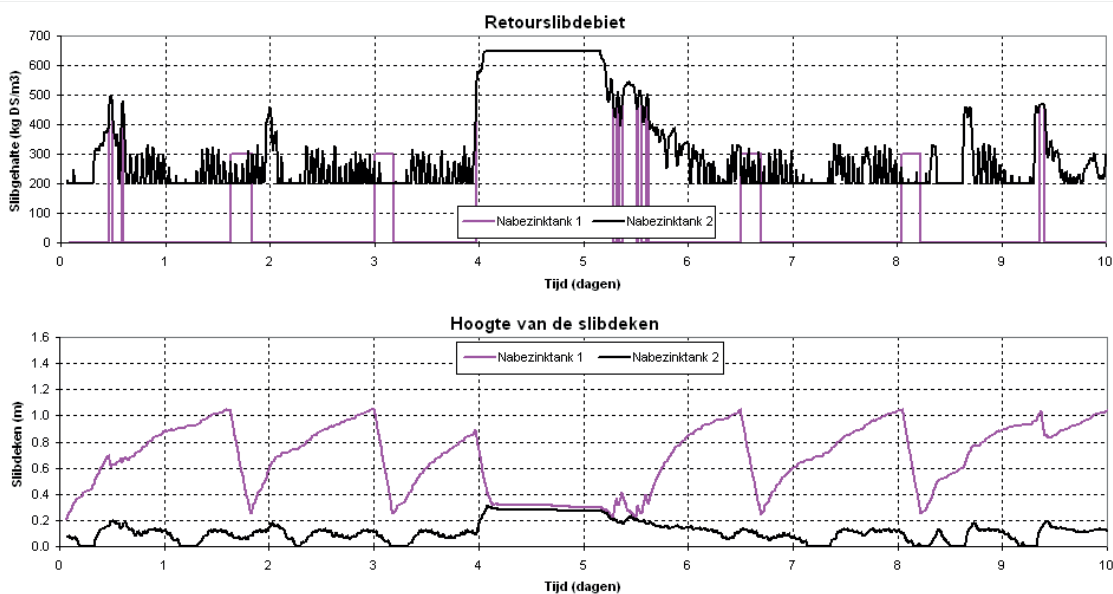
Op de rwzi Arnhem-Zuid is tijdens het testen van de retourlibregeling fosfaatafgifte opgetreden (zie paragraaf 5.4.2). Dit was het gevolg van het feit dat het slib langer dan 24 uur in de nabezinktank verbleef voordat het naar de beluchtingstank werd teruggepompt. In Tabel 23 is een overzicht gegeven van de slibverblijftijd voor een aantal verschillende instellingen van de slibdekenregeling. Hierbij is weergegeven hoe lang de retourlibpomp maximaal uit staat en wat de gemiddelde en maximale slibverblijftijd in de nabezinktank is.

TABEL 23 SLIBVERBLIJFTIJD BIJ VERSCHILLENDE PROCESINSTELLINGEN VAN DE SLIBDEKENREGELING

Regeling	Instellingen		Pomp UIT (uur)	Slibverblijftijd bij DWA (uur)	
	AAN	UIT	maximaal	Gemiddeld	maximaal
Continu	Retourslibverhouding = 0,67		0	0,8	1,2
Slibdeken	45 cm	25 cm	5	1,6	8
	55 cm	25 cm	7	2,2	10
	70 cm	25 cm	10	3,4	12
	85 cm	25 cm	14	4,8	27
	105 cm	25 cm	24	9,2	36

Naarmate de toegestane slibdeken hoger wordt neemt de tijd dat de pomp uit blijft staan toe. Bij een slibdeken van 105 cm (100 cm onder de waterspiegel) staat de pomp maximaal een dag uit. De werkelijke slibverblijftijd (laatste kolom in Afbeelding 34) is op dat moment nog langer (36 uur) aangezien het ook nog een tijd duurt voordat het slib ook verpompt is.

AFBEELDING 34 RETOURLIBPOMPDEBIET EN SLIBDEKENHOOGTE BIJ 105/25 CM REGELING EN BETER SLIB



Indien de slibeigenschappen beter zijn dan volgens het ontwerp neemt de pompfrequentie nog verder af. Indien een slibdekenregeling op 105 / 25 cm wordt toegepast neemt de tijd dat de pomp uit kan staan toe tot circa 30 uur. Deze situatie is weergegeven in Afbeelding 34 en is enigszins vergelijkbaar met de in Afbeelding 16 getoonde situatie op de rwzi Arnhem-Zuid.

In paragraaf 8.4.3 is de gevoeligheid van de slibeigenschappen beschreven. De slibeigenschappen en de keuze van de regeling hebben invloed op de slibverblijftijd in de nabezinktank. Dit effect is weergegeven in Tabel 24. De slibverblijftijd in de nabezinktank neemt bij enkele regelingen (continu, tijdsklok en influentdebiet) toe bij verslechterende slibeigenschappen. Dit komt doordat het retourslibgehalte afneemt en de slibdeken toeneemt.

TABEL 24 SLIBVERBLIJFTIJD (UUR) BIJ VERSCHILLENDE PROCESREGELINGEN EN SLIBEIGENSCHAPPEN

Regeling	Beter slib	Referentie slib	Slechter slib	Slechter slib + hoger slibgehalte
<i>Gemiddelde slibverblijftijd bij DWA</i>				
Continu	0,6	0,8	1,1	1,3
Tijdklokregeling	1,0	1,4	1,8	2,0
Slibdekenregeling	2,7	1,6	1,2	1,1
Influentdebietregeling	1,2	1,6	2,0	2,2
Massabalansregeling	2,2	2,0	1,8	1,5
<i>Maximale slibverblijftijd bij DWA</i>				
Continu	0,8	1,2	2,2	2,8
Tijdklokregeling	1,9	2,6	3,4	3,8
Slibdekenregeling	12	8,4	4,4	5,0
Influentdebietregeling	4,0	5,2	6,4	7,2
Massabalansregeling	6,9	7,5	6,3	5,2

Bij de intermitterende slibdekenregeling neemt de slibverblijftijd in de nabezinktank juist af bij verslechterende slibeigenschappen. De slibdeken blijft gelijk maar het gemiddelde slibgehalte in de slibdeken neemt af. Hierdoor wordt de hoeveelheid slib in de nabezinktank en daarmee de verblijftijd verlaagd.

Bij de intermitterende massabalansregeling is de slibverblijftijd in de nabezinktank min of meer onafhankelijk van de slibeigenschappen. De regeling tracht de hoeveelheid slib in de nabezinktank te controleren en stuurt hiermee dus ook de slibverblijftijd.

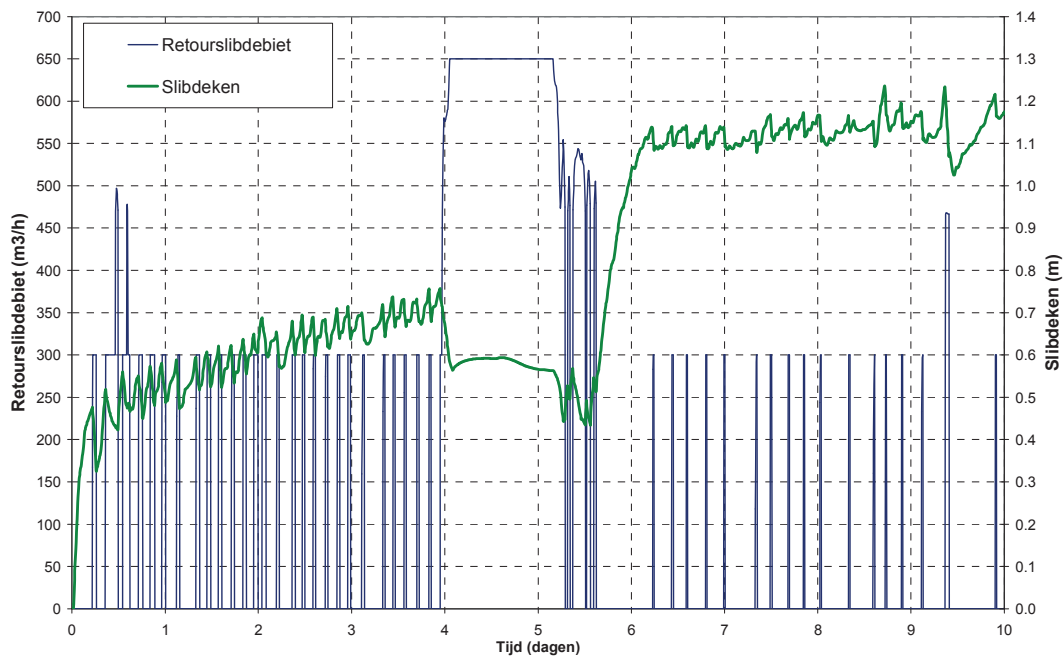
#### 8.4.5 GEVOELIGHEIDSANALYSE MASSABALANSREGELING

Indien in de retourlibregeling gebruik wordt gemaakt van een on-line drogestofmeting, kan dit een risico opleveren. De drogestofmeting kan in storing raken. Hiermee is echter vaak in de regeling wel rekening gehouden door bijvoorbeeld terug te vallen op een vaste retour-slibverhouding. Een constante afwijking is echter minder goed te constateren en kan, indien hiervoor geen maatregelen zijn ingebouwd, in de massabalansregeling tot een afwijking in het regelgedrag leiden.

