Directe ontwatering van surplusslib door decanteercentrifuges

Ontwatering van surplusslib bij zuiveringsystemen met biologische defosfatering in de hoofdstroom



IR. J. F. KRAMER
Witteveen+Bos



H. J. BELT
provincie Utrecht,
afdeling zuiveringen



IR. J. R. A. G. SCHEPMAN
Witteveen+Bos



ING. A. C. J. VAN LEEUWEN
provincie Utrecht,
afdeling zuiveringen

Samenvatting

Door Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs bv is, in opdracht van de provincie Utrecht en in samenwerking met twee leveranciers, praktijkonderzoek uitgevoerd naar de toepassing van decanteercentrifuges bij directe ontwatering van surplusslib. Door de zeer korte slibverblijftijd tijdens de directe ontwatering worden anaërobe condities vermeden en zal de P-afgifte, tijdens de slibverwerking bij zuiveringsystemen met biologische defosfatering in de hoofdstroom, worden gereduceerd.
Op de rwzi Rhenen zijn diverse testen uitgevoerd voor ontwatering van surplusslib met droge-stofgehaltes van 0,3 à 0,6% ds. Tijdens deze testen is, afhankelijk van de hydraulische belasting van de decanteercentrifuges, een gemiddelde ontwateringsgraad van 21 à 24% ds gerealiseerd bij een specifieke pe-dosering van 9 à 10 g/kg ds. Het ontwateringsresultaat blijkt in sterke mate te worden bepaald door de hydraulische belasting van de centrifuge. Bovengenoemde droge-stofpercentages zijn behaald bij circa 60% van de als maximum opgegeven hydraulische belasting. Bij deze belasting wordt, bij variërende droge-stofgehaltes van de ingaande slibstroom in de range van 0,3 tot 0,6% ds, de gemiddelde ontwateringsgraad gehandhaafd.
Uit een globale kostenbeschouwing blijkt dat directe ontwatering met een decanteercentrifuge vooral voor kleinere zuiveringen (35.000 i.e.) met biologische defosfatering in de hoofdstroom financieel aantrekkelijk kan zijn.

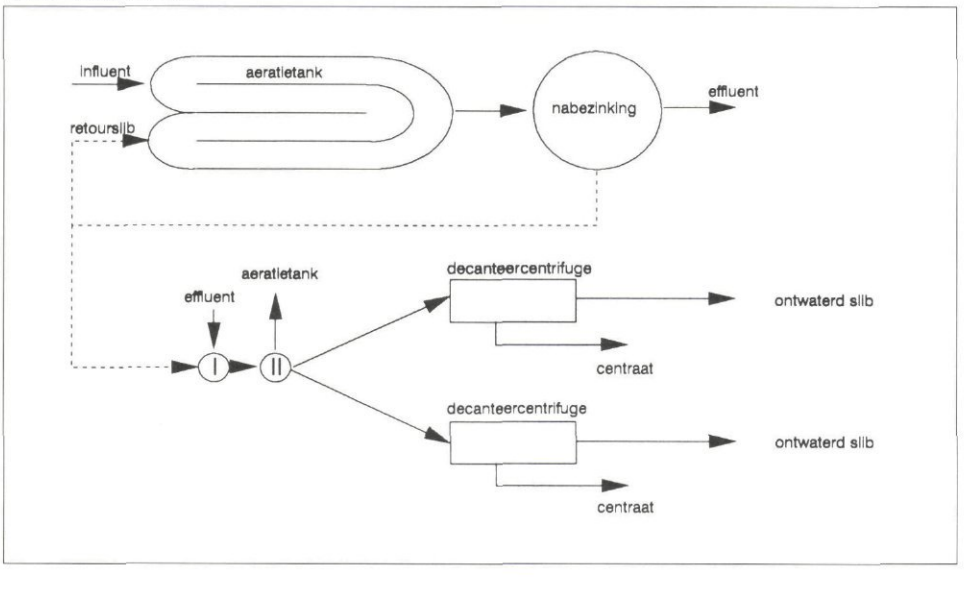
1. Inleiding

Bij zuiveringsystemen met biologische defosfatering in de hoofdstroom bestaat de kans op fosfaatafgifte in de sliblijn. Vooral bij gravitatie-indikking van het surplusslib ontstaan omstandigheden waarbij anaërobie en de aanwezigheid van vluchtige vetzuren leiden tot een verhoogde fosfaatafgifte. Uit onderzoek [1] blijkt dat de P-afgifte tijdens gravitatie-indikking kan oplopen tot 20 à 25% van de in het slib aanwezige hoeveelheid P.

