NN31085.90-05

R90-05

AUTOMATISCHE REGELING VAN HET SLIB-GEHALTE IN BELUCHTINGSTANKS

DBW/RIZA
rijkswaterstaat
dienst binnenwateren/riza

postbus 17, 8200 AA lelystad 03200-70411

stora
stichting toegepast onderzoek
reiniging afvalwater

postbus 80200, 2508 GE den haag 070-512710

e rioolwaterzuiveringsinrichtingen RWZI 2000

projectleiding ... at: postbus 17, 8200 AA Lelystad 03200 - 70467

rwzi 2000

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

AUTOMATISCHE REGELING VAN HET SLIBGEHALTE IN BELUCHTINGSTANKS

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0781 2387

auteur(s):
BKH:
ir. H.L. Dorussen
ir. A.S.M. Witteborg

17 SEP. 1997

RWZI 2000 90-05

Het onderzoek "Toekomstige generatie rioolwaterzuiveringsinrichtingen RWZI 2000" is een samenwerkingsverband van de STORA en Rijkswaterstaat (DBW/RIZA).

VOORWOORD

Een goede beheersing van het drogestofgehalte in beluchtingssystemen is noodzakelijk voor een goede procesvoering van het actief-slibproces. Bij een te hoog drogestofgehalte neemt de kans op slibuitspoeling toe, verslechtert de effluentkwaliteit en neemt het energieverbruik toe. Te lage drogestofgehalten leiden tot onvoldoende zuiveringsresultaat en onvoldoende gestabiliseerd slib. Automatische meting en regeling van het drogestofgehalte, gekoppeld aanslibspui, leidt tot een stabielere procesgang en groter bedieningsgemak.
Het rapport inventariseert de mogelijkheden voor automatische meting en regeling van het drogestofgehalte in beluchtingssystemen en beschrijft praktijkonderzoek op de rwzi Nijmegen naar de randvoorwaarden en gevoeligheden van een automatische slibgehalteregeling.

Het onderzoek werd uitgevoerd door Adviesbureau Bongaerts, Kuyper en Huiswaard B.V. en begeleid door een commissie bestaande uit ir. W.G. Werumeus Buning (voorzitter), ing. H. Geurkink, ing. J.J. Jonk, ir. P.C. Stamperius, M.B.B. van Uden en ing. P.P. Weesendorp. De praktijkexperimenten op de rioolwaterzuiveringsinrichting Nijmegen werden mogelijk gemaakt door het Zuiveringsschap Rivierenland.

De onderzoekresultaten geven aan dat automatische regeling van de slibspui op basis van een constant slibgehalte in de aëratietank de beste perspectieven biedt en automatische regeling goed mogelijk is in kleine, discontinu bemande, actief-slibinstallaties met korte slibleeftijd. De praktijkproeven wijzen op een groter bedieningsgemak, doch niet op een betere effluentkwaliteit of lager energieverbruik ten opzichte van een handgeregelde situatie.

Lelystad, september 1990 Voor de Stuurgroep RWZI-2000

dr. J. de Jong
(voorzitter)

Inhoud

	Voorwoord	
	Inhoud	1 - 2
1	SAMENVATTING	3 - 4
2	INLEIDING	5 - 6
3	MOGELIJKHEDEN VOOR METING EN REGELING VAN HET SLIBGEHALTE	7 - 30
3.1	Aanpak van het inventariserend onderzoek	7 - 8
3.2	Meting van het slibgehalte	8 - 17
3.2.1	*algemeen*	8
3.2.2	*meetprincipes*	9 - 10
3.2.3	*instrumentatie*	10 - 12
3.2.4	*bedrijfservaringen*	13 - 14
3.2.5	*meetresultaten*	14 - 16
3.2.6	*kosten*	16
3.2.7	*evaluatie*	16 - 17
3.3	Fluctuaties van het slibgehalte	17 - 19
3.3.1	*algemeen*	17
3.3.2	*meetresultaten*	17 - 18
3.3.3	*effecten*	18 - 19
3.3.4	*evaluatie*	19
3.4	Regeling van het slibgehalte	19 - 27
3.4.1	*algemeen*	19 - 20
3.4.2	*constant slibgehalte*	21 - 22
3.4.3	*constante slibbelasting*	22 - 23
3.4.4	*constante slibleeftijd*	23 - 25
3.4.5	*invloed van regeling op het actief-slibproces*	25 - 26
3.4.6	*kosten*	26
3.4.7	*evaluatie*	26 - 27
3.5	Evaluatie met betrekking tot de doelgroepen	27 - 29
3.6	Conclusies en aanbevelingen uit inventariserend onderzoek	29
4	PRAKTIJKONDERZOEK AUTOMATISCHE SLIBSPUIREGELING	31 - 46
4.1	Inleiding	31 - 32
4.2	Beschrijving proeflokatie	32
4.3	Beschrijving van de meet- en regelapparatuur	32 - 34
4.4	Resultaten	35 - 45
4.4.1.	*slibconcentratiemeters*	35 - 37
4.4.2.	*karakteristieken van de slibhuishouding*	37 - 39
4.4.3.	*regelstrategie voor automatische regeling*	39 - 41
4.4.4.	*regeling van het slibspuiregiem*	41 - 45
4.4.5.	*bemonsterings- en analyseprogramma*	45

4.5	Conclusies praktijkonderzoek	45 - 46
4.5.1.	*slibconcentratiemeters*	45 - 46
4.5.2.	*slibconcentratiemetingen*	46
4.5.3.	*regeling van het slibgehalte*	46
5	CONCLUSIES	47
6	AANPAK VOOR AUTOMATISCHE REGELING VAN HET SLIBGEHALTE	49 - 51
6.1	Inleiding	49
6.2	Karakteristieken van de slibhuishouding	49
6.3	Regelstrategie	49 - 50
6.4	Evaluatie regelstrategie voor verschillende actief-slibsystemen	50 - 51
6.5	Globale aanpak voor automatische regeling van het slibgehalte	51
7	LITERATUURLIJST	53 - 54

Bijlagen 55 - 92

1. Automatische meting en regeling van het slibgehalte op rwzi's in Nederland (situatie 1989) 57
2. Jaarlijkse kosten van slibconcentratiemeters 59
3. Voorbeelden van het verloop van het actief-slibgehalte in de tijd 61
4. Begrippen en basisschakelingen bij automatische slibregeling 63 - 66
5. Voorbeelden van automatische slibgehalteregeling in Nederland 67 - 68
6. Selectiecriteria voor de proeflokatie 69
7. Gegevens van rwzi Nijmegen 71 - 75
8. Bemonsterings- en analyseschema 77 - 79
9. Grafische presentatie van simulaties 81 - 83
10. Programmatuur ontwikkeld voor de IBM-AT 83 - 92

1 SAMENVATTING

Wanneer in actief-slibsystemen het slibgehalte in de beluchtingstank niet binnen bepaalde grenzen wordt gehouden, kan dit nadelige gevolgen hebben voor de effluentkwaliteit en het energieverbruik.
Op de meeste actief-slibinstallaties in Nederland wordt het slibgehalte zo goed mogelijk constant gehouden door handmatige regeling van de surplusslibonttrekking op basis van periodieke slibgehaltebepalingen in steekmonsters. Het slibgehalte wordt vastgesteld aan de hand van een drogestofbepaling op het laboratorium. Deze bepaling neemt enige uren in beslag en vindt ten hoogste eenmaal per dag plaats. Vanwege deze lage frequentie en de optredende variaties in het slibgehalte bestaan twijfels of op deze wijze een representatief beeld van het slibgehalte wordt verkregen en/of voldoende snel kan worden ingespeeld op wijzigingen in het slibgehalte.
Sedert ruim tien jaar zijn er slibconcentratiemeters op de markt waarmee het slibgehalte continu kan worden gemeten. Hierdoor is automatische meting en regeling van het slibgehalte mogelijk geworden.

Het onderhavige onderzoek had tot doel de haalbaarheid van automatische regeling van het slibgehalte in de beluchtingsruimte van actief-slibsystemen te evalueren en omvatte:

1. Inventarisatie van mogelijkheden voor meting en regeling op basis van literatuuronderzoek en praktijkervaringen.
2. Aantonen van de technische haalbaarheid van automatische regeling in een praktijkonderzoek.

De inventarisatie is uitgevoerd door middel van literatuurrecherche en contacten met leveranciers van apparatuur, buitenlandse instituten en waterkwaliteitbeheerders.
De best toepasbare meetapparatuur voor continue meting van het actief-slibgehalte is gebaseerd op het principe van de extinctiemeting. De afname van de invallende stralingsintensiteit in een gedefinieerd testvolume vormt een maat voor de drogestofconcentratie. Een reproduceerbare en betrouwbare slibconcentratiemeting is mogelijk volgens dit principe, mits de slibsamenstelling niet te sterk fluctueert.
Uit beschikbare registraties van continu gemeten slibconcentraties in beluchtingstanks bleek dat in het slibgehalte aanzienlijke fluctuaties kunnen optreden tot 1 à 2 kg/m^3 onder andere als gevolg van fluctuaties in droogweeraanvoer. Deze fluctuaties kunnen niet worden vastgesteld aan de hand van incidentele handmatige bepalingen van het slibgehalte. Handmatige bepalingen kunnen derhalve leiden tot over/-onderschatting van het feitelijke gemiddelde slibgehalte hetgeen negatieve gevolgen kan hebben voor het zuiveringsresultaat zoals slibuitspoeling en verminderde nitrificatie. Door continue meting wordt een beter inzicht verkregen in de slibhuishouding en wordt een betere procesbeheersing mogelijk.
Continue meting maakt voorts automatische regeling van het slibspuiregiem mogelijk. Hierbij kan worden geregeld op een constant slibgehalte, een constante slibbelasting of een constante slibleeftijd. Automatische spuiregeling op een constant slibgehalte sluit het beste aan op de huidige praktijk van regeling en is het eenvoudigst.

In het praktijkonderzoek is een automatische slibspuiregeling op basis van een constant slibgehalte onderzocht in een laagbelaste actief-slibinstallatie.
Het slibconcentratieverloop in de beluchtingstank bleek sterk gecorreleerd met de aanvoer van afvalwater. De fluctuaties in het slibgehalte bereikten waarden van 1 à 1,5 kg/m^3.
Handmatige regeling op basis van drogestofbepalingen en automatische regeling op basis van continue slibconcentratiemeting zijn vergeleken in twee parallelle, volledig gescheiden doch verder identieke straten.
Als ingangssignaal voor de automatische regeling diende het (over 24 uur) voortschrijdende gemiddelde van de momentane slibconcentratie in de beluchtingstank, waarbij rwa-concentraties buiten beschouwing werden gelaten. Een PI-regeling met een regelfrequentie van tweemaal per dag bleek gelijkwaardig met de handregeling. Bij relatief grote afwijkingen van de slibconcentratie werd door de automatische regeling sneller en nauwkeuriger het setpoint bereikt.
De looptijd van de automatisch geregelde spuipomp varieerde sterker dan de looptijd van de handgeregelde pomp. De praktijkproef gaf niet aan dat de automatische regeling een betere effluentkwaliteit danwel een lager energieverbruik tot gevolg had.
De kosten voor een automatische meting en regeling van het slibgehalte worden geraamd op *f 8.000,-- tot f 11.000,-- per jaar*

2 INLEIDING

Voor het optimaal bedrijven van het actief-slibproces is het van belang het slibgehalte in de beluchtingstank binnen bepaalde grenzen te houden.
Een te hoog drogestofgehalte geeft een verhoogde kans op slibuitspoeling uit de nabezinktank, een slechtere effluentkwaliteit en een te hoog energieverbruik. Een te laag drogestofgehalte leidt tot onvoldoende zuiveringsresultaat, onvoldoende gestabiliseerd slib bij oxydatiesloten en fijn verdeeld, moeilijk bezinkbaar slib.

Als gevolg van normaal optredende wisselingen in de belasting en in omstandigheden zal de slibaanwas in de tijd variëren. Handhaving van een min of meer constant slibgehalte is hierbij mogelijk door regelmatige aanpassing van de snelheid van slibonttrekking.
Op de meeste actief-slibinstallaties in Nederland wordt de surplusslibonttrekking handmatig geregeld op basis van onder meer periodieke slibgehaltebepalingen in steekmonsters.
Als maat voor het slibgehalte in de beluchtingsruimte wordt doorgaans het drogestofgehalte - dit is *het gehalte aan onopgeloste* stoffen - gehanteerd. Uitgevoerd volgens de methode van filtreren van een steekmonster en drogen van de filterrest in een droogstoof betreft het een tijdrovende meting, die snelle regeling onmogelijk maakt. Meting en regeling heeft veelal niet meer dan eenmaal per dag plaats, waardoor geen representatief beeld kan worden verkregen in het geval van korte slibleeftijden.
Sedert ruim tien jaar zijn er instrumenten op de markt voor de continue meting van het slibgehalte in beluchtingstanks. Hierdoor is automatische regeling van het slibgehalte mogelijk geworden, hetgeen voordelen kan bieden voor de volgende doelgroepen:

1. Kleine ultra-laagbelaste actief-slibinstallaties, die meestal onbemand draaien; *meting en regeling maken minder frequent bezoek* en een betere bewaking mogelijk.
2. Laagbelaste actief-slibinstallaties; meting en regeling maken een betere procesbeheersing mogelijk met minder slibuitspoeling en een betere nitrificatie.
3. Hoogbelaste actief-slibinstallaties die vanwege de korte slibleeftijd een frequente bepaling van het slibgehalte behoeven.

Tot nu toe zijn slechts enkele actief-slibinstallaties in Nederland uitgerust met een automatisch regelsysteem voor het slibgehalte in de beluchtingstank.

Het onderzoek heeft tot doel de praktische mogelijkheden voor automatische regeling van het slibgehalte te inventariseren en bij goede perspectieven de meest veelbelovende mogelijkheid te testen onder praktijkomstandigheden.

In een inventarisatie zijn de mogelijkheden voor automatische meting van het slibgehalte beschouwd, waarna is nagegaan in welke mate het slibgehalte in de beluchtingstanks fluctueert en wat hiervan de gevolgen zijn.

De mogelijkheden voor automatische meting en regeling van het slibgehalte zijn geëvalueerd voor de voornoemde doelgroepen. Deze inventarisatie besluit met algemene conclusies en aanbevelingen voor automatische meting en regeling van het slibgehalte en aanbevelingen voor onderzoek op praktijkschaal.
In een praktijkonderzoek zijn de randvoorwaarden en gevoeligheden voor de meest veelbelovende automatische slibgehalteregeling nader onderzocht.

3 MOGELIJKHEDEN VOOR METING EN REGELING VAN HET SLIBGEHALTE

3.1 Aanpak van het inventariserend onderzoek

Informatie over (automatische) slibgehaltemeting en -regeling is op de volgende wijzen verzameld:

1. On-line literatuurrecherche.
2. Literatuurrecherche in de laatste jaargangen van de meest gangbare vaktijdschriften.
3. Contacten met buitenlandse instituten.
4. Informatie bij leveranciers van apparatuur.
5. Informatie bij waterkwaliteitbeheerders.
6. Informatie bij SAMWAT.
   Het bureau SAMWAT - samenwerking op het gebied van onderzoek ten behoeve van het waterbeheer - onderhoudt een bestand van lopend en voorgenomen onderzoek ten behoeve van het waterbeheer in Nederland.

Literatuur

Er is een on-line literatuurrecherche in een cluster van de informatiebestanden Chemical Abstracts, Compendex, Ismec, Enviroline, Pascal en Pollution uitgevoerd met de trefwoorden: "activated sludge, concentration(s), mixed liquor suspended solids, control". Daarnaast is een vergelijkbare recherche uitgevoerd in het informatiebestand Aqualine.
Voorts zijn de laatste twee jaargangen van Journal of Water Pollution Control Federation, Korrespondenz Abwasser, GWF - Wasser/Abwasser, Water Research en H_2O systematisch doorgenomen. Deze handmatige zoekactie werd uitgevoerd om de tijdsvertraging van on-line bestanden (doorgaans 3-6 maanden) te ondervangen. Tevens fungeerde dit als controle op de compleetheid van de resultaten van de on-line recherche.

Contacten met buitenlandse instituten

Verschillende instanties in Canada, Amerika, Engeland en Zweden en West-Duitsland hielden/houden zich bezig met het testen en vergelijken van meet- en regelapparatuur op praktijkschaal, of met het ontwikkelen van regelsystemen.
Vragen naar ervaringen met meet- en regelapparatuur voor de slibgehalteregeling zijn gestuurd naar:

- het Water Research Centre, Engeland;
- het Department of Automatic Control van het Lund Institute of Technology, Lund, Zweden;
- U.S. E.P.A. - Water Engineering Research Laboratory, Cincinnati;
- Environment Canada, Wastewater Technology Centre, Ontario.

Vanuit Canada, Zweden en Engeland zijn reacties ontvangen.

Bij het Emschergenossenschaft - Lippeverband in Duitsland bestaat reeds een jarenlange praktijkervaring op het gebied van de automatische slibgehalteregeling. Tijdens een bezoek aan Schlegel, die enkele publicaties over dit onderwerp op zijn naam heeft staan, zijn deze ervaringen verzameld en geëvalueerd.

Leveranciers van apparatuur

Aan de hand van vakliteratuur voor de bedrijfsvoering van afvalwaterzuiveringsinrichtingen, informatie van de beurs "Het Instrument" van 2-6 mei 1988 in de Jaarbeurs te Utrecht en informatie van waterkwaliteitbeheerders over toegepaste instrumenten voor de (on-line) meting van het slibgehalte is een overzicht verkregen van de meetinstrumenten, die op de Nederlandse markt verkrijgbaar zijn.
Leveranciers zijn benaderd om de mogelijkheden van de instrumenten toe te lichten en referenties van toepassingen te verschaffen.
Tevens is bij bedrijven, die in het produktieproces evenals in het afvalwaterbedrijf, gesuspendeerd organisch materiaal verwerken, nagegaan of en op welke wijze continue meting van het gehalte aan gesuspendeerd materiaal wordt uitgevoerd. Hiervoor zijn produktschappen voor groenten en fruit, bier en zuivel benaderd.

Waterkwaliteitbeheerders

Alle waterkwaliteitbeheerders zijn telefonisch benaderd. Bij dit gesprek heeft een uitgebreide vragenlijst als leidraad gediend. In die gevallen waar relevante informatie voorhanden was, zijn bezoeken afgelegd.

SAMWAT

Navraag bij SAMWAT naar onderzoek, gaande of verwacht, op het gebied van slibgehalteregeling gaf geen relevante informatie.

3.2 Meting van het slibgehalte

3.2.1 *algemeen*

Voor automatische registratie en regeling van het slibgehalte in de beluchtingsruimte moeten de metingen automatisch en continu kunnen worden verricht. Voorwaarden, die aan de meting en de meetapparatuur worden gesteld, zijn:

- reproduceerbare, nauwkeurige meetwaarden;
- robuustheid van apparatuur;
- een grote bedrijfszekerheid en weinig onderhoud.

De kwaliteit van een regeling wordt in belangrijke mate bepaald door de kwaliteit van de metingen.

Het regelmatig in gebreke blijven van meetinstrumenten kan hoge kosten tot gevolg hebben, mede omdat het risico bestaat, dat meetfouten regelprocessen op gang brengen, die niet overeenkomen met de eigenlijke behoeften.
De mogelijkheden van toepassing van automatische regeling hangen dan ook in sterke mate af van de beschikbaarheid van betrouwbare slibgehaltemeters voor on-line toepassing. In deze paragraaf wordt ingegaan op de verschillende bestaande meetmethoden, de in Nederland in de afvalwaterzuiveringspraktijk toegepaste meetinstrumenten en de ervaringen hiermee.

3.2.2 *meetprincipes*

Een gebruikelijke maat voor het actief-slibgehalte is het gehalte aan onopgeloste bestanddelen, bepaald als de droogrest.
Deze meting laat zich, door een opeenvolging van handelingen, moeilijk automatiseren. Daarom wordt gewoonlijk het slibgehalte indirect gemeten, waarbij fysische parameters worden gebruikt, die continu gemeten kunnen worden en die zo goed mogelijk correleren met het slibgehalte.
Bijna alle tot nu toe bekende *slibconcentratiemeters berusten op de* meting van de "extinctie" van een invallende stralingsintensiteit I_o in een gedefinieerd testvolume.
Het intensiteitsverlies als gevolg van verstrooiing, reflectie en absorptie door in de vloeistof aanwezige deeltjes en/of (kleur)-stoffen over een stralingsweglengte kan in het algemeen met behulp van de volgende relatie beschreven worden (de wet van Lambert-Beer).

$$I_d = I_o \cdot e^{(-E.d)}$$

waarin:
I_d = intensiteit van doorvallend licht
I_o = intensiteit van licht bij de bron
E = extinctiecoëfficiënt
d = afstand tot de bron
e = 2,71828

De grootheid E of de extinctiecoëfficiënt is een maat voor de concentratie van in de vloeistof aanwezige stoffen.

Terwijl de verstrooiing van invallende straling alleen door deeltjes in suspensie veroorzaakt wordt, vindt absorptie in het medium niet alleen door deeltjes, maar ook door het suspensiemedium zelf plaats.

In het geval van lichtstraling kan absorptie optreden door de kleur van *het medium*.

Verschillende meetmethoden, die gebruik maken van de verandering van de stralingsintensiteit om het gehalte droge stof te bepalen, zijn:

- optische absorptiemeting of troebelheidsmeting;
- ultrasone absorptiemeting;
- strooilichtmeting;
- dichtheidsmeting met behulp van radio-actieve straling.

Metingen gebaseerd op de strooilichtmethode zijn niet geschikt voor het bepalen van de relatief hoge concentraties vaste stof van actiefslib in de beluchtingsruimte. Gebruik is mogelijk in geval van lage concentraties gesuspendeerd materiaal, zoals bijvoorbeeld voor continue controle van het effluent.

Bepaling van de drogestofconcentratie, waarbij gebruik gemaakt wordt van radio-actieve stralen, is vanwege zowel het proces als de apparatuur alleen geschikt voor ingedikt slib. Zware metalen, zouten en luchtbellen kunnen de meting sterk verstoren. De voorschriften, die gepaard gaan met het werken met radio-actief materiaal zijn beperkend voor de toepassing.

Voor de meting van het gehalte droge stof in actief- en retourslib zijn de absorptiemetingen met licht of geluidgolven bruikbaar gebleken.

In tabel 1 zijn de mogelijkheden van beide typen meetmethoden weergegeven.

Tabel 1. Meetprincipes voor het slibgehalte in de beluchtingsruimte en in het retourslib [1]

	metingen met licht	metingen met ultrasone middelen
geschikt voor	concentraties tot 50 g/l	hogere concentraties van 50 tot 500 g/l
voordelen	- relatief goedkoop - goede bedrijfsresultaten - geen verstoring door opgeloste zouten	- geen verstoring als gevolg van kleur
nadelen	- mogelijk verstoringen door: . vuilafzetting op de sensor . invloed van kleur . externe lichtbronnen . luchtbellen in het medium . invloed slibindex	- analoge transmitter duur - luchtbellen in het te meten monster veroorzaken een aanzienlijke verstoring - vuilafzetting als gevolg van de vormgeving

De oudste indirecte methode om het slibgehalte in de beluchtingsruimte te bepalen is de slibvolumemeting. Met dit slibvolume kan, indien de slibvolume-index bekend is, het slibgehalte bij benadering bepaald worden.
Recentelijk is een automatische slibvolumemeter ontwikkeld die een min of meer continue meting mogelijk maakt [2]. Wijzigingen in het slibvolume zijn rechtevenredig met wijzigingen in de slibvolume-index. Deze methode is dan ook sterk gevoelig voor wijzigingen in de slibvolume-index. Voor zover bekend is deze meter nog niet op de markt gebracht.

In de produktieprocessen van de voedingsmiddelenindustrie en farmaceutische industrie is bij de procesbewaking weinig gebruik gemaakt van de genoemde directe absorptie- of troebelheidsmetingen in het voor het onderhavige onderzoek relevante concentratiegebied.

Enkele van de automatische meetmethoden, die toegepast worden - zoals refractiemeting, viscositeitsbepaling en deeltjestelling met laserstralen - kunnen niet direct voor de slibgehaltemeting toegepast worden, omdat er geen eenduidige relaties bekend zijn tussen het slibgehalte en de brekingsindex, de viscositeit, of het aantal deeltjes.

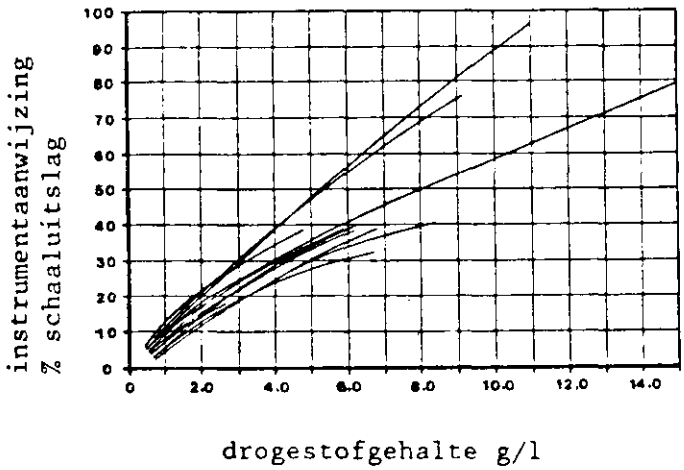
3.2.3 *instrumentatie*

Bijna alle meetinstrumenten, die thans verkrijgbaar zijn voor het meten van het drogestofgehalte in actiefslib zijn optische of ultrasone absorptiemeters.
In tabel 2 zijn de in Nederland verkrijgbare meters opgenomen die bedoeld zijn voor gebruik in de biologische afvalwaterzuiveringspraktijk voor indirecte en/of on-line meting.

Tabel 2. Slibconcentratiemeters voor actiefslib en retourslib

leverancier	producent	model	meetprincipe	meetgebied specificaties (afhankelijk van sensor)
. Brinck, Amersfoort	. Partech	7000M	optisch	0-0,005 g/l tot 0-50 g/l
	. Partech	7000-3RP	optisch	effluentmonitoring
	. Partech	730-3RP	optisch	
. BTG Bonnier Technology Benelux Barendrecht	. Eurcontrol	MEX-2	optisch	0,05-1 g/l 0,2-10 g/l
	. Eurcontrol	MEX-3	optisch	0,4-40 g/l
. H.J. Lubbers Kerk-Avezaath	. Monitek	52 LE	optisch	0,03-100 g/l
	. Nishihara	NEO/NU-PS	ultrasoon	> 3 g/l
. Insitu Instruments	. Optek	concentratiemeter	optisch (alleen doorstroomsensor)	geschikt voor actiefslib
. Persenaire, Bussum	. Krohne	USP 10/USS11 slibniveaumeter	ultrasoon (analoge indicatie niet standaard)	USP 10: 3-100 g/l USS 11: 5- 80 g/l
. Econosto Rotterdam	. Bestobell Mobrey	MSM-40	ultrasoon	5-500 g/l
. Ecolotech Instrument BV Naarden	. Instrumark International	950S	optisch	0-1 g/l tot 0-150 g/l

Bij de meetinstrumenten kunnen veelal meerdere sensoren geleverd worden, die verschillen naar wijze van montage in de installatie (doorstroomde sensor of dompelsensor) en naar weglengte tussen zender en ontvanger van de straling; dit laatste is van invloed op het meetbereik.
De ultrasone methode is qua meetbereik (ruwweg variërend van 3 g/l tot 500 g/l) in het algemeen minder geschikt voor de meting van het slibgehalte in de beluchtingsruimte.
De relatie tussen de doorlatendheid voor straling en de dichtheid van de suspensie is voor beide meetmethoden sterk afhankelijk van de deeltjeseigenschappen. Een algemene omrekening van troebelheidsstandaarden naar werkelijke drogestofgehalten is als gevolg van het grote verschil in deeltjeseigenschappen niet mogelijk.
Het is in alle gevallen noodzakelijk de meetinstrumenten te ijken op basis van drogestofgehaltebepalingen van het te regelen slib. Het belang hiervan wordt aangetoond in figuur 1.
Hier zijn ijkcurven gegeven, die uit een vergelijkend onderzoek van een aantal industriële en stedelijke zuiveringsinrichtingen met één optische procesfotometer verkregen zijn [3]. Verschillende bedrijfsomstandigheden en afvalwaterkwaliteiten leiden tot een verschillende slibhoedanigheid en dientengevolge tot een verschillende relatie tussen absorptie en drogestofgehalte.
Het gevolg hiervan is dat een meetinstrument opnieuw geijkt zal moeten worden, wanneer het ingezet wordt in een andere zuiveringsinrichting of in een andere zuiveringsstraat.



Figuur 1. IJkcurven van een optische procesfotometer voor actiefslib uit verschillende industriële en stedelijke afvalwaterzuiveringsinrichtingen [3]

Doordat zich in de loop van de tijd (b.v. seizoengebonden) veranderingen kunnen voordoen in de hoedanigheid van slib in een beluchtingsruimte, is - naast de initiële ijking en verificatie - periodieke herijking noodzakelijk.

Optische meetinstrumenten zijn gevoelig voor vervuiling. Ultrasone meetinstrumenten zijn hiervoor minder gevoelig. Alleen in het geval de vuilafzetting gepaard gaat met insluiting van luchtbellen of wanneer de vuillaag dermate dik is dat anaerobe omstandigheden en daardoor gasbelontwikkeling optreedt, kan verstoring van de meting verwacht worden.
Door de optische meetinstrumenten wordt verschillend gereageerd op vervuiling: alarmsignaal bij te grote vervuiling (Eurcontrol MEX-2 en MEX-3), automatische correctie van de lichtsterkte van de lichtbron (Eurcontrol MEX-2 en MEX-3) en automatische schoonmaakinrichtingen voor de vensters van lichtzender en ontvanger (extra te leveren bij Monitek-, Eurcontrol en Partech-instrumenten, en standaard voor Optek-instrumenten).
De gevoeligheid van de sensoren voor vervuiling is een factor, waarmee rekening gehouden moet worden bij selectie, installatie, ijking en onderhoud.
De meters moeten zodanig worden geplaatst in de installatie dat eenvoudig schoonmaken zonder procesonderbreking kan plaatsvinden. Dompelsensoren zijn hierbij in het algemeen gemakkelijker te onderhouden dan in leidingen gemonteerde sensoren.

Voorts dient bij de plaatsing van de sensoren rekening gehouden te worden met de mogelijke verstoring van de meting door luchtbellen. Plaatsing van sensoren boven beluchtingselementen moet zoveel mogelijk vermeden worden. Indien dit niet goed mogelijk is, kan door beschermkappen of -schotten de indringing van luchtbellen in de meetcel beperkt worden.

3.2.4 *bedrijfservaringen*

Over ervaringen met ultrasone meters bij de meting van het gehalte van actiefslib is vrijwel niet gepubliceerd. Hoewel ultrasone meters voordelen hebben, zoals ongevoeligheid voor pH, kleur, olie en vet, geen bewegende delen en weinig onderhoud, wordt de ultrasone absorptiemeting in sterke mate verstoord door in het medium aanwezige gas- of luchtbellen. Hierdoor wordt de meter minder geschikt geacht voor de concentratiemeting in actiefslib. Daarnaast zijn de concentraties in actiefslib meestal dermate laag dat de weglengte tussen stralingsbron en ontvanger groter moet zijn dan die in de thans leverbare sensoren wordt toegepast. Aanpassing van de weglengte zal echter leiden tot onpraktisch grote sensoren.
In Nederland is één geval bekend, waarbij een ultrasone meter is toegepast voor meting van een relatief hoog actief-slibgehalte (9 g/l). Hiermee werden echter geen bevredigende meetresultaten verkregen.
Door Furusato [4] is een apparaat beschreven waarmee bellenbevattende vloeistoffen in ongeveer 3 minuten van bellen ontdaan kunnen worden, waarna ultrasone meting plaatsvindt.
De ultrasone meting zelf wordt dus intermitterend uitgevoerd; door echter de laatst gemeten waarde in het microprocessorgeheugen te houden tot deze vervangen wordt door de volgende meting, kan deze meting beschouwd worden als een continue meting. Er zijn alleen metingen aan uitgegist slib beschreven.

Met optische meetinstrumenten is in zowel binnen- als buitenland de meeste ervaring opgedaan. Deze ervaringen zijn echter slechts in beperkte mate op schrift gesteld. Een aantal instrumenten is vrij uitvoerig getest. De bevindingen zijn in testrapporten beschreven [5,6].
Doordat bij deze relatief kortdurende testen de aandacht voor de meting en het meetinstrument groot is in vergelijking met die bij toepassing als hulpmiddel bij de bedrijfsvoering, wordt veelal geen goed beeld verkregen van de minimaal benodigde schoonmaak- en onderhoudsfrequentie en de onderhouds- en storingsgevoeligheid op de langere termijn.
De meeste informatie hierover is verkregen uit gesprekken met bedrijfsvoerders van rioolwaterzuiveringsinrichtingen waar enkele van deze slibconcentratiemeters in bedrijf zijn.
Zowel in Nederland als in Duitsland bestaan voorbeelden, waar reeds tien jaar achtereen met eenzelfde instrument gemeten is.
Een overzicht van de toepassing van meting en automatische regeling van het slibgehalte in beluchtingstanks door de verschillende waterkwaliteitbeheerders in Nederland, is gegeven in bijlage 1.
Onderhoudsprocedures zijn meestal gebaseerd op een combinatie van de aanbevelingen van de fabrikant en de ervaringen van de gebruiker van het meetinstrument.
Het belang van een routinematig onderhouds- en ijkingsprogramma wordt onderstreept door Stephenson et al [5] en in ATV-81 [3].
In Duitsland [3] wordt voor onderhoud en ijking van optische meetinstrumenten aangeraden:

- de sensor minstens éénmaal per week schoon te maken;
- het slibgehalte te schatten op basis van de slibvolumebepaling en vervolgens te vergelijken met het slibgehalte aangegeven door het optisch meetinstrument;

- de drogestofbepaling, die wekelijks tot maandelijks uitgevoerd moet worden ten behoeve van het standaardbemonsteringsprogramma, te gebruiken voor ijking van het meetinstrument. Daarbij zal blijken of een nieuwe ijkcurve nodig is.

