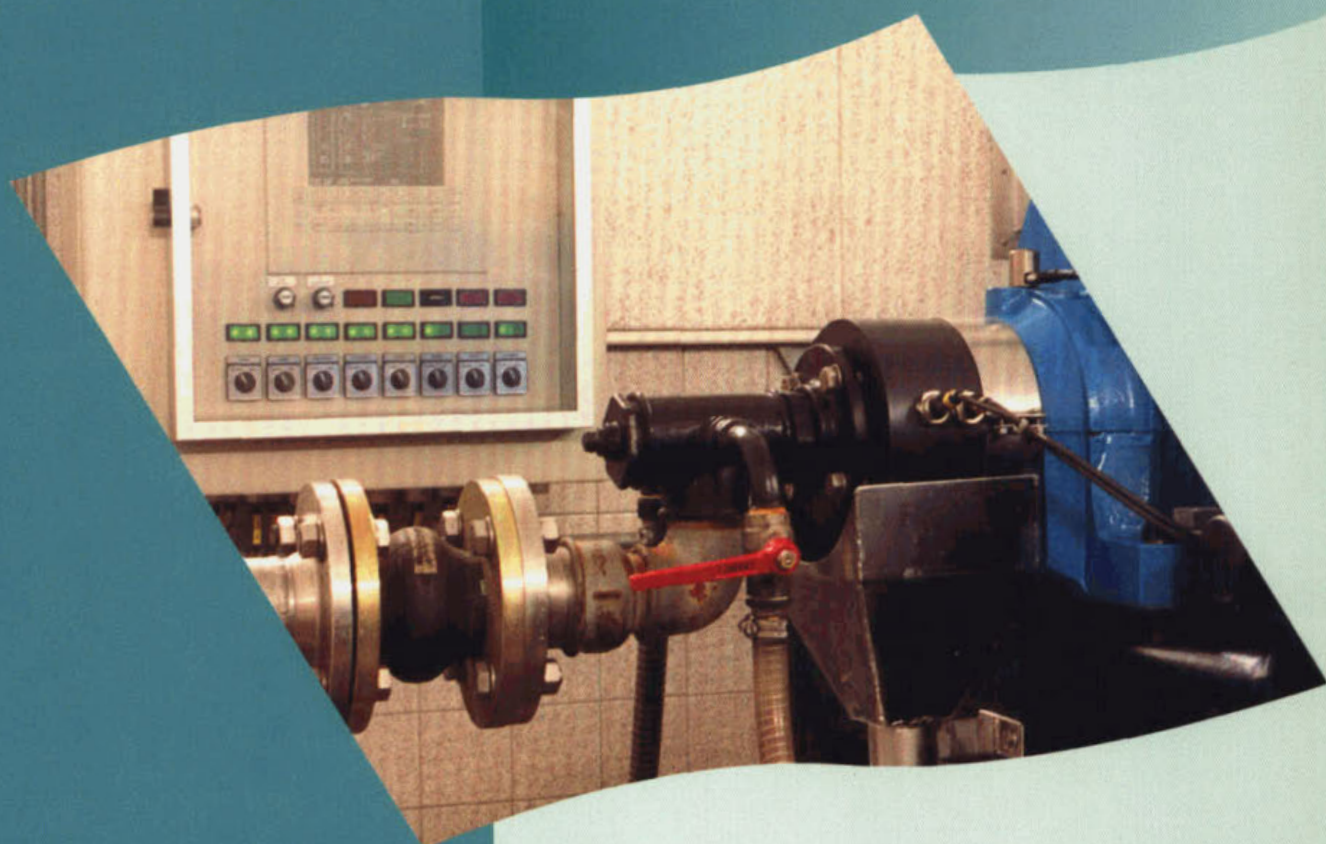


Meet- en regelapparatuur bij slibontwatering

Vergelijkend praktijkonderzoek aan meetapparatuur



99

26

Meet- en regelapparatuur bij slibontwatering

Vergelijkend praktijkonderzoek aan meetapparatuur

99 26

Arthur van Schendelstraat 816

Postbus 8090, 3503 RB Utrecht

Telefoon 030 232 11 99

Fax 030 232 17 66

E-mail stowa@stowa.nl

<http://www.stowa.nl>

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u

uitsluitend bestellen bij:

Hageman Fulfilment

Postbus 1110

3300 CC Zwijndrecht

tel. 078 - 629 33 32

fax 078 - 610 42 87

e-mail: hff@wxs.nl

o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

ISBN 90.5773.076.6

INHOUD

BLAD

Ten geleide	i
SAMENVATTING	ii
SUMMARY	v
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling	2
1.3 Leeswijzer	2
2 AANPAK VAN HET ONDERZOEK	3
2.1 Onderzochte apparatuur en hun plaats in het ontwateringsproces	3
2.2 Onderzoekslocaties	5
2.3 Onderzoeksopzet	6
2.3.1 Beoordelingscriteria	6
2.3.2 Procesvariabelen-	6
2.4 IJking en inbedrijfstelling	7
3 RESULTATEN VAN HET PRAKTIJKONDERZOEK	9
3.1 Beoordelingscriteria	9
3.2 Nauwkeurigheid/betrouwbaarheid	9
3.2.1 Meetsessie Katwijk 1	9
3.2.2 Meetsessie Hilversum 2	11
3.2.3 Meetsessie Hilversum 1	14
3.2.4 Meetsessie Katwijk 2	15
3.3 Variaties / ruis	15
3.4 Stapresponsie	17
3.4.1 Ingaand slib	17
3.4.2 Centrifugaat	18
3.5 Ervaringen	19
3.5.1 Montage	19
3.5.2 Bediening	20
3.5.3 Onderhoud	20
3.5.4 Overige ervaringen	20
4 SAMENVATTING EN EVALUATIE	21
4.1 Samenvatting van de resultaten	21
4.2 Evaluatie	21
4.2.1 Mechanische slibindikking	23
4.2.2 Mechanische slibontwatering	23
5 CONCLUSIES	25
6 LITERATUUR	26

Ten geleide

De huidige generatie slibindikkings- en ontwateringsapparatuur maakt een vergaande geautomatiseerde en daarmee continue bedrijfsvoering mogelijk. Dit betekent in de praktijk echter geenszins dat van een technologisch of kostentechnische bedrijfsvoering kan worden gesproken. Het zo efficiënt mogelijk benutten van de kapitaalintensieve slibontwateringsinstallaties vereist de inzet van meet- en regelsystemen voor de conditionering en ontwatering van slib, die reageren op wijzigingen in slibaanbod, slibsamenstelling e.d.

De laatste jaren wordt meet- en regelapparatuur voor slibverwerkingsprocessen steeds vaker ingezet voor het automatiseren van slibindikkings- en slibontwateringsapparatuur. Het aantal merken en typen apparatuur, alsmede het aantal meetprincipes waarop hun werking is gebaseerd, is aanmerkelijk.

De ervaringen met deze thans nog beperkt toegepaste apparatuur zijn sterk uiteenlopend en onderling moeilijk vergelijkbaar. In rapport 97-13 "Meet- en regelapparatuur bij slibontwatering; inventarisatie van apparatuur en mogelijkheden" zijn de nuttige toepasbaarheid, de applicatiemogelijkheden, de technische beperkingen en de sterke en zwakke punten van de op de markt aanwezige apparatuur voor de diverse typen slibindikkings- en ontwateringsinstallaties in beeld gebracht. Dit heeft geleid tot de selectie van een aantal meetapparaten voor een vergelijkend onderzoek in de praktijk.

Het thans voorliggend rapport beschrijft dit praktijkonderzoek met negen meetapparaten, die onder diverse omstandigheden in het ingaande slib en in het centrifugaat van slibontwateringscentrifuges hebben gemeten. Slechts enkele meters, gebaseerd op het principe van infra-roodverstrooiing, zijn geschikt voor meting van droge stof in niet geconditioneerd ingaand slib en opname in een regelcircuit. In filtraat en centrifugaat kan niet goed gemeten worden.

Het onderzoek werd door het bestuur van de STOWA opgedragen aan DHV Water BV (projectteam bestaande uit ir. R.J. van der Kuij en ing. H.W.O. van der Zandt). Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit ir. A.W.A. de Man (voorzitter), ing. R. van Dalen, ir. M.D. Eekhof, ing. H.A.P. Mollen, ir. P.J. Roeleveld, ir. J.A.R.G. Schepman, ir. P.C. Stamperius en ing. R. van Walraven.

Utrecht, januari 2000

De directeur van de STOWA

ir. J.M.J. Leenen

SAMENVATTING

Met de verwerking van slib op rwzi's zijn aanzienlijke kosten gemoeid: bij de bouw van de rwzi's worden vele miljoenen geïnvesteerd in gistingstanks, buffertanks en indikkings- en ontwateringsapparatuur. Bij de exploitatie van een moderne rwzi gaat meer dan de helft van het budget naar de slibverwerking. Optimalisatie van het indik- en ontwateringsproces door een volledig geautomatiseerde bedrijfsvoering kan een aantrekkelijke besparing op deze kosten bewerkstelligen. De huidige generatie slibindikkings- en -ontwateringsapparatuur maakt een geautomatiseerde en continue bedrijfsvoering mogelijk. Toch is in de praktijk niet altijd sprake van een optimale bedrijfsvoering.

Toepassing van apparatuur die de ingaande slibstroom en/of het centrifugaat of filtraat analyseert, en aan de hand van de resultaten het indik- of ontwateringsproces bijstelt, kan een belangrijke bijdrage leveren aan een optimale bedrijfsvoering. Nauwkeurige en betrouwbare meting, alsmede automatische regeling van de relevante procesparameters voor het conditioneren en het ontwateren van het slib zijn daarvoor noodzakelijk.

Teneinde meer inzicht te krijgen in de technische en economische toepasbaarheid van de geïnventariseerde meetapparatuur in een regelkring is een vergelijkend praktijkonderzoek uitgevoerd, waarin negen apparaten zijn betrokken. Daartoe zijn alle meters in de sliblijn ingebouwd. Het onderzoek richtte zich op twee aspecten:

- het verkrijgen van representatieve en reproduceerbare meetresultaten met een in de sliblijn toegepaste selectie uit geïnventariseerde meetapparatuur;
- vaststellen van de geschiktheid van de meetapparatuur in een regelkring.

De geselecteerde meters kunnen afhankelijk van het meetbereik en meetprincipe worden toegepast in de ingaande ingediktslibstroom en/of in het centrifugaat. De onderstaande tabel omvat een overzicht van de toegepaste meters en de meetplaatsen. Ter informatie is tevens de kostprijs vermeld.

Tabel i. Onderzochte meetapparatuur en plaatsing van de meters

merk en type meter	meetprincipe	medium	prijs (NLG) ¹⁾
Dr. Lange Solitax	verstrooiing IR-licht onder een hoek van 90° en 135°	ingaand slib centrifugaat	10.000,-
Kajaani MCA	reistijd van microgolven	ingaand slib	65.000,-
Nishihara NU-V	demping van ultrasone golven	ingaand slib	29.000,-
Peek FD	vibratiefrequentie	ingaand slib	20.000,-
Partech	weerkaatsing IR-licht onder een hoek van 180°	ingaand slib	11.500,-
Endress+Hauser Liquisys	verstrooiing IR-licht door meerstraals-techniek onder een hoek van 90°	ingaand slib centrifugaat	10.000,-
BTG-Polymetron	absorptie IR-licht met piekcorrectie	centrifugaat	30.000,-
Milton Roy	zèta-potentiaal	centrifugaat	23.000,-
Staiger Mohilo	verstrooiing IR-licht onder een hoek van 90°	centrifugaat	12.000,-

¹⁾ meetapparaat + display, prijspeil 1997, excl. BTW

In en rond de centrifuges beïnvloeden verschillende parameters het functioneren van de ontwateringsmachine. Hierbij gaat het om de kwaliteit en het drogestofgehalte van het ingaande slib, de PE-dosering, het toerentalverschil en het koppel van de centrifuge.

In dit onderzoek zijn - binnen acceptabele grenzen en waar mogelijk - vier parameters gevarieerd:

- het drogestofgehalte van het ingaande slib;
- de mengverhouding van "eigen" slib en extern slib;
- de PE-dosering;
- het verschiltoerental of koppel van de centrifuge.

Alle meters met uitzondering van de Endress+Hauser Liquisys zijn op twee locaties getest. Bij de verwerking van de resultaten zijn de volgende beoordelingscriteria gehanteerd (in volgorde van belang):

- benadering van de ideale lineaire regressie $y = x$;
- benadering van de ideale correlatiecoëfficiënt 1;
- spreiding en ruis;
- stapresponsie;
- bedieningsgemak, storingsgevoeligheid en eenvoud van inbouwen.

De resultaten zijn kwalitatief samengevat in de onderstaande tabel.