Deze gevoeligheid is onderzocht door een afwijking van 5% op de drogestofmeting in de beluchtingstank te simuleren. De drogestofmeter meet een drogestofgehalte dat 5% lager is dan in werkelijkheid. Hierdoor klopt de massabalans niet meer en wordt er geleidelijk meer slib in de nabezinktank gebufferd. Het gevolg is een stijging van de slibdeken zoals weergegeven in Afbeelding 35. De slibdeken stijgt binnen 10 dagen met 80 cm waarbij het slibgehalte in de beluchtingstank daalt van 4 g/l naar minder dan 2 g/l. Meer dan de helft van de slibmassa ligt hierdoor in de nabezinktank.

Indien een drogestofmeter wordt toegepast in een intermitterende massabalansregeling dient te worden voorkomen dat een afwijking in één van de drogestofmetingen tot een dergelijk effect leidt. Op de rwzi Goedereede wordt hiertoe de regeling regelmatig automatisch gereset. Een andere mogelijkheid is om op basis van een slibspiegelmeter de slibdeken en daarmee de regeling te controleren en indien nodig bij te sturen.

AFBEELDING 35 GEVOELIGHEIDSANALYSE AFWIJING DROGESTOFMETING AERATJETANK (5%)



## 8.5 CONCLUSIES

Op basis van de modelberekeningen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Door de introductie van een intermitterende retourslibregeling neemt de totale slibhoeveelheid in het systeem (beluchtingstank + nabezinktank(s)) toe. Dit leidt bij RWA tot een hogere slibdeken in de nabezinktank. Hiermee dient rekening gehouden te worden, bijvoorbeeld bij de instelling van het drogestofgehalte in de beluchtingstank of de instelling van de retourslibregeling. .
- Het introduceren van een intermitterende retourslibregeling op een rwzi zal over het algemeen tot een grotere energiebesparing leiden naarmate de RWA/DWA-verhouding groter is.
- Door het uit- en aanschakelen van de retourslibpomp zullen relatief grote fluctuaties in het effluentdebiet kunnen optreden. De grootte van de fluctuaties is afhankelijk van het aantal nabezinktanks, en de lengte van de overstortrand van de beluchtingstank. Het effect op de slibdekenhoogte is echter beperkt. Gezien het feit dat de intermitterende procesregeling alleen bij DWA plaatsvindt, zal het fenomeen daarom over het algemeen niet tot problemen leiden.
- De gevoeligheid van de slibopbouw in de nabezinktank voor variaties in de slibeigenschappen is relatief gering. Hoewel de invloed bij RWA groot is, zijn de consequenties bij DWA niet groot. Aangezien de intermitterende regeling vooral bij DWA zal worden toegepast, zullen variaties in de slibeigenschappen over het algemeen niet tot problemen leiden.
- De slibeigenschappen, de keuze van de intermitterende retourslibregeling en de instelling hiervan hebben grote invloed op de slibverblijftijd in de nabezinktank. Opvallend hierbij is dat de slibverblijftijd bij enkele regelingen (continu, tijd klok en influentdebiet) toeneemt bij verslechterende slibeigenschappen, en bij andere (slibdeken, massabalans) afneemt.
- Door het optimale pompdebiet te kiezen kan een extra energiebesparing worden bereikt, bovenop de besparing ten gevolge van de intermitterende regeling. De resultaten van de modelberekeningen komen net als de metingen op de rwzi Walcheren tot een extra energiebesparing van ruim 20%.



- Indien een massaregeling gebruik maakt van drogestofmetingen (b.v. beluchtingstank en/of retourslib) dient rekening te worden gehouden met de invloed van een mogelijke constante afwijking in de meting.

Voor alle gemodelleerde regelingen geldt dat ze gebaseerd zijn op één regelprincipe. In de praktijk wordt er vaak voor gekozen om in de regeling een vangnet in te bouwen voor ongewenst lange wachttijden of voor mogelijke storingen in de meetapparatuur (b.v. slibniveau-meting). Op deze wijze kunnen bepaalde nadelen of risico's van regelingen worden vermindert.

In het algemeen kan worden gesteld dat de potentiële energiebesparing 20 tot 40% bedraagt van het energieverbruik van het retourslibgemaal. Dit komt overeen met de gerapporteerde energiebesparingen uit de beschreven praktijkcases (zie Tabel 25 in het volgende hoofdstuk).

# 9

## EVALUATIE

### 9.1 INLEIDING

In dit rapport is omschreven op welke wijze er in Nederland wordt gewerkt aan energiezuinig retourlib. Hierbij valt op dat er bij veel waterschappen aandacht is voor dit aspect en er op veel rwzi's ook al daadwerkelijk mee gewerkt wordt. Op basis van de beschreven praktijkcases en de overige informatie wordt een aantal aspecten en aandachtspunten in dit hoofdstuk nader beschouwd.

### 9.2 ENERGIEBESPARING

De energiebesparing in het verpompen van het retourlib die op de verschillende rwzi's wordt bereikt is samengevat weergegeven in Tabel 25. Op basis hiervan kan worden gesteld dat de besparingspotentie (uiteraard afhankelijk van de specifieke situatie) 1,5 tot 3% van het totale energieverbruik van de rwzi bedraagt. Op de rwzi Goedereede is de energiebesparing opvallend groot. Dit is een gevolg van de relatief veilige dimensionering en ongunstige procesomstandigheden (laag slibgehalte in de beluchtingstank).

TABEL 25 ENERGIEBESPARING RETOURLIB OP DE VERSCHILLENDE RWZI'S

RWZI	Energieverbruik			Energiebesparing	
	Retourlib	RWZI totaal	Aandeel RS	Retourlib	RWZI totaal
	[kWh/i.e. <sub>verwijderd</sub> ]		[%]	[%]	[%]
Gemiddeld	0,9 - 1,8 <sup>1)</sup>	29,9	3 - 6	-	
Walcheren	1,6	19,1	8,5	36	3,0
Arnhem-Zuid	1,0	24,0	4,0	35	1,4
Goedereede	4,3	35,7	12	60	7,6
Nijmegen	1,6	27,2	5,8	40	2,4
Kralingseveer <sup>2)</sup>	2,8	41,6	6,7	30 - 35	2,2

1) Theoretische berekening, zie paragraaf 2.5

2) Zie artikel in de Neerslag [ref.10]

Op basis van Tabel 25 kan worden geconcludeerd dat gemiddeld 30 tot 40% kan worden bespaard op het energieverbruik van het retourlibgemaal. Dit leidt tot een energiebesparing op de rwzi van gemiddeld 2 tot 3%. Afhankelijk van de Ausgangssituatie kan de besparing lager of hoger uitvallen.

Tegen relatief geringe kosten (ordegrootte € 10.000 - €20.000 per nabezinktank) kan de procesregeling zodanig worden geoptimaliseerd dat een absolute energiebesparing van 0,5 tot meer dan 1 kWh/i.e.<sub>verwijderd</sub> mogelijk is. Dit komt overeen met een terugverdientijd van enkele jaren. Uiteraard geldt voor deze beschouwing dat het om gemiddelde waarden gaat en dat het per rwzi sterk kan verschillen.