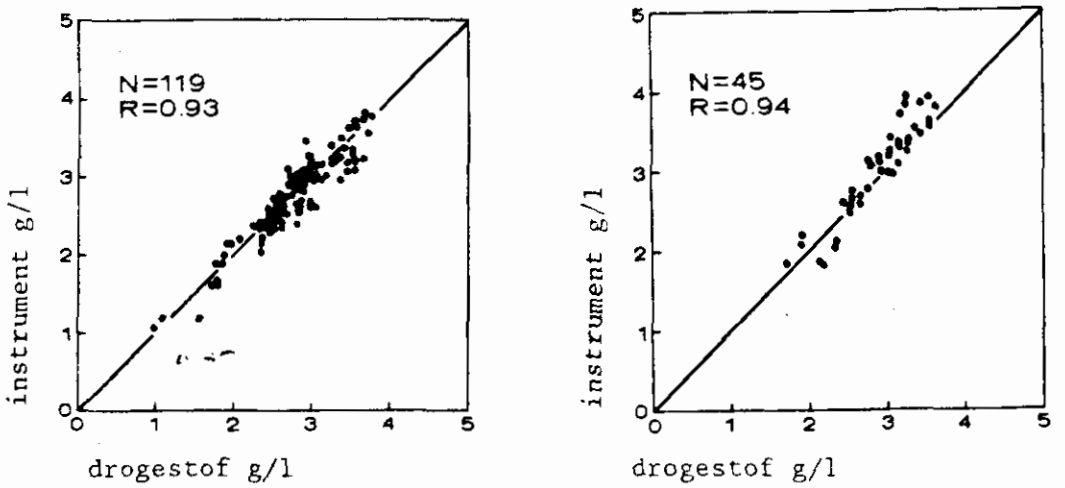
De noodzakelijke frequentie van ijken zal afhangen van langetermijnveranderingen in de kwaliteit van het afvalwater-slibmengsel en van de mate van verloop van de meetwaarden: "de drift" van de meetopstelling. Veelal kan voor een periode van tenminste enkele maanden tot een jaar van eenzelfde ijkcurve gebruik gemaakt worden mits de slibsamenstelling niet te sterk fluctueert [7, 3]. Bij een sterk fluctuerende slibvolume-index is een aanzienlijk frequentere ijking noodzakelijk, bijvoorbeeld eenmaal per week. Met behulp van een tot het regelsysteem behorende computer kan worden gecontroleerd of een wijziging in de meting inderdaad kan zijn veroorzaakt door een wijziging in het slibgehalte dan wel het gevolg moet zijn van een wijziging in de samenstelling [8].
Door zowel de samenstellers van ATV-81 [3] als door Stephenson[5] wordt erop gewezen dat de nauwkeurigheid van een meetinstrument niet beter kan zijn dan die van de vergelijkingsmeting (de drogestofbepaling). De drogestofbepaling moet daarom met zorgvuldigheid uitgevoerd worden.
Voor meetinstrumenten zonder automatische reinigingsinstallatie kan dagelijkse reiniging noodzakelijk zijn. Bij instrumenten voorzien van een automatische correctie van de lichtsterkte van de lichtbron en een alarmsignaal is een schoonmaakfrequentie van eenmaal per week tot eenmaal per maand à 2 maanden nodig; dit hangt samen met de kwaliteit van het te meten afvalwater-slibmengsel.
Voor twee instrumenten uitgerust met een automatische reinigingsinstallatie zijn in Nederland in het ene geval bevredigende meetresultaten verkregen bij een schoonmaakfrequentie van 1 maal per 3 weken; in het andere geval werden bij een frequentie van 1 maal per 2 maanden geen goede resultaten verkregen. Voorts wordt melding gemaakt van aantasting (polijsten) van de meetcuvet ten gevolge van mechanische reiniging. Dit leidde tot slechte meetresultaten.

Om de ijkings- en onderhoudswerkzaamheden aan de meetinstrumenten zoveel mogelijk te beperken, worden voor de instrumentkeuze de volgende algemene aanbevelingen gedaan:

- vervuilingscompenserende of zelfreinigende instrumenten verdienen de voorkeur voor on-line gebruik;
- meters met een automatische nulpuntinstelling verdienen de voorkeur vanwege de eenvoudige ijking.

3.2.5 *meetresultaten*

Doorgaans wordt onder praktijkomstandigheden een goede correlatie verkregen tussen instrumentele meetwaarden en referentiemetingen [3, 5, 7, 9, 10]. Als voorbeeld is in figuur 2 de relatie gegeven tussen de meetwaarden, verkregen met een Monitek-52 LE en via een drogestofbepaling voor het actief-slibgehalte in twee parallelle beluchtingstanks van een pilotinstallatie over een periode van een half jaar.



Figuur 2. Relatie tussen instrumentele meetwaarden en drogestof-bepalingen van het gehalte van actiefslib in parallelle pilotinstallaties[5]

Er dient te worden opgemerkt, dat ondanks de goede correlatie, verschillen van 0,5 tot 1 g/l tussen de instrumentaanwijzing en de drogestofbepaling worden waargenomen.
Ook in enkele gevallen in Nederland wordt melding gemaakt van verschillen van meer dan 1 g/l tussen de momentane meteraflezing en een tegelijkertijd genomen monster, waarin het drogestofgehalte is bepaald.
Bij de onderzochte gevallen zijn daarvoor verschillende oorzaken naar voren gekomen:

- vervuilde lensjes door onvoldoende schoonmaakfrequentie;
- luchtbellen in de meetcuvet. Om deze reden worden in Duitsland de slibconcentratiemeters in een ruimte tussen de beluchtingstank en de nabezinktank geïnstalleerd;
- onzorgvuldig of onjuist uitgevoerde verificatie van de ijking bijv. door het gebruik van de bepaling van indamprest in plaats van droogrest;
- overmatige signaalruis bijv. door situering van de meetsignaal-kabel nabij spanningskabels.

Ook bij goede installatie, ijking en regelmatig onderhoud worden fluctuaties in de aflezing geregistreerd, die niet verklaard kunnen worden uit een variatie van het heersende slibgehalte. Zij kunnen veroorzaakt worden door luchtbellen, wisseling in kwaliteit van het relatief kleine monstervolume en elektronische ruis.
De fluctuaties liggen in de orde van 0,1 g d.s./l en duren meestal niet langer dan 1 à 2 minuten.

Wanneer een meting de basis vormt voor regeling, zal een vorm van signaalfiltering of -demping toegepast moeten worden om te voorkomen dat een corrigerend orgaan geactiveerd wordt bij relatief kort-durende over- of onderschrijdingen van een gewenste, ingestelde waarde.

Met behulp van signaalfilters kunnen fluctuaties in een signaal, die frequenter voorkomen dan een in te stellen tijdstermijn, afgesneden worden. Er zijn vele vormen van signaalfilters mogelijk. Een mogelijkheid is de continue berekening van het voortschrijdend gemiddelde op basis van gegevens uit een begrensde, voorafgaande periode.

3.2.6 *kosten*

In bijlage 2 is voor twee typen slibconcentratiemeters een raming gegeven voor de jaarlijkse kosten. De raming is gebaseerd op twee praktijkgevallen op Nederlandse rwzi's.
De investeringskosten voor de meters inclusief sensor bedragen *f* 18.000,-- respectievelijk *f* 10.000,--. De meter met de hoogste investeringskosten geeft de laagste jaarlijkse kosten, omdat voor deze meter de kosten voor reserve-onderdelen en de kosten voor onderhoud en ijking lager zijn.
De jaarlijkse kosten voor meting en registratie bedragen voor de meter van *f* 18.000,-- *f* 7.000,-- per jaar; voor de meter van *f* 10.000,-- bedragen deze *f* 9.100,-- per jaar.

3.2.7 *evaluatie*

Continue meting van het slibgehalte in beluchtingssystemen met behulp van optische meetinstrumenten is goed mogelijk, indien aan een aantal basisvoorwaarden is voldaan.
De meetopnemer dient zodanig te worden geplaatst dat verstoring van de meting door luchtbellen zoveel mogelijk wordt voorkomen. Om deze reden worden in Duitsland de slibconcentratiemeters meestal in een ruimte na de beluchtingstank geplaatst.

Alle instrumenten moeten geijkt worden op basis van drogestofgehaltebepalingen van het te meten slib.
Voor iedere combinatie afvalwater/meetinstrument dient in een beginfase vastgesteld te worden met welke frequentie schoongemaakt en geijkt moet worden om reproduceerbare en nauwkeurige meetwaarden te verkrijgen.
Ook meetinstrumenten uitgerust met een automatische reinigingsinstallatie blijken nog gevoelig voor vervuiling en dienen met een zekere regelmaat met de hand schoongemaakt te worden.

Ultrasone meetinstrumenten zijn tot dusver weinig toegepast voor continue meting van het slibgehalte in beluchtingssystemen. Bij de thans leverbare sensoren is de kans op ernstige verstoring van de meting door vervuiling en luchtbellen groot. De ultrasone meetmethode lijkt daarom (nog) niet geschikt voor bepaling van het *actief-slibgehalte*.

Samenvattend kan worden gesteld dat de optische slibconcentratiemeters zich met betrekking tot reproduceerbaarheid en betrouwbaarheid hebben bewezen, mits de onderhouds- en ijkingsprocedure en de installatievoorschriften zijn gevolgd en de slibsamenstelling niet te sterk fluctueert.

Thans is een zestal fabrikaten optische meetinstrumenten voor het slibgehalte in beluchtingstanks verkrijgbaar op de Nederlandse markt.
De kosten verbonden aan continue meting van het slibgehalte - rente en afschrijving van de meter (in 5 jaar), reserve-onderdelen, personeelskosten voor onderhoud en ijking - bedragen *f* 7.000,-- tot *f* 9.000,-- per jaar, afhankelijk van het type meetinstrument en het afvalwater.

3.3 Fluctuaties van het slibgehalte

3.3.1 *algemeen*

Het actief-slibgehalte in een beluchtingstank is onderhevig aan invloeden die leiden tot fluctuaties in het gehalte, o.a. door:

- variaties in de volumestroom afvalwater;
- variaties in de vuillast.

Bepaling van het slibgehalte uit steekmonsters enkele malen per week maakt het optreden van fluctuaties in het slibgehalte wel zichtbaar, maar geeft onvoldoende informatie over de oorzaken hiervan. Continue registratie van het meetsignaal van een slibconcentratiemeter maakt dit wel mogelijk. Voorwaarde hierbij is dat ook registratie van de verstorende invloed (bijv. volumestroom) plaatsvindt.
Uit informatie van de waterkwaliteitbeheerders blijkt dat slibgehaltebepaling met de hand nergens als problematisch wordt ervaren. Wel bestaat bij circa 20% van de beheerders de behoefte om automatische meting en eventueel regeling te gaan toepassen.
Navolgend worden enige voorbeelden gegeven van fluctuaties in het slibgehalte en worden de gevolgen van deze fluctuaties beschouwd.3

3.3.2 *meetresultaten*

Op enkele van de rioolwaterzuiveringsinrichtingen in Nederland, waar het slibgehalte in de beluchtingstank continu gemeten wordt, vindt continue registratie van het slibgehalte plaats. De parameters, die van invloed zouden kunnen zijn op het slibgehalte in de beluchtingstank (organische belasting, wijziging in surplusslibonttrekking en influentvolumestroom) worden met uitzondering van de influent- of effluentvolumestroom niet continu geregistreerd.
In zowel Huizen als Dordrecht (laagbelaste installaties) blijken bij dwa naast de signaalruis (zie par. 3.2) twee categorieën fluctuaties onderscheiden te kunnen worden (zie ook bijlage 3).

a. Fluctuaties met een frequentie van 1 maal per half uur tot 1 maal per 2 uur.
   In Huizen, waar een constante retourslibvolumestroom wordt toegepast, blijken de schommelingen direct samen te hangen met het aan- en afslaan van de influentvijzels. Na het aanslaan daalt het slibgehalte; het slibgehalte neemt weer toe na afslag van de influentvijzel. De bandbreedte van de uitslag bedraagt na afsnijding van signaalruis ongeveer 10% van de recorderschaal ofwel 0,5 g d.s./l.
   In Dordrecht wordt geen duidelijke samenhang met de influentvolumestroom vastgesteld; de fluctuaties hebben een vrij constante frequentie van 1 maal per ongeveer 1¾ uur.

De bandbreedte van de uitslag bedraagt maximaal 20% van de recorderstrookschaal, hetgeen overeenkomt met circa 1 g d.s./l. De vrij constante frequentie en de lengte van de periode doet vermoeden dat er een samenhang is met de cycli van de pendelschildruimers.
De cyclusduren van de pendelschildruimers van elk van de twee nabezinktanks, die bij één beluchtingstank horen, zijn enigszins verschillend gekozen om te voorkomen dat deze zich tegelijkertijd voor- of achterin de nabezinktank bevinden en daardoor grote fluctuaties in de retourslibconcentratie zouden veroorzaken. Een grote uitslag zou verkregen kunnen worden als de pendelschildruimers min of meer in fase met elkaar zijn; afvlakking van de schommeling zou optreden als deze niet in fase zijn.

b. Zeer geleidelijke fluctuaties, die een soort etmaalsritme vertonen en kunnen samenhangen met het etmaalsritme in influenttoevoer en/of spuislibafvoer.
De bandbreedte van deze fluctuaties is voor de rwzi Huizen na eliminatie van frequentere fluctuaties ongeveer 7% van de recorderschaal ofwel circa 0,35 g/l; voor de rwzi Dordrecht bedraagt de bandbreedte circa 12%, ofwel 0,6 g d.s./l.

Op de rwzi Apeldoorn bleek tijdens een continue registratie van het slibgehalte gedurende twee jaar, dat bij het aanslaan van de influentvijzels een slibgehaltedaling van circa 20-40% (van 2,5 g/l naar 1,5-2 g/l) voorkwam.

3.3.3 *effecten*

Uit de resultaten van continue meting en registratie van het slibgehalte in laag- en hoogbelaste beluchtingssystemen wordt duidelijk, dat het geregistreerde slibgehalte bij d.w.a. binnen een periode van een kwartier sterk kan variëren (in de orde van 0,5 g/l), terwijl het daggemiddelde slibgehalte over meerdere dagen vrij constant blijft. Deze fluctuaties kunnen niet verklaard worden uit fluctuaties in slibaanwas of surplusslibverwijdering. Op rwzi's waar het slibgehalte aldus fluctueert, kan op basis van incidentele steekmonsters geen verantwoorde uitspraak worden gedaan over het gemiddelde drogestofgehalte in de beluchtingstank. Wanneer als gevolg van deze fluctuaties het resultaat van de handmatige bepaling van het slibgehalte 0,5 kg/m^3 lager ligt dan het feitelijke gemiddelde slibgehalte, kan ten onrechte geen of te weinig slib worden gespuid. Bij regenweeraanvoer kan de slibspiegel in de nabezinktank zo ver stijgen dat slibuitspoeling optreedt. In veel gevallen zal bij het regelmatig optreden van slibuitspoeling gekozen worden voor verlaging van de gewenste waarde van het slibgehalte. Gevolg hiervan is dat door de daarbij optredende stijging van de slibbelasting de slibleeftijd wordt verkort. Dit kan een negatieve invloed hebben op het zuiveringsproces.

Veelal wordt de slibgehaltebepaling met de hand uitgevoerd op min of meer vaste tijdstippen in de ochtend. Bij toepassing van een constante retourslibvolumestroom zal op dit tijdstip als gevolg van de ochtend-dwa-piek steeds een lager slibgehalte worden bepaald dan feitelijk over het etmaal optreedt. Bij de in Nederland doorgaans toegepaste laag tot zeer laagbelaste actief-slibprocessen vertegenwoordigt de endogene ademhaling 40 tot 60% van het totale zuurstofverbruik.

Dit houdt in dat wanneer het feitelijke slibgehalte systematisch 10% hoger ligt dan schijnbaar volgens de drogestofbepaling het geval is, het energieverbruik van de beluchting 4 tot 6% te hoog zal liggen.

3.3.4 *evaluatie*

Uit beschikbare registraties van continu gemeten slibgehaltes in beluchtingstanks blijkt dat in het slibgehalte fluctuaties optreden van 0,5 kg/m^3 o.a. als gevolg van fluctuaties in de droogweeraanvoer. Deze fluctuaties kunnen niet worden vastgesteld aan de hand van incidentele handmatige bepalingen van het slibgehalte. Deze handmatige bepalingen kunnen derhalve leiden tot over-/onderschatting van het feitelijke gemiddelde slibgehalte.
De geconstateerde afwijkingen zijn zodanig dat negatieve effecten op het zuiveringsresultaat kunnen optreden als gevolg van:

- slibuitspoeling door een te hoog slibgehalte;
- onnodige verlaging van de gewenste waarde voor het slibgehalte met als gevolg verminderde nitrificatie, vooral in voor- en najaar.

Deze effecten kunnen worden voorkomen/verminderd door:

- juiste keuze van het monsternametijdstip bijvoorbeeld vóór de ochtend dwa-piek;
- mengmonsters te nemen over de dag;
- automatische tijdproportionele monstername-apparatuur toe te passen.

Wanneer de incidentele, handmatige bepaling van het slibgehalte uit steekmonsters wordt vervangen door een continue meting en automatische regeling ontstaan de volgende mogelijkheden:

- uitmiddeling van kortdurende fluctuaties in het slibgehalte over enkele uren tot een *representatief gemiddelde*;
- uitmiddeling van langerdurende fluctuaties over het etmaal tot een representatief gemiddelde;
- correctie van het spuislibregiem direct na een regenweeraanvoerperiode in plaats van bij het eerstvolgende bemonsteringstijdstip. Dit is vooral van belang bij systemen zonder voorbezinking.

Te verwachten is dat op een aantal rwzi's in Nederland aldus een verbetering van de effluentkwaliteit kan worden verkregen.

3.4 Regeling van het slibgehalte

3.4.1 *algemeen*

Aan de toepassing van meet- en regeltechniek ligt steeds een model van het proces ten grondslag, ongeacht of het meten en regelen automatisch of met de hand plaatsvindt.
Het opstellen van een model voor de regeling van een proces kan op twee wijzen geschieden:

- vanuit de theorie naar de praktijk;
- vanuit de praktijk naar de theorie.

In het eerste geval wordt ernaar gestreefd de samenhang in het proces wiskundig te formuleren en deze afhankelijkheden in de praktijk te verifiëren. Na verificatie kan dit model voor de procesbeheersing gebruikt worden.
In de loop van de tijd is een veelheid van dergelijke modellen voor het actief-slibproces ontwikkeld [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

In veel van deze modellen wordt de omzetting van het substraat en de groeisnelheid van micro-organismen omschreven met behulp van relaties, die van de Monod-vergelijking zijn afgeleid. De dynamische aspecten van het actief-slibproces worden op verschillende wijzen tot uitdrukking gebracht, maar maken veelal gebruik van massabalansen over een tijdsbestek waarin evenwichtsomstandigheden worden aangenomen.
De toepassing van deze modellen stuit nog op moeilijkheden, omdat zij voor een specifieke situatie ontwikkeld zijn of omdat gebruik gemaakt wordt van een groot aantal moeilijk meetbare grootheden (waaronder de kinetische coëfficiënten) en gecompliceerde gekoppelde vergelijkingen. De oplossing van deze vergelijkingen vraagt een dermate grote computercapaciteit dat dergelijke modellen onpraktisch zijn voor on-line controle.

In het tweede geval wordt in hoofdzaak uitgegaan van de gebruikelijke methoden van procesbewaking en -beheersing met als doel het personeel van de zuiveringsinstallatie van automatisch uitvoerbare taken te ontlasten en een intensievere procesbewaking mogelijk te maken. Teneinde zoveel mogelijk aan te sluiten op de huidige praktijk wordt hier niet verder op de meer theoretische, kinetische modellen ingegaan.

In bijlage 4 worden relevante definities gegeven en basisschakelingen omschreven die in de meet- en regeltechniek worden gebruikt.
Basisschakelingen die in principe in aanmerking komen voor regeling van het slibgehalte zijn anticiperende en teruggekoppelde regelingen. Voor anticiperende regelingen dienen de oorzaken van de fluctuaties in het slibgehalte bekend te zijn en als ingaande variabele in een regelmodel te worden betrokken. De veranderingen in het slibgehalte worden berekend en het spuislibregiem wordt hierop afgestemd.
Bij teruggekoppelde regelingen wordt het slibgehalte gemeten en vergeleken met een gewenste waarde. Het spuislibregiem wordt afgestemd op het verschil tussen gemeten en gewenste waarde.
De slibbelasting, de slibleeftijd en het slibgehalte in de beluchtingstank zijn essentieel voor een goede beheersing van het actief-slibproces[18,19].
Over langere tijd beschouwd heeft het zoveel mogelijk constant houden van één van deze parameters (slibgehalte, slibleeftijd of slibbelasting) het handhaven van een constantere waarde van de andere parameters tot gevolg. Op korte termijn kan het handhaven van een constante waarde van één grootheid betekenen dat fluctuaties in die van de andere grootheden op zullen treden.

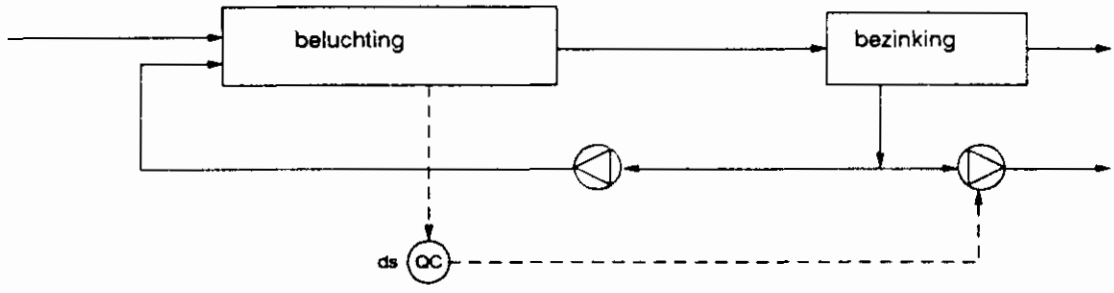
Voor regeling van het slibgehalte in de beluchtingstank worden in de literatuur drie strategieën onderscheiden:

- handhaving van een constant slibgehalte;
- handhaving van een constante slibleeftijd;
- handhaving van een constante slibbelasting.

Navolgend zijn de bovengenoemde regelstrategieën nader uitgewerkt in afzonderlijke paragrafen.

3.4.2 *constant slibgehalte*

Bij regeling met de hand wordt het actief-slibproces veelal beheerst door het slibgehalte zoveel mogelijk constant te houden.
Uitgangspunt hierbij is dat, door het slibgehalte constant te houden, de variaties in slibbelasting en slibleeftijd binnen acceptabele grenzen kunnen worden gehouden.
Het handhaven van het gewenste slibgehalte vindt in het algemeen plaats door regeling van de surplusslibonttrekking.
De eenvoudigste vorm van automatische spuislibregeling is de regeling over een tijdschakeling. Uitgangspunt hierbij is dat een gelijkmatige slibgroei plaatsvindt. In bijzondere gevallen is het hierbij mogelijk tijdens uren van geringe slibaanwas ('s nachts) geen slibonttrekking te laten plaatsvinden. Door een dergelijke anticiperende regeling kan de bedrijfsvoering in beperkte mate vereenvoudigd worden; regelmatige controle van het drogestofgehalte en eventuele bijstelling van tijdschakeling blijft echter noodzakelijk.
Een verbetering van de situatie is mogelijk met behulp van een continue meting van het slibgehalte in de beluchtingstank. De slibspui kan afhankelijk van de meetwaarde met de hand geregeld worden of door een automatische regeling over een tweepuntsregelaar plaatsvinden [20]. In figuur 3 is een schematische voorstelling van een regeling voor de spuislibonttrekking gegeven.



Figuur 3. Diagram voor regeling van een constant slibgehalte

Voor het constant houden van het slibgehalte zal doorgaans gekozen worden voor een regelinterval dat aanzienlijk korter is dan de optredende slibleeftijd. Bij zeer hoogbelaste rwzi's leidt dit tot het meerdere keren per dag bijstellen van de spuislibonttrekking.

In Duitsland [21] wordt de handhaving van een constant slibgehalte in de beluchtingstank door middel van automatische regeling van de surplusslibonttrekking op een toenemend aantal plaatsen toegepast. Het gewenste slibgehalte kan beter gehandhaafd worden dan in het geval van een handmatige bedrijfsvoering. In het Emschergenossenschaft-Lippeverband worden alle nieuwbouwinstallaties uitgevoerd met een automatische slibregeling op basis van constant slibgehalte.
Door Schlegel [22] wordt aanbevolen de volgende gecombineerde regeling toe te passen:

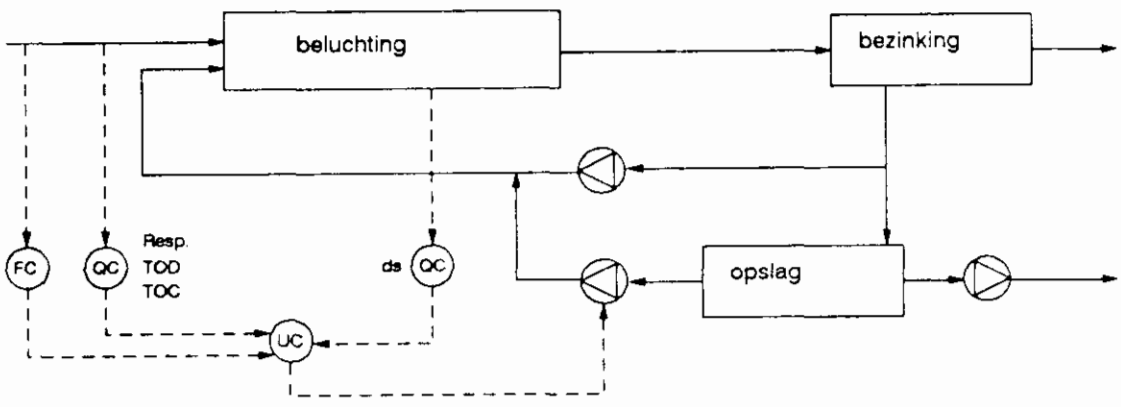
1. Basistijdschakeling voor de onttrekking van een minimale hoeveelheid spuislib, gebaseerd op de minimale slibaanwas die is afgeleid uit (jarenlange) ervaringsgegevens.

2. Teruggekoppelde regeling met continue meting van het slibgehalte. Bij een te hoog slibgehalte in de beluchtingstank wordt de pompduur per pulspauzecyclus automatisch verlengd. Wanneer het slibgehalte te laag wordt over een langere dwa-periode, wordt de basistijdschakeling met de hand aangepast.

In Nederland wordt thans op twee rwzi's automatisch geregeld in de hoogbelaste trap van het AB-systeem. Hierbij wordt het slibgehalte constant gehouden tussen twee ingestelde waarden. De wijze van regeling en ervaringen hiermee zijn in het kort beschreven in bijlage 5. Vanwege problemen met de meters wordt op beide rwzi's met de hand geregeld.
De rwzi Houtrust in Den Haag is eveneens uitgerust met een automatisch regelsysteem voor het slibgehalte. Regeling van het slibgehalte binnen strikte grenzen wordt hier van belang geacht om een zo constant mogelijke zuurstofvraag te handhaven. Het slibgehalte van het aan een buffer onttrokken retourslib wordt gemeten. Via een massabalans wordt het retourslibdebiet berekend, waarbij een gewenst slibgehalte in de beluchting wordt verkregen (bijlage 5).
Er zijn nog te weinig gegevens beschikbaar over deze regeling om een afgewogen oordeel te kunnen geven.

3.4.3 *constante slibbelasting*

Deze regeling is gericht op het ieder moment zoveel mogelijk constant houden van de slibbelasting. Dit kan worden gerealiseerd door de massa terug te voeren slib via een anticiperende regeling af te stemmen op de vuilvracht of door het aanhouden van een constante retourslibverhouding.
Om het actief-slibproces op basis van een constante slibbelasting te kunnen regelen, is een additionele slibbuffer noodzakelijk. Voorts is een continue meting van de vuilvracht van het influent (substraatconcentratie en debiet) nodig.
In figuur 4 is een meet- en regeldiagram voor een dergelijke regeling gegeven.



Figuur 4. Diagram voor regeling bij handhaving van een constante slibbelasting

Hoewel met deze regeling praktijkproeven zijn uitgevoerd, zijn tot dusver geen duidelijke voordelen aanwijsbaar die de instrumentele en bedrijfsmatige kosten voor het benodigde regelsysteem rechtvaardigen [1,3].
Enkele auteurs stellen dat bij afwezigheid van een afzonderlijke slibbuffer het handhaven van een constante slibbelasting in beperkte mate mogelijk is door regeling van het retourslib uit een nabezinktank, waarin ook bij dwa slibbuffering kan optreden [3,23,24].
Bij een anticiperende regeling op basis van het influentdebiet wordt ervan uitgegaan dat bij fluctuaties in de hydraulische belasting en in de slibvolumebelasting van de nabezinkruimte de retourslibconcentratie constant is. Dit uitgangspunt is in de praktijk beperkt geldig gebleken [23]. Bij over- en onderschrijding van een zekere hydraulische belasting werd een reciproque relatie geconstateerd tussen de retourslibconcentratie en het retourslibdebiet. Bij hoge hydraulische belastingen van de nabezinkruimte expandeerde de slibdeken, met als gevolg een lagere retourslibconcentratie. Wanneer anderzijds de influentbelasting en de recirculatie van slib beneden een minimumwaarde kwamen, hoopte zich slib op in de nabezinkruimte en nam de retourslibconcentratie toe.
De grenzen van de anticiperende regeling op basis van de vuilvracht worden door dezelfde mechanismen bepaald [23].
Bij beide regelsystemen zullen deze grenzen in de vorm van een niet te over- of onderschrijden debiet of concentratie opgenomen dienen te worden. Voor omstandigheden die buiten de grenzen vallen zal van een andere regeling, eventueel met de hand, gebruik gemaakt moeten worden.

3.4.4 *constante slibleeftijd*

Het zoveel mogelijk constant houden van de slibleeftijd wordt door meerdere auteurs aanbevolen omdat hierdoor een betere procesbeheersing wordt verkregen (o.a. betere nitrificatie, lager energieverbruik) [5,9,25].

De slibleeftijd (t_s) is een maat voor de gemiddelde tijd, gedurende welke een vlok, uitgedrukt als droge stof, in het proces aanwezig is. Het is ook een directe maat voor de netto gemiddelde specifieke groeisnelheid van de biomassa (μ):

$$\mu = \frac{1}{t_s}$$

De regeling van t_s is gebaseerd op de volgende drogestofmassabalans:

$$t_s = \frac{\text{massa droge stof in de beluchtingstank}}{\text{massa droge stof in effluent/dag + massa droge stof gespuid/dag}}$$

$$= \frac{G_a \times V}{(q-q_s) \times G_{effl} + q_s \times G_{rs}}$$

waarin G_a = slibgehalte in de beluchtingstank (kg d.s./m^3)
V = volume van de beluchtingstank (m^3)
q = influentdebiet (m^3/d)
q_s = surplusslibdebiet (m^3/d)
G_{effl} = gesuspendeerd materiaal in het effluent (kg/m^3)
G_{rs} = surplusslibconcentratie (kg d.s./m^3)

De variabele, die gemanipuleerd kan worden om de t_s naar de gewenste $t_{s,sp}$ te regelen, is de surplusslibonttrekking.
Aangenomen dat gespuid wordt vanuit de retourslibleiding, kan het vereiste debiet berekend worden door herleiding van bovenbeschreven vergelijking tot:

$$q_s = (G_a \times V/t_{s,sp} - q \times G_{effl})/(G_{rs} - G_{effl}).$$

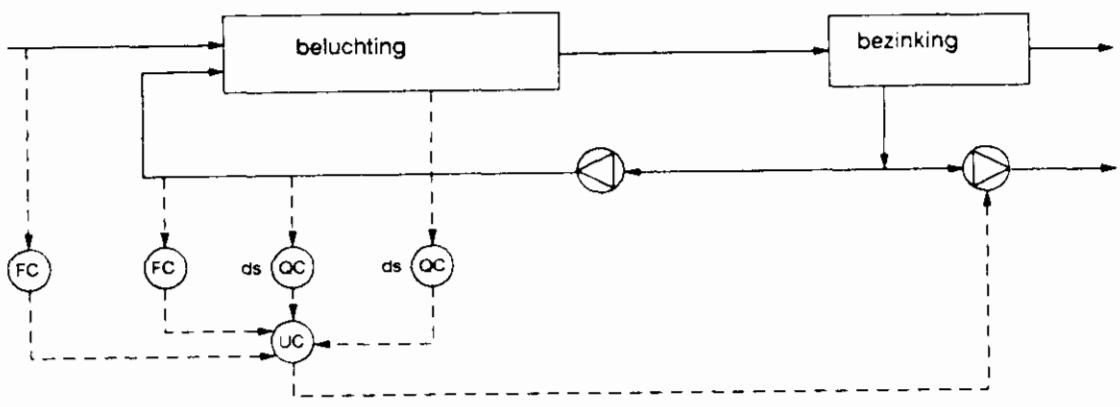
Voor de oplossing van deze vergelijking is de substitutie van een gewenste slibverblijftijd, $t_{s,sp}$, en bekende waarden voor de overige variabelen nodig. Deze variabelen moeten worden gemeten of geschat voor het effectieve beheer van de slibvoorraad.
Er zijn meerdere factoren die de nauwkeurigheid van schattingen op de korte termijn beperken:

1. Verandering van de concentratie van het retourslib met de hydraulische belasting van het systeem, variabele retourslibdebieten, veranderingen in bezinkbaarheid, de positie van de slibruimer of het spuien van het slib.
2. Aanzienlijke verandering van de concentratie van gesuspendeerde stoffen in de tijd, zoals bijvoorbeeld een sterke toename van het drogestofgehalte in de A-trap van het AB-systeem ten gevolge van uitspoeling van bezinkbare stoffen uit het rioleringsstelsel tijdens regen.
3. Het influent- en spuislibdebiet kunnen op een te grove wijze gemeten zijn.