Tabel ii. Samenvatting van de resultaten uit het praktijkonderzoek

apparaat	nauw- keurigheid	ruis	stap- responsie	bediening & onderhoud	kosten	eindoordeel
Meters in ingaand slib						
Dr. Lange Solitax	+	++	++	++	++	++
Kajaani MRA	-	+	+	+	--	+/-
Nishihara NTU	+	+	+	-	-	+
Endress+Hauser Liquisys	+	++	+	++	++	++
Peek FD	--	-	0	--	+	-
Partech	--	-	0	+	++	-
Meters in centrifugaat / filtraat						
Dr. Lange Solitax	--	-	0	++	++	-
Endress+Hauser Liquisys	--	-	0	++	++	-
BTG-Polymetron	--	-	0	--	-	-
Milton Roy	?	?	-	-	+	-
Staiger Mohilo	--	-	0	-	++	-

++ = zeer goed

- = matig

0 = niet onderzocht

+ = goed

-- = slecht

? = kan niet worden vastgesteld

Als voornaamste conclusies komen uit het onderzoek naar voren;

- Het niet geconditioneerde (gravitair ingedikte) ingaande slib is een geschikt medium voor een regeling op basis van een drogestofmeting.
- Van de apparatuur die is toegepast op het ingaande ingedikte slib geven met name de meters van Dr. Lange en Endress+Hauser voldoende nauwkeurige en reproduceerbare meetwaarden. De meters van Nishihara en Kajaani laten een grotere spreiding zien. Met de meters van Peek en Partech zijn in dit onderzoek geen nauwkeurige en reproduceerbare metingen verkregen.
- Van de meters van Nishihara, Kajaani, Dr. Lange en Endress+Hauser is de stapresponsie onderzocht. Alle meters bleken vrijwel momentaan op een verandering in het drogestofgehalte te reageren.
- Bij overgang van (bruin) aëroob gestabiliseerd slib naar (zwart) uitgegist slib, bleek alleen de meter van Dr. Lange in staat om in beide slibben het juiste drogestofgehalte te meten. De andere meters gaven een sterk afwijkende waarde. De meter van Endress+Hauser gaf een respons die tegengesteld was aan de procesverstoring.
- De "ruis" geeft een indruk van de spreiding in de meetwaarden bij gelijkblijvende omstandigheden. De "ruis" is bij de meters van Dr. Lange en Endress+Hauser toelaatbaar voor toepassing in een regelkring.
- Het centrifugaat is geen geschikt medium voor een goede zwevendstofmeting in geval er sprake is van een instabiele werking van de centrifuge of schuimvorming. Dit probleem speelt in mindere mate bij zeefbandpersen. Wel is vrijwel altijd sprake van een heterogene samenstelling. Toch kan een meting in het centrifugaat of filtraat een belangrijke signaleringsfunctie vervullen.
- De meting van de Milton Roy zèta-potentiaalmeter kan niet zonder meer worden vertaald naar een zwevendstofgehalte in het centrifugaat. De zèta-potentiaal wordt bepaald door zwevendstof en PE samen.
Bij de bepaling van de stapresponsie is gebleken dat een onderdosering van PE door de Milton Roy zèta-potentiaalmeter vaak wordt gedetecteerd. Een overdosering werd niet in alle gevallen gedetecteerd.
- Op grond van dit onderzoek lijkt een volledig geautomatiseerde bedrijfsvoering van het indik- en ontwateringsproces mogelijk, uitgaande van metingen met apparatuur op basis van infrarood-techniek in de ingaande slibstroom en eventueel in de centrifugaat-/filtraatstroom voor signalering.

SUMMARY

The treatment of sludge in wastewater treatment plants involves considerable sums of money: when the wastewater treatment plants are being built, many millions are invested in digestion tanks, buffer tanks and thickening and dewatering equipment. In the operation of a modern waste-water treatment plant, more than half of the budget is spent on sludge treatment. Optimisation of the thickening and dewatering process with a fully automated operation can yield considerable cost savings. With the most recent generation of sludge thickening and dewatering equipment, an automated, continuous operation is possible. In practice, however, the operation of the sludge treatment equipment is not always optimal.

Use of equipment that analyses the incoming sludge stream and/or the centrate or filtrate, and adjusts the thickening or dewatering process on the basis of the results can contribute significantly to optimisation of the operation. Accurate, reliable measurement, and automatic control of the relevant process parameters for conditioning and dewatering of the sludge are essential requirements.

To provide an insight into the technical and economic feasibility of the use of the inventoried measuring equipment in a control loop, a comparative practical study was performed in which nine devices were examined. In the study, all nine meters were installed and tested in the sludge line. The study addressed two aspects:

- generation of representative, reproducible measurement results with a selection of inventoried measuring devices being used in the sludge line;
- determination of the suitability of the measuring equipment in a control loop.

Depending on the measuring range and measuring principle, the selected meters can be used in the incoming thickened sludge stream and/or in the centrate. The table below contains an overview of the meters used and the measuring locations. The purchase price is also indicated.

Table iii. Measuring equipment examined, and positions of the meters

make and model of meter	measuring principle	medium	price (NLG) ¹⁾
Dr. Lange Solitax	scattering of IR radiation at angles of 90° and 135°	incoming sludge centrate	10,000.00
Kajaani MCA	passage time of microwaves	incoming sludge	65,000.00
Nishihara NU-V	attenuation of ultrasonic waves	incoming sludge	29,000.00
Peek FD	vibrational frequency	incoming sludge	20,000.00
Partech	reflection of IR radiation at an angle of 180°	incoming sludge	11,500.00
Endress+Hauser Liquisys	scattering of IR radiation by multibeam method at an angle of 90°	incoming sludge centrate	10,000.00
BTG-Polymetron	absorption of IR light with peak correction	centrate	30,000.00
Milton Roy	zeta potential	centrate	23,000.00
Staiger Mohilo	scattering of IR light at an angle of 90	centrate	12,000.00

¹⁾ measuring device + display, prices 1997, excl. VAT

In and around the centrifuges, there are several parameters that influence the dewatering operation. These include the quality and solids content of the incoming sludge, the PE (polymer) dosage, the speed difference and the torque of the centrifuge.

In this study, when possible, four parameters were varied. The variations were kept within acceptable limits:

- the solids content of the incoming sludge;
- the mixing ratio of sludge produced in the plant, and external sludge;
- PE dosage;
- speed difference or torque of the centrifuge.

All the meters apart from the Endress+Hauser Liquisys were tested at two positions. When the results were being processed, the following assessment criteria were used (in order of importance):

- closeness to the ideal linear regression $y = x$;
- closeness to the ideal correlation coefficient 1;
- spread and noise;
- step response;
- ease of operation, susceptibility to failures and ease of installation.

The results are summarised qualitatively in the table below.

Table iv. Summary of the results of the practical study

device	accuracy	noise	step response	operation & maintenance	costs	final assessment
Meters in incoming sludge						
Dr. Lange Solitax	+	++	++	++	++	++
Kajaani MRA	-	+	+	+	--	+/-
Nishihara NTU	+	+	+	-	-	+
Endress+Hauser Liquisys	+	++	+	++	++	++
Peek FD	--	-	0	--	+	-
Partech	--	-	0	+	++	-
Meters in centrate/ filtrate						
Dr. Lange Solitax	--	-	0	++	++	-
Endress+Hauser Liquisys	--	-	0	++	++	-
BTG-Polymetron	--	-	0	--	-	-
Milton Roy	?	?	-	-	+	-
Staiger Mohilo	--	-	0	-	++	-

++ = very good

- = fair

0 = not examined

+ = good

-- = poor

? = cannot be determined

The most important conclusions are:

- The unconditioned incoming sludge (thickened by gravity) is a suitable medium for control on the basis of solids content measurement.
- Of the devices that were used on the incoming thickened sludge, in particular the Dr. Lange and Endress+Hauser meters yielded sufficiently accurate and reproducible measurement values. The Nishihara and Kajaani meters showed a larger spread of values. The Peek and Partech meters did not give accurate or reproducible measurements in this study.
- The step response of the Nishihara, Kajaani, Dr. Lange and Endress+Hauser meters was examined. All the meters were found to react almost instantaneously to changes in the solids content.
- In a transition from (brown) aerobic sludge to (black) digested sludge, only the Dr Lange meter was found to be capable of measuring the solids content correctly in both sludges. The other meters gave very inaccurate values. The Endress+Hauser meter showed a response that was the opposite of the actual process.
- The "noise" gives an impression of the spread in the measured values for constant conditions. In the case of the Dr. Lange and Endress+Hauser meters, the "noise" was acceptable for use of the meters in a control circuit.
- The centrate is not a suitable medium for good suspended-material measurement in the case of unstable centrifuge operation or foaming. This problem is less serious for sieve belt presses. The sludge composition is, however, almost always heterogeneous. Nevertheless, measurement in the centrate or filtrate can serve an important indicative function.
- The measurements made with the Milton Roy zeta potential meter cannot simply be converted to give a suspended-material content in the centrate. The zeta potential is determined by the suspended material and PE together.
- When the step response was being determined, it was seen that underdosage of PE is often detected by the Milton Roy zeta potential meter. Overdosage was not detected in every case.
- The study indicates that a fully automated operation of the thickening and dewatering process is feasible provided that equipment using infrared technique is used for measurements in the incoming sludge stream and possibly in the centrate/filtrate stream for indication purposes.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Met de verwerking van slib op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) zijn aanzienlijke kosten gemoeid: bij de bouw van de rwzi's worden vele miljoenen geïnvesteerd in gistingstanks, buffertanks en indikkings- en ontwateringsapparatuur. Bij de exploitatie van een moderne rwzi gaat meer dan de helft van het budget naar de slibverwerking. Belangrijke kostenposten zijn de afzet van het ontwaterde slib, de aanschaf van vlokhelpmiddelen en de bediening en het onderhoud. Optimalisatie van het indik- en ontwateringsproces door een volledig geautomatiseerde bedrijfsvoering kan een aantrekkelijke besparing op deze kosten bewerkstelligen.

De huidige generatie slibindikkings- en -ontwateringsapparatuur maakt een geautomatiseerde en continue bedrijfsvoering mogelijk. Toch is in de praktijk niet altijd sprake van een optimale bedrijfsvoering. Vaak wordt een zodanige machine-instelling gekozen, dat storingen als gevolg van schommelingen in het drogestofgehalte, of wijzigingen in de kwaliteit van het te verwerken slib, worden voorkomen. Een dergelijke "veilige" instelling vereist vaak een overdosering van vlokhelpmiddelen, terwijl het drogestofgehalte van het slib niet maximaal is. De slibverwerkingskosten zullen hierdoor hoger uitvallen dan noodzakelijk is. Ook het ontwerp van de sliblijn kan erop gericht zijn grote schommelingen in de kwaliteit van het slib af te vlakken door de bouw van grote buffertanks, terwijl dit de kosten verhoogt.

Toepassing van apparatuur die de ingaande slibstroom en/of het centrifugaat of filtraat analyseert, en aan de hand van de resultaten het indik- of ontwateringsproces bijstelt, kan een belangrijke bijdrage leveren aan een optimale bedrijfsvoering. Nauwkeurige en betrouwbare meting, alsmede automatische regeling van de relevante procesparameters voor het conditioneren en het ontwateren van het slib zijn daarvoor noodzakelijk.

In 1997 is door de STOWA een inventarisatie van beschikbare meetapparatuur voor indik- en ontwateringsinstallaties uitgevoerd (STOWA, 1997). Uit dit onderzoek kwam naar voren dat er een grote verscheidenheid aan meetapparatuur bestaat, die qua meettechniek en qua kosten sterk uiteen loopt. De meeste apparatuur wordt toegepast in de ingaande slibstroom of in het centrifugaat of filtraat.

Uit het uitgevoerde literatuuronderzoek bleek voorts dat slechts van een klein aantal apparaten (onafhankelijke) door rapportage onderbouwde referenties bestaat. Hierdoor werd onvoldoende inzicht verkregen in de technische en financiële haalbaarheid van de apparaten in de praktijk. Duidelijk was echter dat geen van de geïnventariseerde apparaten zich in de praktijk had bewezen, ondanks het feit dat enkele apparaten reeds in de praktijk worden toegepast.

Teneinde meer inzicht te krijgen in de technische en economische toepasbaarheid van de geïnventariseerde meetapparatuur in een regelkring is een vergelijkend praktijkonderzoek uitgevoerd, waarin negen apparaten aan een praktijkonderzoek zijn onderworpen. Daartoe zijn de meters op de rwzi's Katwijk (ZH) en Hilversum-Oost in de sliblijn ingebouwd en gedurende enkele weken beproefd. In het voorliggende rapport wordt hiervan verslag gedaan.

De resultaten van het vergelijkend praktijkonderzoek vormen de basis voor het vervolgonderzoek dat in het najaar van 1999 is gestart. In dit vervolgonderzoek wordt in samenwerking met leveranciers en universiteiten getracht met de meetapparatuur een betrouwbare, stabiele en kostenbesparende, automatische regeling van een slibindikkings- of -ontwateringsproces te verkrijgen. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met de Water Environment Research Foundation, de Amerikaanse zuster-organisatie van de STOWA.

1.2 Doelstelling

Het onderhavige onderzoek richtte zich op twee aspecten:

- het verkrijgen van representatieve en reproduceerbare meetresultaten met een in de sliblijn toegepaste selectie uit geïnventariseerde meetapparatuur;
- het vaststellen van de geschiktheid van de meetapparatuur in een regelkring.

1.3 Leeswijzer

De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in de voorliggende rapportage. Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 is de opzet van het onderzoek beschreven, evenals de onderzochte apparaten. In hoofdstuk 3 volgen de resultaten, waarbij wordt ingegaan op de meetnauwkeurigheid, de responsie op veranderingen in de meetgrootte en de ervaringen met het apparaat tijdens het onderzoek. Hoofdstuk 4 bevat een evaluatie van het onderzoek. Het hoofdstuk sluit af met een samenvattende tabel. Tot slot zijn in hoofdstuk 5 de conclusies opgenomen.