Hierbij dient te worden aangetekend dat de netto-winst lager kan zijn dan berekend. Het optimaliseren van de retourlibregeling kan ook leiden tot toename van het energieverbruik in andere procesonderdelen. Als voorbeeld kan de interne recirculatie worden genoemd. Doordat via het retourlibgemaal minder nitraat wordt gecirculeerd kan het nodig zijn om dit te compenseren met de interne recirculatiepomp.

Het optimaliseren van de retourlibregeling kan in bepaalde gevallen ook tot energiebesparing in andere procesonderdelen leiden. Op de rwzi Goedereede leidt de aanpassing ook tot een aanzienlijke energiebesparing in de slibontwatering (zie paragraaf 6.4.3).

### 9.3 FOSFAATAFGIFTE

Zoals beschreven in paragraaf 5.4.2 is tijdens het onderzoek op de rwzi Arnhem-Zuid fosfaat-afgifte in de nabezinktank waargenomen. Dit aspect is ook tijdens de STOWA workshop als belangrijk risico genoemd (paragraaf 2.6). Dit aspect speelt alleen een rol in rwzi's met biologische fosfaatverwijdering.

De afgifte van fosfaat zoals dat in de nabezinktanks kan plaatsvinden wordt "secondary release" genoemd. De definitie hiervan is fosfaatafgifte door de bacteriën die niet is gerelateerd aan de intercellulaire energieopslag [ref. 11]. Dit betekent dat fosfaat door de bio-P bacterie wordt afgegeven terwijl hiervoor geen interne reservestof wordt opgeslagen. Hierdoor verliest de bio-P bacterie de potentie om op een ander moment weer fosfaat op te slaan. Het effect van secondary release in de nabezinktank op de effluentkwaliteit kan zijn:

- Een directe verslechtering van de effluentkwaliteit doordat het afgegeven fosfaat ontsnapt uit de slibdeken en via het effluent wordt afgevoerd;
- Een indirecte verslechtering van de effluentkwaliteit doordat via het retourlib een extra fosfaatvracht naar de beluchtingstank wordt teruggevoerd die vervolgens door de verlaagde bio-P potentie van het actiefslib niet biologisch kan worden verwijderd.

Het optreden van fosfaatafgifte in de nabezinktank is van verschillende factoren afhankelijk. Dit betreft o.a. de slibverblijftijd (in de nabezinktank), het zuurstofgehalte, het nitraatgehalte en de slibleeftijd [ref. 12]. Fosfaatafgifte treedt pas op nadat het nog aanwezige zuurstof en nitraat uit het slib is verwijderd en anaërobe omstandigheden zijn ontstaan. Dit proces verloopt sneller naarmate de slibleeftijd lager is. Het verlagen van de slibverblijftijd in de nabezinktank wordt echter als de belangrijkste factor gezien om het risico op fosfaatafgifte te verminderen. In de literatuur [ref. 12 en 13] wordt gesteld dat fosfaatafgifte kan optreden na enkele uren (> 2-3 uur) verblijftijd. De gerapporteerde fosfaatafgifte bedraagt hierbij enkele tienden tot 1 mg/l. In een recent Fins artikel wordt fosfaatafgifte in de nabezinktank beschreven bij een slibverblijftijd boven de 4 uur [ref. 14].

Door intermitterend retourlib te pompen wordt per definitie de gemiddelde verblijftijd van het slib in de nabezinktank vergroot. Zoals blijkt uit de modelberekeningen (zie paragraaf 8.4.4) kan de slibverblijftijd hierbij toenemen tot aanzienlijk hogere waarden dan de in de literatuur gerapporteerde kritische verblijftijden van 2 tot 4 uur. Toepassing van een intermitterende retourlibregeling zal al gauw leiden tot een verhoging van de gemiddelde slibverblijftijd van 1-2 uur naar groter dan 2 uur. Afhankelijk van het type regeling en de instelling daarvan kan het voorkomen dat de slibverblijftijd nog veel langer wordt (5 tot 10 uur).

Het verdient daarom aanbeveling om nader onderzoek uit te voeren naar de volgende aspecten:

- onder welke omstandigheden vindt P-afgifte in de nabezinktank plaats. Mogelijke factoren die een rol spelen zijn: de slibverblijftijd, de slibbelasting/slibleeftijd, het nitraatgehalte, het zuurstofgehalte en de diepte van de nabezinktank;
- onder welke omstandigheden leidt dit tot een directe verslechtering van de effluentkwaliteit;
- onder welke omstandigheden en in welke mate leidt dit tot een verlaging van de biologische fosfaatverwijderingscapaciteit.

#### 9.4 SLIBINDIKKING

De mate waarin het slib in de nabezinktank kan indikken bepaalt (mede) het retourlibgehalte. Volgens de ontwerprichtlijnen kan het retourlibgehalte worden berekend als functie van de SVI ( $DS_{RS} = 1.200 / SVI$ ). Zowel op de rwzi Walcheren als op de rwzi Arnhem-Zuid lijkt deze benadering redelijk overeen te komen met (enkele) praktijkmetingen bij *continue* retourlibonttrekking. Bij het toepassen van *intermitterende* retourlibonttrekking worden op beide rwzi's echter (beduidend) hogere retourlibgehaltenes gemeten, tot wel 20 kg DS/m<sup>3</sup> bij een SVI rond de 100 ml/g. Het retourlibgehalte is hier dus circa 50 tot 80% dikker dan volgens de theorie (gebaseerd op continu onttrekking). Ook op andere rwzi's waar met intermitterende regelingen wordt gewerkt is dit fenomeen opgemerkt (zie bijlage 1). Bij intermitterend pompen wordt de slibverblijftijd in de nabezinktank kunstmatig lang gehouden en gaat de nabezinktank meer als een slibindikker functioneren.

In Tabel 26 is een overzicht gegeven van de retourlibgehaltenes die op de verschillende rwzi's met intermitterende retourlibregelingen zijn gemeten. Het in de praktijk gemeten retourlibgehalte bij intermitterend bedrijf is 20 tot 50% hoger dan op basis van de formule wordt berekend.

TABEL 26 RETOURLIBGEHALTE BIJ INTERMITTERENDE RETOURLIBREGELINGEN

RWZI / Waterschap	SVI [ml/g]	Retourlibgehalte bij DWA	
		Theorie (1.200 / SVI)	Intermitterend bedrijf
RWZI Walcheren	95 - 100	12 - 12,5	17 - 17,5
RWZI Arnhem-Zuid	70 - 75	16 - 17	19,5 - 21
RWZI Goedereede	150	8	10 - 12
RWZI Kralingseveer	110	11	15 - 15,5
WS Noorderzijlvest	80	15	20 - 25

#### 9.5 INTERMITTERENDE REGELING

Zoals aangegeven in paragraaf 3.3 kan energiebesparing in het retourlibgemaal op verschillende manieren plaatsvinden. De belangrijkste wijze is het intermitterend verpompen van het retourlib bij DWA. Hiervoor zijn vijf verschillende methoden genoemd. Deze methoden, en de wijze waarop deze in het algemeen worden toegepast, zijn weergegeven in Tabel 27.

TABEL 27

OVERZICHT VAN DE 5 TYPEN INTERMITTERENDE RETOURLIBREGELINGEN

Nr.	Omschrijving	Tijdsinterval berekend op basis van
1	Tijdklok	Vaste waarden AAN / UIT
2	Influentdebiet	Influentdebiet en retourlibfactor
3	Effluentdebiet	Effluentdebiet en retourlibfactor
4	Massabalans	Influentdebiet en drogestofmetingen (beluchtingstank, retourlib)
5	Slibdeken	Slibniveau schakelpunten

Bij het regelen van het retourlib op debiet wordt meestal het influentdebiet genomen. Het regelen op effluentdebiet is niet aan te bevelen aangezien de effluentdebietmeting direct wordt beïnvloedt door het schakelen van het retourlibgemaal. Bij afschakelen van het retourlib neemt het effluentdebiet tijdelijk (sterk) toe en bij het inschakelen neemt het effluentdebiet tijdelijk af (zie modelberekening in Afbeelding 32). Het risico bestaat dan dat de procesregeling onstabiel wordt. Een test op de rwzi Kaffeberg door WBL heeft dit aangetoond (zie bijlage 1).