Wanneer het surplusslib intermitterend gespuid wordt, kunnen aanzienlijke variaties in de spuislibconcentratie optreden. Deze variaties maken een goede en nauwkeurige schatting van t_s onmogelijk, wanneer dit gebaseerd is op slibgehaltes, bepaald in enkele steekmonsters en weinig adequate debietmetingen.
Deze complicaties kunnen worden ondervangen door:

- continue meting van slibconcentraties in de beluchtingstank, het retourslib en het effluent;
- continue meting van de debieten van het influent en het spuislib;
- continue berekening van de slibleeftijd.

De traditionele slibleeftijdformule is een berekening voor evenwichtsomstandigheden en houdt geen rekening met korte termijnfluctuaties. Er wordt daarom benadrukt dat de berekening van de slibleeftijd gebaseerd moet zijn op slibconcentraties en debieten, gemiddeld over verscheidene dagen [25].
In figuur 5 is een diagram gegeven van een strategie voor de beheersing van de slibleeftijd.



Figuur 5. Diagram voor de regeling bij handhaving van een constante slibleeftijd

Amerikaanse en Canadese ervaringen op zowel pilot- als praktijkschaal met automatische surplusslibonttrekking ter handhaving van een constante slibleeftijd geven aan dat in een computergestuurde installatie de momentane slibleeftijd beter beheerst kan worden dan in een handmatig geregelde installatie [5, 19, 26].

3.4.5 *invloed van regeling op het actief-slibproces*

In de literatuur zijn weinig expliciete gegevens aangetroffen over de invloed van automatische regeling van het slibgehalte in de beluchtingstank op het verloop van het actief-slibproces.
De automatisering van deze regeling staat doorgaans niet op zichzelf, maar vormt een onderdeel van een automatiseringsprogramma voor een zuiveringsininrichting. Eventuele veranderingen in het verloop van het actief-slibproces na de automatisering zijn moeilijk te relateren aan één facet van de gewijzigde omstandigheden.

Door Berthouex wordt naast een laag zuurstofgehalte, een laag slibgehalte in de beluchtingstank genoemd als een veel voorkomende oorzaak van storingen die resulteren in een verslechtering van de effluentkwaliteit in doorgaans goed functionerende actief-slibinstallaties [27]. In tabel 3 zijn voor 15 actief-slibinstallaties de meest voorkomende oorzaken van verslechtering van het BZV en het zwevende-stofgehalte gegeven.

Tabel 3. Meest voorkomende oorzaken van processtoringen in 15 doorgaans goed functionerende actief-slibinstallaties [27]

oorzaak verstoring	% van aantal gevallen van verstoring	
	BZV	zwevende stof
1. storing nabezinktank	4	4
2. verandering systeem	5	-
3. storing retourslibpomp	5	6
4. hoge slibbelasting	6	5
5. licht slib	-	5
6. storing beluchtingstank	7	6
7. industriële pieklozing	9	6
8. hoog debiet	11	19
9. slibverwerking	13	17
10. slibgehalte	13	9
11. zuurstofgehalte	19	10
12. overig	8	13
Totaal	100	100

Door Berthouex wordt gesteld dat een belangrijk deel van de storingen door het slibgehalte kan worden voorkomen door een intensievere controle van het slibgehalte in de vorm van een automatische meting en regeling.

De volgende verbeteringen in het procesverloop van een praktijk-installatie zijn toegeschreven aan handhaving van een constante slibleeftijd door automatisering van de slibspui [26]:

- verbeterde bezinkbaarheid van het slib;
- lagere retourslibpompdebieten;
- minder overmaat aan gesuspendeerde stoffen en BZV_5 in het effluent.

In het Stora-rapport: "Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces. 2. Ronde nabezinktanks" wordt eveneens melding gemaakt van een sterk verbeterde bezinkbaarheid van het slib op enkele rwzi's door het meer constant houden van het slibgehalte in de beluchtingstank.

Volgens Schlegel heeft automatische slibregeling voordelen in die gevallen, waarbij niet steeds aan de nitrificatie-eisen wordt voldaan. Te denken valt hierbij aan maximaal belaste installaties en het eerder op gang komen van nitrificatie in het voorjaar en het langer doorgaan hiervan in het najaar.

Uit continue metingen op enkele rwzi's in Nederland blijkt dat de mate waarin het slib geregeld kan worden, afhangt van de werking van onder meer de nabezinktank. Tevens zijn uit de praktijk voorbeelden bekend waar door onvoldoende capaciteit of een slechte werking van de indikker niet steeds gespuid kan worden, wanneer dit voor het slibgehalte in de beluchting wenselijk wordt geacht. Voor een goede regeling van het slibgehalte is het van belang de looptijd van de onttrekkingspomp van de indikker te relateren aan de looptijd van de spuislibpomp.

3.4.6 *kosten*

De regeling kan tegen de laagste kosten worden gerealiseerd in een al aanwezige PLC of in een aparte eenvoudige PLC. De investeringskosten hiervoor worden geraamd op *f* 4.000,-- respectievelijk *f* 8.000,--. De jaarlijkse kosten voor rente en afschrijving bedragen *f* 1.000,-- respectievelijk *f* 2.000,-- per jaar bij 9% rente en afschrijving in vijf jaar.

3.4.7 *evaluatie*

Regeling van het slibgehalte in beluchtingstanks vindt thans meestal plaats door een tijdklokregeling van spuislibpompen of spuislibkleppen. Hierbij wordt de spuitijd in de orde van maximaal éénmaal per dag bijgesteld op basis van een vergelijking van periodieke slibgehaltebepalingen in steekmonsters en het gewenste gemiddelde slibgehalte. Het gewenste slibgehalte is een maat voor de gewenste slibleeftijd.
In paragraaf 2.3 is reeds aangegeven dat het slibgehalte op korte termijn sterke fluctuaties kan ondergaan die tot negatieve effecten op het zuiveringsresultaat kunnen leiden. Deze fluctuaties worden niet waargenomen wanneer incidenteel steekmonsters worden genomen.
Voor een meer betrouwbare vaststelling van het slibgehalte is dan ook een automatische continue slibgehaltemeting nodig. Hiervoor zijn thans slibgehaltemeters op de markt waarmee een betrouwbare meting mogelijk is tegen gelijke of lagere kosten dan met de huidige *handmatige metingen. Voorwaarde hierbij is evenwel*, dat de slibsamenstelling niet te sterk fluctueert.

Wanneer het slibgehalte automatisch continu wordt gemeten, ligt het voor de hand om ook het slibgehalte op basis hiervan automatisch te regelen.
Regeling dient plaats te vinden op basis van een model. Theoretische, kinetische modellen, veelal gebaseerd op de Monod-vergelijking, zijn (nog) niet geschikt vanwege vele moeilijk meetbare grootheden en de te lange rekentijd voor on-line gebruik.
De thans in de praktijk toegepaste modellen voor automatische regeling van het slibgehalte sluiten aan bij de gebruikelijke methoden voor handmatige regeling.
Hierbij worden de volgende regelstrategieën onderscheiden:

- handhaving van een constant slibgehalte;
- handhaving van een constante slibleeftijd;
- handhaving van een constante slibbelasting.

Voor de handhaving van een constante slibbelasting moet de vuillast van het afvalwater bekend zijn en dient een slibbuffer aanwezig te zijn. Er zijn geen duidelijke voordelen bekend die de instrumentele en bedrijfsmatige kosten voor deze vorm van regeling rechtvaardigen.
Handhaving van een constante slibleeftijd is erop gericht het systeem bij een zo laag mogelijke slibleeftijd te bedrijven om energieverbruik zoveel mogelijk te beperken. Ten behoeve van de berekening van de slibleeftijd zijn vele metingen nodig (slibgehalte in beluchting en retourslib, debiet van influent en spuislib). Uit praktijkervaringen is gebleken dat met deze vorm van regeling de momentane slibleeftijd beter beheerst kan worden dan met een handmatige regeling. De effecten van deze regeling op energieverbruik en de effluentkwaliteit zijn evenwel niet bekend.
Handhaving van een constant slibgehalte is de meest eenvoudige vorm van automatische slibregeling die het beste aansluit bij de thans toegepaste handmatige regeling.

Met deze vorm van automatische regeling is in het buitenland reeds enige ervaring opgedaan met laagbelaste actief-slibinstallaties. Aan deze regeling worden de volgende voordelen toegeschreven:

- minder gesuspendeerde stof en BZV in het effluent;
- betere bezinkbaarheid van het slib;
- lager energieverbruik;
- betere nitrificatie.

3.5 Evaluatie met betrekking tot de doelgroepen

Een evaluatie van meting en regeling van het slibgehalte, zowel met de hand als automatisch, is reeds gegeven in de voorgaande hoofdstukken.
Kort samengevat:

- betrouwbare automatische meting is mogelijk mits de slibsamenstelling niet te sterk fluctueert;
- regeling op basis van een constant slibgehalte in de beluchting biedt de beste perspectieven.

Met betrekking tot de in de inleiding genoemde doelgroepen kan het volgende worden gesteld.

Kleine actief-slibinstallaties

Op kleine actief-slibinstallaties (doorgaans oxydatiesloten) wordt het slibgehalte maximaal 1 tot 2 maal per week bepaald. Vanwege dit geringe aantal is de kans op een foutieve vaststelling van het slibgehalte bij bepaling met de hand groot. Bij onderschatting van het slibgehalte kan dit leiden tot uitspoeling van slib met het effluent.
De bepaling van het slibgehalte wordt doorgaans gecombineerd met controle- en onderhoudswerkzaamheden.
Een frequentere bepaling van het slibgehalte met de hand betekent extra relatief dure bezoeken aan de rwzi's.
In de periode tussen twee bepalingen met de hand bestaat geen enkele controle op de slibhuishouding.

Door automatische meting en regeling van het slibgehalte op deze kleine rwzi's kan worden bereikt, dat:

- door een frequente slibgehaltebepaling een meer betrouwbaar inzicht in het actuele slibgehalte wordt verkregen, waardoor de kans op slibuitspoeling wordt verminderd;
- extra bezoeken ter bepaling van het slibgehalte vermeden kunnen worden;
- ontregeling van de slibhuishouding snel wordt gesignaleerd, eventueel via de alarmering.

Laagbelaste actief-slibinstallaties

Op laagbelaste actief-slibinstallaties wordt het slibgehalte doorgaans eenmaal per werkdag bepaald. Ook hier is de frequentie van de bepaling met de hand laag in relatie tot de slibleeftijd, waardoor de kans op een foutieve schatting van het slibgehalte groot is. Dit kan leiden tot onvoldoende nitrificatie of tot uitspoeling van slib met het effluent. Bij het ontbreken van slibgehaltebepaling in het weekend kunnen deze effecten worden versterkt, omdat gedurende relatief lange perioden geen regelactie plaatsvindt.

Door automatische meting en regeling van het slibgehalte op laagbelaste rwzi's kan worden bereikt, dat:

- een meer betrouwbaar inzicht in het actuele slibgehalte wordt verkregen, waardoor de kans op slibuitspoeling wordt verminderd en/of de nitrificatie kan worden verbeterd;
- zonder extra kosten buiten de normale werktijden het spuislibregiem kan worden bijgeregeld;
- ontregeling van de slibhuishouding snel wordt gesignaleerd.

Hoogbelaste actief-slibinstallaties

De slibleeftijd van hoogbelaste actief-slibinstallaties is zodanig kort, dat bepaling van het slibgehalte meerdere keren per dag dient plaats te vinden, ook buiten normale werktijden. Hiervoor en ook uit oogpunt van kosten is automatisch meting en regeling van het slibgehalte de aangewezen werkwijze. Overigens geldt ook hier dat een hoge frequentie van meting van het slibgehalte noodzakelijk is voor het verkrijgen van een goed inzicht in het actuele slibgehalte. Hierbij speelt een rol dat hoogbelaste actief-slibprocessen meestal zonder voorbezinking worden uitgevoerd en bij regenweeraanvoer door slibopwoeling in het rioolstelsel het slibgehalte snel kan oplopen.

Door de relatief geringe slibmassa in een hoogbelast systeem is bewaking van de slibhuishouding tegen verstoringen van belang.

3.6 Conclusies en aanbevelingen uit inventariserend onderzoek

Samenvattend kan voor de meting en regeling van het slibgehalte het volgende worden geconcludeerd:

1. In de slibconcentratie in beluchtingstanks kunnen niet voorspelbare fluctuaties optreden in de orde van 0,5 tot 1 g/l. Dit betekent dat bepaling van het slibgehalte op basis van steekmonsters een verkeerde schatting van de slibspui kan geven, met als mogelijke gevolgen slibuitspoeling en verminderde nitrificatie.

2. Een reproduceerbare en betrouwbare continue slibconcentratiemeting is mogelijk met optische slibconcentratiemeters mits de slibsamenstelling niet te sterk fluctueert.

3. Continue meting en registratie van de slibconcentratie geeft een beter inzicht in het procesverloop en de gevoeligheden van het proces.

4. Continue meting van de slibconcentratie maakt automatische regeling van het actief-slibproces mogelijk. Hierbij kan worden geregeld op een constant slibgehalte, een constante slibbelasting of een constante slibleeftijd.
   Automatische regeling op een constant slibgehalte in de beluchtingstank biedt de beste perspectieven. Deze vorm van regeling sluit het beste aan op de huidige praktijk van regeling en is het eenvoudigst.
   De kosten voor meting en regeling worden geraamd op *f* 8.000,-- tot *f* 11.000,-- per jaar.

5. In actief-slibinstallaties is door automatische meting en regeling van het slibgehalte een betere procesbeheersing mogelijk.
   Door een beter inzicht in de slibhuishouding wordt de kans op slibuitspoeling verminderd en/of de nitrificatie verbeterd. Voorts is bewaking op afstand mogelijk.

Automatische regeling van de slibspui op basis van een constant slibgehalte in de beluchtingstank biedt goede perspectieven. Praktijkervaring met deze vorm van regeling is zowel in Nederland als in het buitenland zeer beperkt. In het kader van deze studie werd daarom onderzoek op praktijkschaal uitgevoerd naar de randvoorwaarden en gevoeligheden van deze regeling.

4 PRAKTIJKONDERZOEK AUTOMATISCHE SLIBSPUIREGELING

4.1 Inleiding

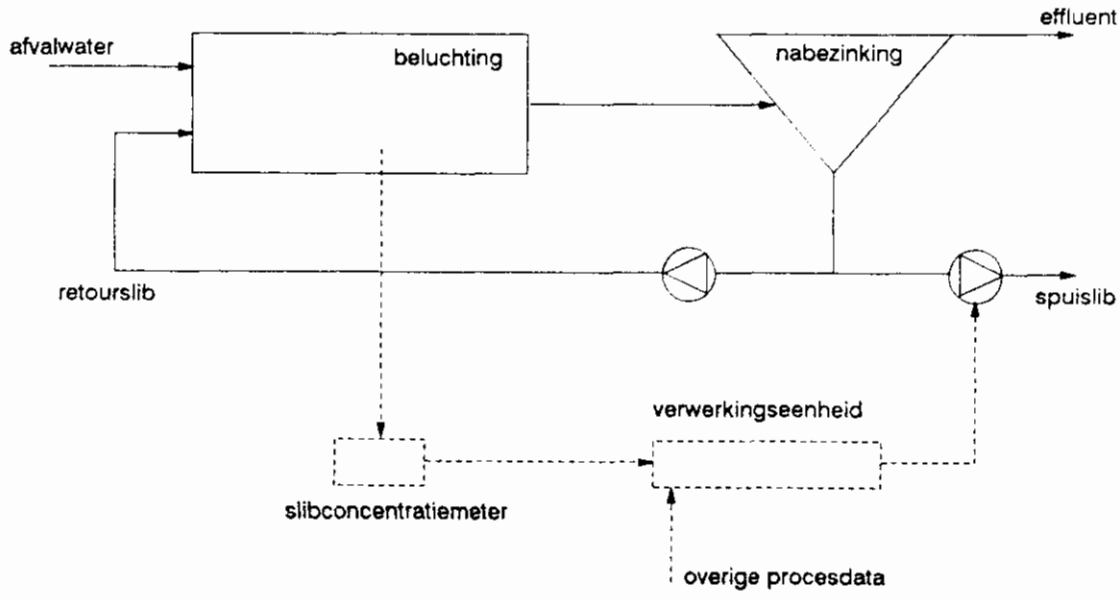
Het praktijkonderzoek had tot doel de technische haalbaarheid van automatische regeling aan te tonen en de randvoorwaarden en gevoeligheden van een dergelijke regeling vast te stellen. De automatische regeling is geënt op de conventionele handregeling en hanteert het principe van de terugkoppeling: een afwijking tussen gemeten en gewenst slibgehalte resulteert in aanpassing van het spuiregiem.
In het geregelde systeem zijn twee informatiestromen te onderscheiden: de informatiestroom uit het actief-slibsysteem (meetsignalen) en de informatiestroom naar de spui-apparatuur (regelsignalen). Deze informatiestromen worden gecoördineerd door een verwerkingseenheid.
In geval van handmatige regeling komt regeling als volgt tot stand:

drogestofgehalte steekmonster	-->	kennis/ervaring operator	->	bijstelling spui-apparaat

In geval van automatische regeling:

signaal slibconcentratiemeter	-->	regelstrategie verwerkingseenheid	->	bijstelling spui-apparaat

Het principe van de automatische regeling is schematisch weergegeven in figuur 6.



Figuur 6. Schematische voorstelling van de teruggekoppelde automatische regeling

Navolgend zijn de proeflokatie en de meet- en regelapparatuur beschreven.
De resultaten zijn onderverdeeld naar:

- ervaringen met de slibconcentratiemeters;
- vastgestelde karakteristieken van de slibhuishouding;
- gekozen regelstrategie;
- vergelijking van de handmatige en de automatische slibspuiregeling.

Tot slot zijn conclusies gegeven voor de automatische regeling.

4.2 Beschrijving proeflokatie

Circa tachtig actief-slibinstallaties zijn beoordeeld aan de hand van een aantal primaire en secundaire selectiecriteria (bijlage 6). Hiervan bleek de rwzi Nijmegen, beheerd door Zuiveringsschap Rivierenland, de beste perspectieven te bieden voor het praktijkonderzoek.
Na de zandvang is deze rwzi verdeeld in drie volledig gescheiden straten, elk bestaande uit een voorbezinktank, een beluchtingstank, twee nabezinktanks, twee slibretourvijzels en een surplusslibpomp. De beluchtingstanks zijn van het type propstroom en het afvalwater wordt aangevoerd via persleidingen. De gemiddelde slibbelasting van de installatie in 1988 bedroeg 0,09 kg BZV/kg d.s.d. De slibhuishouding gaf geen problemen en er bestond geen significant verschil tussen het rendement van de drie straten. Gedetailleerde gegevens over deze rwzi zijn opgenomen in bijlage 7.

Het praktijkonderzoek is uitgevoerd in de straten 2 en 3. Hierbij was straat 2 de "referentiestraat", waarin het slibspuiregiem gedurende het gehele praktijkonderzoek op de conventionele manier (handmatig) geregeld werd.
Het handgeregelde spuiregiem kan als volgt beschreven worden. De surplusslibpompen werken volgens het puls/pauze-principe en zijn daartoe voorzien van tijdklokken die de pompen vijftien maal per dag aan- en uitschakelen. Onder normale omstandigheden ligt de totale looptijd van een surplusslibpomp tussen 11 - 18 uur per dag. Op basis van het verloop van de slibconcentratie in de beluchtingstank (drie steekmonsters per week) bepaalt de klaarmeester of de looptijd al dan niet bijgesteld moet worden. Bijstelling geschiedt doorgaans met ca. 1 - 3 uur per dag.
De automatische regeling werd toegepast in straat 3.

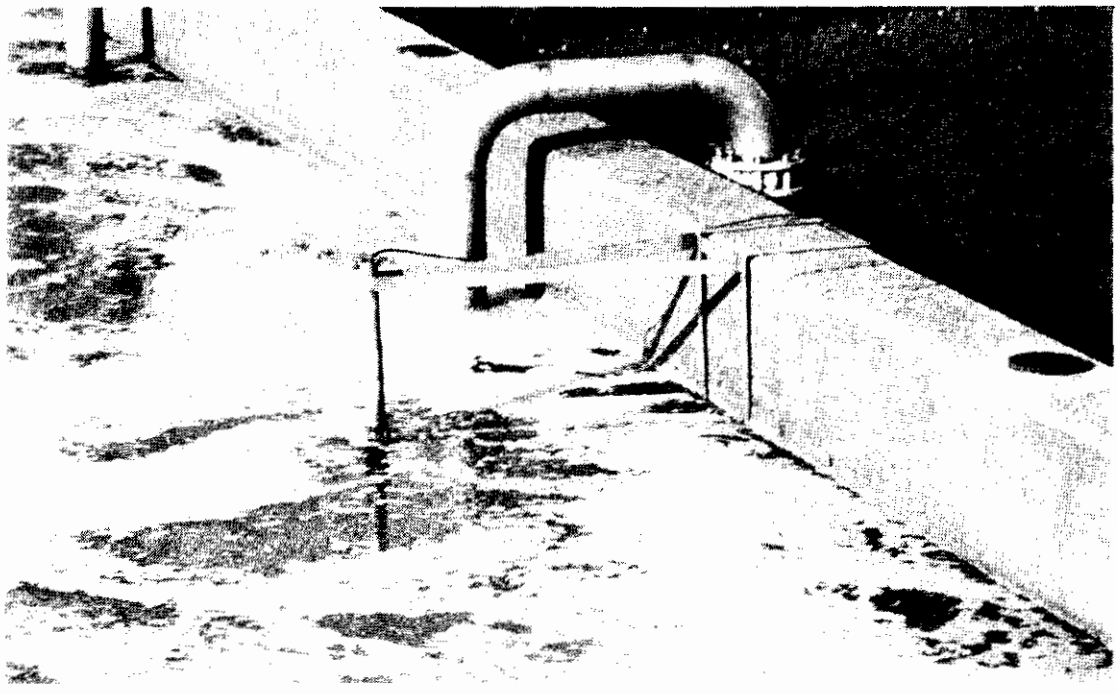
4.3 Beschrijving van de meet- en regelapparatuur

Voor de automatische regeling waren benodigd:

- een meter waarmee de slibconcentratie in de beluchtingstank continu kon worden gemeten;
- een apparaat waarmee op basis van de gemeten slibconcentratie de looptijd van de surplusslibpomp kon worden gewijzigd (verwerkingseenheid).

Toegepast werden twee MEX-3 slibconcentratiemeters (voorzien van meetsondes RD-20/10) van Eurcontrol voor het continu meten van de slibconcentratie in de beluchtingstanks van straten 2 en 3.

Om inzicht te krijgen in de slibhuishouding is enige tijd de retourslibconcentratie gemeten met een MEX-2 slibconcentratiemeter van Eurcontrol. De werking van deze meters berust op extinctiemeting. De meters hebben in actiefslib een meetbereik van 0,2 - 10 g/l; het corresponderende uitgangssignaal heeft een bereik van 0/4 - 20 mA.
De twee MEX-3 slibconcentratiemeters zijn geplaatst op 2/3 van de doorstroomde tanklengte van straten 2 en 3. De meetsondes bevonden zich 1 m van de buitenwand en 1 m beneden het slib/wateroppervlak (zie figuur 7). De MEX-2 is in één van de goten tussen de nabezinktanks en de retourvijzels geplaatst.



Figuur 7. Plaats van de meetsonde in de beluchtingstank

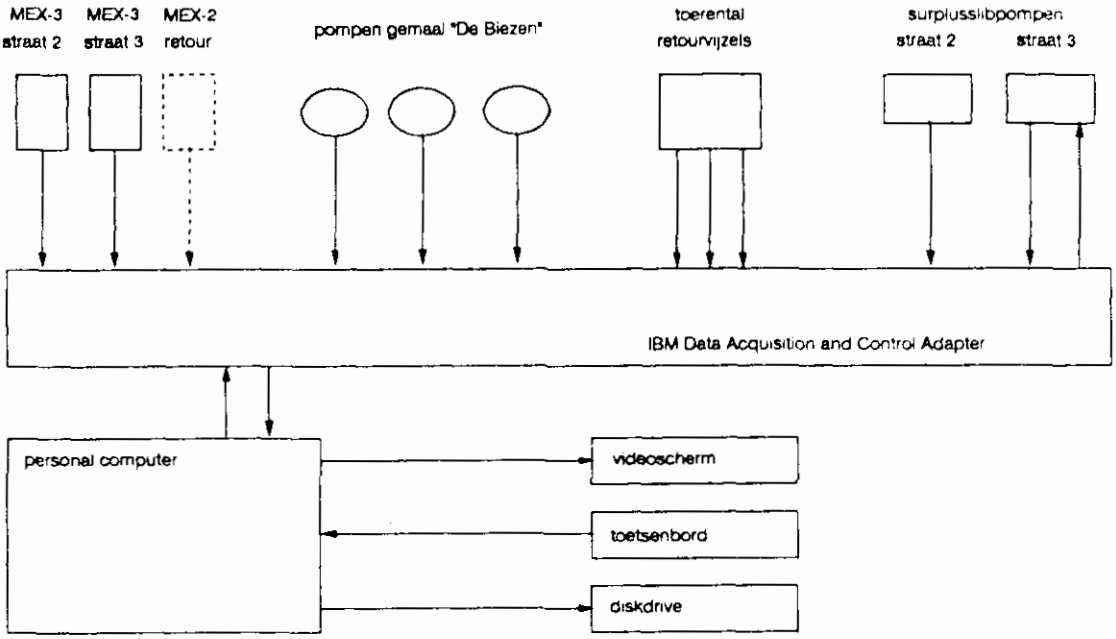
Als verwerkingseenheid diende een personal computer (IBM-AT) voorzien van de "IBM Data Acquisition and Control Adapter", een insteekkaart die het de PC mogelijk maakt processignalen in te lezen en regelsignalen uit te sturen. De verwerkingseenheid diende voor:

- het inlezen, presenteren en opslaan van procesgegevens;
- het verwerken van de ingelezen procesgegevens tot een regelactie.

Om een goed inzicht te krijgen in de slibhuishouding van de beluchtingstanks werden, naast de signalen van de MEX-3 slibconcentratiemeters, de volgende signalen door de verwerkingseenheid ingelezen:

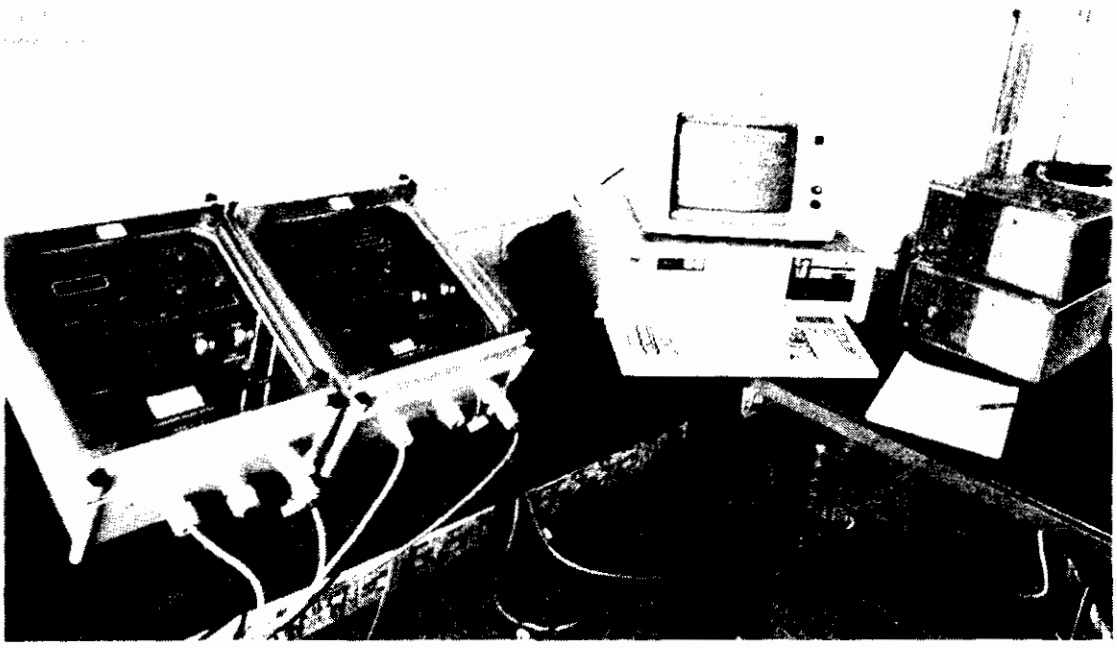
- de AAN/UIT-status van de pompen van gemaal "De Biezen" (verantwoordelijk voor 75 - 80% van de hydraulische belasting van rwzi Nijmegen), als maat voor het influentdebiet;
- het toerental van de retourvijzels, als maat voor het retourdebiet;
- de AAN/UIT-status van de surplusslibpompen, als maat voor het spuidebiet;
- de retourslibconcentratie.

De gebruikte meetopstelling is schematisch weergegeven in figuur 8.



Figuur 8. Schema van de meetopstelling

De computer (zie figuur 9) leest iedere minuut de actuele waarde van elk van de drie slibconcentratiemeters in.
Vervolgens wordt iedere 5 minuten een gemiddelde van deze 5 waarnemingen berekend en opgeslagen. Ook instellingsveranderingen van de pompen van gemaal "De Biezen", van de surplusslibpompen en van de retourvijzels worden opgeslagen.



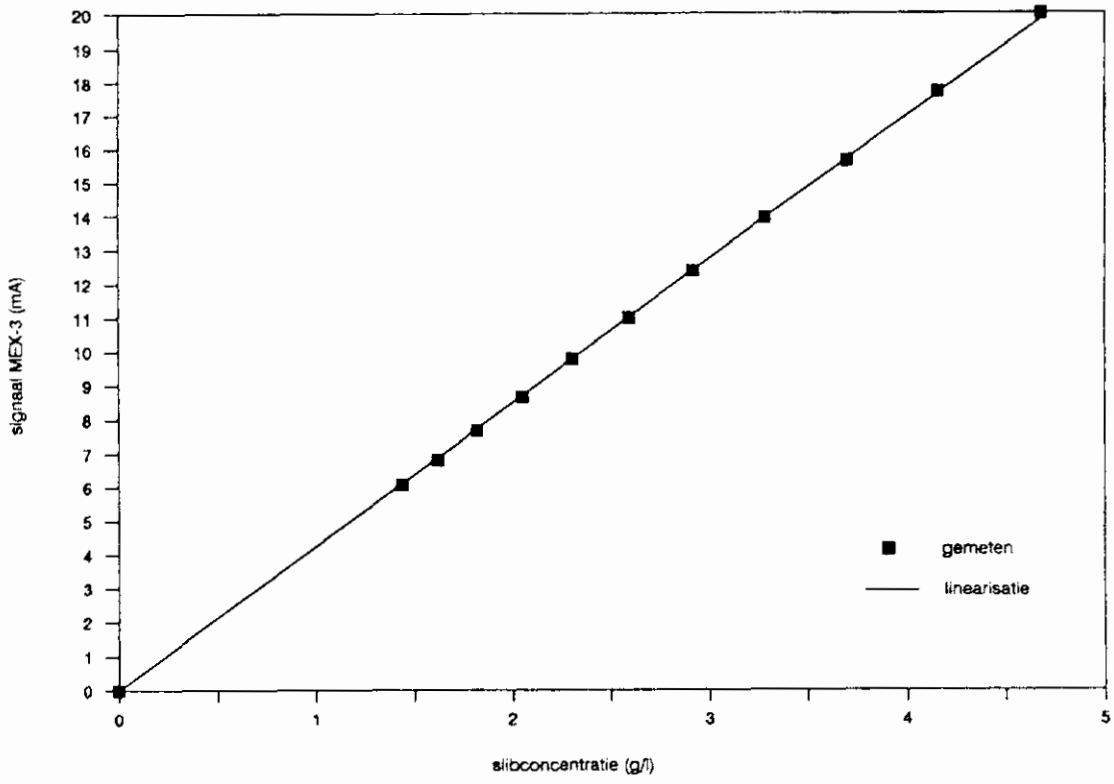
Figuur 9. De PC in de meetopstelling

De data-acquisitie- en regelprogrammatuur die ontwikkeld is voor het praktijkonderzoek, is opgenomen in bijlage 10.

4.4 Resultaten

4.4.1 *slibconcentratiemeters*

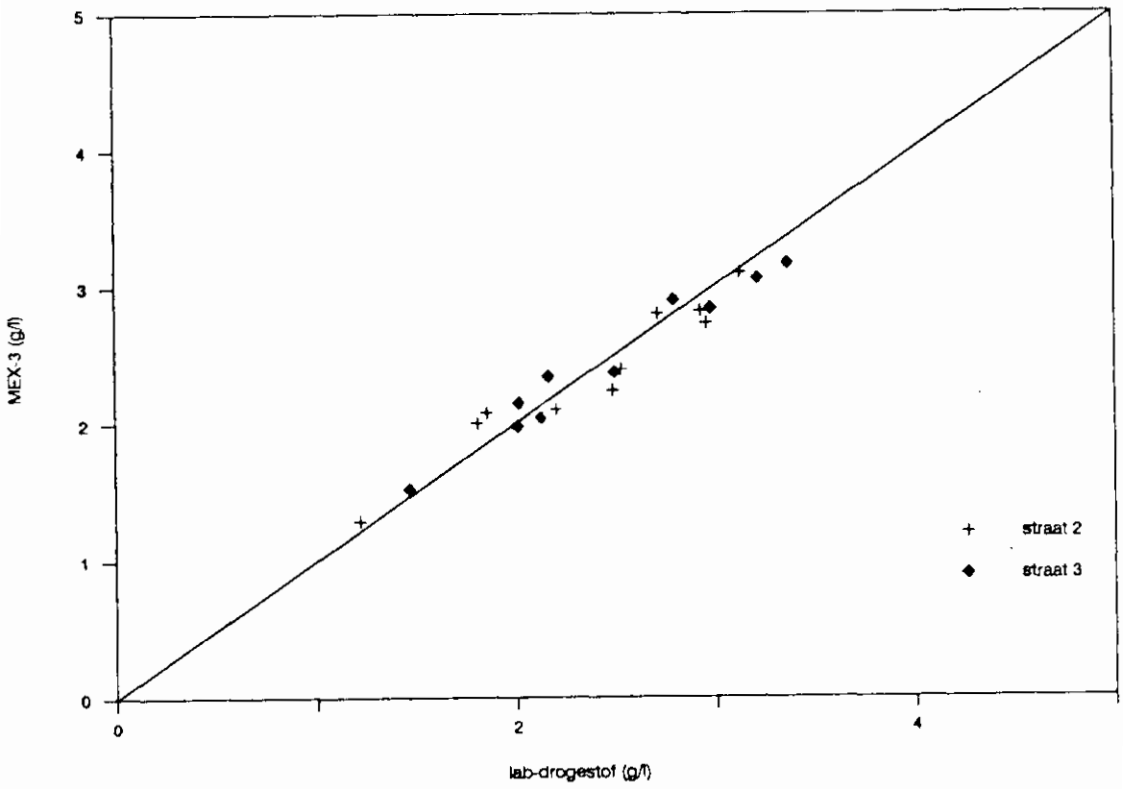
De MEX-3 slibconcentratiemeters werden gekalibreerd met behulp van verdunningsreeksen van actiefslib. Dit gaf lineaire ijklijnen (figuur 10).