Het praktijkonderzoek bestond uit de volgende onderdelen:

- selecteren van apparatuur;
- inbouwen van de geselecteerde apparatuur op twee locaties (Hilversum-Oost en Katwijk) en uitvoeren van het meetprogramma;
- omwisselen van de apparatuur van beide locaties en nogmaals uitvoeren van het meetprogramma;
- evalueren en selecteren van de meest geschikte meter(s);

In dit hoofdstuk zijn de onderzochte apparatuur, de meetlocaties en de opzet van het onderzoek beschreven.

2.1 Onderzochte apparatuur en hun plaats in het ontwateringsproces

Tijdens de inventarisatiestudie zijn 32 apparaten in kaart gebracht (STOWA, 1997). Voor het onderhavige onderzoek zijn uit dit bestand negen apparaten geselecteerd, waarbij twee selectiecriteria zijn gehanteerd:

1. met het apparaat is reeds praktijkervaring opgedaan (bij voorkeur onafhankelijk en goed gedocumenteerd);
2. het apparaat of het meetprincipe wordt als veelbelovend beschouwd.

Op basis van deze selectiecriteria zijn de volgende apparaten geselecteerd. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de deelnemende apparatuur wordt verwezen naar de inventarisatiestudie.

Goede praktijkervaringen zijn opgedaan met:

- *Dr. Lange Solitax drogestofmeter*
Gelijktijdige meting van de verstrooiing van infrarood-licht onder twee hoeken (90° en 135°). De meter kan worden toegepast in de ingaande of ingedikte slibstroom en/of de centrifugaatstroom. Het meetbereik is instelbaar van 0 - 100 g/l;
- *BTG-Polymetron SSA-5000 troebelheidsmeter*
Deze meter meet de absorptie van IR-licht en piekcorrectie. De meter kan worden toegepast in de ingaande slibstroom (bij mechanische indikking of rechtstreekse ontwatering) en/of in de centrifugaatstroom en heeft een meetbereik van 0 - 10 g/l;
- *Kajaani MCA FT DN100 drogestofmeter*
Deze meter meet de reistijd van een microgolf door een medium. De meter kan worden ingezet in de ingaande en ingedikte slibstroom. Het meetbereik is 0 - 100% ds;
- *Milton Roy zèta-potentiaalrometer*
Dit apparaat meet de "streaming current"; de elektrische stroom die ontstaat in een bewegende vloeistof waarin zich geladen deeltjes bevinden. Deze meter kan worden toegepast in de centrifugaatstroom. Tevens zou deze meter ingezet kunnen worden voor meting in de ingaande slibstroom, na menging met het poly-elektrolyet. Bij toepassing van centrifuges vindt deze menging echter veelal plaats in de centrifuge, zodat meting in dit medium dan niet mogelijk is. Bij bandfilters en zeefbandpersen kan wel in het ingaande slib worden gemeten nadat de menging met het poly-elektrolyet heeft plaatsgevonden. Meting in het filtraat is eveneens mogelijk.

Veelbelovende apparaten zijn:

- *Nishihara NU-V of NU-SV dichtheidsmeter*
Deze meter meet de demping van geluidsgolven en kan worden toegepast in het ingaande of ingedikte slib. Het meetbereik is 0 tot 80 g/l;
- *Peek FD930 H dichtheidsmeter*
Het apparaat meet de trillingsdemping van een vibrerende buis en kan worden toegepast in het ingaande of ingedikte slib, alsmede op het vlokhulpmiddel. Het meetbereik is 0 - 100 g/l;
- *Staiger Mohilo 7100 MTF troebelheidsmeter*
Deze meet de verstrooiing van infrarood-licht onder een hoek van 90°. De meter kan worden toegepast in de ingaande slibstroom (bij indikking en/of rechtstreekse ontwatering) en in de centrifugaatstroom en heeft een meetbereik van 0 - 10 g/l;
- *Partech 7100 drogestofmeter*
Dit apparaat meet de verstrooiing van infrarood-licht onder een hoek van 180° en kan worden toegepast in de ingaande slibstroom. Het meetbereik is 0 - 100 g/l;
- *Endress+Hauser Liquisys troebelheidsmeter*
Deze meter meet de verstrooiing van infrarood-licht door middel van meerstraalstechniek onder een hoek van 90°. Deze meter is alleen op de rwzi Hilversum-Oost beproefd (meetessie Hilversum 2).

De geselecteerde meters kunnen afhankelijk van het meetbereik en meetprincipe worden toegepast in de ingaande slibstroom en/of in het centrifugaat. Tabel 1 omvat een overzicht van de toegepaste meters en de meetplaatsen. Ter informatie is tevens is de kostprijs vermeld.

Tabel 1. Onderzochte meetapparatuur en plaatsing van de meters

merk en type meter	meetprincipe	medium	prijs (NLG) ¹⁾	onderzoekslocatie ²⁾
Dr. Lange Solitax	verstrooiing IR-licht onder een hoek van 90° en 135°	ingaand slib centrifugaat	10.000,-	H, K
Kajaani MCA	reistijd van microgolven	ingaand slib	65.000,-	H, K
Nishihara NU-V ³⁾	demping van ultrasone golven	ingaand slib	29.000,-	H, K
Peek FD	vibratiefrequentie	ingaand slib	20.000,-	H, K
Partech	weerkaatsing IR-licht onder een hoek van 180°	ingaand slib	11.500,-	H, K
Endress+Hauser Liquisys	verstrooiing IR-licht door meerstraals-techniek onder een hoek van 90°	ingaand slib centrifugaat	10.000,-	H
BTG-Polymetron	absorptie IR-licht met piekcorrectie	centrifugaat	30.000,-	H, K
Milton Roy	zèta-potentiaal	centrifugaat	23.000,-	H, K
Staiger Mohilo	verstrooiing IR-licht onder een hoek van 90°	centrifugaat	12.000,-	H, K

¹⁾ meetapparaat + display, prijspeil 1997, excl. BTW

²⁾ H = rwzi Hilversum-Oost

K = rwzi Katwijk

³⁾ van de meter van Nishihara is tevens een type beschikbaar (NU-SV) dat minder gevoelig is voor gasbellen in ingedikt of uitgestigt slib. Deze was echter bij de start van het project niet beschikbaar.

De meetapparatuur is in het onderhavige onderzoek alleen toegepast op ontwateringsinstallaties uitgerust met centrifuges. In principe zijn alle meters en ook de resultaten van het onderzoek toepasbaar op installaties met zeefbandpersen. Daar waar in het rapport centrifugaat is geschreven, wordt tevens filtraat bedoeld.

2.2 Onderzoeklocaties

Het onderzoek is op de rwzi Katwijk en de rwzi Hilversum-Oost uitgevoerd. Het type slib (resp. aëroob gestabiliseerd en uitgegist) en de slibverwerkingsinstallatie (beide ontwatering door centrifuges) van deze zuiveringen zijn representatief voor de Nederlandse situatie. Beide zuiveringen beschikken over twee centrifuges die onder identieke omstandigheden (zelfde slib, zelfde PE) werken. Op beide zuiveringen wordt extern slib aangevoerd en ontwaterd.

De slibontwateringsinstallaties zijn voorafgaand aan de metingen niet geoptimaliseerd, mede omdat deze volgens de bedrijfsvoering van de zuiveringen goed functioneerden.

Rwzi Katwijk

De rwzi Katwijk is een laagbelaste Carrousel-installatie met een capaciteit van 160.000 i.e. Fosfaat wordt door simultane precipitatie verwijderd. Het surplusslib wordt gravitair ingedikt tot een drogestofgehalte van 25 - 30 g/l. Daarnaast wordt een beperkte hoeveelheid uitgegist slib van de rwzi's Noordwijk en Noordwijkerhout aangevoerd. Het drogestofgehalte van het externe slib is 40 - 45 g/l. Beide slibben worden gemengd en met vloeibaar PE geconditioneerd en ontwaterd in twee Westfalia CA 505 centrifuges.

Bij de recente aanpassing van de sliblijn van de rwzi Katwijk zijn reeds twee meters in de sliblijn aangebracht. Het ingaande slib wordt gemonitord door twee Dr. Lange Solitax-meters. In de centrifugaatafvoer is een Milton Roy zeta-potentiaal meter aanwezig. Dit zijn ook de meters die voor het onderhavige onderzoek zijn gebruikt.

Ten tijde van het onderzoek was er op de rwzi Katwijk één centrifuge in bedrijf, gedurende 4 à 5 dagen per week. In deze periode werd het wekelijkse aanbod van extern en eigen slib verwerkt. Door deze werkwijze is het drogestofgehalte van het slib na het weekeinde hoger dan later in de week (respectievelijk 3,5% en 2,5% ds).

Door het grote aanbod van afvalwater van visverwerkende industrie, wordt de consistentie van het slib van de rwzi Katwijk het best omschreven als "vettig". Dit vettige slib heeft nadelige consequenties voor de slibontwatering. Het blijkt namelijk moeilijk te zijn om druk op het slib uit te oefenen, waardoor het ontwateringsresultaat en mogelijk ook de kwaliteit van het centrifugaat (afscheidingsrendement) negatief worden beïnvloed.

Zeker is dat het centrifugaat met korte intervallen (5 tot 30 minuten) enkele seconden "zwart" wordt en dan een aanzienlijke hoeveelheid zwevendstof bevat. Dit duidt op een instabiel functioneren van de centrifuge.

Rwzi Hilversum-Oost

De rwzi Hilversum-Oost stamt uit 1976 en heeft een capaciteit van 120.000 i.e. De waterlijn bestaat uit twee oxydatiebedden met voorbezinking en nabezinking. Het surplusslib wordt op het terrein vergist en samen met het aëroob gestabiliseerde slib van de rwzi's Huizen en Blaricum ontwaterd. De vernieuwde slibontwateringsinstallatie is in 1994 in gebruik genomen en bestaat uit twee Alfa-Laval DSNX 4230 centrifuges.

Zoals op veel zuiveringen waar het slib wordt vergist en vervolgens met centrifuges wordt ontwaterd, treedt aanzienlijke schuimvorming in het centrifugaat op. Omdat luchtbellens een storende invloed hebben op vrijwel alle toegepaste meters, is getracht door toepassing van o.a. schuimremmers en stijg- en duikschotten deze storende invloed zoveel mogelijk te beperken.

Door de ijzerdosering ten behoeve van de fosfaatverwijdering bevat het slib en ook het centrifugaat een (aanzienlijke) hoeveelheid ijzerverbindingen. Tijdens het onderzoek is gebleken dat deze zich in alle leidingen aan de wand afzetten. Dit heeft een storende invloed gehad op de werking van enkele meters, zodat regelmatige reiniging noodzakelijk bleek.

2.3 Onderzoeksopzet

2.3.1 Beoordelingscriteria

De apparatuur is op twee punten onderzocht en beoordeeld:

- *Zijn de meters in staat om goede en betrouwbare metingen te verrichten?*
Hierbij wordt gecontroleerd of de meters in staat zijn om (na ijking) het juiste drogestofgehalte te meten. De meetwaarden van de meters zijn steeds gecontroleerd met metingen van het laboratorium en IR-snelmetingen. Omdat de meeste meters worden geijkt aan de hand van de IR-snelmetingen is tevens vastgesteld welke (systematische) fout hiermee wordt geïntroduceerd. Deze is overigens wel voor alle meters hetzelfde. Om een eventueel verlopen van het meetsignaal te kunnen aantonen, zijn de meters in principe alleen bij aanvang van het onderzoek geijkt. Een tweede ijking vond pas plaats wanneer bleek dat de meetwaarde afweek van de werkelijke waarde.
- *Zijn de meters geschikt om in een regeling toe te passen?*
Bij dit deel van het onderzoek is de responsie van de apparatuur op (kleine) procesveranderingen vastgesteld. Belangrijke aspecten daarbij zijn de gevoeligheid van de apparatuur (welke stapgrootte wordt nog waargenomen) en de snelheid van de responsie. Voor dit deel van het onderzoek is getracht om binnen reële grenzen stapsgewijs veranderingen in het proces aan te brengen en de reactie van de meters te volgen. Voor, tijdens en na de procesveranderingen zijn monsters genomen.

Gedurende het gehele onderzoek zijn de metingen en de voornaamste procesparameters continu vastgelegd met behulp van dataloggers.

2.3.2 Procesvariabelen

In en rond de centrifuges beïnvloeden verschillende parameters het functioneren van de centrifuge. Hierbij gaat het om de kwaliteit en het drogestofgehalte van het ingaande slib, de PE-dosering, het toerentalverschil en het koppel van de centrifuge.

In dit onderzoek zijn - binnen acceptabele grenzen en waar mogelijk - vier parameters gevarieerd:

- het drogestofgehalte van het ingaande slib;
- de mengverhouding van "eigen" slib en extern slib;
- de PE-dosering;
- het toerentalverschil of koppel van de centrifuge.

Onderstaand is voor deze vier parameters in grote lijnen hun belang voor het onderzoek aangegeven.