Een intermitterende retourlibregeling op influentdebiet heeft als risico dat de ingestelde retourlibfactor te laag is. Hierdoor kan een ongewenste stijging van de slibdeken bij DWA optreden. Het bewaken van het proces door het toepassen van een slibspiegelmeting in één of meerdere nabezinktanks, zoals gebeurt bij Waterschap Reest en Wieden (zie bijlage 1), kan dit risico ondervangen.

Het regelen op slibdeken is beproefd op de rwzi Arnhem-Zuid (zie hoofdstuk 5) en de rwzi Kralingseveer [ref. 10]. Op de rwzi Arnhem-Zuid is gebleken dat het alleen op slibniveau regelen kan leiden tot (onbewust) lange uitschakelperiodes die leiden tot lange slibverblijftijden in de nabezinktanks. Dit heeft als risico dat ongewenste effecten kunnen optreden zoals fosfaatafgifte (rwzi Arnhem-Zuid) of mogelijk slibopdriving door denitrificatie in de slibdeken. Op de rwzi Kralingseveer is eveneens een test uitgevoerd met het regelen op slibdeken. Hierbij is er voor gekozen om een vangnet in de regeling in te bouwen door middel van een tijdklok. Hierbij wordt de retourlibvijzel automatisch ingeschakeld als deze langer dan 2,5 uur uit staat.

Op zowel Arnhem-Zuid als Kralingseveer is de ervaring met het toepassen van slibspiegelmeeters positief. De meetsensoren zijn betrouwbare en stabiel gebleken. Toch is het aan te bevelen om een veiligheid in de procesregeling in te bouwen voor het geval de slibspiegelmeter niet goed functioneert. De gevolgen van een foute of defecte meting kunnen groot zijn. Het kan leiden tot te veel slibbuffering in de nabezinktanks of zelfs tot slibuitspoeling.

De procesregeling van de rwzi Kralingseveer lijkt een goed voorbeeld te zijn van een regeling die gebruik maakt van de directe meting van de slibdeken en de zekerheid van een tijdklokregeling.

# 10

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 10.1 CONCLUSIES

De belangrijkste conclusies die op basis van de inventarisatie kunnen worden getrokken zijn weergegeven in de volgende paragrafen.

#### 10.1.1 RETOURLIBREGELINGEN

De meest eenvoudige wijze om energie te besparen is het sturen van de retourslibpompen of vijzels op basis van actuele procesgegevens, zoals drogestofgehalte en SVI. In de praktijk wordt de retourslibverhouding nog vaak (conservatief) ingesteld op basis van de ontwerpgegevens. Deze optimalisatie is alleen mogelijk indien in de huidige situatie het onderste bereik van de retourslibpompen of vijzels nog niet wordt benut. Op de rwzi Nijmegen is deze optimalisatie doorgevoerd en is tevens de ondergrens van de retourslibvijzels verlaagd van 40% naar circa 15%. Deze aanpassing is alleen mogelijk indien vijzels worden toegepast. Omdat het rendement van een vijzel relatief ongevoelig is voor het toerental kunnen vijzels over het algemeen verder worden teruggetoerd.

De meest toegepaste en effectiefste methode om energie te besparen is door de retourslibpompen of vijzels bij lage aanvoer intermitterend te bedienen. Dit kan op verschillende manieren die allemaal (indien goed ingesteld en geregeld) tot een vergelijkbaar resultaat leiden. Het meest eenvoudig en goedkoop is een tijdklokregeling. Hiermee kan op simpele wijze al relatief veel energie worden bespaard zonder dat dit tot problemen hoeft te leiden. De regeling houdt geen rekening met gewijzigde omstandigheden (b.v. verslechtering van de slibeigenschappen), waardoor de slibdeken bij DWA zou kunnen stijgen. Een enigszins veilige instelling van de tijdklok is aan te bevelen.

Door de informatie van het proces zo goed mogelijk te gebruiken in de regeling kan de regeling optimaal functioneren en kan het beste resultaat worden behaald. Hiervoor lijkt de regeling op slibspiegel het meest geschikt. Deze regeling houdt wel rekening met gewijzigde slibeigenschappen waardoor meer retourslib verpompt zal worden indien dit nodig is. Dit houdt tevens in dat indien de slibeigenschappen verbeteren de slibpompen minder vaak in bedrijf gaan, waardoor meer energie kan worden bespaard.

Bij toepassing van de massabalansregeling dient er voor te worden gewaakt dat de regeling op drift raakt door een afwijking in de drogestofmeting. Voor elk type regeling geldt dat een vangnet / bewaking is aan te bevelen. Hiermee kan worden voorkomen dat de slibdeken te hoog wordt of dat de slibverblijftijd in de nabezinktank te lang wordt. Voor de regeling op slibspiegelniveau kan dit bijvoorbeeld een tijdklokregeling zijn (zoals in Kralingseveer).

### 10.1.2 ENERGIEBESPARING

Op basis van de beschreven praktijkcases wordt geconcludeerd dat een significante energiebesparing mogelijk is bij het verpompen van retourslib. Afhankelijk van de uitgangssituatie en de systeemconfiguratie wordt een besparing van 30 tot 40% bereikt (met zelfs een uitschieter naar 60%). Dit leidt tot een verlaging van het energieverbruik op de rwzi van 1,5 tot 3%.

Er zijn verschillende maatregelen die kunnen leiden tot energiebesparing van het retourslib-gemaal. Bij het onderzoeken van de mogelijkheden kan de volgende volgorde worden aangehouden:

- Het verlagen van het retourslibdebiet door te gaan regelen op basis van de actuele procesgegevens;
- Het verlagen van het retourslibdebiet door het onderste bereik van de retourslibvijzel te verlagen (geldt alleen voor retourslibvijzels);
- Het verlagen van het retourslibdebiet door intermitterend bedrijf van het retourslib-gemaal;
- Het verlagen van het energieverbruik door de retourslibpomp op de optimale frequentie te laten draaien (geldt alleen in het geval van retourslibpompen).

De werkelijke energiebesparing is afhankelijk van de specifieke situatie. Hierbij dient ook het effect op andere processen te worden beschouwd. Zo is er een aantal processen die mogelijk meer (b.v. interne recirculatie) en een aantal die mogelijk minder energie (b.v. slibverwerking) zullen gaan verbruiken.

### 10.1.3 RISICO'S EN AANDACHTSPUNTEN

Tijdens de STOWA-workshop “energiezuinig retourslib” zijn risico's en aandachtspunten bij het toepassen van een intermitterende retourslibregeling genoemd (zie paragraaf 2.6). Op basis van de ervaringen in de praktijk en de uitgevoerde modelberekeningen is over een aantal aandachtspunten meer duidelijkheid gekomen.

#### **FOSFAATAFGIFTE IN DE NABEZINKTANK (SECONDARY RELEASE)**

Doordat het slib gemiddeld langer in de nabezinktank verblijft, bestaat op rwzi's met biologische fosfaatverwijdering het risico op fosfaatafgifte in de nabezinktank. Dit kan leiden tot een indirecte of een directe verslechtering van de effluentkwaliteit. Tijdens het onderzoek op de rwzi Arnhem-Zuid (zie paragraaf 5.4.2) is een directe verslechtering waargenomen onder extreme omstandigheden (slibverblijftijd in de nabezinktank van langer dan een dag). Op basis van een globale literatuurrecherche kan worden aangenomen dat bij een slibverblijftijd langer dan 2 tot 4 uur de kans op fosfaatafgifte gaat toenemen. De slibverblijftijd bij een continue retourslibregeling zal over het algemeen korter zijn. Uit de modelberekeningen blijkt dat een dergelijke slibverblijftijd bij een intermitterende retourslibregeling wel makkelijk kan optreden. Hiermee dient bij de opzet en de instelling van de retourslibregeling rekening gehouden te worden, bijvoorbeeld door een maximale uitschakeltijd in te stellen. Aanbevolen wordt om dit aspect nader te onderzoeken (zie paragraaf 10.2).