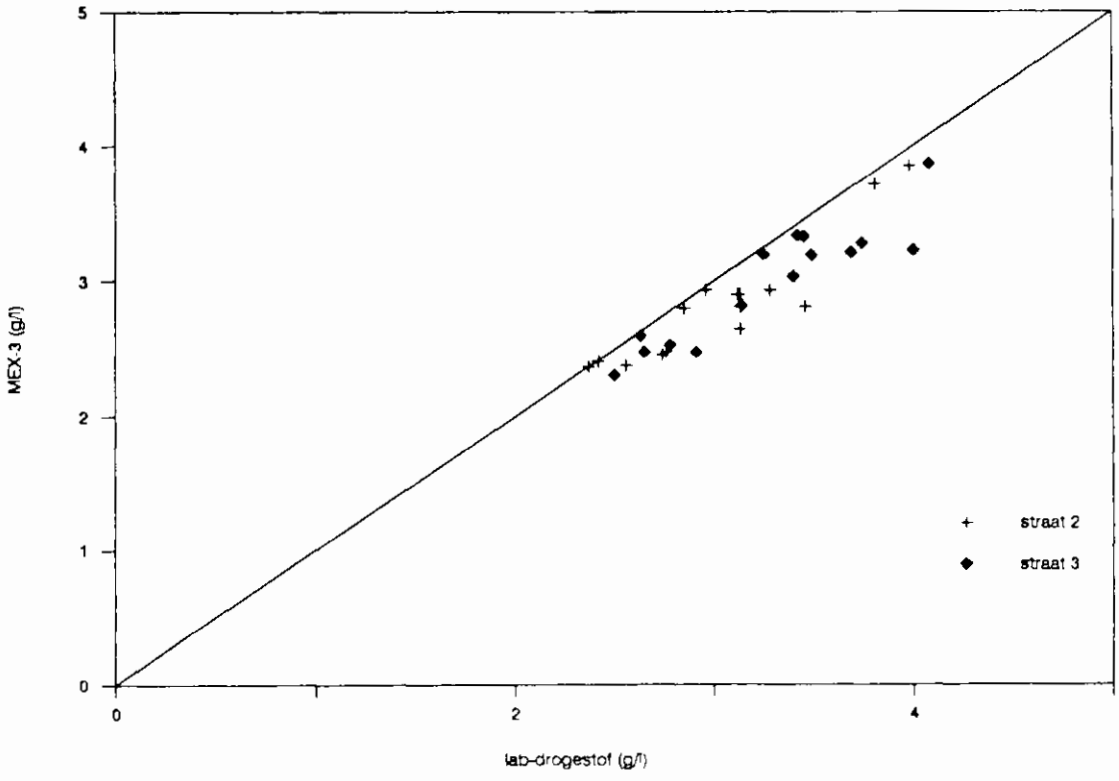
Figuur 10. Uitgangssignaal van een MEX-3 als functie van de slibconcentratie

De helling van deze ijklijnen werd door de PC gebruikt om het mA-signaal van de slibconcentratiemeters om te rekenen naar slibconcentraties.
Uit regelmatige vergelijking van de aldus berekende slibconcentraties met drogestofbepalingen in het laboratorium bleek dat de helling van de ijklijnen varieerde in de tijd. Het verloop van de helling van de ijklijnen was daarbij niet constant in de tijd, zoals blijkt uit de figuren 11 en 12.
In figuur 11 zijn de slibconcentraties volgens de MEX-3 meter en volgens de laboratorium drogestofbepaling gegeven voor een periode met weinig verloop. Figuur 12 betreft een periode met een sterk verloop. Het sterke verloop in figuur 12 viel samen met een sterke verandering van de slibvolume-index in de maand oktober (figuur 13). De verandering van de slibvolume-index werd (mede) veroorzaakt door de draadvormende bacteriestam 021N. Aangenomen wordt dat het verlopen van de helling van de ijklijnen een gevolg was van de gewijzigde slibsamenstelling.
Gedurende de periode met de sterk veranderende slibvolume-index was één à twee maal per week herkalibratie nodig.

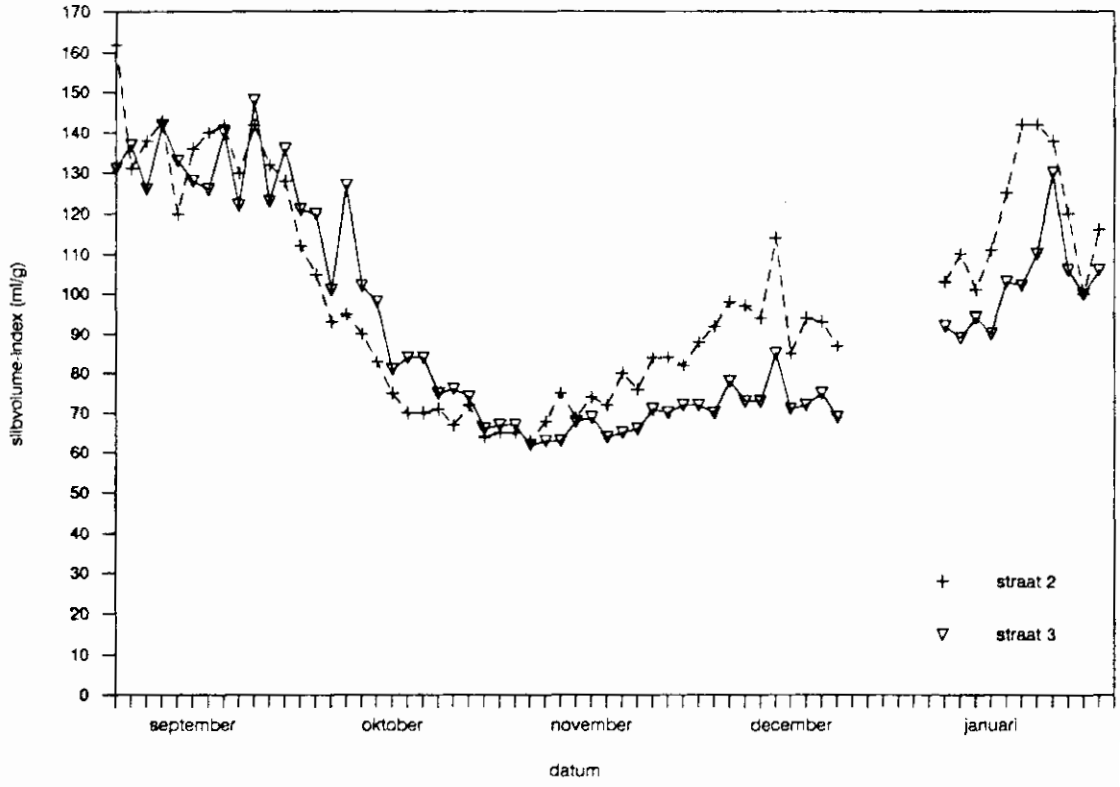
De meetapparatuur gaf geen technische problemen.
De meetsondes bleken ongevoelig voor vervuiling. Reiniging na een periode van circa 6 weken had geen significante invloed op de meting.



Figuur 11. Slibconcentraties MEX-3 versus drogestofbepalingen in een periode met weinig verloop van de SVI



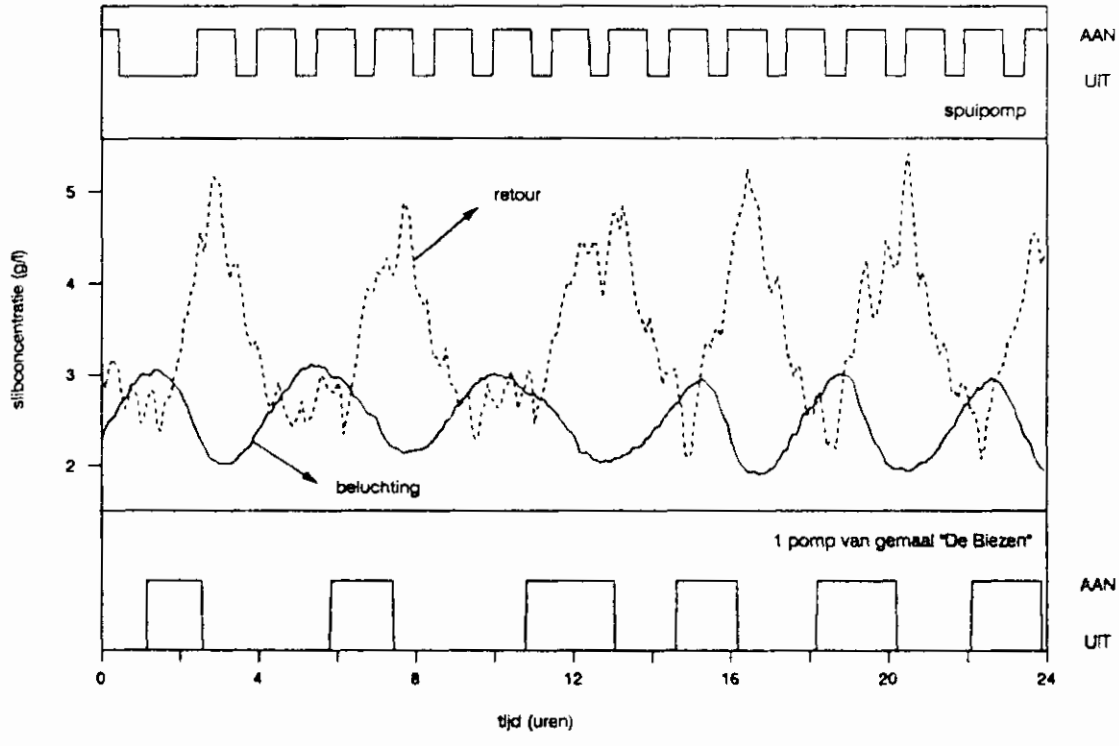
Figuur 12. Slibconcentraties MEX-3 versus drogestofbepalingen in een periode met een sterk verloop van de SVI



Figuur 13. Verloop van de slibvolume-index gedurende het praktijk-onderzoek

4.4.2 *karakteristieken van de slibhuishouding*

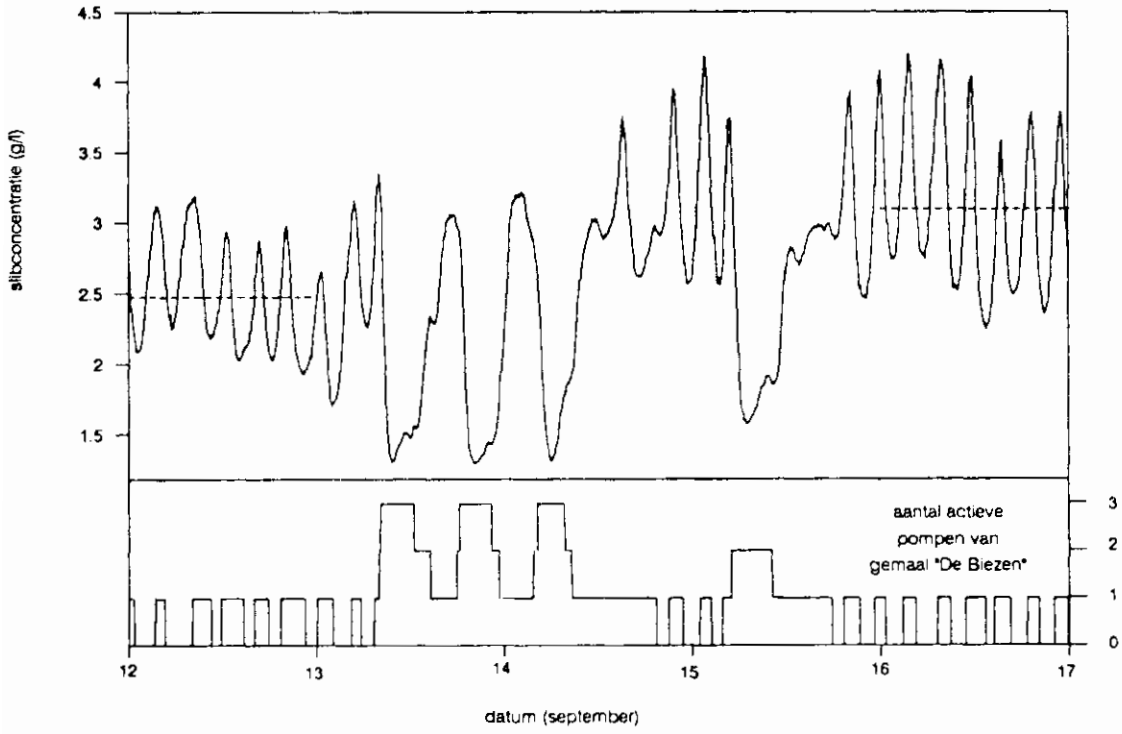
In figuur 14 is het verloop van de slibconcentratie gegeven voor één dag.



Figuur 14. Karakteristiek dagprofiel voor rwzi Nijmegen

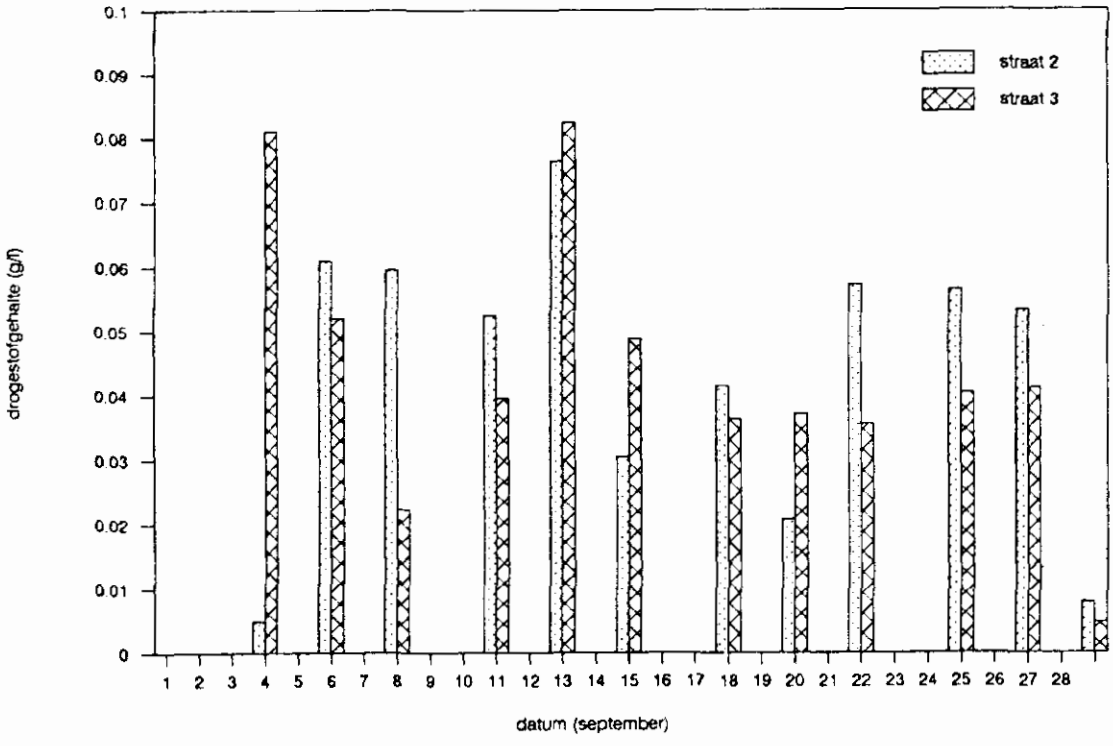
Dit profiel is karakteristiek voor de dwa-situatie van de rwzi Nijmegen. In figuur 14 zijn ook opgenomen het verloop van de retour-slibconcentratie, het AAN/UIT-schakelen van de surplusslibpomp en het AAN/UIT-schakelen van de aanvoerpompen in gemaal "De Biezen". Onder dwa-omstandigheden schakelt een pomp van het aanvoergemaal "De Biezen" per dag zes maal AAN/UIT. Het dalen en stijgen van de beschouwde slibconcentraties blijkt sterk te correleren met dit hydraulische regiem, hetgeen verklaarbaar is uit het propstroom-karakter van de beluchtingstank.

In de periode van 13 t/m 15 september 1989 is zware regenval opgetreden. Het effect van deze rwa-omstandigheden op het verloop van het slibconcentratieprofiel is weergegeven in figuur 15.



Figuur 15. Effecten van rwa op het slibconcentratieverloop

Er zijn twee effecten te onderscheiden.
Enerzijds treedt bij rwa als gevolg van de hoge hydraulische belasting verdringing op van slib uit de beluchtingstank naar de nabezinktank. Door slibbuffering in de nabezinktank treedt een tijdelijke verlaging op van het slibgehalte in de beluchtingstank. Deze situatie herstelt zich na beëindiging van de rwa-omstandigheden.
Het tweede effect betreft het significant toenemen van de slibhoeveelheid in het systeem gedurende de rwa-situatie. Na de rwa-periode blijkt de slibconcentratie in de beluchtingstank significant hoger dan voor de rwa-periode. Dit wordt toegeschreven aan een hogere aanvoer van droge stof met het influent en een lager rendement van de voorbezinking onder rwa-omstandigheden. Gedurende de rwa-periode is ca. 110.000 m^3 afvalwater per beluchtingstank verwerkt. De extra hoeveelheid droge stof in deze periode wordt op basis van drogestof-analyses van het voorbezonken afvalwater (zie figuur 16) geschat op 0,04 kg/m^3. De totale extra aanvoer van 4400 kg per beluchtingstank zou leiden tot een concentratiestijging van 0,5 kg/m^3; de waargenomen gemiddelde slibconcentratiestijging is 0,6 kg/m^3.



Figuur 16. Drogestofgehalten van voorbezonken afvalwater

Samenvattend kan het volgende worden gesteld.
Onder dwa-condities geldt dat:

- het slibconcentratieprofiel in sterke mate gecorreleerd is aan de aanvoer van afvalwater. Wanneer een pomp van het hoofdgemaal "De Biezen" aanslaat, begint de slibconcentratie in de beluchtingstank te dalen en de retourslibconcentratie te stijgen. Bij uitslag van de pomp treedt het omgekeerde op;

Onder rwa-condities geldt bovendien dat

- meerdere (2 of 3) pompen van het gemaal "De Biezen" tegelijk in bedrijf kunnen zijn;
- de slibconcentratie in de beluchtingstanks kan dalen tot 1 à 1,5 kg/m^3. Er wordt slib gebufferd in de nabezinktanks;
- een significante toename optreedt van de totale slibhoeveelheid in het systeem door een verhoogd drogestofgehalte van het voorbezonken afvalwater.

4.4.3 *regelstrategie voor automatische regeling*

Bij het operationeel maken van een automatische regeling voor het spuien van slib speelt de invloed van het aanvoerregiem op de slibhuishouding een belangrijke rol.

Het spuiregiem mag niet aangepast worden op basis van de concentratieveranderingen in de beluchtingstank die veroorzaakt worden door het hydraulisch regiem. Deze concentratieveranderingen duiden namelijk niet op een verandering van de totale slibmassa in het systeem beluchtingstank-nabezinktank, maar op een veranderde verdeling van de slibhoeveelheden over het systeem. De automatische regeling mag het spuiregiem alleen dan aanpassen wanneer de totale slibmassa in het systeem verandert of veranderd moet worden.
Het momentane signaal van de slibconcentratiemeting is dus ongeschikt als ingangssignaal voor de automatische regeling. Het benodigde ingangssignaal dient een maat te zijn voor de gemiddelde slibconcentratie in de beluchtingstank. Gekozen is voor een voortschrijdende middeling van het signaal van de slibconcentratiemeter waarbij iedere minuut de computer een nieuwe slibconcentratie inleest, die met een aantal daarvoor ingelezen waarden een nieuw gemiddelde geeft. Het aantal gemeten concentraties dat het voortschrijdend gemiddelde vormt, is een belangrijke factor bij de realisatie van de regeling. Indien veel metingen het voortschrijdend gemiddelde bepalen, is het gemiddelde stabieler, maar zal de reactietijd van de regeling langer zijn; weinig metingen geven een kortere reactietijd en een minder stabiel gemiddelde. Gekozen is voor een middelingsperiode van 24 uur en 1440 gemeten concentraties.
Onder rwa-omstandigheden moet het regelsysteem "weten" dat een tijdelijke daling van de slibconcentratie geen regelactie vereist. Hierin is voorzien door slibconcentratiewaarden, die gemeten zijn onder rwa-omstandigheden, niet op te nemen in de voortschrijdende middeling. De beslissing of een gemeten slibconcentratie een "rwa-concentratie" is, wordt genomen op basis van het aantal in bedrijf zijnde pompen in gemaal "De Biezen". Twee of meer pompen tegelijk in bedrijf betekent rwa. Hierbij wordt rekening gehouden met vertragingseffecten ten gevolge van het propstroomkarakter van de beluchtingstanks.

Voor het ontwikkelen van de regelaar is uitgegaan van de klassieke regeltheorie, welke een regelaar opgebouwd denkt uit één of meer van de volgende drie componenten (bijlage 4):
- een proportionele of P-actie;
- een integrerende of I-actie;
- een differentiërende of D-actie.

De meest voorkomende regelaars zijn de P-, de I-, de PI-, de PD- en de PID-regelaar.
De effectiviteit van de regelaar wordt bepaald door de regelfrekwentie en de keuze van de (P-, I-, D-)versterkingsfactoren. Deze variabelen kunnen voor elk type regelaar worden geschat aan de hand van "trial and error" proeven. Vanwege de traagheid van het systeem is een lange tijd benodigd (tenminste enige dagen) voordat het resultaat van de regeling kan worden beoordeeld. Een "trial and error" benadering kan dan ook erg tijdrovend zijn. Daarom is een computersimulatieprogramma ontwikkeld waarmee het dynamisch gedrag van de slibhuishouding realistisch kan worden beschreven.
Met dit programma kon het verloop van de slibconcentratie over een periode van 20 dagen in stapjes van 1 minuut worden gesimuleerd in minder dan 10 minuten. Hierdoor kon in korte tijd een groot aantal potentiële P-, I-, PI-, PD- en PID-regelingen theoretisch worden uitgetest. Een aantal simulaties is opgenomen in bijlage 9.

Op basis van deze simulaties werd vastgesteld dat een PI-regeling goede perspectieven zou bieden.
De PI-regelaar wordt als volgt mathemathisch beschreven:

$$f(k) = f(k-1) + K_p.[e(k) - e(k-1)] + K_i.T.e(k)$$

waarin: f : regelsignaal = de looptijd van de surplusslibpomp
k : tijdstip;
K_p : versterkingsfactor P-actie;
K_i : versterkingsfactor I-actie;
T : regelperiode;
e : regelafwijking = het verschil tussen voortschrijdend gemiddelde slibconcentratie en setpoint.

Deze regeling is uitgetest in de praktijk. De versterkingsfactoren hadden de waarden K_p = 40 (h/d)/(kg/m^3) en K_iT = 5 (h/d)/(kg/m^3). De regelfrekwentie bedroeg 2x per dag (T=0,5 d) en het setpoint was 3 kg/m^3.

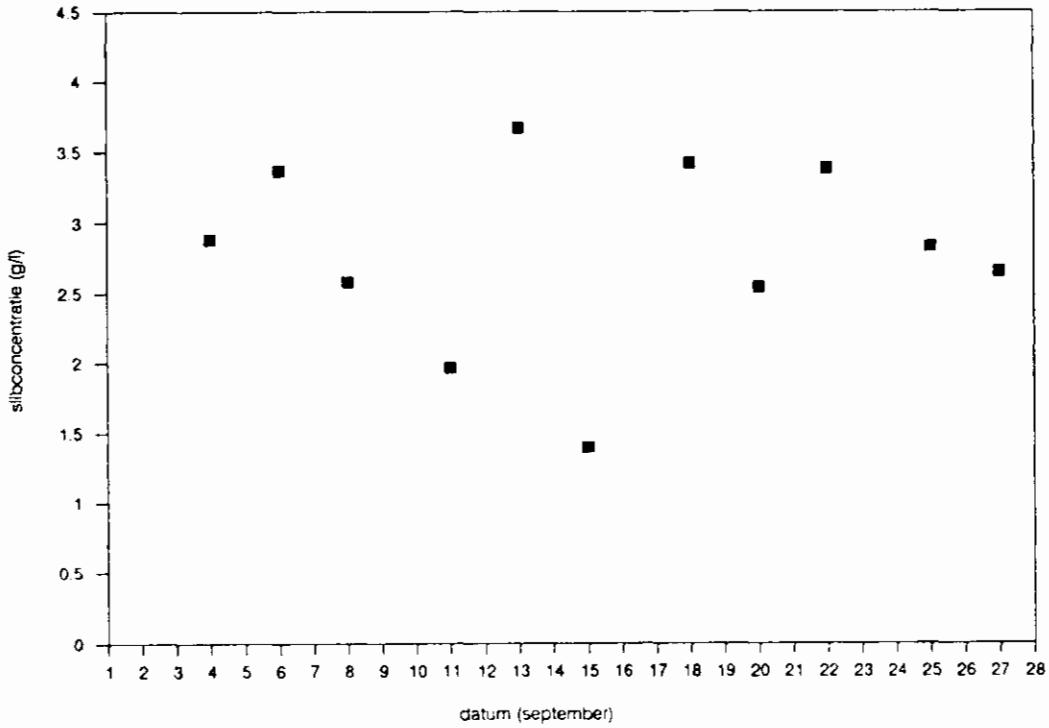
4.4.4 *regeling van het slibspuiregiem*

Handregeling

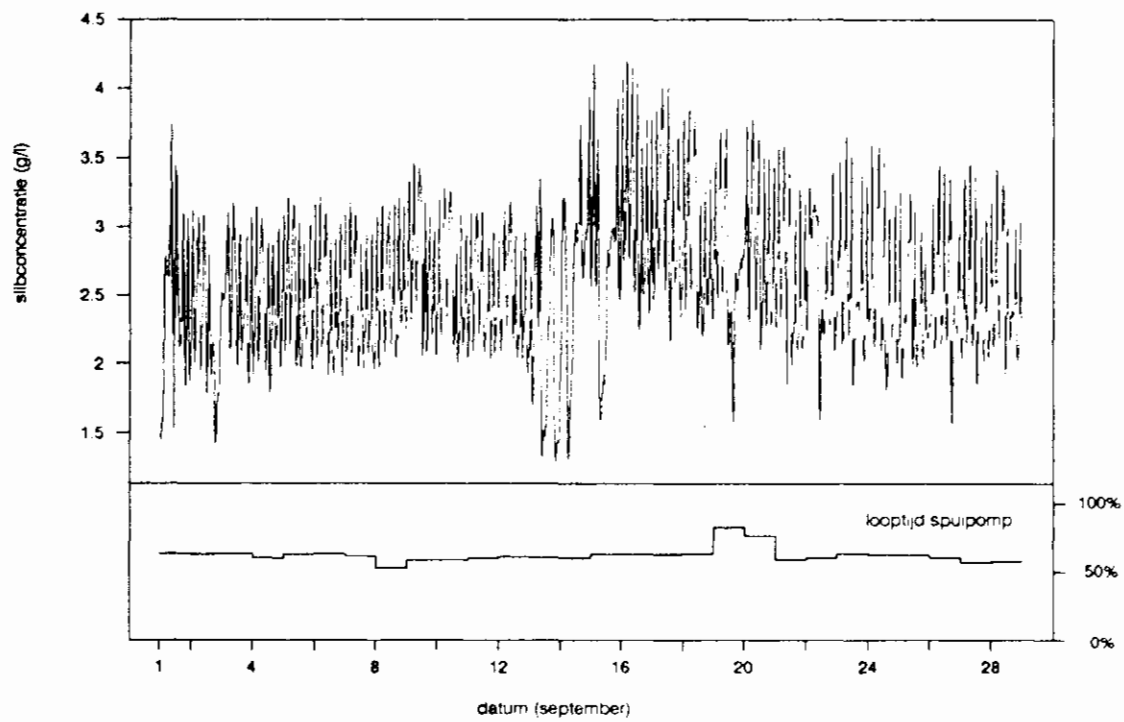
Gedurende een periode van één maand, waarin in beide straten handmatig werd geregeld, werd het volgende vastgelegd:

1. de gehanteerde uitgangspunten voor de handmatige regeling;
2. de resultaten van de handmatige regeling;
3. de vergelijkbaarheid van de beide straten ten aanzien van de slibbalans.

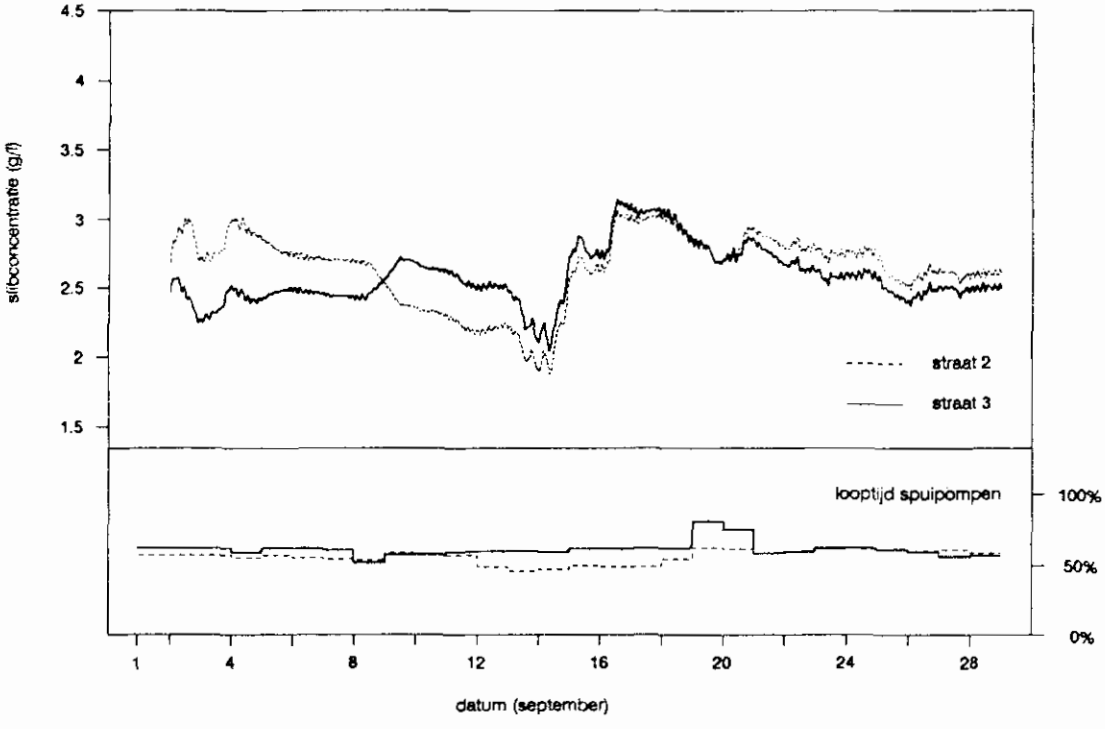
In figuur 17 zijn voor straat 3 de slibconcentraties van de steekmonsters gegeven op grond waarvan de klaarmeester zijn beslissingen nam ten aanzien van het spuiregiem. Figuur 18 toont het verloop van de continu gemeten slibconcentratie in straat 3 (september 1989). In deze figuur is ook de looptijd van de betreffende surplusslibpomp gegeven, uitgedrukt als percentage van de maximaal mogelijke looptijd.
In figuur 19 is het verloop van de slibconcentratie in beide straten gegeven in de vorm van het voortschrijdend daggemiddelde. De gemiddelde slibgehalten in beide straten waren aan het begin van de meetperiode niet gelijk vanwege onderhoudswerkzaamheden aan het beluchtingssysteem in de voorliggende periode. Deze situatie is gecorrigeerd door slib over te pompen van straat 2 naar straat 3. Verder zijn er geen significante verschillen in het verloop van de slibconcentraties van beide straten.