Drogestofgehalte van het ingaande slib

Door water toe te voegen aan het ingaande slib, kan een - snelle - verandering van het drogestofgehalte worden gesimuleerd. De drogestofmeters dienen dit te signaleren (stapresponsie). Dit is alleen getest op de rwzi Hilversum. Deze verdunning had geen direct effect op het ontwateringsproces, omdat deze werd uitgevoerd in een rondpompleiding. Het verdunde slib werd dus niet naar de centrifuges gevoerd. Omdat visueel is vastgesteld dat het water en slib op deze wijze niet goed werden gemengd, is deze test gecombineerd met de verandering van de mengverhouding, zoals hierna is beschreven.

Mengverhouding van eigen slib en extern slib

Eén van de manieren om de slibsamenstelling te beïnvloeden, is de mengverhouding van eigen slib en extern slib te veranderen. Bij gelijkblijvende procesinstellingen (PE-dosering en centrifuge-instelling) zal ook de kwaliteit van het centrifugaat wijzigen. Dit moet door de centrifugaatmeters worden gesignaleerd. De veranderde samenstelling van het ingaande slib moet door de slibmeters worden geregistreerd.

Op de rwzi Katwijk is het niet mogelijk een "abrupte" verandering van het ingaande slib te bewerkstelligen. Dit geldt zowel voor het drogestofgehalte als voor de mengverhouding van eigen en extern slib.

Zoals vermeld worden op de rwzi Hilversum uitgestort en aëroob gestabiliseerd slib verwerkt. Deze verschillen van kleur, consistentie en drogestofgehalte. Anders dan bij de rwzi Katwijk is het op de rwzi Hilversum mogelijk om een abrupte overgang van de ene naar de andere slibsoort te bewerkstelligen, omdat de slibben in aparte buffertanks worden bewaard. Met behulp van afsluiters kan de toevoer naar de centrifuges worden beïnvloed.

De periodes na de procesveranderingen zijn intensief bemonsterd. Met IR-sneltesten is het verloop van het drogestofgehalte nauwgezet in kaart gebracht.

PE-dosering

De PE-dosering heeft invloed op het ontwateringsresultaat. Zowel over- als onderdosering leidt tot een verslechterde centrifugaatkwaliteit. Dit moet door de centrifugaatmeters worden gesignaleerd. In verband met de vereiste processtabiliteit en de schuimproblematiek op de rwzi Hilversum is de variatie van de PE-dosering beperkt tot maximaal 20% onder en boven het normale verbruik.

Toerentalverschil en koppel

Door wijziging van het toerentalverschil of het koppel zal de kwaliteit van het centrifugaat (en het ontwaterde slib) veranderen. Dit moet door de centrifugaatmeters worden gesignaleerd.

Overigens geldt voor alle acties dat de interne controller van de centrifuge een nieuw optimum zal zoeken. Hierdoor kan het effect van een actie gedeeltelijk of geheel teniet worden gedaan, zodat niet alle acties door de centrifugaatmeters (kunnen) worden gedetecteerd.

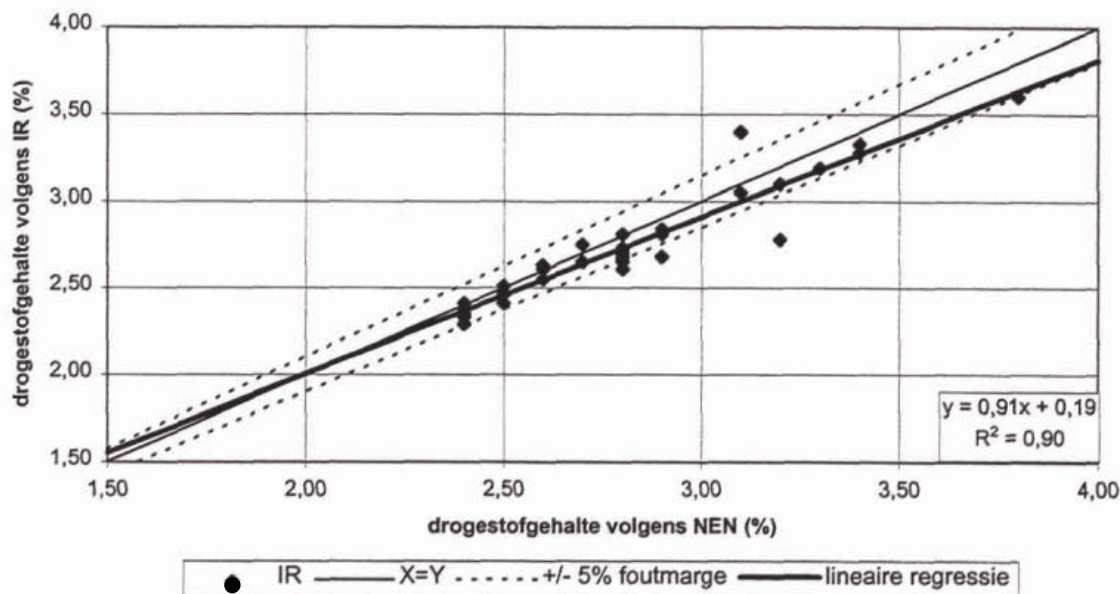
De interne controller regelt het samenspel van toerentalverschil en druk c.q. koppel van de centrifuge.

2.4 IJking en inbedrijfstelling

De ijking en de inbedrijfstelling zijn meestal uitgevoerd door de leveranciers. De ijking is uitgevoerd met behulp van infrarood-sneltesten. De sneltesten zijn gedurende het onderzoek gecontroleerd met drogestofmetingen volgens NEN. Dit is weergegeven in afbeelding 1.

Uit afbeelding 1 blijkt dat de infrarood-sneltest in het gehele meetbereik binnen de nauwkeurigheidsgrens van +/- 5% (ten opzichte van de meetwaarde) blijft. Toch wordt door

een dergelijke ijking een afwijking geïntroduceerd. Uit de bijgevoegde regressie blijkt dat de IR-snelmeting gemiddeld enkele procenten te laag uitkomt. De resultaten zijn hiervoor niet gecorrigeerd, omdat de meters "aan de praktijk" zijn getoetst en het aannemelijk is dat bij toepassing op rwzi's normaliter eveneens aan de hand van IR-snelmetingen zal worden geijkt.



Afbeelding 1. NEN versus IR-snelmeting bij meting van het drogestofgehalte

Op basis van de controle is geconcludeerd dat de IR-sneltesten een goede basis bieden voor de ijking van de apparatuur en het volgen van procesveranderingen. De kwaliteit van de IR-sneltesten is gedurende het onderzoek gecontroleerd met analyses volgens NEN.

3 RESULTATEN VAN HET PRAKTIJKONDERZOEK

3.1 Beoordelingscriteria

Vrijwel alle meters zijn op twee locaties getest. Door (seizoensgebonden) verschillen in de slibsamenstelling is het alleen zinvol om de meters per meetsessie te vergelijken.

De meters zijn daarom per meetsessie beoordeeld. De volgende beoordelingscriteria zijn gehanteerd (in volgorde van belang):

- benadering van de ideale lineaire regressie $y = x$;
- benadering van de ideale correlatiecoëfficiënt 1;
- spreiding / ruis;
- stapresponsie;
- bedieningsgemak / storingsgevoeligheid / eenvoud van inbouwen.

Alleen van de meters die in voldoende mate aan de eerste twee criteria voldoen, wordt beoordeeld in hoeverre ze procesveranderingen kunnen volgen (stapresponsie). Vervolgens is van alle beproefde apparatuur een overzicht gegeven van de ervaringen. Hierbij zijn aspecten betrokken als bedieningsgemak, onderhoud en eenvoud van inbouwen.

Zoveel mogelijk zijn objectieve, meetbare criteria gehanteerd. Bij de beoordeling van het bedieningsgemak is dit niet altijd mogelijk en moet soms worden uitgegaan van de (subjectieve) ervaringen van de operator.

3.2 Nauwkeurigheid/betrouwbaarheid

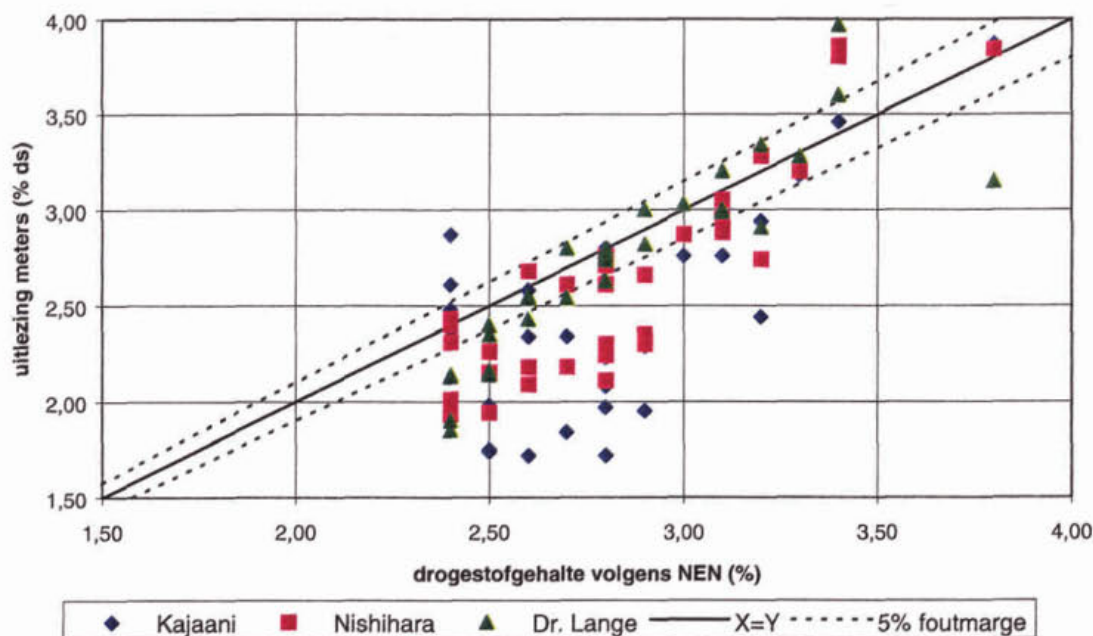
Bij de beoordeling speelt de nauwkeurigheid van de meters een doorslaggevende rol. Om de nauwkeurigheid vast te stellen, zijn de afgelezen waarden uitgezet tegen de werkelijke waarde, gemeten volgens de NEN-normen. Visueel wordt vastgesteld hoever de meetwaarden van de ideale regressie verwijderd zijn. Als hulpmiddel zijn de lijn $y = x$ en de $\pm 5\%$ foutmarge (ten opzichte van de actuele meetwaarde) afgebeeld. Opgemerkt wordt dat deze foutmarge arbitrair gekozen is.

3.2.1 Meetsessie Katwijk 1

Tijdens de eerste meetsessie op de rwzi Katwijk zijn vijf meters beproefd. In het ingaande slib waren dat Kajaani, Nishihara en Dr. Lange. In het centrifugaat waren dat Milton Roy en Dr. Lange.

Ingaand slib

In afbeelding 2 zijn de resultaten van de meters, die zijn toegepast in het ingaande slib, gepresenteerd.



Afbeelding 2. Meetwaarden van de meters in ingaand slib Katwijk 1

Uit de grafiek blijkt dat de meetwaarden van de Dr. Lange Solitax over het algemeen goed binnen de 5% foutmarge blijven. De resultaten van de Kajaani en de Nishihara liggen voor het grootste deel buiten deze marge. Dit vertaalt zich in de bijbehorende regressies, zie tabel 2.

Tabel 2. Regressie-analyse van de resultaten van de meters in het ingaand slib Katwijk 1

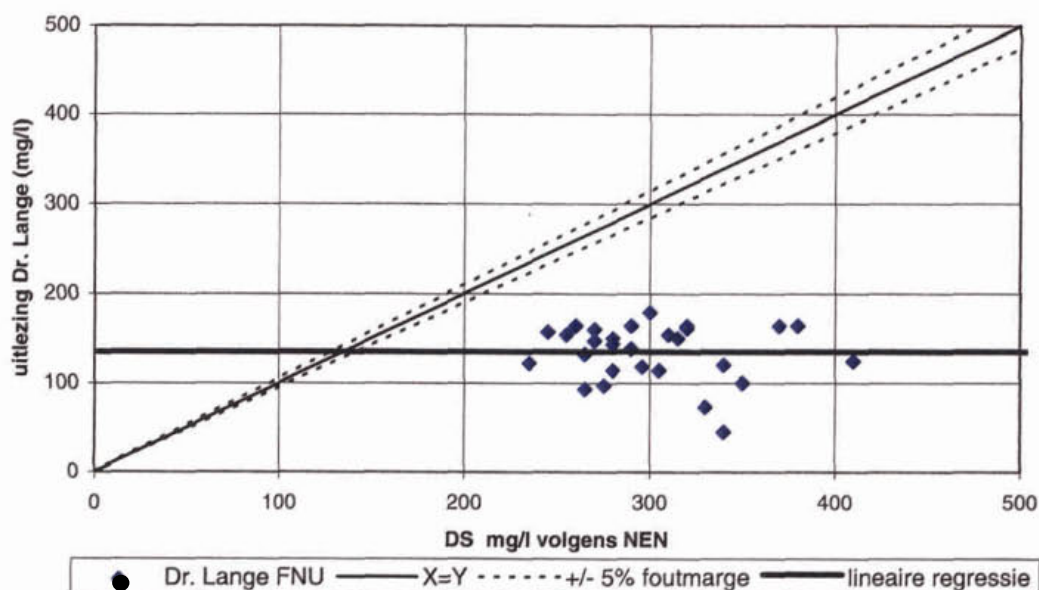
meter	lineaire regressie	correlatiecoëfficiënt
Kajaani	$y = 1,3 x - 1,0$	0,53
Nishihara	$y = 1,2 x - 0,8$	0,75
Dr. Lange	$y = 1,3 x - 0,9$	0,80

Uit tabel 2 blijkt dat de regressie-analyses elkaar niet sterk ontlopen. De grote spreiding die de Kajaani laat zien, blijkt ook uit de lagere correlatiecoëfficiënt. De samenhang van de meetpunten van de Nishihara is redelijk te noemen. Wellicht dat door een nauwkeurige afstemming op het te analyseren slib een betere benadering van de ideale lineaire regressie kan worden verkregen. Gezien de grote spreiding zullen echter ook in dat geval veel meetpunten buiten de aangegeven foutmarge liggen.