Wordt het P-rijke supernatant vervolgens teruggevoerd naar de waterlijn, terwijl geen aanvullende defosfateringsmaatregelen worden getroffen, dan daalt het P-verwijderingsrendement en kan de effluenteis worden overschreden. Ontwikkeling van slibverwerkingsystemen waarbij geen of geringe P-afgifte optreedt, is daarom van essentieel belang.
Directe ontwatering van surplusslib vormt in dit kader een interessante slibverwerkingstechniek. Bij directe ontwatering wordt surplusslib zonder voorafgaande indikking in één stap ontwaterd. Door de enkelvoudige processtap en de zeer korte slibverblijftijd tijdens de ontwatering worden anaërobe condities vermeden en zal de P-afgifte worden gereduceerd.
Praktijkervaringen met de directe ontwatering van surplusslib door decanteercentrifuges zijn slechts in beperkte mate beschikbaar [2]. Daarom is in juni 1992 door Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs bv, in opdracht van de provincie Utrecht en in samenwerking met twee leveranciers, praktijkonderzoek uitgevoerd naar de toepassing van directe ontwatering van surplusslib met decanteercentrifuges. Dit onderzoek is uitgevoerd om een indicatie te krijgen van het ontwateringsresultaat en de bedrijfszekerheid van decanteercentrifuges bij lage droge-stofgehaltes van de ingaande slibstroom.
Op basis van de resultaten van de praktijkproef is een kostenbeschouwing voor directe ontwatering opgesteld.

Hierbij worden de exploitatiekosten van directe ontwatering vergeleken met de kosten voor twee alternatieve slibverwerkingsystemen bij een schaalgrootte van 35.000 en 200.000 i.e.

Afb. 1 - Proefopstelling.



2. Proefopzet

De praktijkproef slibontwatering is uitgevoerd op de rwzi Rhenen. Deze zuivering bestaat uit een laagbelast actief-slibsysteem (type: carrousel) zonder voorbezinking. De proefopstelling is schematisch weergegeven in afbeelding 1.

Het surplusslib van de rwzi werd aangevoerd vanuit de slibretourleiding en werd via twee in serie geschakelde verdeelpotten naar beide centrifuges geleid. Door aansluiting van een effluentleiding op verdeelpot I werd de mogelijkheid gecreëerd het droge-stofgehalte van de ingaande slibstroom kunstmatig te variëren.

TABEL I – *Technische kenmerken decanteercentrifuges.*

Parameter	Eenheid	Centrifuge 1	Centrifuge 2
debiet	m^3/h	5–25	8–15
slibdoorzet	kg/h	< 500	< 500
trommeltoerental (max.)	rpm	4.000	3.200
trommeldiameter	mm	425	530
trommellengte	mm	1.264	1.600
conushoek	°	10	8
keerschijfhoogte	mm	164	149
principe	–	tegenstroom	meestroom

Tijdens de proef is gebruik gemaakt van twee mobiele decanteercentrifuge-installaties. De technische kenmerken van deze centrifuges zijn weergegeven in tabel I.

Beide decanteercentrifuges zijn voorzien van een besturingssysteem voor de automatische regeling van het verschiltoerental tussen de centrifugeschroef en -trommel. Voor de slibconditionering is voornamelijk gebruik gemaakt van het poly-electroliet (pe) Zetag 78 FS 40. De doseeroplossing werd batchgewijs aangemaakt op de doseerconcentratie van 0,05 à 0,10 gewichtspercentage (op basis van actief pe).
Ter optimalisatie van de machine-instellingen, de hydraulische belasting en de pe-dosering zijn diverse oriënterende testen uitgevoerd bij een stabiel droge-stofgehalte van de ingaande slibstroom (0,5% ds). Op basis van de resultaten van deze oriënterende testen zijn de machine-instellingen voor de duurtesten vastgesteld. De duurtesten zijn uitgevoerd gedurende enkele dagen waarbij door geleidelijke variatie van het droge-stofgehalte van de ingaande slibstroom van 0,3 tot 0,6% ds de praktijksituatie tijdens de continue directe ontwatering werd nagebootst.