Figuur 17. Slibconcentratie van steekmonsters uit straat 3 ten behoeve van controle van het spuiregiem



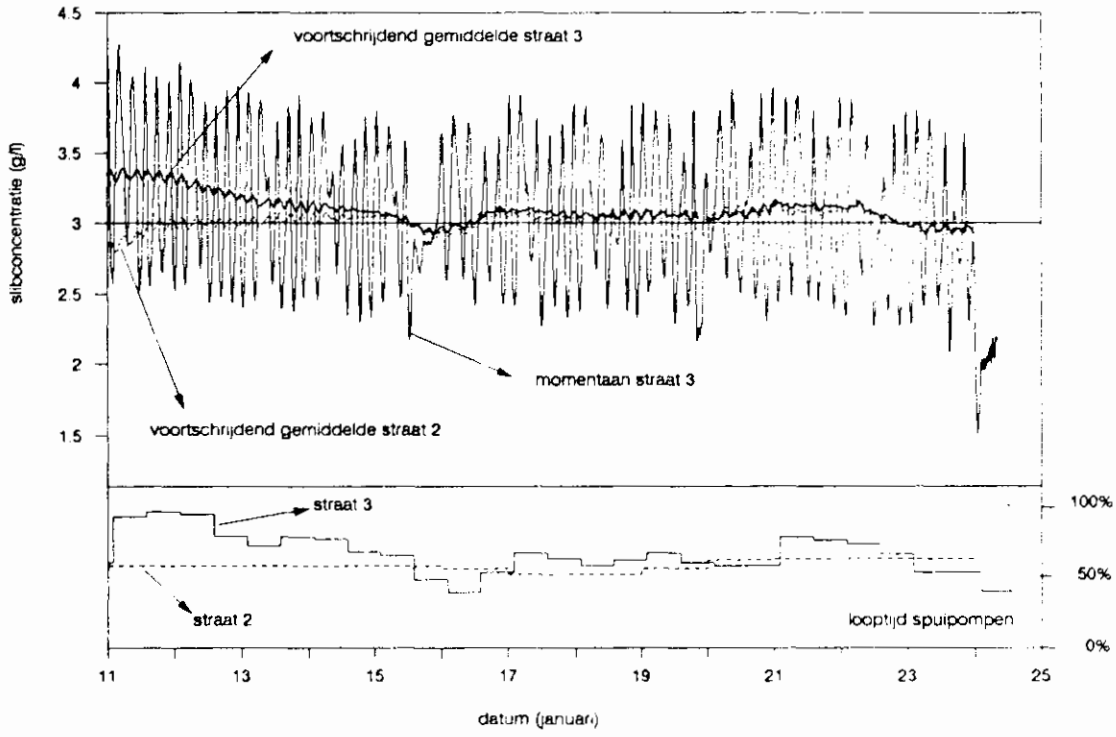
Figuur 18. Het verloop van de slibconcentratie in straat 3 (handgeregeld slibspuiregiem.)



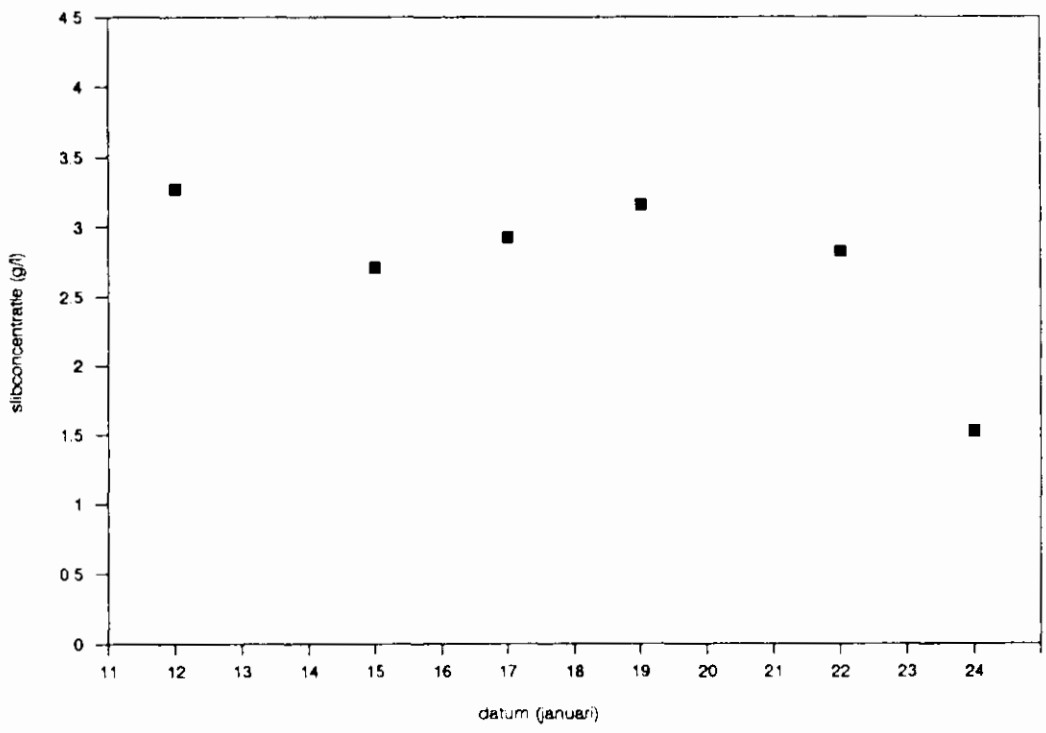
Figuur 19. Het voortschrijdend gemiddelde slibconcentratieverloop in straten 2 en 3 (beide slibspuiregiems handgeregeld)

Automatische regeling

Figuur 20 illustreert het effect van PI-regeling van het slibspuiregiem op het verloop van de slibconcentratie in straat 3. In figuur 20 zijn ook de (handgeregelde) slibconcentratie in straat 2 en de looptijden van de betrokken spuipompen opgenomen. Figuur 21 geeft de slibconcentraties van de steekmonsters waarmee de klaarmeester het spuiregiem van straat 2 regelde.
Met de PI-regeling was het mogelijk de voortschrijdend gemiddelde slibconcentratie te stabiliseren rond het setpoint. De PI-geregelde concentratie vertoonde een vergelijkbaar verloop met die van de handgeregelde straat en lag tussen 2,85 en 3,15 kg/m^3. De looptijd van de automatisch geregelde spuipomp varieerde sterker dan die van de handgeregelde spuipomp, maar lag steeds in het acceptabele gebied van 10 - 17 h/d. De grotere variatie in de looptijd van de spuipomp bij automatische regeling werd waarschijnlijk veroorzaakt door de variaties, die nog voorkwamen in het voortschrijdend gemiddelde. Deze variaties zijn terug te voeren op de in dit geval zeer sterk variërende momentane slibconcentraties.

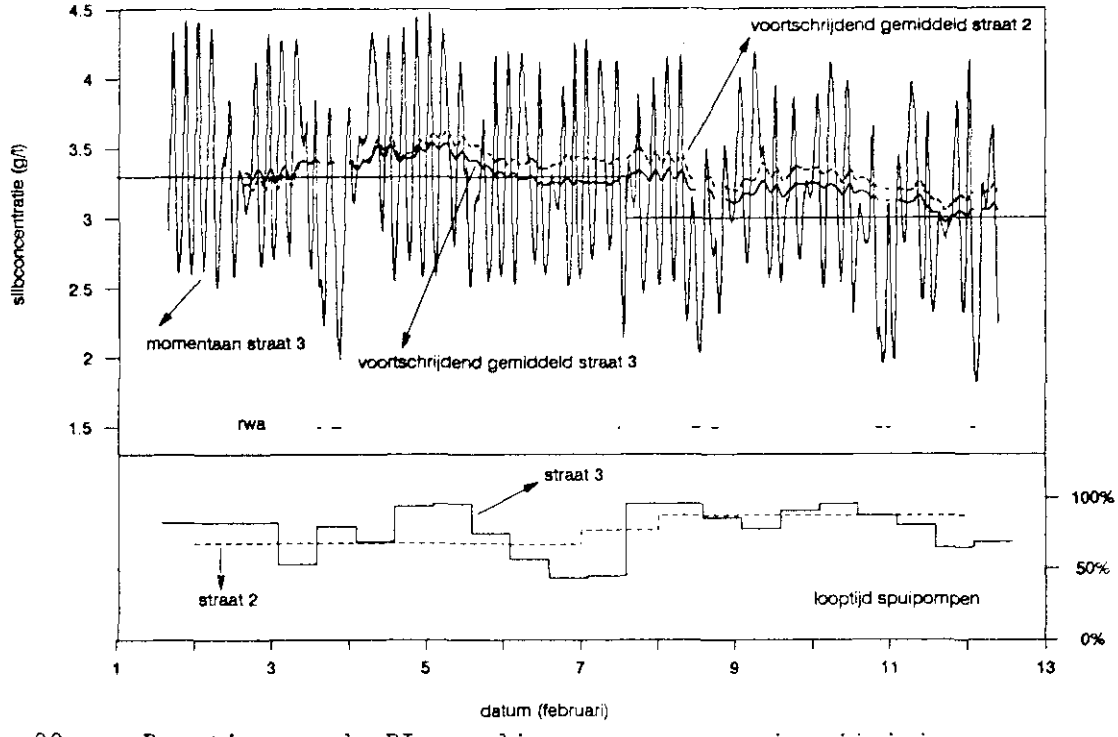


Figuur 20. Resultaat van de PI-regeling van het spuiregiem van straat 3



Figuur 21. Slibconcentratie van de steekmonsters uit (handgeregelde) beluchtingstank 2

Figuur 22 geeft aan hoe de handregeling en de PI-regeling reageren op een setpointwijziging van 3,3 naar 3,0 kg/m³. Bij de interpretatie van deze figuur moet rekening gehouden worden met de invloed van enkele periodes van rwa.



Figuur 22. Reactie van de PI-regeling op een setpointwijziging

Uit figuur 22 blijkt dat de PI-geregelde concentratie een vergelijkbaar verloop vertoont met die van de handgeregelde straat. De PI-geregelde concentratie benaderd wat beter het setpoint.

4.4.5 *bemonsterings- en analyseprogramma*

Om een uitspraak te kunnen doen over het effect van de automatische slibspuiregeling op de zuiverende werking van straat 3 vergeleken met straat 2, is gedurende het praktijkonderzoek een geïntensiveerd bemonsterings- en analyseschema voor deze straten gehanteerd. Een schematisch overzicht van de monsterpunten is in combinatie met dit bemonsterings- en analyseschema opgenomen in bijlage 8.
Uit de analyseresultaten van de periode waarin het spuiregiem van beide straten handmatig geregeld werd bleek dat er geen significant verschil bestond tussen de werking van beide straten.

4.5 Conclusies praktijkonderzoek

4.5.1 *slibconcentratiemeters*

De meetsondes hadden tijdens het praktijkonderzoek nauwelijks onderhoud nodig. Uit regelmatige controles bleek vrijwel geen aangroei of vervuiling op te treden.

Tijdens het praktijkonderzoek trad in een bepaalde periode een verloop op van de helling van de ijklijnen. Dit hing samen met een zich wijzigende samenstelling van het actiefslib. Gedurende deze periode bleek één à twee maal per week herijken noodzakelijk.

4.5.2 *slibconcentratiemetingen*

De slibconcentratie in de beluchtingstank varieerde sterk met de hydraulische belasting van de rwzi. Dit betekent dat met behulp van de handmetingen de gemiddelde slibconcentratie slechts bij benadering kon worden vastgesteld. Continue meting waarop een voortschrijdende middeling werd toegepast, gaf een betrouwbaarder maat voor de gemiddelde slibconcentratie.
Continue meting van de slibconcentratie gaf een beter inzicht in de slibhuishouding van het systeem, met name in de invloed van rwa en van de retourslibverhouding.
Mede hierdoor is een snellere signalering van verstoringen in de slibhuishouding mogelijk.

4.5.3 *regeling van het slibgehalte*

De automatische regeling op basis van een PI-regelaar was onder normale bedrijfsomstandigheden gelijkwaardig met de handregeling.
Bij relatief grote afwijkingen van de slibconcentratie werd door automatische regeling sneller en nauwkeuriger het setpoint bereikt.
De looptijd van de automatisch geregelde spuipomp varieerde daarbij sterker dan de looptijd van de handgeregelde pomp. De automatische regeling leidde niet tot een betere effluentkwaliteit danwel een lager energieverbruik.

5 CONCLUSIES

Samenvattend kan op basis van het inventariserend onderzoek en het praktijkonderzoek het volgende worden geconcludeerd:

1. In de slibconcentratie in beluchtingstanks kunnen fluctuaties optreden tot 1 à 2 kg/m^3. Dit betekent dat bepaling van het slibgehalte op basis van steekmonsters zeer willekeurige waarden en dus een verkeerde schatting van de slibspui kan geven met slibuitspoeling of een verminderd zuiveringsrendement als gevolg. Een reproduceerbare en betrouwbare continue slibconcentratiemeting is mogelijk met optische slibconcentratiemeters, mits de samenstelling van het actiefslib niet te sterk fluctueert.

2. Continue meting en registratie van de slibconcentratie geeft een beter inzicht in de slibhuishouding van het systeem, en in de gevoeligheid voor factoren die de slibhuishouding kunnen beinvloeden.

3. In actief-slibinstallaties is door automatische meting van het slibgehalte een betere procesbeheersing mogelijk. Door sneller te reageren op veranderingen in de slibhuishouding wordt de kans op slibuitspoeling verminderd en/of de nitrificatie verbeterd. Voorts is bewaking op afstand mogelijk.

4. De kosten voor een continue meting van de slibconcentratie bedragen *f* 7.000,-- tot *f* 9.000,-- per jaar.

5. Automatische regeling van de slibspui op basis van een constant slibgehalte is technisch goed mogelijk en kan gerealiseerd worden met een PI-regelaar. Deze vorm van regeling sluit goed aan op de huidige praktijk van regeling en heeft de meest eenvoudige uitvoering. Voorts is het bedieningsgemak groter dan bij handregeling.
   De kosten voor een dergelijke regeling (exclusief meter) worden geraamd op *f* 1.000,-- tot *f* 2.000,-- per jaar.

6. Automatische regeling van het slibgehalte is gelijkwaardig met handregeling. Bij relatief grote afwijkingen van de slibconcentratie wordt door automatische regeling sneller en nauwkeuriger het setpoint bereikt. De automatische regeling kan evenwel tot grotere variaties in de slibspui leiden. Dit kan in bepaalde gevallen een begrenzing van de slibspui nodig maken.
   De praktijkproef gaf niet aan dat automatische regeling leidt tot een betere effluentkwaliteit danwel tot een lager energieverbruik.

6 AANPAK VOOR AUTOMATISCHE REGELING VAN HET SLIBGEHALTE IN EEN BELUCHTINGSTANK

6.1 Inleiding

De karakteristieken van de slibhuishouding zijn bepalend voor de wijze van automatische regeling van het slibgehalte in beluchtingstanks. Omdat de karakteristieken van de slibhuishouding voor verschillende actief-slibsystemen en zelfs binnen een bepaald systeem sterk kunnen verschillen, kan geen algemeen toepasbare regelstrategie worden gegeven.
Navolgend is aangegeven welke aspecten van belang zijn bij het tot stand brengen van een automatische regeling van het slibgehalte voor verschillende actief-slibsystemen.
Tot slot volgt een globale aanpak voor het ontwikkelen van een automatische regeling van het slibgehalte voor een willekeurige actief-slibinstallatie.

6.2 Karakteristieken van de slibhuishouding

De volgende eigenschappen van de actief-slibinstallatie zijn bepalend voor de slibhuishouding van het systeem:

- de slibbelasting/slibleeftijd;
- het menggedrag van de beluchtingstank;
- het hydraulisch regiem;
- de wijze van nabezinking en slibruiming;
- het spuiregiem.

Het slibgehalte in een beluchtingstank bij de meetsonde kan afgezien van de meetruis twee typen variaties te zien geven:

- variaties die duiden op een verandering van de totale slibmassa in het systeem beluchtingstank-nabezinktank, en die derhalve gecorrigeerd dienen te worden;
- variaties die geen correcties behoeven, omdat er geen sprake is van een verandering in de totale slibmassa in het systeem beluchtingstank-nabezinktank. Het betreft hier rwa-variaties en kortdurende periodieke fluctuaties door een schoksgewijs aanvoerregiem en variaties in de retourslibconcentratie.

Voorts dient bij het ontwerp van de regeling rekening te worden gehouden met randvoorwaarden die worden bepaald door de slibverwerking. Te denken valt hierbij aan toelaatbare belastingsvariaties voor gravitatie- en flotatie-indikkers.

6.3 Regelstrategie

Het ingangssignaal voor de regelaar dient op elk moment eenduidige informatie over de slibmassa in het systeem te geven. Omdat de slibconcentratie in de beluchtingstank fluctuaties geeft, die geen correctie behoeven, is de momentaan gemeten slibconcentratie niet geschikt. Voortschrijdende middeling van de gemeten slibconcentratie levert dan een bruikbaar ingangssignaal. Hierbij zijn de volgende aspecten van belang:

- de frekwentie waarmee de verwerkingseenheid het (continue) signaal van de slibconcentratiemeter inleest.
  Deze frekwentie dient dermate hoog te zijn, dat geen relevante informatie verloren gaat. In het verrichte praktijkonderzoek bleek een frekwentie van 1 maal per minuut ruim voldoende;

- de periode waarover wordt gemiddeld.
  Naarmate de fluctuaties in tijd en grootte sterker variëren, zal de middelingsperiode langer moeten worden gekozen. Hierbij zij evenwel opgemerkt dat, naarmate de middelingstijd langer wordt gekozen, de regeling trager zal reageren. In het verrichte praktijkonderzoek was de periode van de fluctuaties ten gevolge van het hydraulisch regiem onder dwa-omstandigheden circa 4 uur; de amplitude van de fluctuerende slibconcentratie bedroeg hierbij circa 0,5 - 0,8 g/l. Een voortschrijdende middeling over 24 uur bleek in dit geval een bruikbaar signaal voor regeling te geven.

Bij middeling dienen concentraties, gemeten onder rwa-omstandigheden, buiten beschouwing te worden gelaten. Dit betekent dat de verwerkingseenheid moet beschikken over een signaal waarmee rwa kan worden geconstateerd (bijv. debietmeting, aanslaan pomp, opschakelen vijzel). Hierbij dient rekening te worden gehouden met het feit dat er altijd een zeker tijdsverschil zal bestaan tussen het moment waarop de verwerkingseenheid de overgang van rwa naar dwa-constateert en het moment waarop de slibconcentratiemeter weer dwa slibconcentraties meet. In propstroomsystemen wordt deze vertraging bepaald door de plaats van de slibconcentratiemeter in de beluchtingstank. In geval van volledige menging wordt de vertraging beïnvloed door de verblijftijd in de beluchtingstank.

Als regelaar zal veelal gekozen kunnen worden voor de PI-regelaar, waarvan de geschiktheid in het praktijkonderzoek bewezen is.
De keuze van regelfrekwentie en (P-,I-)-versterkingsfactoren bepalen de effectiviteit van de regelaar.
Het instellen van een regelaar door middel van "trial and error" kan een langdurig proces zijn, omdat een periode van enkele dagen nodig is om de kwaliteit van een regelaar te kunnen beoordelen.
Een nuttig hulpmiddel kan simulatieprogrammatuur zijn. Met behulp van een simulatiemodel voor de slibhuishouding kan een aanwijzing worden verkregen voor de optimale instelling. Deze instelling kan vervolgens worden getest in de praktijk. Dit geldt eveneens voor de optimale regelfrequentie.

6.4. Evaluatie regelstrategie voor verschillende actief-slibsystemen

Navolgend is een evaluatie gegeven van de regelstrategie voor drie typen actief-slibsystemen.

1. Oxydatiesloten.
   Het betreft hier zeer laagbelaste systemen met een lage slibgroei. Dergelijke systemen kunnen als volledig gemengd beschouwd worden. Afvalwater komt zonder voorbezinking in de installatie. Dit heeft een gering effect omdat de met het influent aangevoerde hoeveelheid droge stof gering is in vergelijking met de totaal aanwezige slibmassa.
   Voor dergelijke systemen speelt de lengte van de middelingsperiode geen grote rol, omdat er nauwelijks kortdurende periodieke fluctuaties in de slibconcentraties op zullen treden. Gezien de ervaringen met het beproefde hoger belaste systeem kan worden uitgegaan van een middelingsperiode van 1 dag. De regelfrequentie ligt in de orde van eenmaal per twee of meer dagen.

2. Laagbelaste systemen

   Deze systemen kunnen zijn uitgevoerd als propstroomsystemen, volledig gemengde systemen of een tussenvorm hiervan.
   Het afvalwater passeert doorgaans een voorbezinktank.
   In propstroomsystemen treden de grootste variaties op in de slibconcentratie. De middelingsperiode dient in dat geval een halve dag tot één dag te bedragen. Voor volledig gemengde systemen kan wellicht met een kortere middelingsperiode worden volstaan.
   De regelfrequentie ligt in de orde van een- tot tweemaal per dag.

3. Hoogbelaste systemen.
   Deze systemen worden gekenmerkt door een hoge slibgroei. Het aangevoerde afvalwater ondergaat doorgaans geen voorbezinking. De aangevoerde hoeveelheid droge stof is aanzienlijk in vergelijking met de totaal aanwezige slibmassa.
   In een hoogbelast systeem kan een zekere mate van zelfregeling optreden die als volgt kan worden verklaard. Een hogere slibconcentratie in de beluchtingstank geeft een hogere spuislibconcentratie. Bij een gelijk spuidebiet geeft dit een grotere slibspui met als gevolg een verlaging van de slibmassa in het systeem.
   De lengte van de middelingsperiode moet nauwkeurig gekozen worden omdat dergelijke systemen door de relatief korte verblijftijden zeer gevoelig zijn voor het hydraulisch regiem. De middelingsperiode zal in de orde van één tot enkele uren liggen.
   Gerelateerd aan de slibleeftijd zou de regelfrequentie in de orde van eenmaal per enkele uren dienen te bedragen. Vanwege de processtabiliteit dient evenwel te worden gekozen voor een tragere regeling. In de praktijk wordt een regelfrequentie van globaal eenmaal per dag aangehouden.

6.5. Globale aanpak voor automatische regeling van het slibgehalte

1. Voor de implementatie van een automatische regeling dient de actief-slibinstallatie primair voorzien te zijn (worden) van:
   - betrouwbare slibconcentratiemeters;
   - aanstuurbare spui-apparatuur (pompen, vijzels, schuiven);
   - een verwerkingseenheid die kan communiceren met de procesapparatuur (PLC, PC).

   In geval van volledig gescheiden straten verdient het overweging elke straat van een eigen regeling te voorzien.

2. Het verloop van de slibconcentratie in de beluchtingstank dient te worden gemeten zo lang als nodig is om voldoende inzicht te verkrijgen in de slibhuishouding. Op basis hiervan kunnen de vereiste frekwentie van meting, de lengte van de middelingsperiode en de benodigde vertragingstijd bij overgang van rwa naar dwa worden bepaald.

3. De optimale regelaar moet worden vastgesteld door praktijkexperimenten met verschillende instellingen van regelfrekwentie en (P-,I-)-versterkingsfactoren.
   Een simulatieprogramma voor de slibhuishouding kan hierbij een nuttig hulpmiddel zijn.

7 LITERATUURLIJST

1. Lohmann, J. Schlegel, S. - Measurement and control of the MLSS concentration in activated sludge plants, Wat. Sci. Techn., 13 (1981): 217 - 224.

2. Visconti, A. - A proposal for the control and automation of biological processes. Proceedings of the 4th IAWPRC Workshop, Houston and Denver, USA, 27 April - 4 May 1985, Pergamon Press, Toronto: 729 - 732.

3. ATV Arbeitsberichte - Messen, Steuern und Regeln des Feststoffgehaltes beim Belebungsverfahren. ATV-Fachausschuß 2.13 (4/1981).

4. Furusato, A. - Instrumentation for wastewater treatment systems by ultrasonic wave sludge density meter with pressurized debubbling system. Proceedings of the 4th IAWPRC Workshop, Houston and Denver, USA, 27 April - 4 May 1985, Pergamon Press, Toronto: 505 - 508.

5. Stephenson, J.P. - Pilot scale investigation of computerized control of the activated sludge process. Sewage collection and treatment. Canada Mortgage and Housing Corporation, Report SCAT-12, 1983.

6. Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden - Beproeving slibconcentratiemeters, november 1989

7. Kanaya, T. et al. - Automatic measurement and analysis of process data in a combined wastewater treatment plant. Proceedings of the 4th IAWPRC Workshop, Houston and Denver, USA, 27 April - 4 May 1985, Pergamon Press, Toronto: 77-84.

8. Speirs, G.W. et al. - Wastewater treatment plant selection and refit for demonstration of direct computer control. Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario, March 1985.

9. Speirs, G.W., Hill, R.D. - Field verification of on-line instrumentation at a municipal wastewater treatment plant, Wat. Sci. Tech. 19 (1987): 669-680.

10. Inventarisatie praktijkervaringen automatische slibconcentratiemetingen in Nederland, 1989. Adviesbureau BKH, 's-Gravenhage.

11. Henze, M. et al. - A general model for single-sludge wastewater treatment systems, Wat. Res., 21 (1987), 5: 505-515.

12. Lech, R.F. et al. - Automatic control of the activated sludge process. I. Development of a simplified dynamic model, Wat. Res., 12 (1978) 2: 81-90. II. Efficacy of control strategies, Wat. Res., 12 (1978) 2: 91-99.

13. Busby, J.B., Andrews, J.F. - Dynamic modelling and control strategies for the activated sludge process, JWPCF, 47 (1975) 5: 1055-1080.

14. Angelbeck, D.I., Alam, B.B.S. - Simulation studies on optimization of the activated sludge process, JWPCF, 50 (1978) 1: 31-39.

15. Keyes, T.W., Asano, T. - Application of kinetic models for the control of activated sludge processes, JWPCF, 47 (1975) 11: 2574-2585.

16. Chi-Chung Tang, A.M. et al. - Comprehensive model of activated sludge wastewater treatment system, Journ. of Env. Engin., 113 (1987) 5: 952-969.

17. Takase, I., Miura, R. - Sludge flow control for activated sludge process, Proceedings of the 4th IAWPRC Workshop, Houston and Denver, USA, 27 April - 4 May 1985, Pergamon Press, Toronto: 675 - 678.

18. Brouzes, P.H. - Monitoring and controlling activated sludge plants in connection with aeration, Prog. Wat. Techn., 11 (1979) 3: 193-200.

19. Stephenson, J.P. et al. - Evaluation of instruments for continuous activated sludge monitoring, Wat. Sci. Tech. 13 (1981): 731-728.

20. Schlegel, S. - Automation of the activated sludge process by oxygen and mlss control, Prog. Wat. Techn. 9 (1977) 5/6: 385-392.

21. Lohmann, J. - Meß- und Regeltechnik zur Automation von Kläranlagen. Versuch einer Standortbestimmung, Korresp. Abwasser, 28 (1981) 8: 544-549.

22. Schlegel, S. - Persoonlijke mededelingen, 1988.

23. Nelson, J.K., Buckeyne, T.E. - Computer control at the metro Denver sewage district. Proceedings of the 4th IAWPRC Workshop, Houston and Denver, USA, 27 April - 4 May 1985, Pergamon Press, Toronto: 497-503.

24. Lenschow, J. - Automatic process control in aeration tanks, Korresp. Abwasser, 23 (1976) 1: 1-5.

25. Olsson, G. - Automation in wastewater systems - Applications and Possibilities, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, 1978: 12 pag.

26. Schlintz, J.H. et al. - Automated instrument monitoring system at Milwaukee's south shore wastewater treatment plant. Proceedings of the 4th IAWPRC Workshop, Houston and Denver, USA, 27 April - 4 May 1985, Pergamon Press, Toronto: 277-285.

27. Berthouex, P.M. et al. - Proceedings of the 4th IAWPRC Workshop, Houston and Denver, USA, 27 April - 4 May 1985, Pergamon Press, Toronto: 286-293.

28. Palm, W.J. - Control systems engineering, John Wiley & Sons Inc. (1986).

B I J L A G E N

Bijlage 1

Automatische meting en regeling van het slibgehalte op rwzi's in Nederland (situatie 1989)

	automatische meting en regeling	continue automatische meting	handtroebel-heidsmeter
•Provincie Groningen	Veendam		Garmerwolde
•Zuiveringsschap Veluwe	-	Apeldoorn,	-
•Zuiveringschap Amstel en Gooiland		Uithoorn Huizen Horstermeer	- -
•Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant	-	-	alle zuiveringen
•Provincie Utrecht	-	Utrecht	-
•Hoogheemraadschap van Rijnland	-	Reeuwijk-Brug	-
•Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden	Dokhaven Rotterdam	Dordrecht	-
•Waterschap Walcheren	-		Walcheren
•Zuiveringsschap Drenthe	-	Hoogeveen	-
•Hoogheemraadschap van Delfland	Houtrust Den Haag		
•Waterschap Regge en Dinkel	-		Hengelo

Bijlage 2

Jaarlijkse kosten van slibconcentratiemeters

Op basis van praktijkervaringen met twee merken slibconcentratiemeters op Nederlandse rwzi's kan de volgende raming worden gegeven van daaraan verbonden jaarlijkse kosten.

Basisgegevens

	merk A	merk B
Aanschaf instrument	ƒ 18.000,--	ƒ 10.000,--
Reserve-onderdelen	ƒ 900,--/jaar	ƒ 2.500,--/jaar
Onderhoud en IJking	30 uur/jaar	80 uur/jaar

Arbeidskosten	ƒ 50,--/uur
Rentepercentage	9%/jaar
Afschrijftermijn	5 jaar

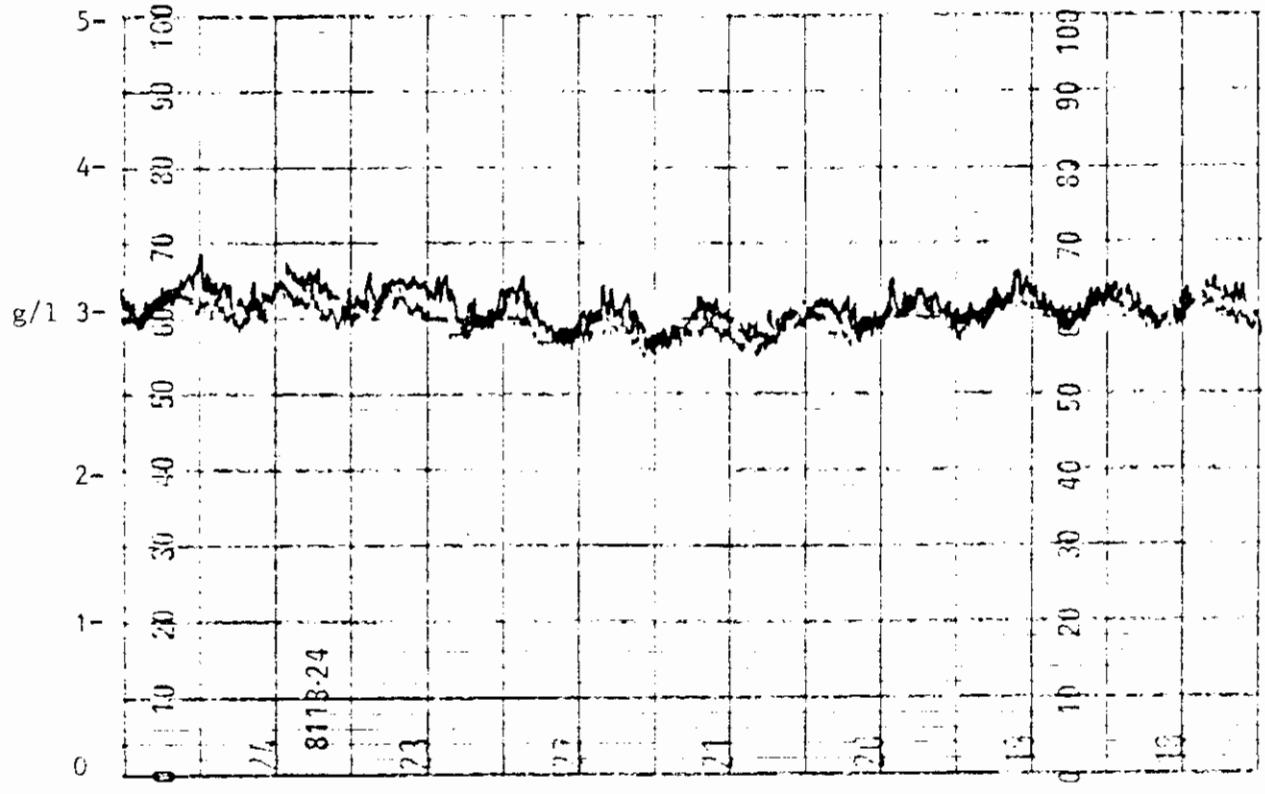
Op grond van praktijkervaringen kan de technische levensduur gesteld worden op 10 jaar. Als gevolg van technologische vernieuwing is echter te verwachten dat een concentratiemeter na 5 jaar wordt vervangen door een geavanceerder instrument.