#### **SLIBINDIKKING IN DE NABEZINKTANK**

Doordat de retourslibpomp regelmatig uit staat in een intermitterende regeling, gaat de nabezinktank meer als indikker fungeren. Hierdoor neemt de hoeveelheid slib in de nabezinktank en het retourslibgehalte toe. Uit de praktijkmetingen blijkt dat het retourslibgehalte 20 tot 50% hoger is dan bij continue retourslibonttrekking. De totale hoeveelheid te verpompen

retourslib neemt hierdoor af. Dit kan tot besparingen in de slibverwerking leiden. De verregaande indikking brengt echter ook een aantal risico's met zich mee:

- Verstopping van leidingen. Op de rwzi Goedereede bestaat het risico dat de retourslibleiding verstopt bij een te hoog slibgehalte. Om dit te voorkomen is in de retourslibregeling een veiligheid ingebouwd waardoor de pomp bij een maximum retourslibgehalte in bedrijf gaat. Uit de andere praktijkcases zijn geen negatieve consequenties van een verhoogd retourslibgehalte gebleken.
- Lange slibverblijftijd in de nabezinktank. Indien de retourslibregeling plaatsvindt op basis van een slibdekenregeling kan het voorkomen dat het slib zo goed indikt dat het heel lang duurt voordat de retourslibpomp wordt aangestuurd. Op de rwzi Arnhem-Zuid heeft dit tot fosfaatafgifte geleid. Bij het Waterschap Noorderzijlvest is de ervaring dat bij een laag slibgehalte in de beluchtingstank het kan gebeuren dat de retourslibpompen bijna nooit meer aangaan en dat een groot deel van het slib in de nabezinktank komt te liggen (zie bijlage 1).

### OPPERVLAKTEBELASTING / VERDELING NABEZINKTANKS

Bij het toepassen van intermitterend bedrijf van de retourslibpompen (of vijzels) op rwzi's met meerdere nabezinktanks, dient de regeling van de verschillende pompen (of vijzels) goed op elkaar te worden afgestemd. Hierbij spelen twee aspecten een rol:

- Indien één retourslibgemaal wordt stilgezet zal de betreffende nabezinktank tijdelijk zwaarder worden belast. Het retourslib van de andere nabezinktanks zal de betreffende nabezinktank extra belasten. Zolang dit voor alle nabezinktanks in dezelfde mate gebeurt, en de pompen niet te lang uitstaan, zal dit geen probleem opleveren.
- Indien alle retourslibgemalen tegelijkertijd worden stilgezet leidt dit tot een sterke toename van de oppervlaktebelasting van alle tanks. Zoals beschreven in paragraaf 8.3.7 hoeft dit bij DWA geen probleem op te leveren. Voor andere processen op de rwzi (spuislibonttrekking, belasting van de selector / anaërobe tank) is een dergelijke werkwijze niet wenselijk.

Indien de intermitterende retourslibregeling slechts op een deel van de nabezinktanks wordt toegepast (bijvoorbeeld tijdens een testperiode) dient ervoor te worden gewaakt dat de nabezinktank niet wordt leeggetrokken. Bij lage aanvoer kan het voorkomen dat er meer retourslib uit de betreffende tank wordt onttrokken dan dat er aan debiet wordt toegevoerd. Dit fenomeen is o.a. op de rwzi Goedereede waargenomen zonder grote gevolgen. Op de rwzi Arnhem-Zuid is echter de slibspiegelmeter droog komen te hangen waardoor de retourslibpomp niet meer werd uitgeschakeld.

#### 10.1.4 ONTWERPASPECTEN

Er zijn verschillende ontwerprichtlijnen voor de berekening van het retourslibdebiet (zie paragraaf 2.2). De berekening van het retourslibgehalte is hierbij afhankelijk van de SVI. De berekening van het retourslibgehalte varieert van  $875 / SVI$  (ATV-131, ref. 3) tot  $1.200 / SVI$  (STORA, 1981, ref. 1). Op basis van de praktijkervaringen beschreven in dit rapport wordt aanbevolen de STORA-richtlijn ( $1.200 / SVI$ ) te hanteren. Deze richtlijn biedt voldoende zekerheid bij RWA en voorkomt dat de retourslibcapaciteit bij DWA veel te hoog wordt.

Bij het ontwerp van een pomp wordt vaak de maximale capaciteit als uitgangspunt genomen, waardoor het bereik in het onderste gebied wordt beperkt. Aanbevolen wordt om bij de keuze van een retourslibpomp de optimale keuze te maken voor de nominale capaciteit. Indien het regelbereik onvoldoende is kan worden gekozen voor meerdere pompen (of vijzels) per nabezinktank of intermitterend bedrijf.



## 10.2 AANBEVELINGEN

Het toepassen van een intermitterende retourlibregeling kent een aantal risico's en aandachtspunten (zie paragraaf 10.1.3), waarvan secondary release van fosfaat de belangrijkste is. Het verdient de aanbeveling om dit aspect nader te onderzoeken.

Op basis van de praktijkervaringen en analyses beschreven in dit rapport kan globaal worden afgeleid onder welke omstandigheden een aanpassing van de retourlibregeling interessant kan zijn. Indien aan één of meer voorwaarden uit de onderstaande checklist wordt voldaan kan het interessant zijn met betrekking tot energiebesparing. Uiteraard dient per situatie te worden nagegaan of de kosten (benodigde investeringen) opwegen tegen de baten (energiebesparing).

### AFBEELDING 36 CHECKLIST BESPARINGSPERSPECTIEF ENERGIEZUINIGE RETOURLIBREGELING

#### ONTWERP

- Per nabezinktank is één retourlib pomp of vijzel aanwezig
- De opvoerhoogte van het retourlibgemaal is relatief hoog
- De RWA/DWA verhouding is relatief hoog

#### PROCESCONDITIES

- De rwzi is (hydraulisch) onderbelast
- Het slibgehalte is (vaak) lager dan volgens het ontwerp
- De SVI is (vaak) lager dan volgens het ontwerp
- De fosfaatverwijdering vindt (deels) chemisch plaats
- Het retourlibgemaal draait vaak op minimumcapaciteit

# 11

## REFERENTIES

- [1] Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces – ronde nabezinktanks (ontwerpgegevens en bedrijfservaring)  
STORA, Rapport 1981-11
- [2] Optimalisatie van ronde nabezinktanks deel II;  
Ontwerp, richtlijnen en toepassing van het nabezinktankmodel  
STOWA, Rapport 2002-23
- [3] Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen  
ATV-DVWK-Regelwerk A-131, Mei 2000
- [4] Beheersing van lichtslib bij de behandeling van stedelijk afvalwater met biologische nutriënten-  
verwijdering  
STOWA, Rapport 2001-02
- [5] Quick scan inventarisatie achtergronden energiezuinige beluchting rwzi's  
STOWA, Rapport 2009-W-07
- [6] Energiezuinige retourslibregeling  
Marc Augustijn, Neerslag 2010/VI, p.33-36
- [7] Sturing van het slibretourdebiet op basis van het slibniveau in de nabezinktank. Beschrijving van  
pilotstudie op rwzi Arnhem-Zuid en aanbeveling ten aanzien van uitrolmogelijkheid.  
Waterschap Rivierenland, augustus 2010 (*interne notitie*)
- [8] Modelling and simulation of compressive gravity thickening of activated sludge  
Vaccari, David A., and Christopher G. Uchrin, J. Environ. Sci. Health A24 (6): 645-674, 1989
- [9] A dynamic model of the clarification-thickening process.  
Takács, I., C.G. Patry, and D. Nolasco. Water Research 25 (10): 1263-1271, 1991
- [10] Slibretourregeling met behulp van slibspiegelmeting  
Marcel van Hees en Alex Sengers, Neerslag 2010/VI, p.19-24
- [11] Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal  
Edited by: C.W Randall, J.L. Barnard and H.D. Stensel  
Water quality management library, volume 5, Technomic Publication Co. Inc., 1992
- [12] Handboek biologische fosfaatverwijdering  
STOWA, Rapport 2001-15
- [13] Biologische fosfaatverwijdering – Randvoorwaarden voor een goed rendement.  
STOWA, Rapport 1993-03
- [14] Secondary clarifier conditions conducting to secondary phosphorus release in a BNR plant  
Anna Mikola, Jyri Rautianen en Riku Vahala  
Water Science & Technology, volume 60, nr. 9, pp. 2413-2418, 2009



## BIJLAGE 1

# INVENTARISATIE

De waterschappen waar energiebesparingsmaatregelen in de praktijk worden toegepast zijn onderstaand weergegeven (stand van zaken 3<sup>e</sup> kwartaal 2010):

## HOOGHEEMRAADSCHAP DE STICHTSE RIJNLANDEN (HDSR)

- Op 3 rwzi's vindt intermitterend bedrijf van de retourslibpompen/vijzels plaats. Op de rwzi Rhenen gebeurt dit al circa 2 jaar en staan de pompen 3 uur per dag stil (12% energiebesparing). Op de rwzi De Bilt en Zeist is de regeling al wel geïmplementeerd maar nog niet actief. In de komende jaren wordt dit principe uitgerold over de andere 14 rwzi's.
- De retourslibregeling op de rwzi Rhenen vindt plaats op basis van het influentdebiet. Onder een bepaald laag influentdebiet treedt de loop-/wachtijd regeling in werking. De loop- en wachttijden zijn instelbaar. Indien het influentdebiet gedurende een bepaalde tijd boven een debietsetpoint komt (dit setpoint is iets hoger dan het afschakelpunt) wordt de normale regeling weer opgepakt.
- Op de rwzi Bunnik is hevelruiming en wordt dit principe niet toegepast.
- Een aandachtspunt is de relatie met de spuislibonttrekking. Op sommige rwzi's wordt het spuislib uit de retourslibput onttrokken. Het intermitterend bedrijf van de vijzels wordt niet toegestaan tijdens spuislibonttrekking.