Centrifugaat

De meters in het centrifugaat (Milton Roy en Dr. Lange Solitax) bleken geen van beide in staat om goed het zwevendstofgehalte te bepalen. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de instabiele werking van de centrifuge. Periodiek wordt een aanzienlijke hoeveelheid zwevendstof met het centrifugaat afgevoerd. Dit resulteert in een vervuiling van de meetapparatuur en grote schommelingen in de gemeten waarden.

Voor de Dr. Lange Solitax blijkt de meetwaarde geen relatie te hebben met het zwevendstofgehalte in het centrifugaat. Er is sprake van een puntenwolk, waardoor de regressie een nagenoeg horizontale lijn is, zie afbeelding 3. De correlatiecoëfficiënt is 0.



Afbeelding 3. Meetwaarden van de Dr. Lange Solitax in centrifugaat Katwijk 1

In de navolgende paragrafen is in dergelijke gevallen geen grafische presentatie van de meetwaarden weergegeven, maar is volstaan met het vermelden van de regressie-analyse. Indien de correlatiecoëfficiënt kleiner is dan 0,4, mag worden geconcludeerd dat de samenhang van de meetwaarden dermate gering is dat het niet zinvol is hiervan de lineaire regressie te vermelden. In een dergelijke geval is volstaan met het vermelden van de correlatiecoëfficiënt.

Bij de SCD van Milton Roy is visueel vastgesteld dat deze meter sterk reageert op het "zwart" worden van het centrifugaat. Er lijkt derhalve een verband aanwezig tussen het zwevendstofgehalte in het centrifugaat en de zèta-potentiaal, hoewel de samenhang van de meetwaarden niet sterk is ($R^2 = 0,36$). Een verklaring hiervoor is dat de zèta-potentiaalmeter gevoelig is voor de elektrische lading van alle componenten in het centrifugaat. Naast het zwevendstof is het aanwezige PE een belangrijke component. Indien een hoog zwevendstofgehalte gepaard gaat met een grote hoeveelheid PE in het centrifugaat, zal de zèta-potentiaalmeter dit niet altijd als zodanig detecteren. Overigens is in een dergelijk geval sprake van een slecht afscheidingsrendement.

Zoals gemeld, voert de centrifuge op de rwzi Katwijk met regelmatige intervallen een grote hoeveelheid zwevendstof met het centrifugaat af. De zèta-potentiaalmeter dient echter in staat te zijn om over- of onderdosering van PE te detecteren. Om deze reden is aan de zèta-potentiaalmeter speciale aandacht besteed bij het beoordelen van de stapresponsie.

De zèta-potentiaal moet als een relatieve waarde worden beschouwd, waarvan het optimum per rwzi verschilt.

3.2.2 Meet sessie Hilversum 2

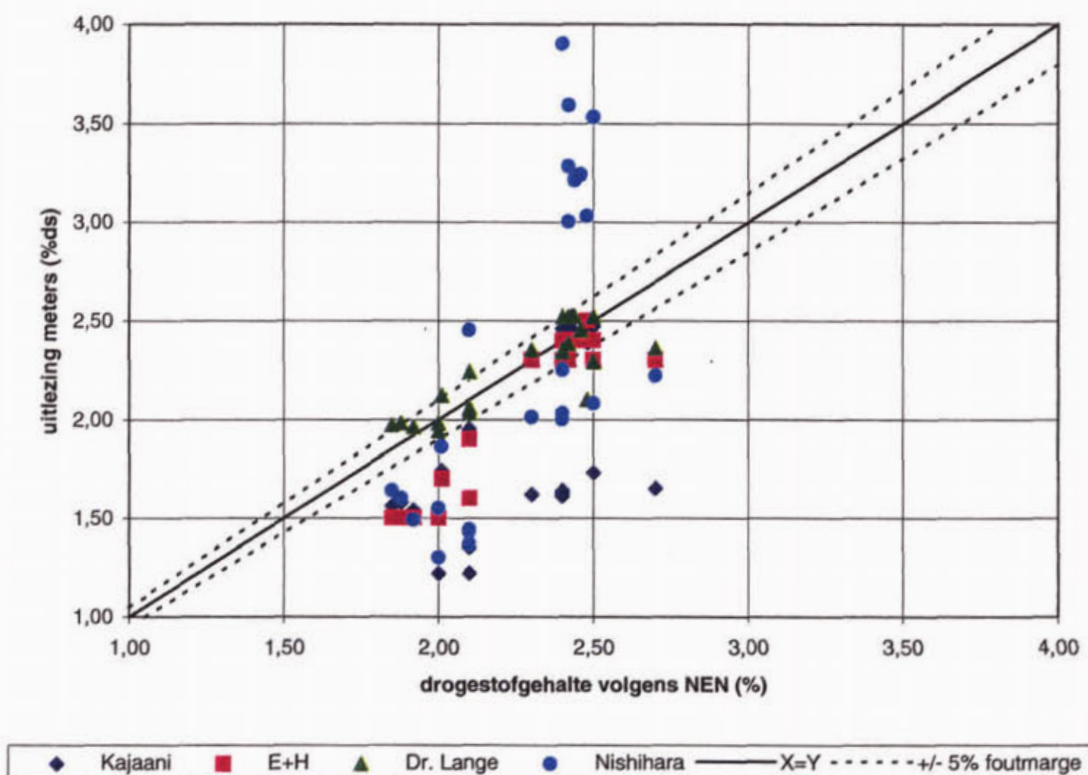
Tijdens de tweede meet sessie op de rwzi Hilversum zijn vijf meters beproefd. In het ingaande slib waren dat Endress+Hauser, Kajaani, Nishihara en Dr. Lange. In het centrifugaat waren dat Milton Roy en Endress+Hauser en Dr. Lange.

Ingaand slib

Zoals in paragraaf 2.3 is vermeld, worden op de rwzi Hilversum twee soorten slib verwerkt. Deze verschillen qua kleur, drogestofgehalte, consistentie en ontwaterbaarheid. Normaal gesproken is het slib een mengsel van vijf delen uitgegist slib met één deel aëroob gestabiliseerd slib. De meters zijn op dit mengsel gekalibreerd. Tijdens het onderzoek bleek dat alle meters in enige mate moeite hebben om met deze kalibratie het drogestofgehalte te meten in alleen het aëroob gestabiliseerde slib of alleen het vergiste slib. Met name de Endress+Hauser Liquisys gaf sterk afwijkende waarden, wanneer alleen aëroob gestabiliseerd slib werd verwerkt. Indien deze meter werd geijkt op het aëroob gestabiliseerde slib, werd wel de juiste waarde aangegeven, maar bleek na omschakeling op uitgegist slib hetzelfde probleem op te treden. Ook de drie andere meters gaven in deze omstandigheden enigszins afwijkende waarden aan, doch in mindere mate.

In de dagelijkse praktijk is een dergelijke grote omschakeling ongewenst en zal het geconstateerde probleem niet optreden. Toch is het goed hiermee rekening te houden bij de keuze van een drogestofmeter. Hierbij dient te worden opgemerkt dat bij enkele meters verschillende ijklijnen kunnen worden ingevoerd. In dit onderzoek is niet van de ene op de andere ijklijn overgeschakeld. Bij praktijktoepassing in een regelkring is dit wel mogelijk. De drogestofmeter van Dr. Lange kan door de gelijktijdige meting onder twee hoeken wel kleurverschillen herkennen, en kan daardoor de meetwaarde corrigeren.

In afbeelding 4 zijn de resultaten gepresenteerd van de meters die zijn toegepast in het ingaande slib. Hierbij zijn de gemeten waarden van het aëroob gestabiliseerde slib weggelaten.



Afbeelding 4. Meetwaarden van de meters in ingaand slib (alleen normale mengverhouding) Hilversum 2

Uit afbeelding 4 blijkt dat de meetwaarden van de Dr. Lange Solitax en in mindere mate de Endress+Hauser voor een groot deel binnen de 5% foutmarge blijven, mits de resultaten met het aëroob gestabiliseerde slib buiten beschouwing worden gelaten. De resultaten van de Kajaani en de Nishihara liggen voor het grootste deel buiten deze marge. Met name de Nishihara laat

Nishihara laat een onacceptabele spreiding van de meetwaarden zien. Bij een drogestofgehalte van 2,4%, gemeten volgens de NEN-norm, zijn waarden tussen 2 en 4% drogestof afgelezen. Dit vertaalt zich in de bijbehorende regressies, zie tabel 3.

Tabel 3. Regressie-analyse van de resultaten van de meters in het ingaand slib Hilversum 2

meter	meetwaarden normale mengverhouding intern en extern slib		alle meetwaarden	
	lineaire regressie	correlatie- coëfficiënt	lineaire regressie	correlatie- coëfficiënt
Kajaani	$y = 1,2 x - 0,9$	0,36	$y = 1,5 x - 1,4$	0,36
Nishihara	$y = 2,5 x - 3,3$	0,45	$y = 2,1 x - 2,2$	0,29
Endress+Hauser	$y = 1,6 x - 1,5$	0,88	-	-
Dr. Lange	$y = 0,7 x + 0,6$	0,62	$y = 0,4 x + 1,3$	0,41

Uit tabel 3 blijkt dat de regressie van de Kajaani de ideale regressie $y = x$ goed benadert, mits de metingen met het aëroob gestabiliseerde slib buiten beschouwing worden gelaten. Net als bij het onderzoek in Katwijk is echter de spreiding van de meetwaarden groot, wat ook blijkt uit de correlatiecoëfficiënt.

De Nishihara wijkt sterk af van de ideale regressie. Tevens is de samenhang van de meetpunten niet sterk, wat blijkt uit de correlatiecoëfficiënt van 0,45. De spreiding van de meetwaarden is onacceptabel groot.

De samenhang van de meetwaarden van de Endress+Hauser is sterk. De regressie wijkt evenwel af van de ideale regressie. Door een nauwgezette ijking kan dit wellicht worden verbeterd. Voor de Dr. Lange wordt de samenhang verstoord door drie meetpunten die buiten de 5% foutmarge liggen. Zonder deze meetwaarden wordt de ideale regressie zeer dicht benaderd.

Voor alle meters geldt dat de regressie en de correlatie verslechteren als alle meetwaarden (inclusief het aëroob gestabiliseerde slib) in beschouwing worden genomen. Bij de meter van Endress+Hauser is dan zelfs geen sprake meer van een verband tussen het drogestofgehalte en de gemeten waarde. Een uitzondering is de Nishihara: bij deze meter verschuift de lineaire regressie richting de ideale regressie, echter zonder deze dicht te benaderen. De samenhang van de meetwaarden wordt wel slechter. Geconcludeerd wordt dat het aanbeveling verdient om de meters te kalibreren op de meest voorkomende slibsamenvorming of mengverhouding en bij wijziging hiervan bij voorkeur een nieuwe kalibratie uit te voeren.

Indien alle meetwaarden worden beschouwd, blijkt dat de meter van Dr. Lange de beste prestatie levert. Deze meter is dan ook als enige in staat om in beide slibben goed te meten.

Centrifugaat

Geen van de meters bleek in staat om goed het zwevendstofgehalte in het centrifugaat te bepalen. De correlatiecoëfficiënt is voor alle meters kleiner dan 0,2. Gezien de geringe samenhang van de meetwaarden wordt het niet zinvol geacht om de regressies in het rapport op te nemen.

In tegenstelling tot de metingen op de rwzi Katwijk is er geen sprake van een puntenwolk (veel meetwaarden in een klein gebied), doch van een ontoelaatbaar grote spreiding van de meetwaarden (voor één drogestofgehalte meet het apparaat sterk uiteenlopende waarden). Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de aanzienlijke schuimvorming in het centrifugaat op de rwzi Hilversum, die ondanks het gebruik van schuimremmers niet kon worden verhinderd. Met

name meters die werken met infrarood licht ondervinden een storende invloed van luchtbellen in het centrifugaat. Maar ook de meters die de reistijd van een microgolf meten of de voortplanting van geluid ondervinden invloed van luchtinsluiting.