Jaarlijkse kosten

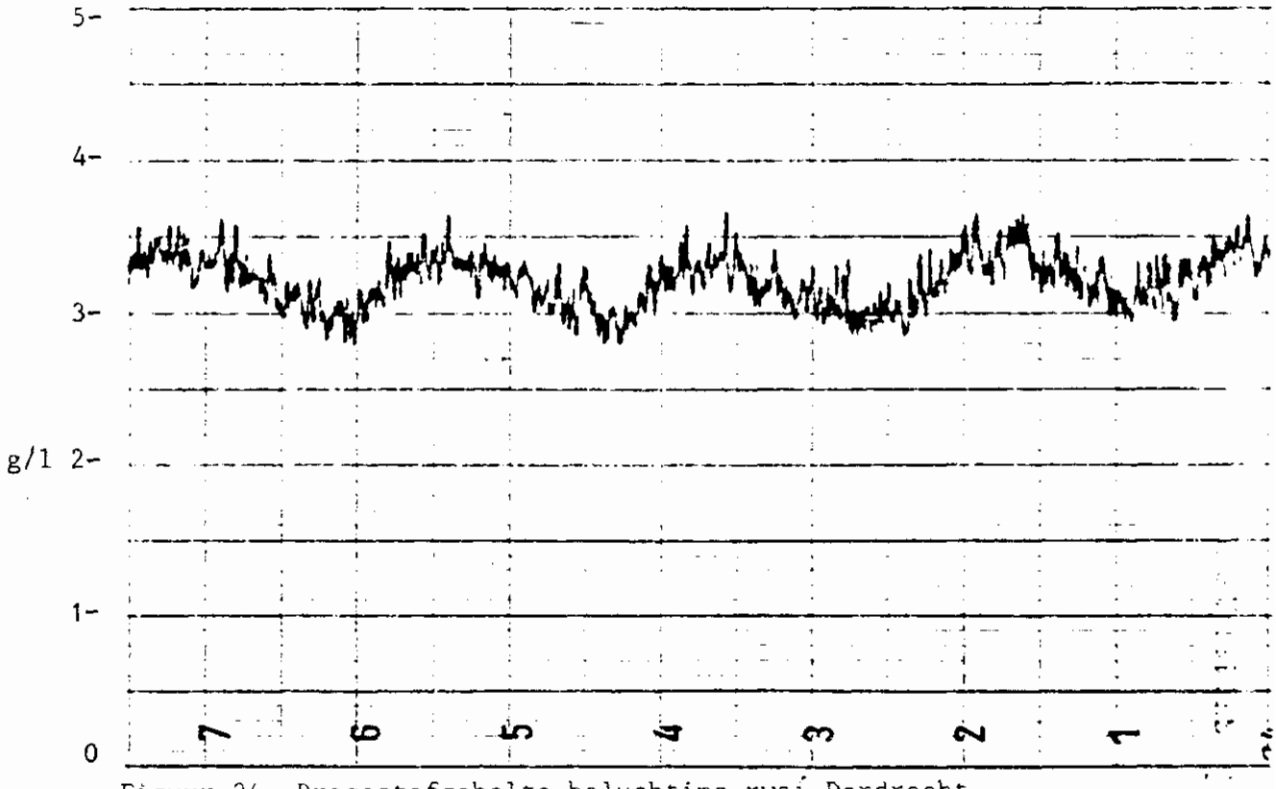
	merk A	merk B
Rente en afschrijving	ƒ 4.600,--/jaar	ƒ 2.600,--/jaar
Reserve-onderdelen	ƒ 900,--/jaar	ƒ 2.500,--/jaar
Arbeidskosten	ƒ 1.500,--/jaar	ƒ 4.000,--/jaar
Totaal	ƒ 7.000,--/jaar	ƒ 9.100,--/jaar

Bijlage 3

Voorbeelden van het verloop van het actief-slibgehalte in de tijd



Figuur 23. Drogestofgehalte beluchting rwzi Huizen



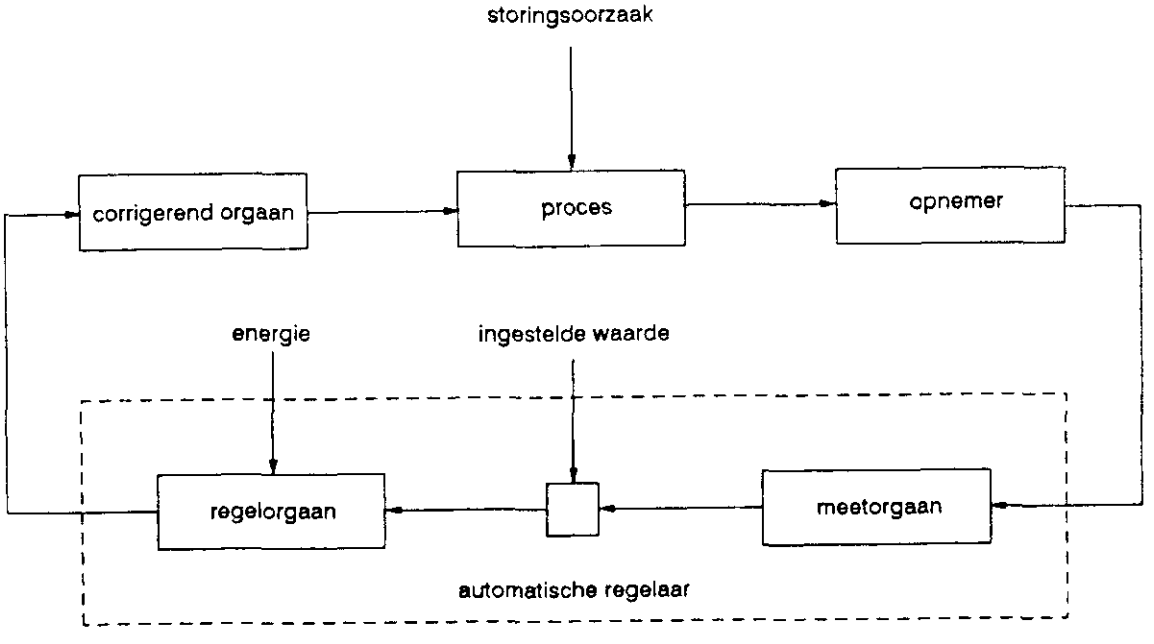
Figuur 24. Drogestofgehalte beluchting rwzi Dordrecht

Bijlage 4

BEGRIPPEN EN BASISSCHAKELINGEN BIJ AUTOMATISCHE SLIBREGELING

1 Basissymbolen en begrippen

In de norm NEN 3157 worden voor de meet- en regeltechniek basissymbolen gegeven voor processchema's.
Deze norm geeft slechts meet- en regelfuncties aan en niet de wijze waarop deze worden gerealiseerd. Zie hiervoor norm NEN 3347.
Onder regelen wordt verstaan het ingrijpend handelen op grond van een waarneming, met als doel ontoelaatbare afwijkingen van een gewenste waarde te voorkomen. Regelen wordt dus gerealiseerd door waarnemen (= meten), vervolgens door het resultaat van deze waarneming met de gewenste waarde te vergelijken en bij afwijking corrigerend in te grijpen.
Onder automatisch regelen wordt verstaan het gevolg van het menselijk streven om het waarnemen en daarop gebaseerd handelen over te laten aan instrumenten en machines. Het regelen vindt hier plaats in een automatische regelkring welke in NEN 3009 als volgt is gedefinieerd:
"een gesloten stelsel waarin de waarde van de te regelen grootheid wordt vergeleken met de ingestelde waarde daarvan. Afhankelijk van het verschil van deze twee waarden wordt automatisch de geregelde grootheid zodanig beïnvloed dat dit verschil wordt verkleind".
Zo'n stelsel bestaat tenminste uit: proces, opnemer of sensor, automatische regelaar, corrigerend orgaan en overbrengingsleidingen.
Een blokschema van een automatische regelkring is weergegeven in figuur 25. Het regelorgaan kan een proportionele, een integrerende, een differentiërende of een gecombineerde werking hebben. Definities voor de gebruikte benamingen zijn vastgelegd in de norm NEN 3009.



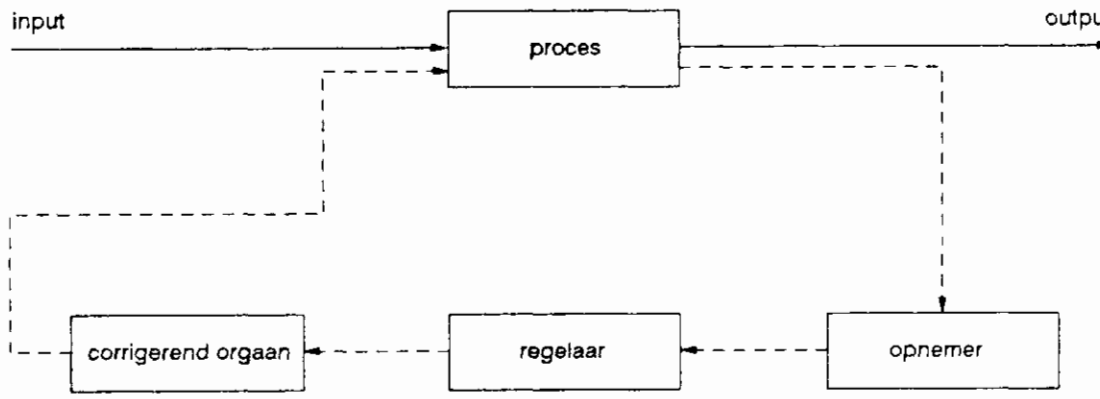
Figuur 25. Blokschema van een automatische regelkring

2 Basisschakelingen voor regeling

In de regeltechniek komt een aantal basisschakelingen voor, waarvan de karakteristieke eigenschappen de toepassing bepalen. Voor de regeling van het slibgehalte zijn als basisschakelingen de teruggekoppelde schakeling en de anticiperende schakeling van belang.

a. De teruggekoppelde regeling

Bij een teruggekoppelde regeling wordt een te regelen procesgrootheid (bijvoorbeeld slibgehalte in de beluchtingstank) vergeleken met een gewenste waarde en op basis van het geconstateerde verschil door het corrigerend orgaan verbeterd. Een blokschema van deze schakeling is gegeven in figuur 26.



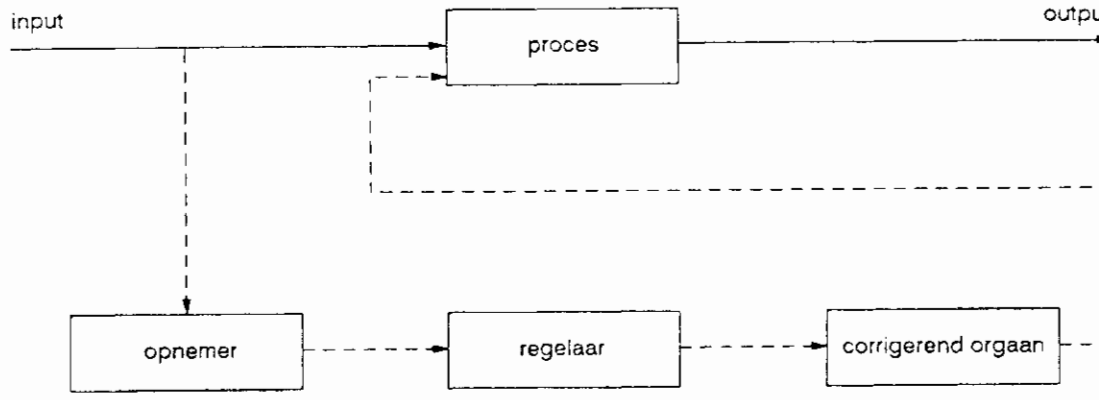
Figuur 26. Blokschema teruggekoppelde regeling

Het voordeel van deze regeling is dat voor iedere storing die de te regelen grootheid beïnvloedt, wordt gecorrigeerd. Een nadeel is de mogelijkheid tot instabiliteit die ontstaat doordat de storing pas wordt gemeten als deze het proces (deels) heeft doorlopen. De mogelijkheid bestaat dat aan de ingang van het proces wordt gecorrigeerd wanneer de verstoring reeds voorbij is.

b. De anticiperende regeling

Bij de anticiperende regeling wordt een storing van het proces gemeten en niet het gevolg van een storing zoals bij de teruggekoppelde regeling. Op basis van de meetwaarden van de storingsgrootheid (bijvoorbeeld debiet, substraatgehalte, ervaringsgegevens) wordt het corrigerend orgaan (bijvoorbeeld pompen voor retourslibdebiet, spuislib) versteld.

Anticiperend regelen heeft alleen zin, wanneer de invloed van een storingsgrootheid op een uitgangsgrootheid in een goed model kan worden beschreven. Een blokschema van deze schakeling is gegeven in figuur 27.



Figuur 27. Blokschema anticiperende regeling

Een voordeel van deze regeling is dat de kans op instabiliteit, zoals bij teruggekoppelde regeling, niet aanwezig is. Een nadeel is dat het proces slechts voor de gemeten storing(en) wordt gecorrigeerd. Door niet gesignaleerde storingen (bijvoorbeeld in de retourslibconcentratie) kan de uitgangsgrootheid van het proces (bijvoorbeeld slibgehalte beluchtingstank) ongewenste waarden aannemen.

De oorzaken van fluctuaties in het slibgehalte zijn veelal onvoldoende bekend. Voorts is voor een anticiperende regeling meer meetapparatuur benodigd en zijn de regelmodellen complexer. Voor nadere uitwerking is uitgegaan van een teruggekoppelde regeling.

3 Regelaars

Voor het ontwerpen van een automatische regeling kan de klassieke regeltheorie gebruikt worden, welke een regelaar opgebouwd denkt uit één of meer van de volgende componenten:

- een proportionele of P-aktie;
- een integrerende of I-aktie;
- een differentiërende of D-aktie.

In de regeltechniek gelden hiervoor de volgende mathematische verbanden:

proportioneel : $F(s) = K_P * E(s)$

integrerend : $F(s) = K_I/s * E(s)$

differentiërend : $F(s) = K_D*s * E(s)$

waarin: s : Laplace-variabele
$F(s)$: regelsignaal
$E(s)$: regelafwijking
K_P, K_I, K_D : versterkingsfactoren

De meest voorkomende regelaars zijn de P-, de I-, de PI-, de PD- en de PID-regelaars. Een gecombineerde regelaar wordt beschreven als een sommatie van de betreffende componenten. Als voorbeeld het mathematische verband voor de PID-regelaar:

$$F(s) = (K_P + K_I/s + K_D*s) * E(s)$$

Na transformatie naar het tijddomein luidt de (gediscretiseerde) notatie voor de regelaars:

P-regelaar : $f(k)=f(k-1) + K_P*[e(k)-e(k-1)]$

I-regelaar : $f(k)=f(k-1) + K_I*T*e(k)$

PI-regelaar : $f(k)=f(k-1) + K_P*[e(k)-e(k-1)] + K_I*T*e(k)$

PD-regelaar : $f(k)=f(k-1) + K_P*[e(k)-e(k-1)] + K_D*[e(k)-2*e(k-1)+e(k-2)]/T$

PID-regelaar : $f(k)=f(k-1) + K_P*[e(k)-e(k-1)] + K_I*T*e(k) + K_D*[e(k)-2*e(k-1)+e(k-2)]/T$

waarin:
- f : regelsignaal;
- k : tijdstip;
- e : regelafwijking;
- K_P : versterkingsfactor P-aktie;
- K_I : versterkingsfactor I-aktie;
- K_D : versterkingsfactor D-aktie;
- T : regelperiode (=1/regelfrekwentie).

Berekening van de benodigde versterkingsfactoren vereist een exacte mathematisch beschrijving van het te regelen systeem. In de praktijk is een dergelijke beschrijving veelal onvolledig of niet voorhanden. In dit geval kunnen de vuistregels van Ziegler-Nichols gebruikt worden om de versterkingsfactoren te schatten.
Voor nadere details wordt verwezen naar de literatuur (Palm[25]).

Bijlage 5

VOORBEELDEN VAN AUTOMATISCHE SLIBGEHALTEREGELING IN NEDERLAND

Rwzi Veendam

In verband met de grote variaties in influentdebiet (RWA is circa 5 x DWA) wordt bij normale bedrijfsomstandigheden een zo hoog mogelijk slibgehalte in de eerste beluchtingstrap aangehouden (rond 9 kg d.s./m^3). Bij overschrijding van een vastgesteld influentdebiet worden parallel geplaatste beluchtingstanks bijgeschakeld en wordt het in de eerste trap beluchting en tussenbezinking aanwezige slib gelijkelijk over alle tanks verdeeld. Hierdoor is handhaving van een minimale verblijftijd mogelijk zonder dat in het systeem onder droogweeromstandigheden te lange verblijftijden ontstaan. De handhaving van het slibgehalte bij dwa geschiedt door middel van continue meting van het slibgehalte en verlenging van de slibspuitijd bij te hoge slibgehaltes.
De automatische slibregeling verliep niet naar tevredenheid, onder meer door problemen bij de slibconcentratiemeting. De ultrasone meter (Krohne USS 11) en de optische slibconcentratiemeter (Eurcontrol MEX) bleken niet goed te werken. De oorzaken hiervan zijn niet bekend. Terwijl naar mogelijkheden voor aanpassing van de continue meting van het slibgehalte gezocht wordt, worden meting en regeling ten dele met de hand uitgevoerd.

Rwzi Dokhaven Rotterdam

In de rwzi Dokhaven vindt de handhaving van een constant slibgehalte plaats met behulp van een automatische regeling van de surplusslibonttrekking. Deze regeling bestaat uit een basistijdschakeling gebaseerd op een verwachte gemiddelde slibaanwas per tijdseenheid. Bij overschrijding van het gewenste slibgehalte wordt de pompduur per pulspauzecyclus automatisch verlengd met een vast ingesteld percentage (bijv. met 50%). Bij een te laag slibgehalte aan het begin van de cyclus wordt gedurende die cyclus geen slib gespuid.
Bij de volgende omstandigheden wordt volgens het basispulspauzeregiem gespuid:

- als het influentdebiet beneden de waarde blijft waarbij het retourslibdebiet niet verder kan worden teruggeregeld. Door een dan toenemende retourslibverhouding kan het gemeten slibgehalte in de beluchtingstanks oplopen, zonder dat de totaal aanwezige slibmassa de gewenste waarde overschrijdt;
- als er storingen in de metingen optreden.

Wanneer de beschreven regeling niet in staat is het slibgehalte naar gewenste niveaus terug te brengen, kan centraal op eenvoudige wijze het basispulspauzeregiem aangepast worden.
Door beschadiging van de meetcuvet ten gevolge van de mechanische reiniging worden onbetrouwbare meetresultaten verkregen. Daarom wordt thans met de hand geregeld.

Rwzi Houtrust 's-Gravenhage

De regeling van het slibgehalte op de rwzi Houtrust geschiedt met behulp van een computergestuurde retourslibcirculatie.
Primair wordt anticiperend geregeld op basis van een constante recirculatieverhouding: q_r = constante x q.

Binnen enkele seconden wordt op basis van de gemeten q, G_s en het gewenste slibgehalte G_s het retourslibdebiet geregeld. Deze regeling vindt dus niet plaats op basis van het in de beluchtingstank gemeten slibgehalte.
In een aantal beluchtingstanks wordt het slibgehalte echter wel continu gemeten om de effectiviteit van de regeling te controleren.
In deze rwzi wordt het retourslib niet direct uit de nabezinktanks onttrokken, maar uit een retourslibkelder die in dit geval als buffer fungeert. Op deze wijze kan onttrekking van slib uit de nabezinktanks onafhankelijk van de retourslibbehoefte plaatsvinden, waardoor naar verwachting hogere drogestofgehaltes in retourslib en spuislib haalbaar zijn.
Dit laatste is van groot belang voor de verwerking van het spuislib; de dagelijkse produktie zal 30 à 40 ton droge stof zijn.
Er zijn nog te weinig gegevens beschikbaar over deze regeling om een afgewogen oordeel te kunnen geven.

Bijlage 6

Selectiecriteria voor de proelokatie

Bij het selecteren van een geschikte proeflokatie zijn de volgende primaire criteria gehanteerd:

1. Laagbelaste actief-slibinstallatie voorzien van voorbezinking; oxydatiesloten zijn vanwege de lage slibgroei en de daarmee samenhangende traagheid van veranderingen in de slibhuishouding uitgesloten.
2. Installatie met ten minste twee identieke, volledig gescheiden straten. Elke straat voorzien van een beluchtingstank, een nabezinktank, een eigen slibretour en slibspui.
3. Regelbaar spuiregiem per straat met zo weinig mogelijk beperkingen aan het spuiregiem.
4. Voldoende capaciteit van de voorbezinking, geen slibuitspoeling indien de STORA-richtlijn voor nabezinktanks gehanteerd wordt, goed werkende slibindikking.
5. Inzicht in de vergelijkbaarheid van de werking van beide straten.
6. Mogelijkheid van technische bijstand en uitvoeren van routine-analyses door de beheerder.

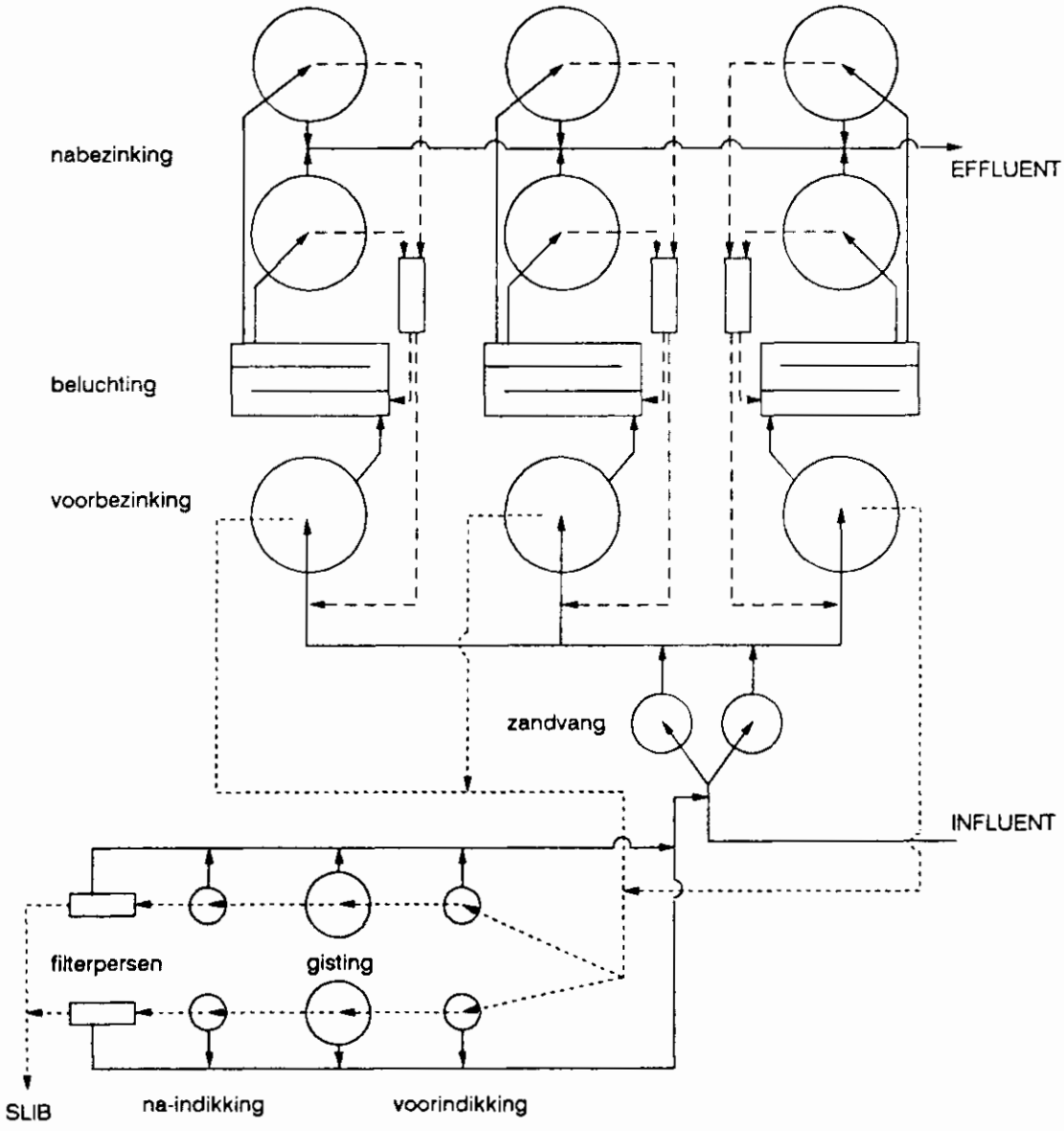
Daarnaast zijn de volgende aspecten in de beoordeling meegenomen (secundaire voorwaarden):

1. de aanwezigheid van (twee) betrouwbare slibconcentratiemeters;
2. de mogelijkheid tot het op lokatie uitvoeren van nauwkeurige drogestof-bepalingen (aanwezigheid van een droogstoof, miligrammenweger etc.);
3. de mogelijkheid om gebruik te maken van reeds aanwezige meet- en regelapparatuur;
4. de mogelijkheid om ook slibconcentratiemetingen te verrichten in het retourslib.

Bijlage 7

Rwzi Nijmegen: beschrijving

De rwzi Nijmegen en omstreken heeft een ontwerpcapaciteit van 285.000 i.e. en zuivert het afvalwater van de gemeenten Beuningen, Weurt, Ewijk, Wijchen en Nijmegen. In figuur 28 zijn de diverse procesonderdelen schematisch weergegeven.



Figuur 28. Schematische voorstelling van de rwzi Nijmegen

De beluchtingstanks zijn van het propstroomtype, voorzien van "tapered aeration".
Het voorbezonken afvalwater en retourslib worden aan het kopeind van de tanks ingevoerd. Er zijn voorzieningen voor toepassing van steploading. Indien de nitrificatie goed verloopt wordt ten behoeve van denitrificatie een deelstroom van het afvalwater ingevoerd in het derde compartiment van de beluchtingstanks. Retourslib van de twee nabezinktanks van één straat wordt na de retourvijzels samengevoegd. Surplusslib wordt via de voorbezinktanks afgevoerd naar de voorindikkers. Op de installatie wordt dagelijks circa 1.000 kg slib van andere installaties aangevoerd; dit slib wordt direct in de gistingstank gebracht.
De terreinriolering wordt na de influentput teruggevoerd en bevat afloopwater van de voorindikkers (40%) en de na-indikkers (40%), filtraat van de filterpersen (7%) en overig terreinwater (13%); het gemiddelde debiet bedraagt 5.000 m^3/d.
Influent wordt eenmaal per zes dagen (proportioneel) in de ontvangstput bemonsterd en geanalyseerd op pH, bezinking, BZV, CZV, N_{kj} en P_{tot}. De afloop van elk van de voorbezinktanks wordt apart bemonsterd (eenmaal per zes dagen, proportioneel) en het mengmonster daarvan wordt geanalyseerd op temperatuur, bezinking, BZV, CZV, N_{kj} en H_2S. Het effluent van de drie straten wordt apart bemonsterd (dagelijks, proportioneel), en het mengmonster daarvan wordt geanalyseerd op pH, bezinking, BZV, CZV, NO_3^- en N_{kj} (minder frekwent op droogrest, NO_2^-, P_{tot} en Cl^-). Het effluentdebiet wordt dagelijks gemeten. Van de beluchtingstanks wordt drie keer per week een steekmonster genomen dat wordt geanalyseerd op bezinking en slibgehalte.

Bijlage 7

Rwzi Nijmegen: dimensioneringsgegevens.

Ontwerpgrondslagen:

Capaciteit	:	inwoners	201.000	i.e.
		industrie	78.000	i.e.
		recreatie	6.000	i.e.
			---	+
			285.000	i.e. à 180 gO_2/d
Belasting	:	0,15 kg BZV/kg d.s.d		
Aanvoer	:	gemiddeld	5.500	m^3/h
		maximaal	14.600	m^3/h

Procesonderdelen:

- 1 ontvangstput met verdeelwerk;
- 2 fijnroosters;
- 2 Geiger zandvangers met zandwassers (diameter 18 m);
- 3 voorbezinktanks (diameter 54 m, kantdiepte 2 m);
- 3 aeratietanks (inhoud 8.433 m^3 per stuk) met bellenbeluchting (zuurstofinbrengvermogen 950 kg O_2/h totaal);
- 6 nabezinktanks (diameter 54 m, kantdiepte 2 m);
- 6 toerengeregelde slibretourvijzels (maximale capaciteit 1.700 m^3/h per stuk);
- 3 surplusslibpompen (capaciteit 40 m^3/h per stuk);
- 3 primairslibpompen (capaciteit 85 m^3/h per stuk);
- 2 voorindiktanks (diameter 18 m, kantdiepte 3 m);
- 2 ingedikt-slibpompen (variabele capaciteit 15-30 m^3/h per stuk);
- 2 slibgistingstanks (inhoud 5.060 m^3 per stuk, verblijftijd 20 dagen);
- 2 uitgegist-slibpompen (variabele capaciteit 15-30 m^3/h per stuk):
- 2 na-indiktanks (diameter 18 m, kantdiepte 4 m);
- 2 filterpersen (capaciteit 24,3 m^3/h slib van 4% d.s.).

Bijlage 7

Rwzi Nijmegen: jaargemiddelde bedrijfsgegevens (1988)

- volumestroom	:	59.000 m^3/d			
gemaal "De Biezen"	:	79%			
gemaal "Wijchen"	:	12%			
gemaal "Beuningen"	:	5%			
gemaal "Ewijk"	:	2%			
gemaal "Weurt"	:	2%			
- influent	:	CZV	487	mg/l	(= 28.733 kg/d)
		BZV	200	mg/l	(= 11.800 kg/d)
		N_k	45	mg/l	(= 2.655 kg/d)
- afloop voorbezinking	:	CZV	332	mg/l	(= 19.588 kg/d)
		BZV	146	mg/l	(= 8.614 kg/d)
		N_k	46	mg/l	(= 2.714 kg/d)
- effluent	:	CZV	33	mg/l	(= 1.947 kg/d)
		BZV	3,3	mg/l	(= 195 kg/d)
		N_k	16	mg/l	(= 944 kg/d)
		NO_x	9,5	mg/l	(= 560 kg/d)
		P_{tot}	6,1	mg/l	(= 360 kg/d)
		SS	3,3	mg/l	(= 195 kg/d)

- slibgehalte AT's	:	3,7 g/l
- slibvolume-index AT's	:	89 ml/g (tussen 54 - 175 ml/g)
- slibgehalte retourslib	:	4,6 g/l
versslib	:	8 g/l
vooringedikt slib	:	43 g/l
uitgegist slib	:	29 g/l
na-ingedikt slib	:	31 g/l
- surplusslibproduktie	:	1.105 m^3/d
- primairslibproduktie	:	7.370 kg/d
- aanvoer extern slib	:	1.000 kg/d

Bijlage 7

Rwzi Nijmegen: technologische kentallen (1988)

- belasting : 230.000 i.e. à 180 g O_2/d
  afvalwater per i.e. : 257 l/i.e.

- OC/load : 2,65

- BZV-belasting : 0,092 kg BZV/kg d.s.d
  BZV-verwijdering : 0,090 kg BZV/kg d.s.d
  surplusslibproduktie : 5.100 kg d.s./d
  slibgroei : 0,054 kg d.s./kg d.s.d
  primairslibproduktie : 7.370 kg d.s./d
  primairslib per i.e. : 0,032 kg d.s./i.e.

- RWA-situatie bij gemiddelde SVI volgens de STORA-richtlijn voor ronde nabezinktanks (NBT's):
  geschatte slibconcentratie : 3,2 g d.s./l
  geschatte retourconcentratie : 7,7 g d.s./l
  vereiste buffering (per NBT) : 2.100 kg d.s.
  buffercapaciteit (per NBT) : 19.000 kg d.s.

  SVI waarbij de vereiste buffering gelijk is aan de buffercapaciteit : 186 ml/g d.s.

- totale slibproduktie : 12.470 kg d.s./d

  voorindiktanks:
  drogestofbelasting : 24,5 kg d.s./m^2.d
  max. hydraulische belasting : 0,5 m/h

  uitgegist slib : 7.550 kg d.s./d
  gistingsrendement : 44%

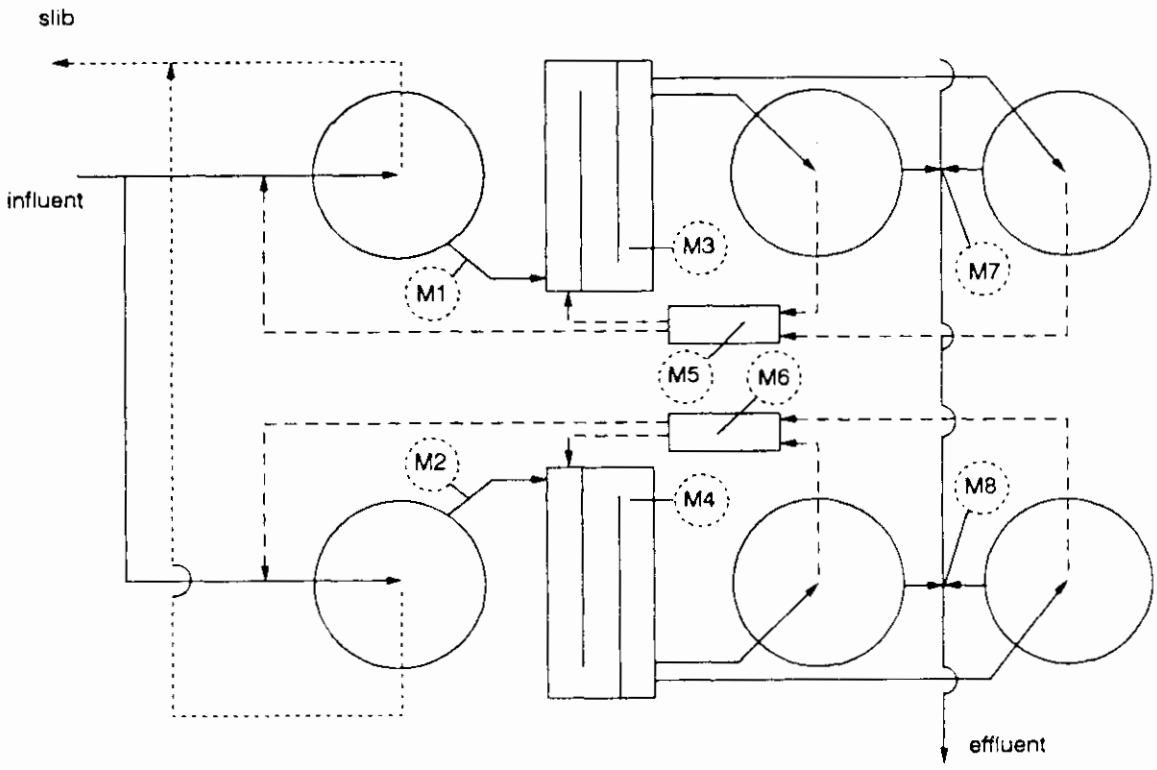
  na-indiktanks:
  drogestofbelasting : 14,9 kg d.s./m^2.d
  max. hydraulische belasting : 0,12 m/h

Bijlage 8

Bemonsterings- en analyseschema

		droogrest		SVI		CZV		N_{kj}		NO_3^-	
		p1/p3	p2	p1/p3	p2	p1/p3	p2	p1/p3	p2	p1/p3	p2
vbaw	M1	3t	3t	-	-	-	-	-	-	-	-
	M2	-	-	-	-	1d	3d	1d	3d	-	-
as	M3	3s	3s	3s	3s	-	-	-	-	-	-
	M4	3s	3s	3s	3s	-	-	-	-	-	-
rs	M5	3t	3t	-	-	-	-	-	-	-	-
	M6	3t	3t	-	-	-	-	-	-	-	-
eff	M7	3t	3t	-	-	1d	3d	1d	3d	1d	3d
	M8	3t	3t	-	-	1d	3d	1d	3d	1d	3d

waarin:
- p1 : periode 1, beide straten handgeregeld
- p2 : periode 2, straat 2 handgeregeld, straat 3 I-geregeld
- p3 : periode 3, straat 2 handgeregeld, straat 3 PI-geregeld
- vbaw : voorbezonken afvalwater
- as : actiefslib
- rs : retourslib
- eff : effluent
- M1..8: bemonsteringslocatie 1..8 (zie figuur 29)
- 3t : frekwentie 3 maal per week, op basis van totaal-bemonstering (één 72-uurs en twee 48-uursmonsters per week)
- 1d : frekwentie 1 maal per week, op basis van dag-bemonstering (één 24-uursmonster per week)
- 3d : frekwentie 3 maal per week, op basis van dag-bemonstering (drie 24-uursmonsters per week)
- 3s : frekwentie 3 maal per week, op basis van steek-bemonstering (drie steekmonsters per week)
- - : n.v.t.