3. **Onderzoeksresultaten**

Oriënterende testen
Tijdens de oriënterende testen is de hydraulische belasting van beide centrifuges geoptimaliseerd bij een stabiel droge-stofgehalte van de ingaande slibstroom. In afbeelding 2 zijn de ontwateringspercentages bij verschillende hydraulische belastingen weergegeven. De hydraulische belasting is hierbij weergegeven als verhouding tussen de actuele belasting en de opgegeven maximale ontwerpbelasting (Q/Q_{max}). Uit afbeelding 2 blijkt dat einddroge-stofgehaltes werden bereikt van 20 tot 24% ds. Daarnaast is vastgesteld dat bij een stabiel droge-stofgehalte van de ingaande slibstroom (0,5% ds) het ontwateringsresultaat van beide centrifuges daalde bij toename van de hydraulische belasting.

In afbeelding 3 zijn enkele resultaten weergegeven van de oriënterende testen voor de optimalisering van de pe-dosering.

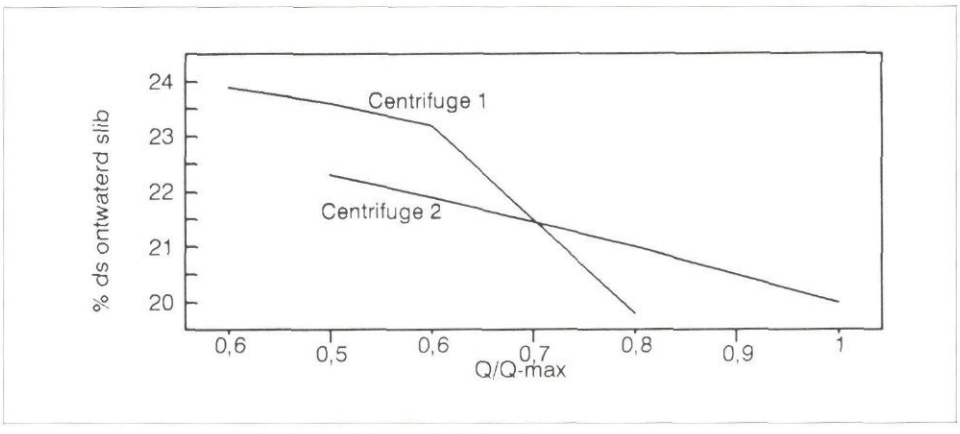
De pe-dosering varieerde tijdens de testen van circa 5 tot 12 g/kg ds. Een verhoging van de pe-dosering resulteerde in een hoger droge-stofgehalte van het ontwaterde slib. De mate waarin een hoog droge-stofgehalte werd bereikt is echter sterk afhankelijk van de hydraulische belasting van de decanteercentrifuge.

De centraatkwaliteit werd in sterke mate bepaald door de hydraulische belasting van de decanteercentrifuges en de specifieke pe-dosering. Tijdens de oriënterende testen varieerde het zwevende-stofgehalte in het centraat van circa 25 tot 250 mg/l. Bij deze zwevende-stofgehaltes varieerde het droge-stofafscheidingsrendement van 94 tot 99%.

Duurtesten
De duurtesten zijn uitgevoerd bij zowel stabiele als variërende droge-stofgehaltes van de ingaande slibstroom.
De proefgegevens zijn weergegeven in tabel II.

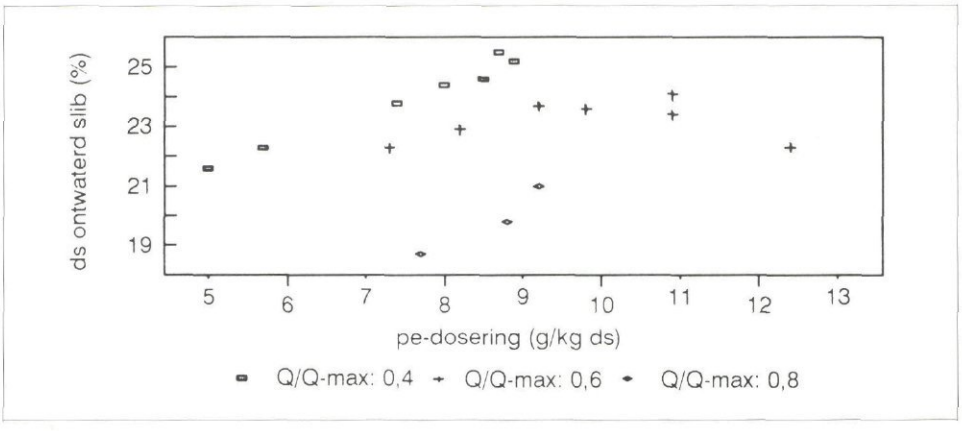
Duurtest I is uitgevoerd met een stabiel droge-stofgehalte van de ingaande slibstroom van 0,5% ds.
Tijdens duurtest II is het droge-stofgehalte van de ingaande slibstroom verlaagd van 0,5 tot 0,3% ds, waarbij in principe de machine-instellingen noch de pe-dosering werden aangepast. Bij centrifuge 2 bleek een (handmatige) aanpassing van de pe-dosering echter noodzakelijk om het ontwateringsresultaat acceptabel te houden.
Tijdens duurtest III is het droge-stofgehalte verlaagd van 0,6% ds naar 0,3% ds en vervolgens weer verhoogd naar 0,6% ds. Tijdens deze test is (handmatig) getracht de doseerverhouding constant te houden.