## WATERSCHAP SCHELDESTROMEN (WSSS)

- Op de rwzi Walcheren wordt een intermitterend bedrijf van de retourslibpompen getest (zie hoofdstuk 4). Indien dit succesvol verloopt, wordt het uitgerold over andere rwzi's. Het onderzoek richt zich op twee aspecten.
  - De eerste is de zogenaamde fluxoptimalisatie. Hierbij wordt de FO van de retourslibpomp zodanig ingesteld dat deze in het onderste bereik energie-efficiënter werkt. Hierbij dient te worden opgemerkt dat dit niet bij elke FO mogelijk is en dat dit ook kan leiden tot een verlaging van de pompcapaciteit in het bovenste bereik.
  - Het tweede onderzoeksaspect is het intermitterende bedrijf van de retourslibpomp. Het effect hiervan is tweeledig. Enerzijds wordt minder slib verpompt omdat op dit moment bij lage aanvoer te veel retourslib wordt verpompt. Anderzijds wordt de pomp altijd op maximale capaciteit gebruikt, wat het meest energie-efficiënt is. De loop-/wachtijd wordt berekend op basis van het influentdebiet.

## WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA (WSHD)

- Op de rwzi's Goedereede en Ridderkerk vindt bij DWA intermitterende retourslibonttrekking plaats. Het retourslibdebiet wordt hierbij berekend op basis van het drogestofgehalte in de beluchtingstank en het berekende retourslibgehalte (1.200 / SVI).
- Op de rwzi Goedereede vindt een on-line drogestofmeting in de beluchtingstank plaats. De SVI wordt handmatig ingevoerd door de bedrijfsvoerder. Op de rwzi Ridderkerk worden zowel de SVI als het slibgehalte door de bedrijfsvoerder ingevoerd.
- Op de rwzi Goedereede is deze regeling alleen in werking als de slibontwatering in bedrijf is. Het doel van de regeling is om een hoog drogestofgehalte in het retourslib te bewerkstelligen en daarmee het debiet naar de slibontwatering laag te houden.

- Er is altijd minimaal 1 vijzel in bedrijf om de voeding van de selector en de spuislibafvoer zeker te stellen.
- De regeling is projectmatig geverifieerd. Hieruit bleek dat de regeling goed functioneert en de massabalans klopt.
- De implementatie van deze regeling op andere rwzi's is als businesscase uitgewerkt. De energiebesparing in de waterlijn bedraagt 3%.

#### **WATERSCHAP HUNZE & AA'S (WSHA)**

- Op de rwzi Vriescheloo is vanaf medio 2010 een proef uitgevoerd waarbij de retourlibregeling op basis van het slibdekenniveau in de nabezinktank wordt gestuurd. Boven een bepaald niveau treedt de retourlibonttrekking in werking. Vanwege te veel indikking van slib in de nabezinktank is de proef na enkele maanden gestopt.
- De rwzi heeft 1 AT-1NBT en 2 pompen. Bij DWA is het laagste bereik van één pomp te hoog.
- De primaire insteek is niet energiebesparing maar het creëren van een slibdeken bij lage aanvoer.
- Er is nu een regeling op het influentdebiet, waarbij wordt gestuurd op een voortschrijdend influentdebiet. De periode van het berekenen van het voortschrijdend gemiddelde moet per rwzi instelbaar zijn omdat er rwzi's zijn die 24 uur per dag water aanvoer hebben maar ook rwzi's die maar 10 uur per dag aanvoer hebben. Teven is gezien dat bij een te lange pauzetijd fosfaatafgifte plaatsvindt.
- De energiebesparing op de rwzi is circa 2%. Aangezien er geen aparte kWh-meters voor de retourlibpompen zijn is besloten de proef ook uit te voeren op de rwzi Oude Pekela, waar deze wel aanwezig zijn.

#### **WATERSCHAP REGGE EN DINKEL (WSRD)**

- Op de rwzi Almelo-Sumpel worden de retourlibpompen beneden een bepaald minimum influentdebiet intermitterend bedreven. Er zijn vier nabezinktanks. De looptijd bedraagt 15 minuten per nabezinktank. Van elke nabezinktank wordt 15 minuten slib onttrokken en vervolgens 45 minuten niet. Op deze wijze is altijd 1 retourlibvijzel in bedrijf.
- Op de rwzi Oldenzaal is een soortgelijke regeling.

#### **WATERSCHAP RIVIERENLAND (WSRL)**

- Op één van de nabezinktanks van de rwzi Nijmegen wordt een retourlibregeling op basis van de formule  $1200 / SVI$  getest (zie hoofdstuk 7). De actuele SVI wordt handmatig ingegeven. De slibspiegelmeter wordt als bewaking gebruikt. Daarnaast is het onderste bereik van de FO van de retourlibvijzels verlaagd van 40 naar 15%. Dit alles leidt tot een aanzienlijke verlaging van het retourlibdebiet bij DWA, een verhoging van het retourlibgehalte en een vermindering van het spuislibdebiet. Er wordt geen verhoging van de slibdeken waargenomen, maar dit kan te maken hebben met de plaats van de slibspiegelmeter.
- Op rwzi Arnhem-Zuid wordt op één van de nabezinktanks een retourlibregeling op basis van de slibspiegelmeting getest (zie hoofdstuk 5). Bij DWA wordt de retourlibvijzel afgeschakeld bij een laag slibniveau (30 cm) en aangeschakeld bij een hoog slibniveau (50 cm). Vooralsnog is het de besparing nihil. Overwogen wordt om de schakelniveaus te verhogen.
- Bij een aantal kleinere rwzi's wordt retourlib bij lage aanvoer intermitterend bedreven.

**WATERSCHAP RIJN EN IJSSEL (WRIJ)**

- Op de rwzi Nieuwgraaf en Olburgen wordt bij DWA intermitterend retourslib verpompt. De aansturing van de intermitterende regeling is een tijdsinstelling.
- Op de rwzi Nieuwgraaf is per straat met 3 nabezinktanks telkens 1 retourslibpomp gedurende 1 uur in bedrijf. Dit betekent dus dat deze daarna 2 uur uit bedrijf is. Als de pomp in bedrijf is wordt deze op een hoger niveau dan het minimum debiet ingesteld (maar niet maximaal), wat energetisch gunstiger is.
- Positieve effecten zijn een zwaardere vlokbelading in de selector en een langere verblijftijd in de selector en anaërobe tank. Er zijn geen negatieve effecten op de stikstofverwijdering waargenomen. De biologische fosfaatverwijdering blijft problematisch op deze rwzi.
- Op de rwzi Olburgen is dezelfde regeling actief. De installatie heeft 1 beluchtingstank en 5 nabezinktanks (2 nieuw, 3 oud). In de regeling zijn 2 van de 5 retourslibpompen in bedrijf. Het verlaagde retourslibdebiet heeft geleid tot een verminderde terugvoer van nitraat naar de anaërobe tank. Als gevolg is de biologische fosfaatverwijdering op gang gekomen.
- De beschreven regeling wordt standaard opgenomen bij nieuwe installaties en is (waarschijnlijk) ook toegepast op rwzi Winterswijk en rwzi Holten.