Ook voor de zèta-potentiaal meter geldt dat de correlatiecoëfficiënt van de gevonden regressie kleiner is dan 0,2. Nochtans wordt eenzelfde trend gevonden als op de rwzi Katwijk. Ook hier geldt dat het moeilijk is een directe relatie te leggen met het zwevendstofgehalte in het centrifugaat. De PE-concentratie in het centrifugaat heeft immers een directe invloed op de zèta-potentiaal.

In vergelijking met de resultaten op de rwzi Katwijk valt op dat de meetwaarden op de rwzi Hilversum veel hoger liggen. Op de rwzi Katwijk werden negatieve waarden afgelezen (meetbereik -25 tot 0 Streaming Current Units (SCU)), op de rwzi Hilversum werden waarden tussen 20 en 80 SCU gevonden. Zoals gemeld, verschilt de optimale verhouding tussen PE en slib per rwzi, en daarmee ook de bijbehorende zèta-potentiaal.

3.2.3 *Meetsessie Hilversum 1*

Tijdens de eerste meetsessie op de rwzi Hilversum zijn vier meters beproefd. In het ingaande slib waren dat Partech en Peek. In het centrifugaat waren dat BTG-Polymetron en Staiger Mohilo.

Ingaand slib

In het eerste onderzoek op de rwzi Hilversum is niet, zoals in de voorgaande paragraaf is beschreven, abrupt overgeschakeld van eigen slib naar extern slib. Wel is de mengverhouding gevarieerd tussen 5:1 en 7:1 (respectievelijk delen Hilversum-slib en extern slib). Deze verandering vond geleidelijk en meestal gedurende de nachtelijke uren plaats. Bijgevolg zijn de verschillen in kleur, consistentie, e.d. veel kleiner dan in het tweede onderzoek op de rwzi Hilversum.

Desondanks zijn de prestaties van de Partech drogestofmeter en de Peek dichtheidsmeter teleurstellend te noemen: geen van beide meters is in staat om goed het drogestofgehalte te meten. De regressie-analyse resulteert in een correlatiecoëfficiënt van 0 (Partech) en 0,1 (Peek). De spreiding van de meetwaarden is dusdanig dat deze meters in deze meetsessie niet als betrouwbaar kunnen worden gekwalificeerd.

Centrifugaat

De meters in het centrifugaat kampten beide met de storende werking van het schuim. Mede als gevolg van deze verstoring kan geen goed verband worden gevonden tussen het zwevendstofgehalte in het centrifugaat en de meetwaarden. Uit de regressie-analyse volgt voor beide meters een correlatiecoëfficiënt kleiner dan 0,1. Met name bij de Staiger Mohilo komen veel uitschieters voor. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de gekozen voorbehandeling die erop gericht was om het schuim en grote zwevende delen uit het centrifugaat te verwijderen. Deze voorbehandeling werkte echter niet feilloos. Regelmatig passeerden grote slibvlokken de sensor, waardoor deze extreem hoge waarden aangaf.

Een nadeel van de voorbehandeling is de invloed op de samenstelling van het centrifugaat. Door schuim en bezinkbare delen te verwijderen, wordt de centrifugaatsamenstelling beïnvloed. Deze is daardoor mogelijk niet meer representatief.

3.2.4 Meetsessie Katwijk 2

Tijdens de tweede meetsessie op de rwzi Katwijk zijn vijf meters beproefd. In het ingaande slib waren dat Partech en Peek; in het centrifugaat BTG-Polymetron, Milton Roy en Staiger Mohilo.

Ingaand slib

Ook in het onderzoek op de rwzi Katwijk kunnen de meters van Peek en Partech niet overtuigen. De meting van de Peek dichtheidsmeter heeft geen relatie met het drogestofgehalte van het slib: de regressie is een nagenoeg horizontale lijn. De correlatiecoëfficiënt is 0. De samenhang van de meetwaarden van de meter van Partech vertoont evenmin een relatie; de correlatiecoëfficiënt is 0,1. De bijbehorende regressie is $y = 0,2x + 2,7$, en is daarmee ver verwijderd van de ideale regressie.

Centrifugaat

De prestaties van de centrifugaatmeters zijn eveneens slecht. Voor alle regressies geldt dat deze ver verwijderd blijven van de ideale regressie. Door de grote spreiding in het zwevendstofgehalte in het centrifugaat, verwordt het gros van de meetwaarden tot puntenwolk. De spreiding is het gevolg van de instabiele werking van de centrifuge, waardoor periodiek grote hoeveelheden zwevendstof met het centrifugaat worden afgevoerd. Hierdoor treedt bovendien een snelle en aanzienlijke vervuiling van alle meters op. Dit wordt nog verergerd doordat op de rwzi Katwijk het centrifugaat bij het opstarten of spoelen niet wordt afgeleid. Hierdoor kunnen de meters versneld vervuilen.

Een andere mogelijke oorzaak voor het slechte functioneren van de meters is de ijzerzout-afzetting die op alle oppervlakken optrad. Bij het eerdere onderzoek op de rwzi Katwijk speelde dit probleem niet omdat er toen geen meters met infrarood licht aan het onderzoek deelnamen.

3.3 Variaties / ruis

De gemeten waarde van de meters verschilt van moment tot moment, ondanks dat het medium waarin wordt gemeten dergelijke verschillen niet kent. Dit verschijnsel wordt ook wel "ruis" genoemd. Het optreden van "ruis" is een belangrijk gegeven voor de toepassing van de meter in een regelkring. Tevens geeft het een indruk van de nauwkeurigheid van de meting.

Van alle toegepaste meters is vastgesteld welke spreiding de gemeten waarde vertoont. Dit is gedaan voor een periode buiten werktijd, zodat variaties als gevolg van menselijk ingrijpen uitgesloten waren. Kleine verschillen in drogestofgehalte, ontwaterbaarheid, en dergelijke kunnen optreden als gevolg van veranderingen in de geautomatiseerde bedrijfsvoering, van laagjesvorming in buffertanks, gasbellen in het medium, etc. Voor metingen in het centrifugaat zijn er bovendien afwijkingen die worden veroorzaakt door centrifuge-instellingen die door de interne controller worden bepaald.

De spreidingen in de meetwaarden zijn vastgesteld over een periode van 6 uur, bij voorkeur kort na de aanvang van een meetsessie en dus ook kort na het ijken van de meters. De spreiding of de "ruis" is uitgedrukt in de standaarddeviatie.

De spreiding in de meetresultaten van de slibmeters is weergegeven in tabel 4. Om een onderlinge vergelijking mogelijk te maken, is de standaarddeviatie weergegeven als percentage van de gemiddelde waarde. In de tabellen 4 en 5 zijn de standaarddeviaties van respectievelijk de meters in het ingaande slib en het centrifugaat opgenomen.

Tabel 4. Overzicht van de "ruis" van de meters in het ingaande slib (als percentage van het gemiddelde)

apparaat	Katwijk	Hilversum
Dr. Lange	3,9	0,7
Endress+Hauser	- ¹⁾	1,7
Kajaani	10,2	0,8
Nishihara	8,6	5,8
Partech	5,8	4,1
Peek	1,2	0,8

¹⁾ De Endress+Hauser Liquisys drogestofmeter heeft alleen deelgenomen aan het onderzoek tijdens de tweede meetsessie op de rwzi Hilversum-Oost.

De drogestofmeters van Dr. Lange, Endress+Hauser en Kajaani scoren op dit onderdeel het best. . In het algemeen is de spreiding van de meetwaarden op de rwzi Hilversum-Oost kleiner dan op de rwzi Katwijk. Dit wordt mogelijk verklaard door de gebrekkige menging in de buffertank in Katwijk, waardoor laagjesvorming optreedt en het ingaande slib niet homogeen van samenstelling is. Duidelijk is wel dat het te meten "proces" een niet te onderschatten invloed heeft op de ruis.

Het verschil in de standaarddeviatie van de meetwaarden van de Kajaani drogestofmeter op de beide rwzi's is groot. Ook bij de Dr. Lange Solitax treedt een dergelijk groot verschil op. De Nishihara dichtheidsmeter vertoont op beide zuiveringen een relatief grote standaarddeviatie.

Bij de metingen op de rwzi Katwijk is niet zozeer sprake van ruis, doch van schommelingen. Deze schommelingen worden ook, hoewel in veel mindere mate, teruggevonden in de gelogde data van de meters van Kajaani en Dr. Lange. Het is niet duidelijk waardoor deze schommelingen worden veroorzaakt. Gelet op de frequentie wordt de schommeling mogelijk veroorzaakt door het batchgewijs vullen van de mengtank van waaruit het ingedikte slib naar de centrifuge wordt gepompt. Dit kan echter niet een dergelijke schommeling van het drogestofgehalte tot gevolg hebben. Mogelijk is de Nishihara dichtheidsmeter hiervoor gevoeliger vanwege het afwijkende meetprincipe en/of de meetgrootte. Tevens is het in het onderzoek toegepaste type gevoelig voor gasbellen in het medium. Er is echter een type (NU-SV) dat hiervoor een compensatie-mogelijkheid heeft. Deze was voor het onderzoek echter niet beschikbaar.

De spreiding van de meetwaarden van de meter van Partech is op de rwzi Katwijk groter dan tijdens de meetsessie in Hilversum. Ook hier blijkt eerder sprake te zijn van schommelingen dan van ruis. De schommelingen zijn echter minder regelmatig dan bij de meter van Nishihara.

In tabel 5 zijn standaarddeviaties van de gelogde data van de centrifugaatmeters opgenomen. Door hardnekkige problemen met de elektronica stammen de gepresenteerde waarden voor de rwzi Hilversum niet uit één periode.

Tabel 5. Overzicht van de “ruis” van de centrifugaatmeters (als percentage van het gemiddelde)

apparaat	eenheid	Katwijk		Hilversum
Dr. Lange	mg/l	niet gelogd ¹⁾		56,4
Endress+Hauser	mg/l	- ²⁾		4,6
BTG-Polymetron	mg/l	12,1		52,8
Staiger Mohilo	mg/l	9,6		41,0
Milton Roy ³⁾	SCU	2,1	6,7	44,5

¹⁾ Op de rwzi Katwijk heeft de meter van Dr. Lange op verzoek van de leverancier deelgenomen aan het onderzoek. Er waren echter geen kanalen meer beschikbaar op de datalogger.

²⁾ De Endress+Hauser Liquisys drogestofmeter heeft alleen deelgenomen aan het onderzoek tijdens de tweede meet sessie op de rwzi Hilversum-Oost.

³⁾ Bij de Milton Roy zèta-potentiaal meter wordt het meetbereik ingesteld. Omdat er sprake is van een relatieve waarde is het minder van belang welk meetbereik wordt gekozen. Op Katwijk 1 was het meetbereik 0 - 1, op Katwijk 2 en op de rwzi Hilversum was dit -100 tot +100.

De meetwaarden en daardoor tevens de standaarddeviaties van de meters van Staiger Mohilo en BTG enerzijds, en van Dr. Lange en Endress+Hauser anderzijds mogen niet zonder meer met elkaar worden vergeleken. Om de meting van de meters van Staiger Mohilo en BTG-Polymetron zo betrouwbaar mogelijk te laten zijn, heeft een voorbehandeling van het centrifugaat plaatsgevonden. Deze was erop gericht om overmatige hoeveelheden schuim en zwevendstof uit het centrifugaat te verwijderen. Hierdoor is de samenstelling van het centrifugaat beïnvloed.

Het schuimende centrifugaat van de rwzi Hilversum heeft duidelijke gevolgen voor de ruis. Met uitzondering van de meter van Endress+Hauser worden erg hoge standaarddeviaties berekend.

3.4 Stapresponsie

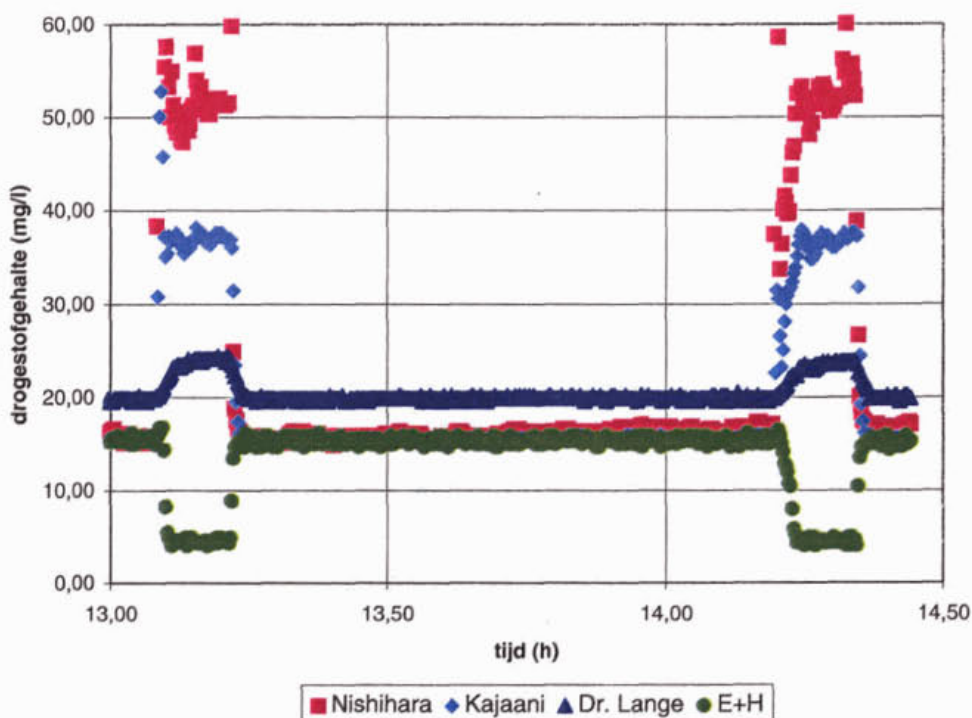
Tijdens het onderzoek zijn vele procesgrootheden gevarieerd om de gevoeligheid van de apparatuur voor veranderingen in het proces vast te stellen, zie ook paragraaf 2.3.2.