De resultaten van de duurtesten zijn weergegeven in afbeelding 4. Om het



Afb. 2 - Droge-stofgehalte als functie van de hydraulische belasting.

Afb. 3 - Droge-stofgehalte als functie van de pe-dosering (centrifuge 1).

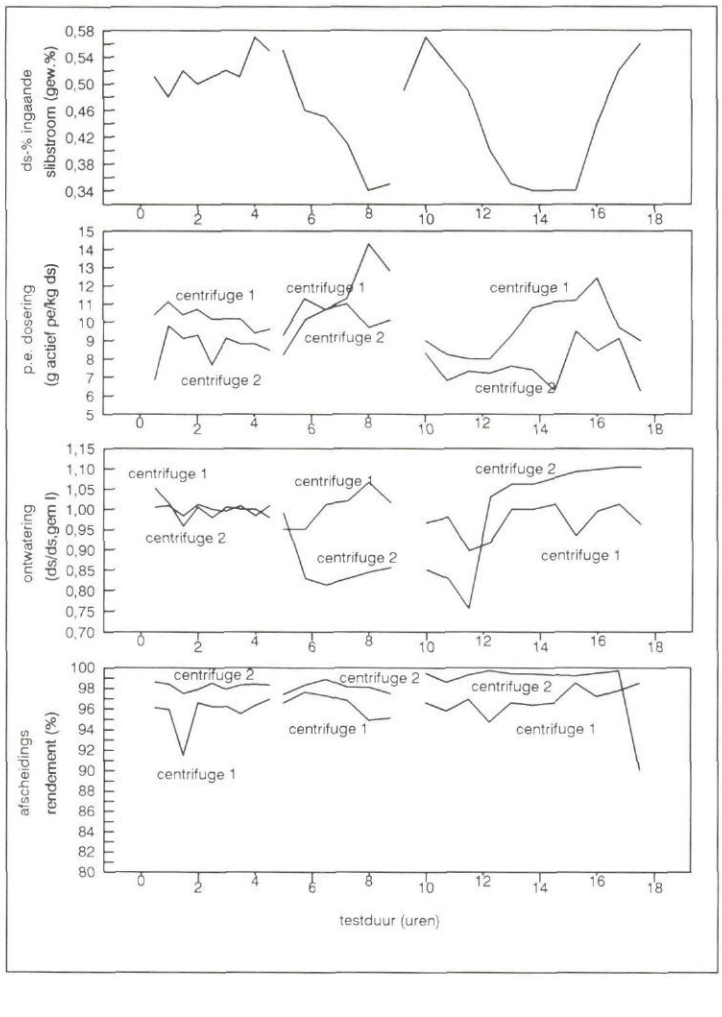


TABEL II – *Proefgegevens duurtesten I, II en III.*

Testserie		I	II	III
testduur	uur	4,5	4,5	9,0
$ds_{ingaand}$	%	0,5	0,5 → 0,3	0,6 → 0,3 → 0,6
Q/Q_{max}				
• centrifuge 1	–	0,6	0,6	0,6
• centrifuge 2	–	1,0	1,0	0,7
pe-dosering				
• centrifuge 1	g/kg ds	10	variabel	variabel
• centrifuge 2	g/kg ds	9	variabel	variabel

effect van de variatie van het ingaande droge-stofgehalte op de ontwateringsresultaat van de decanteercentrifuges inzichtelijk te maken, is de ontwateringsgraad uitgedrukt als fractie van het gemiddelde droge-stofgehalte tijdens duurtest I.