Figuur 29. Schematisch overzicht van de bemonsteringslocaties in de proceslijn

Overzichtstabel van de analyseresultaten gedurende het praktijk-onderzoek (september 1989 - januari 1990)

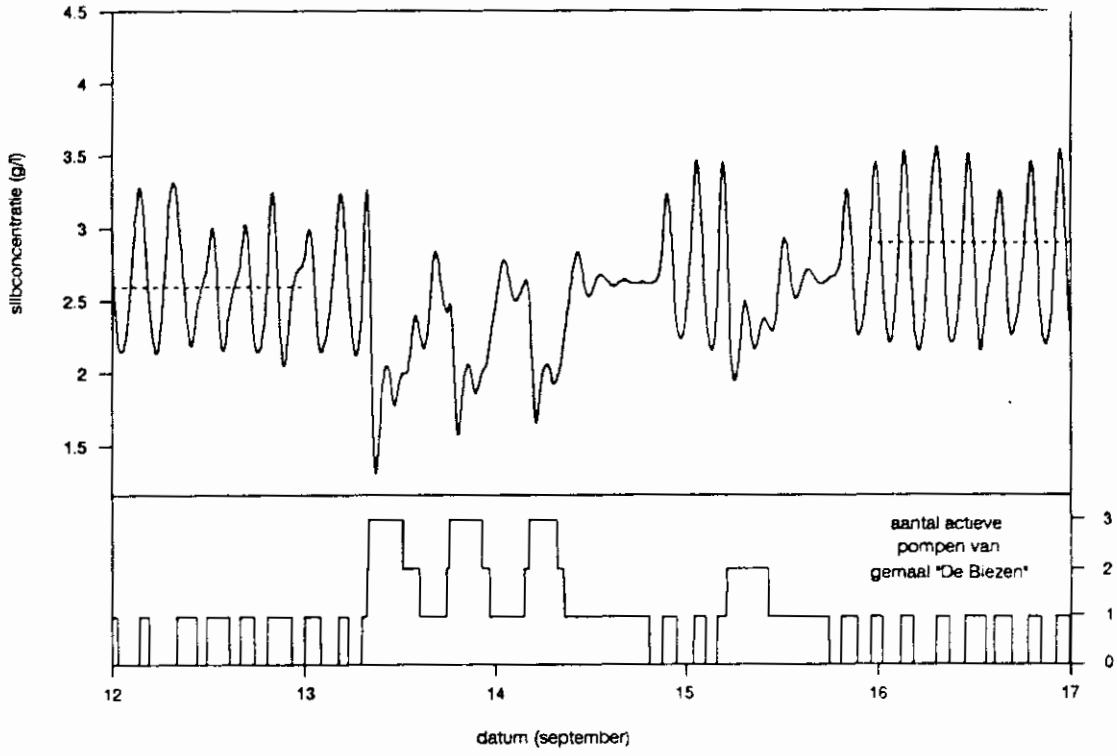
Verklaring van de gebruikte symbolen:

ds_vba	:	droogrest van het voorbezonken afvalwater (mg/l)
CZV_vba	:	CZV van het voorbezonken afvalwater (mg O_2/l)
N_{kj}_vba	:	N_{kj} van het voorbezonken afvalwater (mg N/l)
ds-at	:	slibgehalte in de beluchtingstank (g d.s./l)
SVI	:	slibvolume-index (ml/g)
ds_ret	:	slibgehalte van het retourslib (g d.s./l)
ds_eff	:	droogrest van het effluent (g/l)
CZV_eff	:	CZV van het effluent (mg O_2/l)
N_{kj}_eff	:	N_{kj} van het effluent (mg N/l)
NO_3^-_eff	:	NO_3 van het effluent (mg N/l)
N	:	aantal bemonsteringen
X	:	gemiddelde waarde van de N geanalyseerde monsters
σ	:	standaardafwijking van X
periode 1	:	beide straten handgeregeld
periode 2	:	straat 2 handgeregeld, straat 3 I-geregeld
periode 3	:	straat 2 handgeregeld, straat 3 PI-geregeld

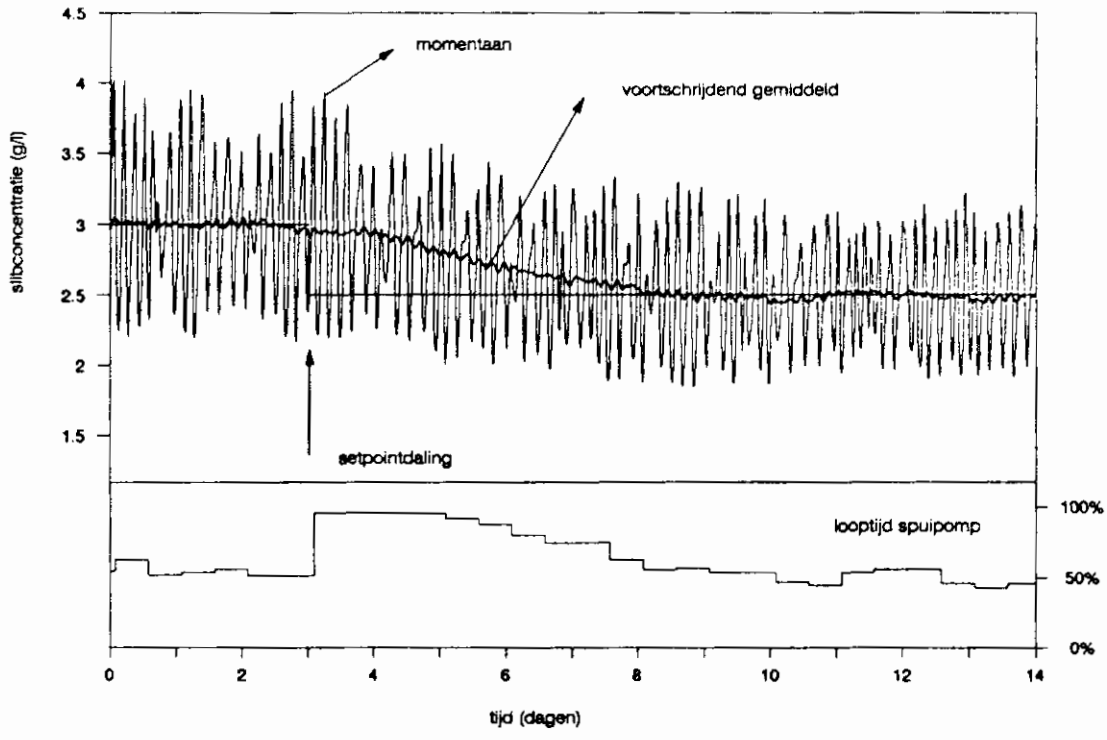
		periode 1			periode 2			periode 3			Totaal		
Component		N	$\bar{X}$	σ	N	$\bar{X}$	σ	N	$\bar{X}$	σ	N	$\bar{X}$	σ
ds-vba	2	22	48,2	26,0	19	43,8	24,1	-			41	46,1	25,3
	3	22	35,4	27,2	17	20,3	18,3	-			39	28,8	24,9
CZV-vba	2	4	381	44	4	329	72	4	429	84	12	380	80
	3	6	428	36	15	451	52	1	355	-	22	440	51
Nkj-vba	2	4	50,0	2,3	4	43,0	10,4	4	57,5	12,8	12	50,2	11,3
	3	6	55,7	1,7	15	60,3	6,5	1	46,0	-	22	58,4	6,3
ds-at	2	22	2,84	0,54	23	3,12	0,42	15	3,18	0,60	60	3,03	0,53
	3	22	2,86	0,61	23	3,12	0,37	15	3,36	0,46	60	3,07	0,52
SVI	2	22	114	28	23	79	13	14	113	18	59	100	27
	3	22	118	21	23	70	5	14	96	16	59	94	26
ds-ret	2	22	4,59	0,89	22	4,60	0,77	15	4,64	0,63	59	4,60	0,79
	3	20	4,22	0,66	17	4,53	0,52	13	4,58	0,71	50	4,22	0,62
ds-eff	2	22	3,9	4,0	18	4,1	8,6	-			40	4,0	3,7
	3	22	2,7	2,9	18	3,2	10,7	-			40	5,4	8,1
CVZ-eff	2	9	39,1	5,0	19	44,0	6,5	6	50,6	12,6	34	43,9	8,6
	3	9	36,7	4,4	19	50,9	8,2	6	47,2	4,7	34	46,5	9,1
N_{kj}-eff	2	9	16,4	5,7	19	20,9	5,6	6	26,2	6,6	34	20,6	6,6
	3	9	14,9	6,4	19	22,7	6,4	6	23,2	5,8	34	20,7	7,2
NO_3^--eff	2	8	8,3	3,6	19	8,1	3,3	6	4,5	2,0	34	7,5	3,5
	3	8	8,2	3,5	19	7,9	2,9	6	6,2	2,1	34	7,7	2,9

Bijlage 9

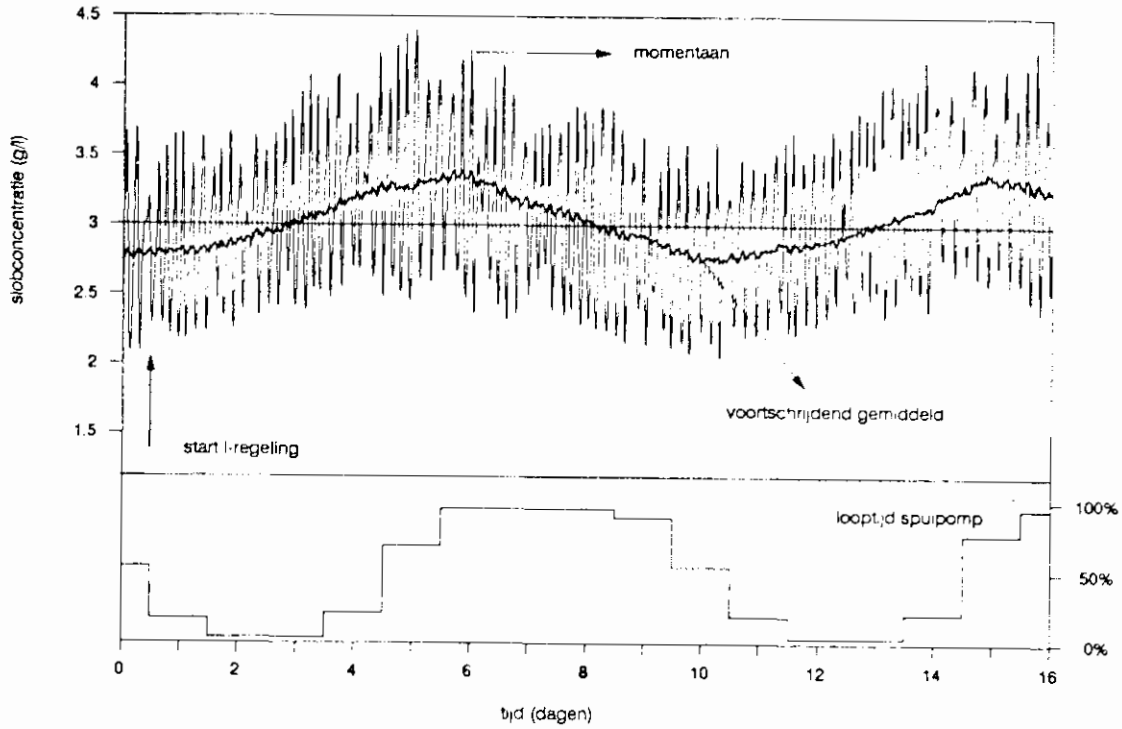
Grafische presentatie van simulaties.



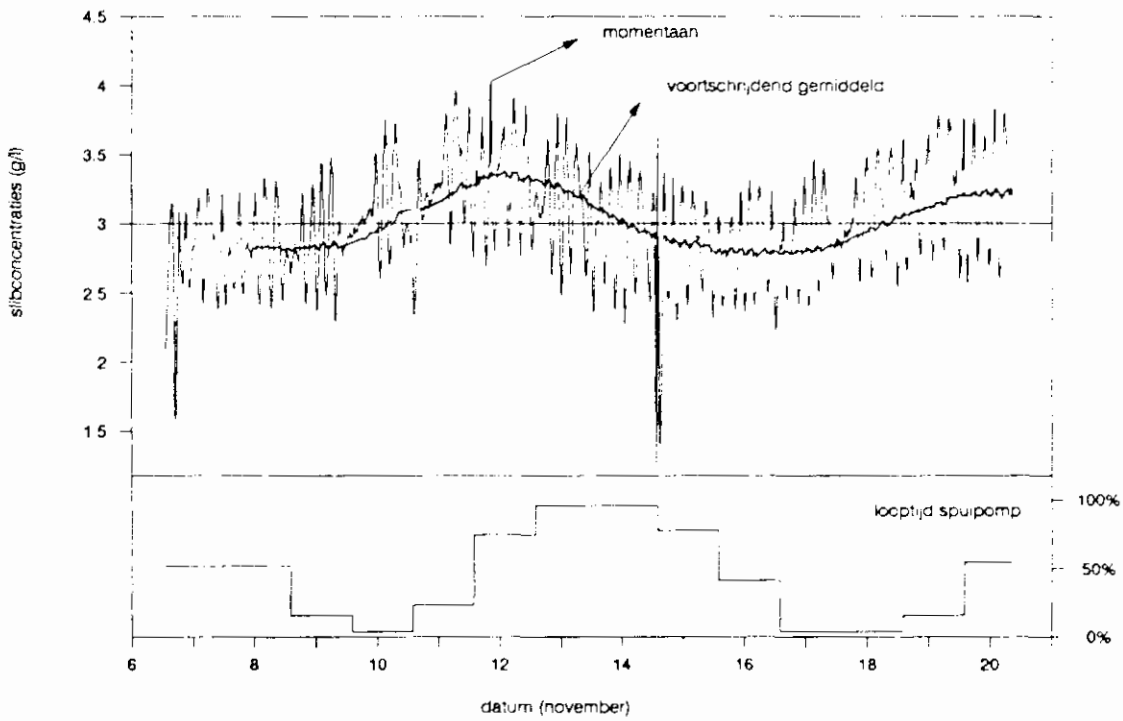
Figuur 30. Simulatie van de invloed van rwa (vergelijk met figuur 15)



Figuur 31. Simulatie van de PI-regeling met setpointdaling (vergelijk met figuren 20 en 22)