**WATERSCHAPSBEDRIJF LIMBURG (WBL)**

- Op de rwzi Kaffeberg is een test uitgevoerd met intermitterende regeling van de retourslibpompen. De retourslibregeling vindt plaats op basis van het effluentdebiet. De omschakeling naar intermitterende regeling vindt ook plaats op basis van een bepaald minimum effluentdebiet. Afhankelijk van het effluentdebiet en de minimale capaciteit van de retourslibvijzel wordt de puls-/pauzetijd van de regeling berekend.
- Op basis van deze proef is geconstateerd dat een intermitterende regeling op basis van het effluentdebiet niet mogelijk is. Dit is een gevolg van de hydraulische buffering van de waterlijn.
  - Indien het effluentdebiet 500 m<sup>3</sup>/uur is en de vijzels worden uitgezet dan neemt het effluentdebiet toe tot ca. 1000 m<sup>3</sup>/h. Dit verschijnsel duurt ca. 20 a 30 minuten voordat de situatie weer stabiel is (500 m<sup>3</sup>/h). Na het uitzetten van de vijzels blijft het niveau in de beluchtingstank nog hetzelfde. Dit betekent dat ook de aanvoer naar de nabezinktanks in eerste instantie gelijk blijft.
  - Als vervolgens de vijzels weer worden ingeschakeld zakt het debiet tot 0 m<sup>3</sup>/h om vervolgens zeer geleidelijk weer tot de stabiele situatie van 500 m<sup>3</sup>/h te komen. Ook dit duurt ca. 20 a 30 minuten. Hierbij wordt eerst het niveau in de beluchtingstank verhoogd, voordat het in de effluentdebietmeting merkbaar is.
  - Conclusie: de verstoring op het effluentdebiet is dermate groot dat sturing op hetzelfde effluentdebiet niet mogelijk is.
- Als alternatief wordt een intermitterende regeling op basis van het influentdebiet of de slibspiegel overwogen. Dit zal dan op een andere installatie worden getest omdat deze metingen niet voorhanden zijn op de rwzi Kaffeberg.

**WATERSCHAP AA EN MAAS (WSAM)**

- De retourslibvijzels/pompen worden op alle rwzi's al jarenlang intermitterend bedreven bij lage aanvoer. De intermitterende regeling wordt vervolgens op tijd gestuurd.

**WATERSCHAP DE DOMMEL (WDD)**

- Op de rwzi's Eindhoven en Sint-Oedenrode wordt een loop/wachttijd regeling toegepast. Het retourlibdebiet wordt geregeld op basis van een vaste ratio met het effluentdebiet. Op basis hiervan wordt de loop- en wachttijd berekend.
- Op de rwzi Eindhoven wordt daarnaast een fluxregeling in de FO geactiveerd (net als op de rwzi Walcheren). De komende 2 maanden wordt onderzocht welk effect deze functie heeft. Hierbij wordt per pomp het debiet en het stroomverbruik met en zonder fluxregeling gemonitord. Eenzelfde regeling wordt door WDD ook op een influentgemaal getest.

**HOOGHEEMRAADSCHAP VAN SCHIELAND EN KRIMPENERWAARD (HHSK)**

- De standaard retourlibregeling van HHSK is al anders dan normaal. Bij DWA wordt de vijzel gestuurd op het influentdebiet. Bij RWA wordt echter de retourlibvijzel tijdelijk uitgezet om geforceerd een slibdeken in de nabezinktank op te bouwen. Na een bepaalde tijd wordt de vijzel op lage capaciteit aangezet. Het doel hiervan is om de slibbelasting van de nabezinktanks bij RWA te verlagen.
- Op de rwzi Kralingseveer vindt sinds 2 maanden een test plaats om bij DWA de retourlibvijzel intermitterend te bedienen. Hierbij wordt het aan- en uitschakelen van de vijzel op basis van een slibhoogtemeting gestuurd. In één van de acht nabezinktanks wordt dit nu gedaan en de ervaringen zijn positief.
- Inmiddels is besloten om deze regeling op alle acht nabezinktanks toe te passen. Hiertoe worden alle tanks voorzien van een slibhoogtemeting. HHSK heeft berekend dat de besparing op energie € 25.000 per jaar bedraagt. De investering is naar verwachting een ton.
- Mogelijk dat dezelfde regeling ook op de twee andere rwzi's (Groenedijk en Kortenoord) zal worden geïmplementeerd.

**WATERSCHAP REEST EN WIEDEN (WSRW)**

- Er zijn energiebesparende regelingen op het retourlib op de rwzi's Dieverbrug, Smilde, Meppel en Echten. De retourlibregeling vindt plaats op basis van het influentdebiet (instelbare ratio). Beneden een bepaald debiet wordt overgeschakeld op intermitterend bedrijf. De loop-/wachttijd cyclus is 10 minuten. Voor elke cyclus wordt op basis van het influentdebiet berekend hoeveel minuten de retourlibpompen worden aangeschakeld.
- Op de rwzi Meppel wordt daarnaast een slibspiegelmeting als bewaking toegepast.
- De spuislonttrekking vindt direct uit het retourlibgemaal plaats. Dit betekent dat ook als de pomp/vijzel uit staat het onttrekken van spuislub gewoon doorgang kan vinden.

**WATERSCHAP NOORDERZIJLVEST (WSNZ)**

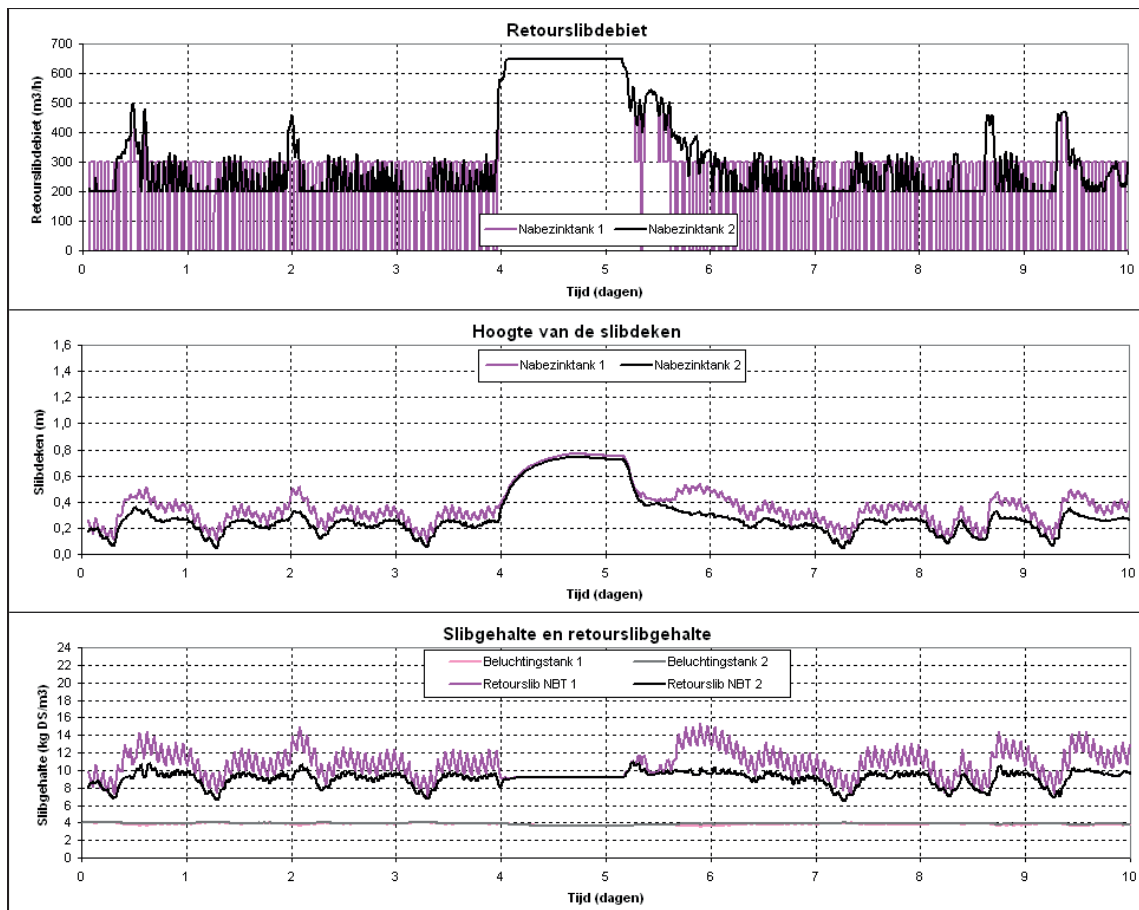
- In 2006 is een standaardregeling op alle rwzi's geïntroduceerd waarbij de retourlibpompen bij lage aanvoer intermitterend worden geregeld. De berekening van het benodigde retourlibdebiet vindt plaats op basis van een massabalans. Tijdens intermitterend bedrijf wordt per kwartier berekend hoeveel minuten de pomp op laagtoeren zal draaien.
- In de massabalans wordt het retourlibgehalte berekend met de formule  $1.200 / \text{SVI}$ . De ervaring van het waterschap is dat deze formule conservatief is en dat in de praktijk aanzienlijk hogere retourlibgehalten worden gemeten (20-25 g/l bij een SVI van 80 ml/g).
- In de zomer wordt het slibgehalte in de beluchtingstanks verlaagd tot soms wel 1,5 g/l. Het gevolg is dat de retourlibvijzels nauwelijks meer actief zijn. In de nabezinktanks vindt een slibindikking met een factor 10 plaats.