Uit de beoordeling van de nauwkeurigheid en de “ruis” van de verschillende meters blijkt dat met name de drogestofmeters van Endress+Hauser en Dr. Lange en in mindere mate Kajaani en Nishihara goed in staat zijn om representatieve en reproduceerbare meetresultaten te produceren. Om die reden wordt bij de beoordeling van de stapresponsie alleen aandacht besteed aan deze meters.

Van de centrifugaatmeters wordt alleen aandacht besteed aan de Milton Roy zèta-potentiaal meter.

3.4.1 Ingaand slib

De meters in het ingaande slib kunnen uitsluitend worden getest door het drogestofgehalte van het slib in een kort tijdsbestek te variëren. Dit was alleen mogelijk op de rwzi Hilversum, waar eenvoudig van het normale mengsel van extern en eigen slib kon worden overgeschakeld op alleen extern slib. In afbeelding 5 is een overzicht van de gelogde data gepresenteerd waarin twee keer is overgeschakeld van het slibmengsel (20 g drogestof/l) naar extern slib (23 g/l). Het verschil in drogestofgehalte is dus niet heel groot.



Afbeelding 5. Stapresponsie van de slibmeters (Hilversum 2)

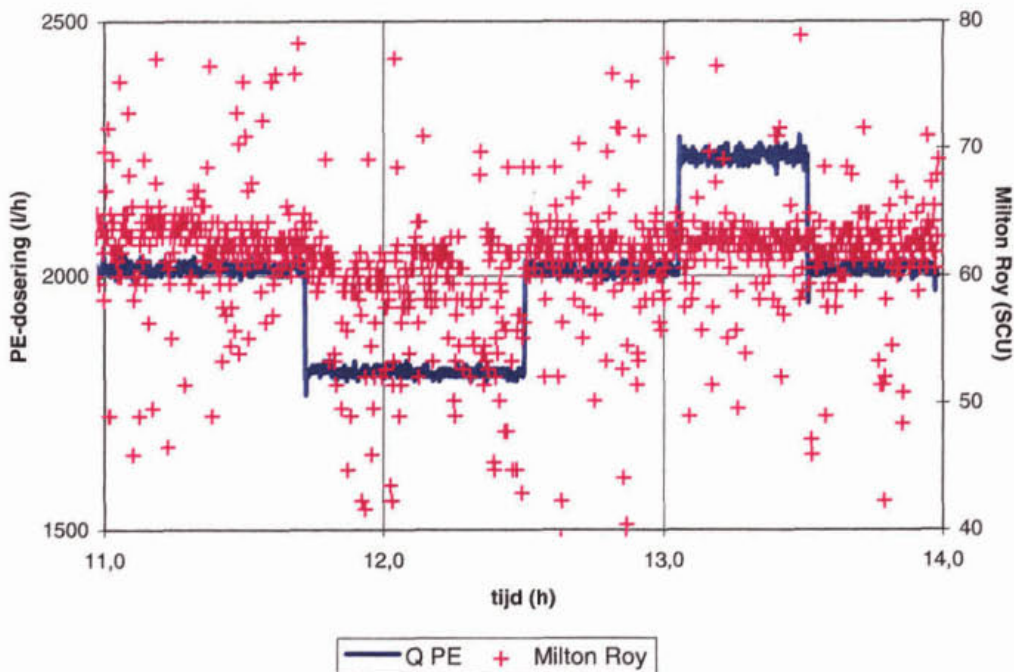
Voor alle meters geldt dat ze vrijwel momentaan op de verandering reageren. Hieruit kan worden geconcludeerd dat alle meters op dit vlak goed presteren. Andere omschakelingen werden op soortgelijke wijze gedetecteerd.

Uit de afbeelding blijkt duidelijk dat de meters van Endress+Hauser, Nishihara en Kajaani niet in staat waren om het drogestofgehalte van het externe slib goed te meten. De respons van de meter van Endress+Hauser is zelfs tegengesteld aan de procesverstoring. De extreme reactie van de meters van Nishihara en Kajaani is mogelijk te wijten aan een onjuiste calibratie. De Dr. Lange Solitax volgt de verandering het best. Zoals gemeld verschillen de slibsoorten qua drogestofgehalte, kleur en consistentie. De meter van Dr. Lange is in staat deze verschillen waar te nemen en indien nodig zonder tussenkomst van een operator een andere, meer geschikte, ijklijn te kiezen. De andere meters zijn niet met deze voorziening uitgerust.

3.4.2 Centrifugaat

De zèta-potentiaal is een elektrische spanningsverschil dat wordt opgewekt door geladen deeltjes in een stromende vloeistof. Zowel slib als PE hebben een lading. In het ideale geval is de PE-dosering exact afgestemd op de slibvracht. Door over- of onderdosering van PE zou de zèta-potentiaal moeten worden beïnvloed. Dit is verscheidene keren getest tijdens de onderzoeken op Katwijk en Hilversum.

Afbeelding 6 geeft een representatief voorbeeld van de uitkomsten van een dergelijke test. In de afbeelding is duidelijk te zien dat de PE-dosering eerst met 10% is verlaagd en later met 10% verhoogd.



Afbeelding 6. Stapresponsie van de variatie in PE-dosering (Katwijk 2)

Met enige moeite kunnen de variaties in de PE-dosering worden waargenomen als kleine veranderingen in de zèta-potentiaal. Deze veranderingen zijn echter kleiner dan de "ruis", zodat moet worden betwijfeld of het verschil significant is. Duidelijk is dat een dergelijk signaal niet zonder meer in een regelkring kan worden toegepast.

Bij andere testen werd soms een duidelijker respons waargenomen, soms was in het geheel geen verandering op te merken. Bij onderdosering is de respons vaak duidelijker merkbaar. Dit hangt samen met de verslechterde werking van de centrifuge.

Deze resultaten worden mogelijk verklaard door het feit dat in de praktijk wordt gekozen voor een kleine overdosering van PE om een stabiele slibvlok te verkrijgen. Tevens wordt de bedrijfsvoering stabiel. In het doseerbereik is de PE-dosering niet limiterend voor de slibontwatering. Dit heeft evenwel tot gevolg dat een kleine verhoging of verlaging van de PE-dosering vrijwel zonder consequenties voor de ontwatering kan blijven.

Concluderend kan worden gesteld dat de stapresponsie in de onderzochte situatie onvoldoende is voor toepassing in een regelkring.

3.5 Ervaringen

3.5.1 Montage

De meters van Dr. Lange, Endress+Hauser, Kajaani, Nishihara en Partech worden direct in de leiding gemonteerd.

Voor de meter van Peek zijn een by-pass leiding en een mohnopomp nodig. De Milton Roy, de meter van Staiger Mohilo en de meter van BTG-Polymetron hebben een by-pass-leiding en de aanvoer van water voor de ijking en het spoelen nodig. De spoelvoorziening diende tijdens dit onderzoek om aangekoekt slib periodiek te verwijderen.

Om ijzeraanslag te verwijderen, kan worden gespoeld met een fosforzuuroplossing. De meter van Endress+Hauser, die in de centrifugaatleiding van de rwzi Hilversum was gemonteerd, was van een wisser voorzien. Hetzelfde geldt voor de Dr. Lange Solitax. Deze meter is zodanig ontworpen dat vervuiling weinig "grip" heeft op het oppervlak.

3.5.2 *Bediening*

De meeste meters zijn eenvoudig te bedienen. Ook de ijking is bij de meeste meters vrij eenvoudig. Op dit punt scoren de Nishihara en de Peek minder goed. Bij de Nishihara wordt de ijking aangepast door een correctiefactor in te voeren. Deze kan variëren tussen 0 en 1. Indien de gewenste correctiefactor groter is dan 1 kan dit alleen door toepassing van een specifieke handeling.

De Peek dichtheidsmeter is, zoals de meeste meters, reeds voorzien van een ijklijn. Deze kan uitsluitend met een smart-modem, een PC en bijbehorende software worden gewijzigd.

De discontinue BTG meter ijkt zich na elke meting met schoon water (nul-puntscorrectie). Eventueel aanwezige vervuiling beïnvloedt echter de ijking.

3.5.3 *Onderhoud*

Het schoonmaken of visueel controleren van de meters van Endress+Hauser en Dr. Lange is door de toepassing van een uitneembare armatuur erg eenvoudig en kan worden uitgevoerd zonder dat de kleding of het slibgebouw besmeurd wordt. Dit laatste geldt ook voor de meters van Milton Roy, Staiger Mohilo en BTG, omdat deze in een by-pass leiding zijn aangebracht. Het schoonmaken van de BTG is overigens een langdurige aangelegenheid. Deze meter bleek gevoelig voor verstoppingen.

De meter van Staiger Mohilo had veel last van ijzerafzettingen (rwzi Katwijk) en moest daarom vaak worden schoongemaakt, wat vrij eenvoudig is.

De Peek dichtheidsmeter is één keer verstopt door een prop haren. Het verwijderen is dan geen gemakkelijke en geen schone taak omdat de by-pass leiding onder druk staat.

De meter van Partech is gevoelig voor vervuiling als gevolg van slibophoppingen rond de sensor. Deze steekt vrij ver in de slibleiding. Bij andere meters in de slibleiding (Dr. Lange, Kajaani, Nishihara en Endress+Hauser) werd dergelijke vervuiling in mindere mate waargenomen.

Ook de Milton Roy is gevoelig voor vervuiling. Deze kan echter goed worden tegengegaan door een goede spoelvoorziening te installeren.

3.5.4 *Overige ervaringen*

De meetwaarden van de Milton Roy (streaming current units) en de Peek (dichtheid) bieden weinig informatie voor de beoordeling van het drogestofgehalte van het betreffende medium. Hierdoor sluiten deze meters niet goed aan op de belevingswereld van de bedrijfsvoerder. Het verdient aanbeveling de gemeten waarde te allen tijde te vertalen naar een drogestofgehalte.

4 SAMENVATTING EN EVALUATIE

4.1 Samenvatting van de resultaten

In tabel 6 zijn de bevindingen uit het vorige hoofdstuk samengevat.

Tabel 6. Samenvatting van de resultaten uit het praktijkonderzoek

apparaat	nauw- keurigheid	ruis	stap- responsie	bediening & onderhoud	kosten	eindoordeel
Meters in ingaand slib						
Dr. Lange Solitax	+	++	++	++	++	++
Kajaani MRA	-	+	+	+	--	+/-
Nishihara NTU	+	+	+	-	-	+
Endress+Hauser Liquisys	+	++	+	++	++	++
Peek FD	--	-	0	--	+	-
Partech	--	-	0	+	++	-
Meters in centrifugaat / filtraat						
Dr. Lange Solitax	--	-	0	++	++	-
Endress+Hauser Liquisys	--	-	0	++	++	-
BTG-Polymetron	--	-	0	--	-	-
Milton Roy	?	?	-	-	+	-
Staiger Mohilo	--	-	0	-	++	-