Figuur 32. Simulatie van de I-regeling; KT = 45



Figuur 33. Praktijkexperiment met I-regeling van straat 3; KT = 45

Bijlage 10

Programmatuur ontwikkeld voor de IBM-AT

```
10  '*********************************************************************
20  '* Programma   :  STORA137.ARS                                      *
30  '* Functie     :  Dit programma is ontwikkeld ten behoeve van fase 2 van *
40  '*                STORA-project 1.3.7, "Automatische regeling van het  *
50  '*                slibgehalte in beluchtingstanks". Het programma is   *
60  '*                geschreven voor toepassing op de rwzi Nijmegen (Zuive- *
70  '*                ringsschap Rivierenland), en pleegt data-acquisitie op *
80  '*                enkele processignalen die een belangrijke rol spelen  *
90  '*                in de slibhuishouding van de beluchtingstanks van de  *
100 '*                installatie. Op basis van deze informatie wordt een   *
110 '*                spuipomp aangestuurd worden.                          *
120 '*                Meetdata en overige relevante informatie worden op het *
130 '*                scherm naar keuze numeriek of grafisch weergegeven, en *
140 '*                worden opgeslagen op floppy disk.                     *
150 '* Software    :  Dit programma draait onder de GWBASIC-interpreter.    *
160 '* Hardware    :  IBM-AT voorzien van een                               *
170 '*                IBM DATA ACQUISITION AND CONTROL ADAPTER en een       *
180 '*                HERCULES GRAPHICS CARD                                *
190 '* Proces-I/O  :  Het programma hanteert 3 analoge inputs (MEX slibcon- *
200 '*                centratietiemeters), 8 binaire inputs (statusmeldingen)*
210 '*                en 1 binaire output (aansturing spuipomp):            *
220 '*                - AINS(C) 0 : MEX-3 straat 2                          *
230 '*                - AINS(C) 1 : MEX-3 straat 3                          *
240 '*                - AINS(C) 2 : MEX-2 (retour)                          *
250 '*                - BITINS  0 : retourvijzels LAAG-toeren               *
260 '*                - BITINS  1 : retourvijzels MIDDEN-toeren             *
270 '*                - BITINS  2 : retourvijzels HOOG-toeren               *
280 '*                - BITINS  3 : spuipomp straat 2 AAN/UIT               *
290 '*                - BITINS  4 : spuipomp straat 3 AAN/UIT               *
300 '*                - BITINS  5 : pomp 1 "De Biezen" AAN/UIT              *
310 '*                - BITINS  6 : pomp 2 "De Biezen" AAN/UIT              *
320 '*                - BITINS  7 : pomp 3 "De Biezen" AAN/UIT              *
330 '*                - BITOUS  0 : aansturing spuipomp straat 3 (AAN/UIT)  *
340 '* Overige I/O:  De gebruiker kan de presentatie op het scherm on-line  *
350 '*                veranderen (via het userinterface). Relevante meetdata *
360 '*                worden opgeslagen in 3 typen ASCII-files:             *
370 '*                - DATAmmdd.ADn files: slibconcentraties               *
380 '*                - DATAmmdd.BDn files: statusveranderingen             *
385 '*                - DATAmmdd.SDn files: informatie mbt. het spuiregiem  *
387 '*                (mm-maand, dd-dag, n-volgnummer)                      *
390 '* Datum       :  augustus - december 1989                              *
400 '* Programmeur:  Aris Witteborg (Adviesbureau BKH, 's-Gravenhage)       *
410 '*********************************************************************
420 '
430 '
440 '
```

```
450 '*********************************************************************
460 '* System module :   HEADER (besturingssoftware voor de IBM-kaart, te   *
470 '*                   vinden op de bij de manual behorende floppy disk)  *
480 '*                                                                      *
490 '*        NAME:  Data Acquisition And Control (DAAC)                    *
500 '*               HEADER for BASICA (en GWBASIC)                         *
510 '*                                                                      *
520 '*        FILE NAME:  DACHDR.BAS                                        *
530 '*                                                                      *
540 '*        DOS DEVICE NAME:  DAAC                                        *
550 '*                                                                      *
560 '*        RESERVED FUNCTION NAMES:                                      *
570 '*                        AINM, AINS, AINSC, AOUM, AOUS,                *
580 '*                        BINM, BINS, BITINS, BITOUS, BOUM, BOUS,       *
590 '*                        CINM, CINS, CSET, DELAY                       *
600 '*                                                                      *
610 '*        RESERVED DEF SEG VALUE NAME:  DSEG                            *
620 '*                                                                      *
630 '*        NAMES DEFINED AND USED BY HEADER:                             *
640 '*                        ADAPT%, AI, COUNT, FOUND%,                    *
650 '*                        HNAME$, SG%, STAT%                            *
660 '*                                                                      *
670 '*                                                                      *
680 '*        When using the BASICA Interpreter, this header                *
690 '*        must be executed before any function calls are                *
700 '*        made that access the DAAC adapter.  It initializes            *
710 '*        a number of variables for each function call.  These          *
720 '*        variables are reserved and should not be used except          *
730 '*        to access the DAAC adapter.  This routine also does a         *
740 '*        DEF SEG to the segment where the DAAC Device Driver           *
750 '*        (DAC.COM) is loaded.  If you execute a DEF SEG to             *
760 '*        access other hardware, you must DEF SEG to the segment        *
770 '*        of the DAAC Device Driver before any subsequent               *
780 '*        calls to access the DAAC adapter.                             *
790 '*                                                                      *
800 '*********************************************************************
810    FOUND% = 0
820 '
830    SG% = &H2E
840 '  Start searching the interrupt vectors until you find
850 '  one that points to the DAAC device driver.
860 '  Do a DEF SEG to that segment.
870    WHILE ((SG% <= &H3E) AND (FOUND% = 0))
880       DEF SEG = 0
890       DSEG = PEEK(SG%) + PEEK(SG% + 1) * 256
900       DEF SEG = DSEG
910       HNAME$=""
920       FOR AI=10 TO 17
930              HNAME$ = HNAME$ + CHR$(PEEK(AI))
940       NEXT AI
950       IF HNAME$ = "DAAC    " AND PEEK(18) + PEEK(19) <> 0 THEN FOUND% = 1
960       SG% = SG% + 4
970    WEND
980    IF FOUND% = 0 THEN PRINT "ERROR: DEVICE DRIVER DAC.COM NOT FOUND" : END
```



```
990  '  Now initialize all function name variables for calls
1000 '  to access the device driver.
1010    AINM       = PEEK(&H13) * 256 + PEEK(&H12)
1020    AINS       = PEEK(&H15) * 256 + PEEK(&H14)
1030    AINSC      = PEEK(&H17) * 256 + PEEK(&H16)
1040    AOUM       = PEEK(&H19) * 256 + PEEK(&H18)
1050    AOUS       = PEEK(&H1B) * 256 + PEEK(&H1A)
1060    BINM       = PEEK(&H1D) * 256 + PEEK(&H1C)
1070    BINS       = PEEK(&H1F) * 256 + PEEK(&H1E)
1080    BITINS     = PEEK(&H21) * 256 + PEEK(&H20)
1090    BITOUS     = PEEK(&H23) * 256 + PEEK(&H22)
1100    BOUM       = PEEK(&H25) * 256 + PEEK(&H24)
1110    BOUS       = PEEK(&H27) * 256 + PEEK(&H26)
1120    CINM       = PEEK(&H29) * 256 + PEEK(&H28)
1130    CINS       = PEEK(&H2B) * 256 + PEEK(&H2A)
1140    CSET       = PEEK(&H2D) * 256 + PEEK(&H2C)
1150    DELAY      = PEEK(&H2F) * 256 + PEEK(&H2E)
1160 '  Finally, execute any call to re-initialize the
1170 '  device driver from any former invocation of BASIC.
1180    ADAPT% = 0
1190    COUNT = 1
1200    STAT% = 0
1210    CALL DELAY (ADAPT%, COUNT, STAT%)
1220 '
1230 'End of DAAC BASICA Header
1240 '
```

```
1250 '*************************************************************************
1260 '* Main module : LOGPROG                                                 *
1270 '* Functie     : Deze module begint met de initialisatie van een aantal  *
1280 '*               variabelen. Vervolgens doorloopt het programma een loop- *
1290 '*               structuur die uit de volgende acties bestaat:           *
1300 '*               - de analoge ingangen worden ingelezen en de berekende  *
1310 '*                 slibconcentraties orden naar het scherm geschreven;   *
1320 '*               - de interne klok wordt gecontroleerd om te bepalen of er*
1330 '*                 een zgn. "scan" van de ingangen plaats moet vinden;   *
1340 '*               - de keyboardbuffer wordt gecontroleerd om te bepalen of *
1350 '*                 de gebruiker ingegrepen heeft.                        *
1360 '*               De loop wordt beeindigd indien de gebruiker daartoe op- *
1370 '*               dracht geeft.                                           *
1380 '*************************************************************************
1390 '
1400 '  Initialisaties
1410   SCREEN 2
1420   GOSUB 5010
1430   LOCATE 36,5: PRINT"                                                    "
1440   LOCATE 38,5: PRINT"                                                    "
1450   LOCATE 40,5: PRINT"                                                    "
1460   GRAPHSCREEN=0
1470   PROC=1
1480   SCANSTEP=60: LOGSTEP=5
1490   LOGGEN=1: CHANGETO$="UIT": FDNO=9
1500   DIM HIST(2,600)
1510   INDEX=1
1520   OLDDATE$=DATE$
1530   CTRL%=0:  STAT%=0
1540   LOCHAN%=0: HICHAN%=2: MODE%=0: STOR%=0: COUNT=250: RATE=50
1550   DIM RAWDATA%(749): DIM ANALOG(3): DIM INTCPT(3): DIM RANGE(3): DIM BITSTAT(8)
1560   DIM OLDSTAT(8): DIM CHANVAL(3): DIM MIN(3): DIM MAX(3): DIM ANSCAN(3)
1570   DIM SCANMIN(3): DIM SCANMAX(3): DIM SOM(3): DIM LOGVAL(3)
1580   RANGE(0)=8.23: RANGE(1)=7.95
1590   INTCPT(0)=0: INTCPT(1)=0
1600   FOR ANIPNO=0 TO 2: SOM(ANIPNO)=0: NEXT
1610   SPUITOT(0)=0: LOOPTIJD(0)=0: SPUITOT(1)=0: LOOPTIJD(1)=0
1620   DEVICE%=8
1630   FOR BIT%=0 TO 7
1640       CALL BITINS (ADAPT%, DEVICE%, BIT%, BINVAL%, STAT%)
1650       BITSTAT(BIT%)=BINVAL%: OLDSTAT(BIT%)=BINVAL%
1660   NEXT
1670   DEBIEZEN=BITSTAT(5)+BITSTAT(6)+BITSTAT(7)
1680   OUTBIT%=0
1690   DEVICE%=8: ACTION%=0
1700   CALL BITOUS (ADAPT%, DEVICE%, OUTBIT%, ACTION%, STAT%)
1710   KP=200: KI=25: SETPOINT=3.3: LOOPPULS=99: SFLAG=0: DIM VSGELEMENT(1440):
       VSGCOUNT=0
1720   OLDAFW=0.15: GEREGELD=1: RWATEL=0: DWATEL=150: RWA$="UIT": SPUI$="UIT"
1730   TELLER=0
1740   GOSUB 6610: FDNO=0
1750   GOSUB 6090: STATCHANGE=0
1760   GOSUB 2800
```



```
1770   SCANDAY=ACTDAY: SCANHR=ACTHR: SCANSC=0
1780   IF (ACTMN>57) THEN GOTO 1760
1790    IF (ACTMN<3) THEN SCANMN=3: GOTO 1910
1800     IF (ACTMN<8) THEN SCANMN=8: GOTO 1910
1810      IF (ACTMN<13) THEN SCANMN=13: GOTO 1910
1820       IF (ACTMN<18) THEN SCANMN=18: GOTO 1910
1830        IF (ACTMN<23) THEN SCANMN=23: GOTO 1910
1840         IF (ACTMN<28) THEN SCANMN=28: GOTO 1910
1850          IF (ACTMN<33) THEN SCANMN=33: GOTO 1910
1860           IF (ACTMN<38) THEN SCANMN=38: GOTO 1910
1870            IF (ACTMN<43) THEN SCANMN=43: GOTO 1910
1880             IF (ACTMN<48) THEN SCANMN=48: GOTO 1910
1890              IF (ACTMN<53) THEN SCANMN=53: GOTO 1910
1900               IF (ACTMN<58) THEN SCANMN=58: GOTO 1910
1910   SCANMN=SCANMN-1: GOSUB 2980
1920   IF ((ACTHR>22) OR (ACTHR<1)) THEN SPUIHR=1: GOTO 2040
1930    IF (ACTHR<3) THEN SPUIHR=3: GOTO 2040
1940     IF (ACTHR<5) THEN SPUIHR=5: GOTO 2040
1950      IF (ACTHR<7) THEN SPUIHR=7: GOTO 2040
1960       IF (ACTHR<9) THEN SPUIHR=9: GOTO 2040
1970        IF (ACTHR<11) THEN SPUIHR=11: GOTO 2040
1980         IF (ACTHR<13) THEN SPUIHR=13: GOTO 2040
1990          IF (ACTHR<15) THEN SPUIHR=15: GOTO 2040
2000           IF (ACTHR<17) THEN SPUIHR=17: GOTO 2040
2010            IF (ACTHR<19) THEN SPUIHR=19: GOTO 2040
2020             IF (ACTHR<21) THEN SPUIHR=21: GOTO 2040
2030              IF (ACTHR<23) THEN SPUIHR=23: GOTO 2040
2040   LOCATE 36,5: PRINT"Druk op <L> om dataloggen "; CHANGETO$; " te zetten."
2050   LOCATE 38,5: PRINT"Druk op <Spatie> voor grafische weergave."
2060   LOCATE 40,5: PRINT"Druk op <Esc> om het programma te onderbreken."
2070 '
2080 '
2090 '
2100   WHILE PROC
2110       FLAG=0
2120       GOSUB 2800  'Schrijf de tijd naar het scherm
2130 '
2135       IF (ACTHR=12) THEN GEREGELD=0
2137 '
2140 '     Lees de analoge inputs in, bereken de slibconcentraties en schrijf ze
           naar het scherm
2150       DEVICE%=9
2160       FOR ANIPNO% = 0 TO 1
2170           CALL AINS (ADAPT%, DEVICE%, ANIPNO%, CTRL%, INVAL%, STAT%)
2180           ANALOG(ANIPNO%)=INTCPT(ANIPNO%)+RANGE(ANIPNO%)*INVAL%/4096
2190       NEXT
2200       ANIPNO%=2
2210       CALL AINS (ADAPT%, DEVICE%, ANIPNO%, CTRL%, INVAL%, STAT%)
2220       IF (INVAL%>0) THEN ANALOG(2)=EXP(LOG(.796)+1.406*LOG(INVAL%/409.6))
     ELSE ANALOG(2)=0
2230       IF GRAPHSCREEN=0 THEN GOSUB 5590 ELSE GOSUB 5780
2240 '
2250 '     Controleer of er een scan uitgevoerd moet worden
2260       IF ACTDAY>SCANDAY THEN FLAG=1
2270       IF (ACTDAY=SCANDAY) AND (ACTHR>SCANHR) THEN FLAG=1
2280       IF (ACTDAY=SCANDAY) AND (ACTHR=SCANHR) AND (ACTMN>SCANMN) THEN FLAG=1
2290       IF (ACTDAY=SCANDAY) AND (ACTHR=SCANHR) AND (ACTMN=SCANMN)
                                                  AND (ACTSC>=SCANSC) THEN FLAG=1
```

```
2320 '       Controleer of de gebruiker het keyboard gebruikt heeft
2330         KEYBRD$=INKEY$
2340         IF LEN(KEYBRD$)=0 THEN GOTO 2760
2350          IF ASC(KEYBRD$)=32 THEN GOSUB 6440
2360          IF (GRAPHSCREEN=1) THEN GOTO 2760
2370           IF ((ASC(KEYBRD$)<>76) AND (ASC(KEYBRD$)<>108)) THEN GOTO 2400
2380            GOSUB 7170
2390            LOCATE 36,31: PRINT CHANGETO$
2400           IF ((ASC(KEYBRD$)<>67) AND (ASC(KEYBRD$)<>99)) THEN GOTO 2640
2410            LOCATE 36,5: PRINT"                                        "
2420            LOCATE 38,5: PRINT"                                         "
2430            LOCATE 40,5
2440            PRINT"                                          "
2450            LOCATE 36,5: PRINT"Oude RANGE(0):  ";: PRINT USING"##.##"; RANGE(0)
2460            LOCATE 37,5: PRINT"Oude RANGE(1):  ";: PRINT USING"##.##"; RANGE(1)
2470            LOCATE 38,5: PRINT"Oude LOOPPULS: ";: PRINT USING"###.##"; LOOPPULS
2480            LOCATE 39,5: PRINT"Oude SETPOINT:  ";: PRINT USING"##.##"; SETPOINT
2490            LOCATE 40,5: PRINT"Oude KP      : ";: PRINT USING"###"; KP
2495            LOCATE 41,5: PRINT"Oude KI      : ";: PRINT USING"###"; KI
2500            LOCATE 36,35: INPUT"Nieuwe RANGE(0):  ", RANGE(0)
2510            LOCATE 37,35: INPUT"Nieuwe RANGE(1):  ", RANGE(1)
2520            LOCATE 38,35: INPUT"Nieuwe LOOPPULS: ", LOOPPULS
2530            LOCATE 39,35: INPUT"Nieuwe SETPOINT:  ", SETPOINT
2540            LOCATE 40,35: INPUT"Nieuwe KP      :", KP
2545            LOCATE 41,35: INPUT"Nieuwe KI      :", KI
2550            LOCATE 36,5: PRINT"                                                    "
2560            LOCATE 37,5: PRINT"                                                    "
2570            LOCATE 38,5: PRINT"                                                    "
2580            LOCATE 39,5: PRINT"                                                    "
2590            LOCATE 40,5: PRINT"                                                    "
2595            LOCATE 41,5: PRINT"                                                    "
2600            LOCATE 36,5: PRINT"Druk op <L> om dataloggen ";CHANGETO$;" te zetten."
2610            LOCATE 38,5: PRINT"Druk op <Spatie> voor grafische weergave."
2620            LOCATE 40,5
2630            PRINT"Druk op <Esc> om het programma te onderbreken."
2640           IF (ASC(KEYBRD$)<>27) THEN GOTO 2760
2650            LOCATE 36,5: PRINT"                                        "
2660            LOCATE 38,5: PRINT"                                         "
2670            LOCATE 40,5
2680            PRINT"                                          "
2690            LOCATE 39,5: INPUT"WILT U STOPPEN (J/N) ?    ",ANSWER$
2700            IF ANSWER$="J" OR ANSWER$="j" THEN GOTO 2770
2710             LOCATE 39,5: PRINT"                                        "
2720             LOCATE 36,5: PRINT"Druk op <L> om dataloggen ";CHANGETO$;"te zetten."
2730             LOCATE 38,5: PRINT"Druk op <Spatie> voor grafische weergave."
2740             LOCATE 40,5
2750             PRINT"Druk op <Esc> om het programma te onderbreken."
2760    WEND
2770    SCREEN 0: END
2780 '
2790 '
```



```
2800 '*************************************************************************
2810 '* Module :  ACTUAL_TIME                                                 *
2820 '* Aanroep:  Vanuit LOGPROG (Main module)                                *
2830 '* Functie:  Deze module leest het tijdstip in uit de interne registers  *
2840 '*           en schrijft de waarde naar het scherm.                      *
2850 '*************************************************************************
2860 REM
2870     ACTTIME$=TIME$
2880     ACTHR=VAL(MID$(ACTTIME$,1,2))
2890     ACTMN=VAL(MID$(ACTTIME$,4,2))
2900     ACTSC=VAL(MID$(ACTTIME$,7,2))
2910     IF ((ACTHR=23) AND (ACTMN=59) AND (ACTSC=59)) THEN SWITCH=1
2920     IF ((SWITCH=1) AND (ACTHR=0) AND (ACTMN=0) AND (ACTSC=0))
                                                  THEN ACTDAY=ACTDAY+1: SWITCH=0
2930     IF ACTDAY<10 THEN ACTDAY$="0"+RIGHT$(STR$(ACTDAY),1)
                      ELSE  ACTDAY$=RIGHT$(STR$(ACTDAY),2)
2940     LOCATE 8,21: PRINT ACTDAY$; ":"; ACTTIME$
2950 RETURN
2960 '
2970 '
2980 '*************************************************************************
2990 '* Module : SCAN_TIME                                                    *
3000 '* Aanroep: Vanuit LOGPROG (Main module)                                 *
3010 '* Functie: Deze module berekent het tijdstip waarop een volgende scan   *
3020 '*          uitgevoerd moet worden, en schrijft deze waarde naar het     *
3030 '*          scherm.                                                      *
3040 '*************************************************************************
3050 REM
3060     INTMIN=0: INTHR=0: INTDAY=0
3070     SCANSC=SCANSC+SCANSTEP
3080     INTMIN=INT(SCANSC/60)
3090     IF SCANSC>59 THEN SCANSC=SCANSC-(INTMIN*60): SCANMN=SCANMN+INTMIN
3100     INTHR=INT(SCANMN/60)
3110     IF SCANMN>59 THEN SCANMN=SCANMN-(INTHR*60): SCANHR=SCANHR+INTHR
3120     INTDAY=INT(SCANHR/24)
3130     IF SCANHR>23 THEN SCANHR=SCANHR-(INTDAY*24): SCANDAY=SCANDAY+INTDAY
3140      IF SCANDAY<10 THEN SCANDAY$="0"+RIGHT$(STR$(SCANDAY),1) ELSE
SCANDAY$=RIGHT$(STR$(SCANDAY),2)
3150     IF SCANHR<10 THEN SCANHR$="0"+RIGHT$(STR$(SCANHR),1) ELSE
 SCANHR$=RIGHT$(STR$(SCANHR),2)
3160     IF SCANMN<10 THEN SCANMN$="0"+RIGHT$(STR$(SCANMN),1) ELSE
 SCANMN$=RIGHT$(STR$(SCANMN),2)
3170     IF SCANSC<10 THEN SCANSC$="0"+RIGHT$(STR$(SCANSC),1) ELSE
 SCANSC$=RIGHT$(STR$(SCANSC),2)
3180     LOGTIME$=SCANHR$+":"+SCANMN$+":"+SCANSC$
3190     SCANTIME$=SCANDAY$+":"+LOGTIME$
3200     LOCATE 10,21: PRINT SCANTIME$
3210 RETURN
3220 '
3230 '
```

```
3240 '*********************************************************************
3250 '* Module :  SCAN                                                    *
3260 '* Aanroep:  Vanuit LOGPROG (Main module)                            *
3270 '* Functie:  In deze module vinden de volgende acties plaats:        *
3280 '*           - de statusbits (status van retourvijzels, spuipompen en *
3290 '*             influentpompen) worden ingelezen;                     *
3300 '*           - elke analoge input (slibconcentraties) wordt gedurende 5 *
3310 '*             seconden gescand (250 waarnemingen), waarna voor elke *
3320 '*             input een gemiddelde concentratie berekend wordt;     *
3330 '*           - er wordt gecontroleerd of de spuipomp van straat 3 aange- *
3340 '*             stuurd moet worden;                                   *
3350 '*           - de laatste 600 (maximaal) scangemiddelden worden vast- *
3360 '*             gehouden voor graf. display;                          *
3370 '*           - het scherm wordt herschreven met de nieuwe inputwaarden; *
3380 '*           - voor elke analoge input worden 5 scangemiddelden weer *
3390 '*             gemiddeld tot 1 "log-waarde";                         *
3400 '*           - indien de LOGGEN-functie AAN staat worden deze log-waarden *
3410 '*             en de status-waarden (indien deze waarden veranderd zijn *
3420 '*             t.o.v de waarden van de voorlaatste scan) naar disk   *
3430 '*             geschreven.                                           *
3440 '*********************************************************************
3450 REM
3460     IF GRAPHSCREEN=1 THEN GOTO 3510
3470       LOCATE 36,5: PRINT"                                    "
3480       LOCATE 38,5: PRINT"                                     "
3490       LOCATE 40,5: PRINT"                                      "
3500       GOTO 3520
3510     LOCATE 41,24: PRINT"                                     "
3520     MINUTEN=60*ACTHR+ACTMN
3530 '
3540 '   Lees de status van de inputbits in en scan de analoge inputs
3550     LOCATE 9,55: PRINT "SCANNING INPUTS ";
3560     DEVICE%=8
3570     FOR BIT%=0 TO 7
3580         CALL BITINS (ADAPT%, DEVICE%, BIT%, BINVAL%, STAT%)
3590         BITSTAT(BIT%)=BINVAL%
3600     NEXT
3610     DEVICE%=9
3620     CALL AINSC (ADAPT%, DEVICE%, LOCHAN%, HICHAN%, CRTL%, MODE%, STOR%,  COUNT,
                                                        RATE, RAWDATA%(0),STAT%)
3630     LOCATE 9,55: PRINT "VERWERKING SCANS";
3640 '
3650 '   Bepaal of er statusbits veranderd zijn
3660     FOR BIT%=0 TO 7
3670         IF BITSTAT(BIT%)<>OLDSTAT(BIT%) THEN STATCHANGE=1
3680     NEXT
3690     DEBIEZEN=BITSTAT(5)+BITSTAT(6)+BITSTAT(7)
3700 '
3710 '   Bereken voor elke analoge input een scangemiddelde
3720 '   Update de sommatie van scangemiddelden per analoge input
3730     FOR ANIPNO=0 TO 2
3740         CHANVAL(ANIPNO)=0
3750         MIN(ANIPNO)=RAWDATA%(ANIPNO): MAX(ANIPNO)=RAWDATA%(ANIPNO)
3760         FOR I1=ANIPNO TO (747+ANIPNO) STEP 3
3770             CHANVAL(ANIPNO)=CHANVAL(ANIPNO)+RAWDATA%(I1)
3780             IF RAWDATA%(I1)<MIN(ANIPNO) THEN MIN(ANIPNO)=RAWDATA%(I1)
3790             IF RAWDATA%(I1)>MAX(ANIPNO) THEN MAX(ANIPNO)=RAWDATA%(I1)
3800         NEXT
```



```
3820     FOR ANIPNO=0 TO 1
3830         ANSCAN(ANIPNO)=INTCPT(ANIPNO)+RANGE(ANIPNO)*CHANVAL(ANIPNO)/(250*4096)
3840         SCANMIN(ANIPNO)=INTCPT(ANIPNO)+RANGE(ANIPNO)*MIN(ANIPNO)/4096
3850         SCANMAX(ANIPNO)=INTCPT(ANIPNO)+RANGE(ANIPNO)*MAX(ANIPNO)/4096
3860     NEXT
3870     IF (CHANVAL(2)<=0) THEN ANSCAN(2)=0: GOTO 3890
3880        ANSCAN(2)=EXP(LOG(.796)+1.406*LOG(CHANVAL(2)/(250*409.6)))
3890     IF (MIN(2)<=0) THEN SCANMIN(2)=0: GOTO 3910
3900        SCANMIN(2)=EXP(LOG(.796)+1.406*LOG(MIN(2)/409.6))
3910     IF (MAX(2)<=0) THEN SCANMAX(2)=0: GOTO 3930
3920        SCANMAX(2)=EXP(LOG(.796)+1.406*LOG(MAX(2)/409.6))
3930     TELLER=TELLER+1
3940     IF TELLER=3 THEN HLOGT$=LOGTIME$
3950     FOR ANIPNO=0 TO 2
3960         SOM(ANIPNO)=SOM(ANIPNO)+ANSCAN(ANIPNO)
3970     NEXT
3980 '
3990 '   Bereken de totale looptijd en de totaal gespuide hoeveelheid slib voor de
         spuipomp van straat 3
4000     LOOPTIJD(0)=LOOPTIJD(0)+1*BITSTAT(3)
4010     LOOPTIJD(1)=LOOPTIJD(1)+1*BITSTAT(4)
4020     SPUITOT(0)=SPUITOT(0)+BITSTAT(3)*40*ANSCAN(2)/60
4030     SPUITOT(1)=SPUITOT(1)+BITSTAT(4)*40*ANSCAN(2)/60
4040 '
4050 '   Update de historie van elke analoge input
4060     IF INDEX<600 THEN INDEX=INDEX+1: GOTO 4120
4070        FOR N3=1 TO 2
4080            FOR I3=2 TO 600
4090                HIST(N3,(I3-1))=HIST(N3,I3)
4100            NEXT
4110        NEXT
4120     FOR N4=1 TO 2
4130         HIST(N4,INDEX)=ANSCAN(N4-1)
4140     NEXT
4150 '
4160 '   Controleer of de spuipomp aangestuurd moet worden
4170     GOSUB 7510
4180 '
4190 '   Update de weergave op het scherm
4200     IF GRAPHSCREEN=0 THEN GOSUB 5910 ELSE GOSUB 6240
4210 '
4220 '   Maak op elke dagwisseling nieuwe files aan
4230     IF OLDDATE$=DATE$ THEN GOTO 4550
4240        OPEN BINFIL$ FOR APPEND AS #2
4250             PRINT #2, CHR$(34); LOGTIME$; CHR$(34);
4260             PRINT #2, USING"#########";MINUTEN+1440;
4270             FOR BIT%=0 TO 7
4280                 PRINT #2, USING"#########"; BITSTAT(BIT%);
4290             NEXT
4300        CLOSE #2
4310        OPEN SPUIFIL$ FOR APPEND AS #3
4320            PRINT #3, CHR$(34); ACTTIME$; CHR$(34); CHR$(34); "  "; CHR$(34);
                          CHR$(34); "        "; CHR$(34);
4330            PRINT #3, USING"#####.###"; VSGVAL;
4340            PRINT #3, USING"######"; LOOPPULS;
4350            PRINT #3, USING"######"; MINUTEN+1440;
4360            PRINT #3, USING"#######"; LOOPTIJD(1);
4370            PRINT #3, USING"#######"; SPUITOT(1);
```

```
4410        FDNO=0: MINUTEN=0: SPUITOT(0)=0: LOOPTIJD(0)=0: SPUITOT(1)=0:
            LOOPTIJD(1)=0. GEREGELD=0
4420        GOSUB 6610
4430        OPEN BINFIL$ FOR APPEND AS #2
4440             PRINT #2, CHR$(34); LOGTIME$; CHR$(34);
4450             PRINT #2, USING"#########";MINUTEN;
4460             FOR BIT%=0 TO 7
4470                 PRINT #2, USING"#########"; BITSTAT(BIT%);
4480             NEXT
4490             PRINT #2,
4500        CLOSE #2
4510        OLDDATE$=DATE$
4520 '
4530 '   Middel voor elke analoge input 5 scangemiddelden tot een log-waarde
4540 '   Schrijf de data naar disk indien de LOGGEN-functie AAN
4550     IF TELLER<5 THEN GOTO 4710
4560        FOR ANIPNO=0 TO 2
4570            LOGVAL(ANIPNO)=SOM(ANIPNO)/5
4580            SOM(ANIPNO)=0
4590        NEXT
4600        TELLER=0
4610        IF (LOGGEN=0) THEN GOTO 4710
4620           OPEN ANAFIL$ FOR APPEND AS #1
4630                PRINT #1, CHR$(34); HLOGT$; CHR$(34);
4640                PRINT #1, USING"#########"; (MINUTEN-2);
4650                PRINT #1, USING"######.##"; LOGVAL(0);
4660                PRINT #1, USING"######.##"; LOGVAL(1);
4670                PRINT #1, USING"######.##"; LOGVAL(2);
4680                IF ((RWATEL=50) OR (DWATEL<150)) THEN PRINT #1,: GOTO 4700
4690                   PRINT #1, USING"#####.###"; VSGVAL
4700           CLOSE #1
4710     IF ((LOGGEN=0) OR (STATCHANGE=0)) THEN GOTO 4880
4720        OPEN BINFIL$ FOR APPEND AS #2
4730             PRINT #2, CHR$(34); OLDLOG$; CHR$(34);
4740             PRINT #2, USING"#########";MINUTEN-1;
4750             FOR BIT%=0 TO 7
4760                 PRINT #2, USING"#########"; OLDSTAT(BIT%);
4770             NEXT
4780             PRINT #2,
4790             PRINT #2, CHR$(34); LOGTIME$; CHR$(34);
4800             PRINT #2, USING"#########";MINUTEN;
4810             FOR BIT%=0 TO 7
4820                 PRINT #2, USING"#########"; BITSTAT(BIT%);
4830             NEXT
4840             PRINT #2,
4850        CLOSE #2
4860 '
4870 '
4880     STATCHANGE=0: OLDLOG$=LOGTIME$
4890     FOR BIT%=0 TO 7: OLDSTAT(BIT%)=BITSTAT(BIT%): NEXT
4900     LOCATE 9,55: PRINT "                    ";
4910     IF GRAPHSCREEN=1 THEN GOTO 4970
4920        LOCATE 36,5: PRINT"Druk op <L> om dataloggen ";CHANGETO$;" te zetten."
4930        LOCATE 38,5: PRINT"Druk op <Spatie> voor grafische weergave."
4940        LOCATE 40,5
4950        PRINT"Druk op <Esc> om het programma te onderbreken."
4960        GOTO 4980
4970     LOCATE 41,24: PRINT"Druk op <Spatie> voor numerieke weergave."
```



```
5010 '*************************************************************************
5020 '* Module : NUM_SCREEN                                                   *
5030 '* Aanroep: Vanuit LOGPROG (Main module), SWAP_SCREEN                    *
5040 '* Functie: Deze module geeft de layout van het numerieke overzicht weer  *
5050 '*          op het scherm.                                               *
5060 '*************************************************************************
5070 REM
5080     GOSUB 7030
5090     LOCATE 8,14: PRINT"TIJD:  "
5100     LOCATE 10,5: PRINT"VOLGENDE SCAN:  "
5110     LOCATE 10,21: PRINT SCANTIME$
5120     VIEW(404,61)-(584,74),,1
5130     LOCATE 13,5
5135     PRINT"Slibconcentratie     Momentane      Scan      Scan         Voortschr."
5140     LOCATE 14,5
5145     PRINT"                        waarde     gemiddeld    span  volts  gemiddelde"
5150     LOCATE 16,5: PRINT" Aeratietank 2:"
5160     LOCATE 18,5: PRINT" Aeratietank 3:"
5170     LOCATE 20,5: PRINT" Retour (3)   :"
5180     LOCATE 23,5
5185     PRINT"Spuislibpomp          Status          Looptijd          Slibproduktie"
5190     LOCATE 24,5
5195     PRINT"                                   per puls  sinds mn        sinds mn"
5200     LOCATE 26,5: PRINT"  Straat 2:"
5210     LOCATE 28,5: PRINT"  Straat 3:"
5220     LOCATE 31,5: PRINT"Aantal aktieve pompen 'De Biezen':"
5230     LOCATE 33,5: PRINT"Status retourvijzels             :"
5240     LOCATE 36,5: PRINT"Druk op <L> om dataloggen ";CHANGETO$;" te zetten."
5250     LOCATE 38,5: PRINT"Druk op <Spatie> voor grafische weergave."
5260     LOCATE 40,5: PRINT"Druk op <Esc> om het programma te onderbreken."
5270     IF INDEX>0 THEN GOSUB 5910
5280 RETURN
5290 '
5300 '
5310 '*************************************************************************
5320 '* Module : GRA_SCREEN                                                   *
5330 '* Aanroep: Vanuit SWAP_SCREEN                                           *
5340 '* Functie: Deze module geeft de layout van de gekozen grafische presen-  *
5350 '*          tatie weer op het scherm (incl. de "historie" van de var.)   *
5360 '*************************************************************************
5370 REM
5380     GOSUB 7030
5390     LOCATE 8,14: PRINT"TIJD:  "
5400     LOCATE 10,5: PRINT"VOLGENDE SCAN:  "
5410     LOCATE 10,21: PRINT SCANTIME$
5420     VIEW(404,61)-(584,74),,1
5430     VIEW (50,90)-(650,310),,1
5440     LOCATE 41,8: PRINT "0"
5450     LOCATE 41,80: PRINT "600"
5460     LOCATE 41,24: PRINT"Druk op <Spatie> voor numerieke weergave."
5470     IF INDEX=0 THEN GOTO 5560
5480     WINDOW (0,0)-(599,5)
5490     LOCATE 12,4: PRINT "5"
5500     LOCATE 39,4: PRINT "0"
5510 '
5520     LOCATE 13,55: PRINT "Slibconcentratie straat 2"
5530     FOR ARIND = 1 TO INDEX: PSET(ARIND-1, HIST(1,ARIND)): NEXT
5540     LOCATE 38,55: PRINT "Slibconcentratie straat 3"
```

```
5590 '*************************************************************************
5600 '* Module : NUM_OUTPUT1                                                  *
5610 '* Aanroep: Vanuit LOGPROG (Main module)                                 *
5620 '* Functie: Deze module schrijft de momentane waarden van de analoge     *
5630 '*          inputs (slibconcentraties) naar het numerieke scherm.        *
5640 '*************************************************************************
5650 REM
5660      LOCATE 16,3: PRINT"*"
5670      LOCATE 16,28: PRINT USING "##.##";ANALOG(0)
5680      LOCATE 16,3: PRINT" "
5690      LOCATE 18,3: PRINT"*"
5700      LOCATE 18,28: PRINT USING "##.##";ANALOG(1)
5710      LOCATE 18,3: PRINT" "
5720      LOCATE 20,3: PRINT"*"
5730      LOCATE 20,28: PRINT USING "##.##";ANALOG(2)
5740      LOCATE 20,3: PRINT" "
5750 RETURN
5760 '
5770 '
5780 '*************************************************************************
5790 '* Module : GRA_OUTPUT1                                                  *
5800 '* Aanroep: Vanuit LOGPROG (Main module)                                 *
5810 '* Functie: Deze module schrijft de momentane waarden van de analoge     *
5820 '*          inputs (slibconcentraties) numeriek naar het gekozen gra-    *
5830 '*          fische scherm.                                               *
5840 '*************************************************************************
5850 REM
5860     LOCATE 13,85: PRINT USING"##.##"; ANALOG(0)
5870     LOCATE 38,85: PRINT USING"##.##"; ANALOG(1)
5880 RETURN
5890 '
5900 '
```



```
5910 '*************************************************************************
5920 '* Module : NUM_OUTPUT2                                                  *
5930 '* Aanroep: Vanuit LOGPROG (Main module), SCAN, NUM_SCREEN, SWAP_SCREEN  *
5940 '* Functie: Deze module schrijft de "scan"data (per analoge input het    *
5950 '*          scangemiddelde, scanminimum en -maximum, en de status van de *
5960 '*          diverse bits naar het numerieke scherm.                      *
5970 '*************************************************************************
5980 REM
5990     LOCATE 16,41: PRINT USING "##.##";ANSCAN(0)
6000     LOCATE 16,51: PRINT USING "##.##";SCANMAX(0)-SCANMIN(0)
6010     LOCATE 16,61: PRINT USING "##.##";CHANVAL(0)/(25*4096)
6020     LOCATE 18,41: PRINT USING "##.##";ANSCAN(1)
6030     LOCATE 18,51: PRINT USING "##.##";SCANMAX(1)-SCANMIN(1)
6040     LOCATE 18,61: PRINT USING "##.##";CHANVAL(1)/(25*4096)
6050     LOCATE 18,73: PRINT USING "##.##";VSGVAL
6060     LOCATE 20,41: PRINT USING "##.##";ANSCAN(2)
6070     LOCATE 20,51: PRINT USING "##.##";SCANMAX(2)-SCANMIN(2)
6080     IF STATCHANGE=0 THEN GOTO 6160
6090        IF BITSTAT(0)=1 THEN RETOUR$=" LAAG "
6100        IF BITSTAT(1)=1 THEN RETOUR$="MIDDEN"
6110        IF BITSTAT(2)=1 THEN RETOUR$=" HOOG "
6120        LOCATE 33,42: PRINT RETOUR$
6130        LOCATE 26,28: IF BITSTAT(3)=1 THEN PRINT "AAN" ELSE PRINT "UIT"
6140        LOCATE 28,28: IF BITSTAT(4)=1 THEN PRINT "AAN" ELSE PRINT "UIT"
6150        LOCATE 31,42: PRINT DEBIEZEN
6160     LOCATE 28,41: PRINT USING"##"; LOOPPULS
6170     LOCATE 26,50: PRINT USING"####"; LOOPTIJD(0)
6180     LOCATE 26,65: PRINT USING"####"; SPUITOT(0)
6190     LOCATE 28,50: PRINT USING"####"; LOOPTIJD(1)
6200     LOCATE 28,65: PRINT USING"####"; SPUITOT(1)
6210 RETURN
6220 '
6230 '
6240 '*************************************************************************
6250 '* Module : GRA_OUTPUT2                                                  *
6260 '* Aanroep: Vanuit SCAN                                                  *
6270 '* Functie: Deze module update de weergegeven grafiek met het laatste    *
6280 '*          scangemiddelde van de betrokken analoge input.               *
6290 '*************************************************************************
6300 REM
6310     WINDOW (0,0)-(599,5)
6320 '
6330     IF INDEX<600 THEN GOTO 6390
6340          FOR ARIND = 1 TO 599: PSET(ARIND, HIST(1,ARIND)),0: NEXT
6350          FOR ARIND = 2 TO 600: PSET(ARIND-1, HIST(1,ARIND)): NEXT
6360          FOR ARIND = 1 TO 599: PSET(ARIND, HIST(2,ARIND)),0: NEXT
6370          FOR ARIND = 2 TO 600: PSET(ARIND-1, HIST(2,ARIND)): NEXT
6380          GOTO 6410
6390     PSET(INDEX, HIST(1,INDEX))
6400     PSET(INDEX, HIST(2,INDEX))
6410 RETURN
6420 '
6430 '
```

```
6440 '*************************************************************************
6450 '* Module : SWAP_SCREEN                                                  *
6460 '* Aanroep: Vanuit LOGPROG (Main module)                                 *
6470 '* Functie: Deze module zet een interne vlag om die aangeeft of de data-  *
6480 '*          numeriek dan wel grafisch weergegeven moeten worden.          *
6490 '*************************************************************************
6500 REM
6510     SCREEN 0: SCREEN 2
6520     IF GRAPHSCREEN=1 THEN GOTO 6560
6530        GRAPHSCREEN=1
6540        GOSUB 5310
6550        GOTO 6580
6560     GRAPHSCREEN=0
6570     GOSUB 5010: GOSUB 6090
6580 RETURN
6590 '
6600 '
6610 '*************************************************************************
6620 '* Module : INIT_FIL                                                     *
6630 '* Aanroep: Vanuit LOGPROG (Main module), SCAN, SWAP_LOGGEN              *
6640 '* Functie: Deze module initialiseert de benodigde files.                *
6650 '*************************************************************************
6660 REM
6670     ANAFIL$="A:\DATA"+LEFT$(DATE$,2)+MID$(DATE$,4,2)+".AD"+RIGHT$(STR$(FDNO),1)
6680     OPEN ANAFIL$ FOR OUTPUT AS #1
6690          PRINT #1, CHR$(34); "Analoge meetdata rwzi Nijmegen"; CHR$(34)
6700          PRINT #1,
6710          PRINT #1, CHR$(34); "Datum: "; DATE$; CHR$(34)
6720          PRINT #1, CHR$(34); "Scan-interval: "; SCANSTEP; "sec."; CHR$(34)
6730          PRINT #1, CHR$(34); "Log-interval: "; LOGSTEP; "min."; CHR$(34)
6740          PRINT #1,
6750          PRINT #1, CHR$(34); " TIJDSTIP"; CHR$(34);
6760          PRINT #1, CHR$(34); "  MINUTEN"; CHR$(34);
6770          PRINT #1, CHR$(34); "  SCONC.2"; CHR$(34);
6780          PRINT #1, CHR$(34); "  SCONC.3"; CHR$(34);
6790          PRINT #1, CHR$(34); " RET.CONC"; CHR$(34);
6800          PRINT #1, CHR$(34); "  RV LAAG"; CHR$(34);
6810          PRINT #1, CHR$(34); "RV MIDDEN"; CHR$(34);
6820          PRINT #1, CHR$(34); "  RV HOOG"; CHR$(34);
6830          PRINT #1, CHR$(34); "  S POMP2"; CHR$(34);
6840          PRINT #1, CHR$(34); "  S POMP3"; CHR$(34);
6850          PRINT #1, CHR$(34); " DB POMP1"; CHR$(34);
6860          PRINT #1, CHR$(34); " DB POMP2"; CHR$(34);
6870          PRINT #1, CHR$(34); " DB POMP3"; CHR$(34)
6880          PRINT #1,
6890     CLOSE #1
6900 '
6910     BINFIL$="A:\DATA"+LEFT$(DATE$,2)+MID$(DATE$,4,2)+".BD"+RIGHT$(STR$(FDNO),1)
6920     OPEN BINFIL$ FOR OUTPUT AS #2
6930          PRINT #2, CHR$(34); "Binaire meetdata rwzi Nijmegen, "; DATE$; CHR$(34)
6935          PRINT #2
6940     CLOSE #2
6950 '
6960     SPUIFIL$="A:\DATA"+LEFT$(DATE$,2)+MID$(DATE$,4,2)+".SD"+RIGHT$(STR$(FDNO),1)
6970     OPEN SPUIFIL$ FOR OUTPUT AS #3
6980          PRINT #3, CHR$(34); "Data spuipomp 3 rwzi Nijmegen, "; DATE$; CHR$(34)
6985          PRINT #3
6990     CLOSE #3
```



```
7030 '*************************************************************************
7040 '* Module : SCREEN                                                       *
7050 '* Aanroep: Vanuit NUM_SCREEN, GRA_MENU, GRA_SCREEN                      *
7060 '* Functie: Deze module geeft het gemeenschppelijke deel van de layout   *
7070 '*          van de schermen weer.                                        *
7080 '*************************************************************************
7090 REM
7100     VIEW(17,2)-(703,36),,1
7110     VIEW(20,5)-(700,33),,1
7120     LOCATE 2,5: PRINT"DATA-ACQUISITIE RWZI NIJMEGEN            ADVIESBUREAU BKH"
7130     LOCATE 4,5: PRINT"STORA 1.3.7                                 's-GRAVENHAGE"
7140 RETURN
7150 '
7160 '
7170 '*************************************************************************
7180 '* Module : SWAP_LOGGEN                                                  *
7190 '* Aanroep: Vanuit LOGPROG (Main module)                                 *
7200 '* Functie: Deze module zet een interne vlag om die bepaalt of de LOGGEN- *
7210 '*          functie AAN dan wel UIT staat.                               *
7220 '*************************************************************************
7230 REM
7240     IF LOGGEN=0 THEN GOTO 7270
7250        LOGGEN=0: CHANGETO$="AAN"
7260        GOTO 7300
7270     FDNO=FDNO+1
7280     GOSUB 6610
7290     LOGGEN=1: CHANGETO$="UIT"
7300 RETURN
7310 '
7320 '
```

```
7330 '*********************************************************************
7340 '* Module :  STUURSPUI                                               *
7350 '* Aanroep:  Vanuit SCAN                                             *
7360 '* Functie:  In deze module vinden de volgende acties plaats:        *
7370 '*           - van de slibconcentratie van straat 3 wordt een voortschrij-*
7380 '*             dend gemiddelde van de laatste 1440 meetwaarden bepaald;  *
7390 '*             hierin zijn rwa-concentraties niet inbegrepen (rekening   *
7400 '*             houdend met een zekere vertraging agv. de verblijftijd in *
7410 '*             de aeratietank);                                          *
7420 '*           - er wordt gecontroleerd of de looptijd van de spuipomp     *
7430 '*             gecorrigeerd moet worden;                                 *
7440 '*           - er wordt gecontroleerd of de spuipomp AAN of UIT gezet    *
7450 '*             moet worden;                                              *
7460 '*********************************************************************
7470 REM
7480 '
7490 '  Update het voortschrijdend gemiddelde (de laatste 1440 dwa-meetwaarden)
7500 '  Controleer of de looptijd van de spuipomp gecorrigeerd moet worden
7510    IF ((RWA$-"UIT") AND (DEBIEZEN>1)) THEN RWA$-"AAN": DWATEL-150: RWATEL-0
7520    IF ((RWA$-"AAN") AND (DEBIEZEN<2)) THEN RWA$-"UIT": RWATEL-0: DWATEL-0
7530    IF ((RWA$-"AAN") AND (RWATEL<50)) THEN RWATEL-RWATEL+1: GOTO 7560
7540    IF ((RWA$-"AAN") AND (RWATEL-50)) THEN GOTO 7650
7550    IF ((RWA$-"UIT") AND (DWATEL<150)) THEN DWATEL-DWATEL+1: GOTO 7650
7560    IF (VSGCOUNT-1440) THEN GOTO 7600
7570       VSGCOUNT-VSGCOUNT+1
7580       VSGELEMENT[VSGCOUNT]-CHANVAL[1]/(250*4096)
7590       GOTO 7620
7600    FOR CHT-2 TO 1440: VSGELEMENT[CHT-1]-VSGELEMENT[CHT]: NEXT
7610    VSGELEMENT[VSGCOUNT]-CHANVAL[1]/(250*4096)
7620    SOMVSG-0
7630    FOR CHT-1 TO VSGCOUNT: SOMVSG-SOMVSG+VSGELEMENT(CHT): NEXT
7640    VSGVAL-INTCPT(1) + RANGE(1)*SOMVSG/VSGCOUNT
7650    IF ((ACTHR<>2) AND (ACTHR<>14)) THEN GOTO 7740
7660       IF ((GEREGELD-1) OR (VSGCOUNT<1440)) THEN GOTO 7740
7665          AFW-VSGVAL-SETPOINT
7670          LOOPPULS-LOOPPULS+INT(KP*(AFW-OLDAFW))+INT(KI*AFW)
7680          IF (LOOPPULS>115) THEN LOOPPULS-115
7690          IF (LOOPPULS<5) THEN LOOPPULS-5
7700          GEREGELD-1
7710          OLDAFW-AFW
7720 '
7730 '  Controleer of de spuipomp AAN of UIT gezet moet worden
7740    IF (ACTHR<>SPUIHR) THEN GOTO 7900
7750       DEVICE%-8: ACTION%-1
7760       CALL BITOUS (ADAPT%, DEVICE%, OUTBIT%, ACTION%, STAT%)
7770       SPUI$-"AAN"
7780       OPEN SPUIFIL$ FOR APPEND AS #3
7790            PRINT #3, CHR$(34); ACTTIME$; CHR$(34);
                          CHR$(34); "SPUI AAN"; CHR$(34);
7800            PRINT #3, CHR$(34); "       "; CHR$(34);
7810            PRINT #3, USING"#####.###"; VSGVAL;
7820            PRINT #3, USING"######"; LOOPPULS
7830       CLOSE #3
7840       SPUIHR-SPUIHR+2
7850       IF (SPUIHR>23) THEN SPUIHR-SPUIHR-24
7860       INTMIN-0: INTHR-0: INTDAY-0
7870       SPUITMN-ACTMN+LOOPPULS
7880       INTHR-INT(SPUITMN/60): SPUITMN-SPUITMN-(INTHR*60): SPUITHR-ACTHR+INTHR
```



```
7900       IF (SPUI$-"UIT") THEN GOTO 8090
7910          IF ACTDAY>SPUITDAY THEN SFLAG-1
7920          IF (ACTDAY-SPUITDAY) AND (ACTHR>SPUITHR) THEN SFLAG-1
7930          IF (ACTDAY-SPUITDAY) AND (ACTHR-SPUITHR) AND (ACTMN>-SPUITMN)
                                                                  THEN SFLAG-1
7940          IF (SFLAG-0) THEN GOTO 8090
7950             DEVICE%-8: ACTION%-0
7960             CALL BITOUS (ADAPT%, DEVICE%, OUTBIT%, ACTION%, STAT%)
7970             SPUI$-"UIT"
7980             OPEN SPUIFIL$ FOR APPEND AS #3
7990                  PRINT #3, CHR$(34); ACTTIME$; CHR$(34);
                                CHR$(34); "  "; CHR$(34);
                                CHR$(34); "SPUI UIT"; CHR$(34);
8000                  PRINT #3, CHR$(34); "       "; CHR$(34);
8010                  PRINT #3, CHR$(34); "         "; CHR$(34);
8020                  PRINT #3, USING"######"; MINUTEN;
8030                  PRINT #3, USING"#######"; LOOPTIJD(1);
8040                  PRINT #3, USING"#######"; SPUITOT(1);
8050                  PRINT #3, USING"#######"; LOOPTIJD(0);
8060                  PRINT #3, USING"#######"; SPUITOT(0)
8070             CLOSE #3
8080             SFLAG-0
8090 RETURN
```