BIJLAGE 2

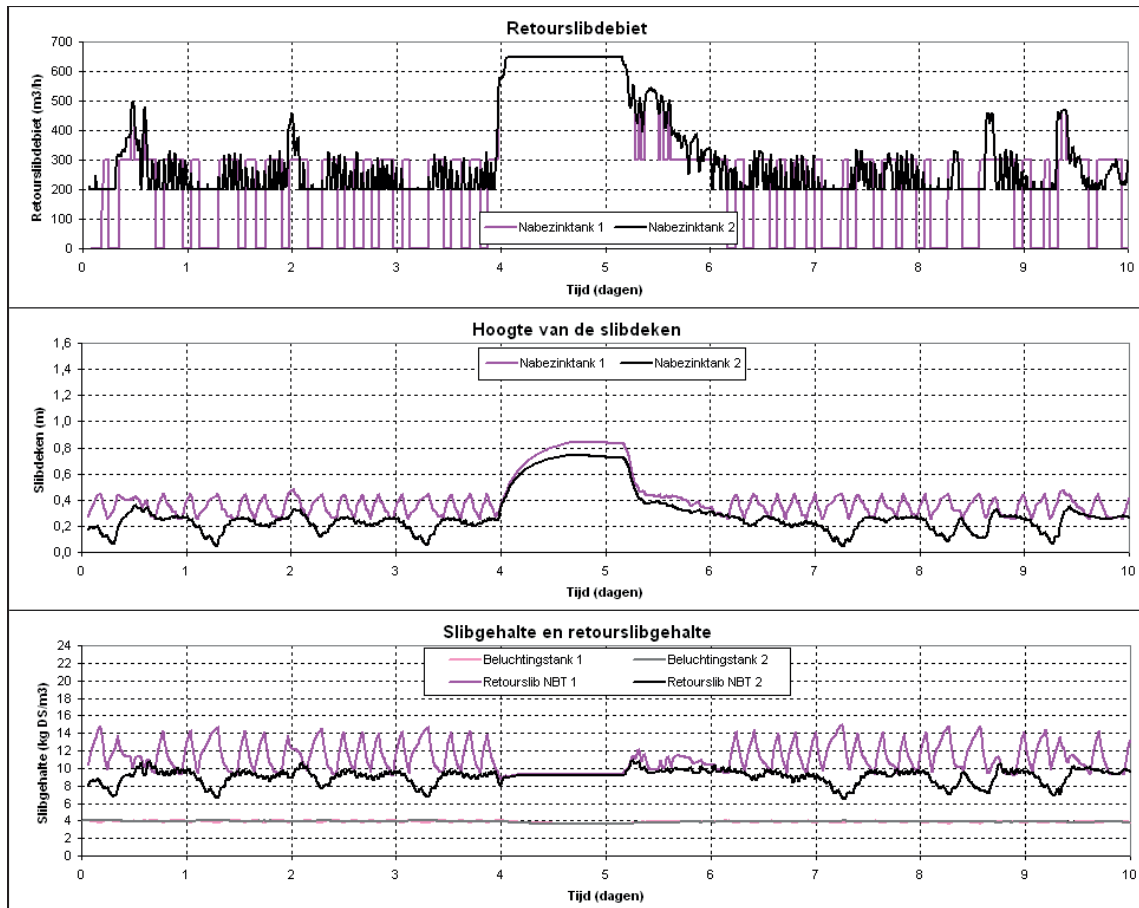
# RESULTATEN VAN DE VACCARI-MODEL BEREKENINGEN



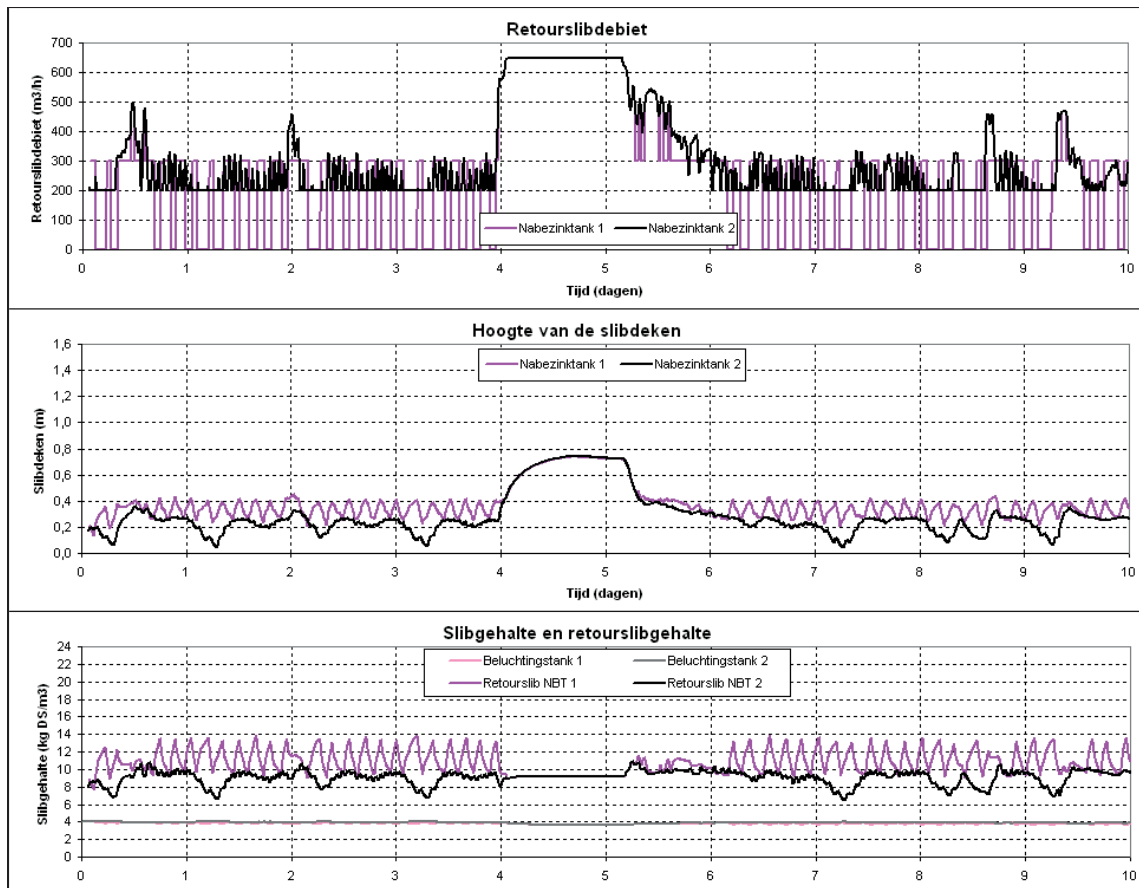
REGELING 1 TIJDKLOKREGELING (AAN = 60 MINUTEN, UIT = 40 MINUTEN)



REGELING 2 SLIBDEKENREGELING (AAN = 45 CM, UIT = 25 CM)



REGELING 3 INFLUENTDEBIETREGELING (RV = 0,55 / AAN = 300 M<sup>3</sup>, UIT = 50 M<sup>3</sup>)



REGELING 4

MASSABALANSREGELING (AAN = 5.000 KG DS, UIT = 2.500 KG DS)