++ = zeer goed

- = matig

0 = niet onderzocht

+ = goed

-- = slecht

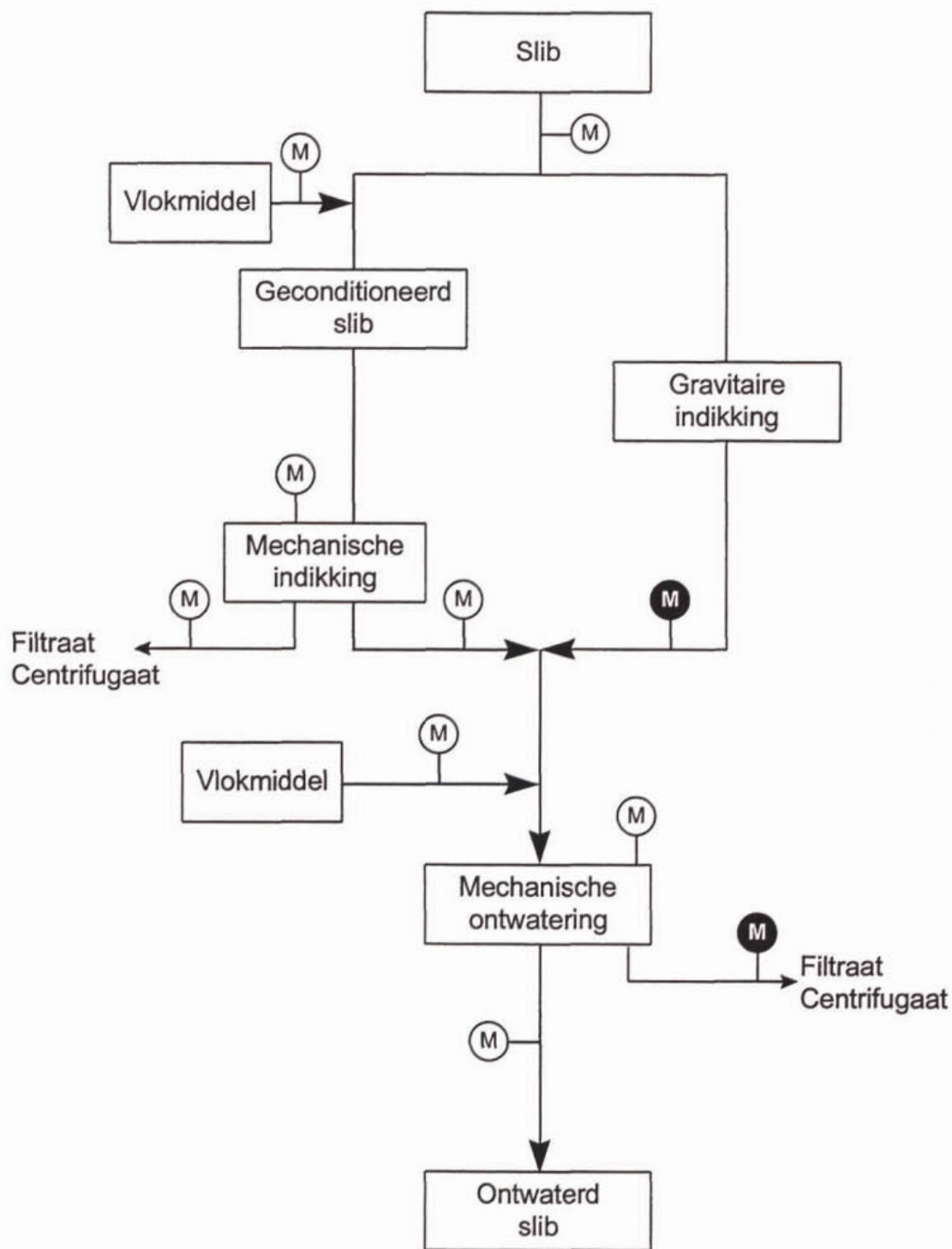
? = kan niet worden vastgesteld

Deze resultaten kunnen niet als absoluut worden beschouwd. Uit het verschil tussen het functioneren van de meters van Dr. Lange en Endress+Hauser in slib en centrifugaat, blijkt al dat het medium waarin de meters zijn toegepast invloed heeft op de gevonden resultaten. Dit wordt gestaafd door eerdere ervaringen. Zo zijn met de BTG in het verleden door derden goede ervaringen opgedaan bij meting in ingedikt slib.

Van de meter van Nishihara is een type beschikbaar dat afwijkingen door gasbellen in het medium kan compenseren.

4.2 Evaluatie

In afbeelding 7 is een schematisch overzicht gepresenteerd van het slibontwateringsproces en de plaatsen waar meetapparatuur kan worden ingezet. Aan de hand van dit overzicht wordt ingegaan op de praktische toepasbaarheid van de onderzochte apparatuur. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar de diverse ontwateringsapparatuur. De bespreking beperkt zich tot de metingen aan het slib. Metingen aan de apparatuur of in PE en ontwaterd slib zijn buiten beschouwing gelaten.



= meetpunt



= onderzocht meetpunt

Afbeelding 7
Meetpunten bij slibindikking en -ontwatering

4.2.1 *Mechanische slibindikking*

Ingaand slib

Het ingaande slib kan worden toegevoerd vanuit de aëratietank, de retourslibstroom of de gistingstank. Het drogestofgehalte is 0,3 - 4%. Uit de bespreking in het voorgaande hoofdstuk blijkt dat drogestofmeters op basis van IR-licht goed kunnen meten in ingedikt slib (onderzocht drogestofgehalte 1,7 - 3,7%), mits er sprake is van meerstraalstechniek (Endress+Hauser) of meting onder meer hoeken (Dr. Lange). De ervaringen met apparatuur op basis van microgolven (Kajaani) of geluidsgolven (Nishihara) zijn minder bevredigend, en eerder geschikt indien één (constante) slibstroom wordt verwerkt. Ook de meter van Endress+Hauser is kwetsbaar indien slibmengsels van wisselende samenstelling worden verwerkt.

Filtraat/bandspoelwater

Bij mechanische indikking wordt geen mechanische druk uitgeoefend op het slib. Hierdoor is het filtraat vrijwel vrij van droge stof. Tevens blijft het drogestofgehalte van het ingedikte slib beperkt tot 5 à 6%. Toch kan een drogestofmeting in het filtraat zinvol zijn als alarmering. Het betreft dan een signaleringsfunctie voor de procesvoering.

Centrifugaat

De signaleringsfunctie is ook bij de toepassing van indikcentrifuges goed mogelijk. Bij toepassing van indikcentrifuges mag worden verwacht dat er schuimvorming kan optreden in het centrifugaat. In dat geval zijn meters op basis van infraroodtechniek minder geschikt.

Ingedikt slib

Afhankelijk van het toegepaste indikprincipe, is het drogestofgehalte 2 à 3% (gravitaire indikking) of 5 à 8% (mechanische indikking). In beide gevallen zijn de drogestofmeters op basis van meerstraals IR-techniek in principe goed toepasbaar. Een streaming current detector is hier niet zinvol. Ook de onderzochte apparaten op basis van geluidsgolven en microgolven zijn hier toepasbaar, doch hiermee zijn in dit onderzoek minder bevredigende resultaten geboekt.

Het meetsignaal kan worden gebruikt om de PE-dosering te sturen. Typisch voor het indikproces is dat er in tegenstelling tot het ontwateringsproces niet wordt gestreefd naar het maximaal haalbare drogestofgehalte. Hierdoor kan de PE-dosering exact gestuurd worden naar een minimale dosering waarbij het gewenste drogestofgehalte wordt bereikt. Dit in tegenstelling tot het ontwateringsproces waarbij altijd enige overdosering noodzakelijk of gebruikelijk is.

4.2.2 *Mechanische slibontwatering*

Ingaand slib

Het ingaande slib is (gravitair of mechanisch) ingedikt slib of slib uit de aëratietank, retourslibstroom, gistingstank of buffertank. Dit is reeds beschreven in de voorgaande paragraaf.

Filtraat/bandspoelwater

Bij de slibontwatering wordt gestreefd naar een vergaande ontwatering van het slib. Om dit te bereiken wordt mechanisch grote kracht op de slibvlokken uitgeoefend. Hierdoor wordt het slib in het filterdoek gedrukt. Bij het spoelen van het doek komt het zwevend stof in het bandspoelwater terecht dat tezamen met het filtraat retour naar de rwzi gaat. Het filtraat is geen homogeen mengsel, waardoor de meting wordt bemoeilijkt.

Ook vindt er altijd enige overdosering van PE plaats ten behoeve van de vlokstabiliteit. Dit heeft consequenties voor het meten en regelen op basis van de filtraat-/centrifugaatkwaliteit. Door de lichte overdosering van PE is het niet altijd mogelijk om op basis van het rest-PE in het filtraat de PE-dosering te sturen. Anders gezegd: de PE-dosering bevindt zich meestal in het bereik waar deze niet limiterend is voor het ontwateringsresultaat. Dit is tevens een mogelijke verklaring voor de resultaten zoals vermeld in paragraaf 3.4.2.

Meting in het filtraat heeft bij de continu werkende zeefbandpersen een belangrijke signaal-functie: een afwijkende kwaliteit kan worden geregistreerd en doorgemeld aan de bedrijfsvoerder, zodat deze kan ingrijpen. Op deze wijze kan het toezicht op de slibontwatering worden verminderd, ook al is er geen sprake van een geautomatiseerd proces.

Centrifugaat

Het voorgaande geldt in grote lijnen ook voor de ontwatering met centrifuges. De versnelling van het slib in de centrifuge geeft een grote belasting op de slibvlok. Een deel van de slibvlokken zal hierdoor kapot gaan en met het centrifugaat worden afgevoerd. Daarnaast treedt in een centrifuge schuimvorming op. Dit is zeker het geval indien uitgestikt slib wordt ontwaterd. Apparatuur op basis van infrarood techniek is hierdoor niet zonder meer toepasbaar bij centrifugaat. Ook apparatuur die de reistijd van geluid- of microgolven meet ondervindt in enige mate last van luchtinsluiting.

Filterpersen

Bij filterpersen speelt er nog een probleem. De drukopbouw start pas als de filterkamers reeds voor ca. 80% gevuld zijn. Eventuele doorslag van zwevend stof zal dan ook pas optreden als het al te laat is om de PE-, kalk- of ijzerdosering nog aan te passen.

Het gebruik van kalk of ijzer om het gewenste drogestofgehalte te bereiken, heeft consequenties voor de reiniging van de meters. Afzettingen kunnen de meting van met name optische meters beïnvloeden.

Ontwaterd slib

Het drogestofgehalte van het ontwaterd slib is 20 tot 30% afhankelijk van het (soort) ingaande slib. Deze waarden liggen buiten het meetbereik van de meeste onderzochte meters. Volgens opgave van de leverancier is alleen de Kajaani in staat om in dit bereik te meten. Dit is in het onderzoek niet in beschouwing genomen.

De meting van het drogestofgehalte van het ontwaterde slib biedt overigens een geringe meerwaarde. Indien debieten en drogestofgehalten van het ingedikte slib en het centrifugaat/filtraat nauwkeurig kunnen worden gemeten, kan op basis van balansen het drogestofgehalte van het ontwaterde slib worden berekend.

Onderstaand zijn de voornaamste conclusies van het onderzoek opgesomd.

- Het niet geconditioneerde (gravitair ingedikte) ingaande slib is een geschikt medium voor een regeling op basis van een drogestofmeting.
- Van de apparatuur die is toegepast op het ingaande ingedikte slib (onderzocht meetbereik 1,7 - 4,0% droge stof), geven met name de meters van Dr. Lange en Endress+Hauser voldoende nauwkeurige en reproduceerbare meetwaarden. De meters van Nishihara en Kajaani laten een grotere spreiding zien.
- Met de meters van Peek en Partech zijn in dit onderzoek geen nauwkeurige en reproduceerbare metingen verkregen.
- Van de meters van Nishihara, Kajaani, Dr. Lange en Endress+Hauser is de stapresponsie onderzocht. Alle meters bleken vrijwel momentaan op een verandering in het drogestofgehalte te reageren.
- Bij overgang van (bruin) aëroob gestabiliseerd slib naar (zwart) uitgegist slib, bleek alleen de meter van Dr. Lange in staat in beide slibben het juiste drogestofgehalte te meten. De gelijktijdige meting onder twee hoeken stelt deze meter in staat over te schakelen op een andere (fabrieksmatig ingegeven) ijklijn. De andere meters gaven een sterk afwijkende waarde aan; dit is mogelijk het gevolg van een onjuiste kalibratie. De meter van Endress+Hauser gaf een respons die tegengesteld was aan de procesverstoring.
- Het verdient aanbeveling de apparatuur te kalibreren op de meest voorkomende slib-samenstelling. Indien de samenstelling van het slibmengsel (sterk) verandert, is het goed opnieuw te kalibreren.
- De "ruis" geeft een indruk van de spreiding in de meetwaarden bij gelijkblijvende omstandigheden. Deze is in dit onderzoek uitgedrukt als de standaarddeviatie. De "ruis" is bij de meters van Dr. Lange en Endress+Hauser toelaatbaar voor toepassing in een regelkring.
- Het centrifugaat is geen geschikt medium voor een goede zwevendstofmeting in geval er sprake is van een instabiele werking van de centrifuge of schuimvorming. Dit probleem speelt in mindere mate bij zeefbandpersen. Wel is vrijwel altijd sprake van een heterogene samenstelling. Toch kan een meting in het centrifugaat of filtraat een belangrijke signaleringsfunctie vervullen.
- De meting van de Milton Roy zèta-potentiaalmeter kan niet zonder meer worden vertaald naar een zwevendstofgehalte in het centrifugaat. De zèta-potentiaal wordt bepaald door zwevendstof en PE samen.
Bij de bepaling van de stapresponsie is gebleken dat een onderdosering van PE door de Milton Roy zèta-potentiaalmeter vaak wordt gedetecteerd. Dit heeft tevens te maken met het verminderde ontwateringsresultaat, waardoor het centrifugaat meer zwevendstof kan bevatten.
Een overdosering werd niet in alle gevallen gedetecteerd. De verandering van de zèta-potentiaal bij verhoging van de PE-dosering was meestal geringer dan de "ruis". Dit heeft mogelijk te maken met de lichte overdosering van PE bij het ontwateringsproces. Bij een grotere over- of onderdosering wordt wel een goede respons verwacht, hoewel dit in het onderhavige onderzoek niet is onderzocht.
- Slechts één van de geteste apparaten is in staat om in ontwaterd slib te meten. Dit is niet in dit onderzoek meegenomen.
- Op grond van dit onderzoek lijkt een volledig geautomatiseerde bedrijfsvoering van het indik- en ontwateringsproces mogelijk met apparatuur op basis van infrarood-techniek in de ingaande slibstroom en eventueel in de centrifugaat-/filtraatstroom voor signalering.

STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer), 1997.

Meet- en regelapparatuur bij slibontwatering. Inventarisatie van apparatuur en mogelijkheden. STOWA-rapportage 97-13, Utrecht. ISBN 90.74476.78.3.