Tijdens test II daalde de ontwateringsgraad van centrifuge 2 sterk. Daarom is tijdens de duurtest III het ingaande slibdebiet verlaagd van 1,0 naar 0,7 Q/Q_{max}. Aan het begin van deze test zijn de machine-instellingen van centrifuge 2 opnieuw geoptimaliseerd.
De duurtesten laten zien dat de gemiddelde ontwateringsgraad op peil blijft bij variatie van het ingaande droge-stofgehalte. De spreiding in de ontwateringsgraad neemt echter toe. Deze toename in spreiding is het gevolg van het gedeeltelijk handhaven van de machine-instellingen die zijn vastgesteld bij een stabiel ingaande droge-stofgehalte.
De stijging van de specifieke pe-dosering tijdens duurtest II leidde niet altijd tot een duidelijke verbetering van het ontwateringsresultaat.
Tijdens de duurtest III is getracht de specifieke pe-dosering handmatig op het niveau van de eerste duurtest te handhaven. Deze aanpassing resulteerde in een geringe besparing op het pe-verbruik ten opzichte van duurtest II, terwijl hetzelfde ontwateringsresultaat werd gehandhaafd.
Het droge-stofafscheidingsrendement varieerde afhankelijk van de specifieke pe-dosering en hydraulische belasting van de decanteercentrifuges. Bij een als optimaal vastgestelde specifieke pe-dosering werd gedurende de testen I en III een droge-stofafscheidingsrendement gerealiseerd van gemiddeld 97%. De fosfaatgehaltes in centraat en effluent bedroegen beide circa 5 mg P/l. Hieruit kan worden afgeleid dat geen of slechts een geringe fosfaatafgifte optrad bij de directe ontwatering.



Afb. 4 - Resultaten duurtesten.

4. **Kostenbeschouwing**

Een globale kostenvergelijking is gemaakt voor de indikking en ontwatering van het surplusslib uit zuiveringsystemen met biologische defosfatering in de hoofdstroom. Van een drietal slibverwerkingvarianten zijn de exploitatiekosten voor de slibindikking en -ontwatering vergeleken.

De volgende varianten worden beschouwd:
- directe ontwatering van surplusslib (proefneming rwzi Rhenen, variant A);
- indikking en ontwatering van surplusslib met behulp van een bandindikker en decanteercentrifuge in serieschakeling (variant B);
- indikking en ontwatering van surplusslib met behulp van gravitatie-indikking en een decanteercentrifuge in serieschakeling. In deze variant is supernatantbehandeling opgenomen voor de P-verwijdering uit de vrijkomende waterstromen in de sliblijn (variant C).

Om de invloed van schaalgrootte-effecten te illustreren is de kostenraming uitgevoerd voor een tweetal zuiveringscapaciteiten, te weten 35.000 en 200.000 i.e.
In tabel III zijn de gehanteerde dimensioneringskentallen voor de verschillende varianten opgenomen.

TABEL III – *Dimensionering indik- en ontwateringsvarianten.*

Parameter	Eenheid	Rwzi I	Rwzi II
Uitgangspunten			
– belasting rwzi	i.e.	35.000	200.000
– slibproduktie	ton ds/j	560	3.200
– ds retourslib	gew.% ds	0,7	0,7
– ds grav. inged. slib	gew.% ds	2,5	2,5
– ds mech. inged. slib	gew.% ds	5,0	5,0
– bedrijfstijd	h/j	5.200	5.200
Variant A			
– ontwateringsdebiet	m^3/h	15	88
– aantal centrifuges	stuks	1	2
Variant B			
– indikdebiet	m^3/h	15	88
– aantal bandindikkers	stuks	1	1
– ontwateringsdebiet	m^3/h	2	12
– aantal centrifuges	stuks	1	1
Variant C			
– aantal indikkers	stuks	1*	2*
– diameter indikker	m	10*	17*
– debiet supernatant	m^3/h	10*	50*
– ontwateringsdebiet	m^3/h	4	25
– aantal centrifuges	stuks	1	1

* op basis van volcontinu bedrijf.

TABEL IV – *Uitgangspunten kostenberekeningen.*

rente	8,5%
afschrijving civiele onderdelen	30 jaar
afschrijving elektro/mechanische onderdelen	15 jaar
onderhoud civiele onderdelen, jaarlijks	0,5% van de aanneemsom
onderhoud e/m onderdelen, jaarlijks	3,0% van de aanneemsom
personeel	*f* 60.000,– per manjaar
poly-electrolyt	*f* 15,– per kg actief p.e.
kalk	*f* 200,– per ton kalk
zwavelzuur	*f* 200,– ton zwavelzuur
elektriciteit	*f* 0,20 per kWh
verwerkingskosten chemisch slib	*f* 1.000,– per ton ds

TABEL V – *Globale exploitatiekosten (all-in) voor verwerking van surplusslib bij biologische defosfatering volgens het hoofdstroomproces (in guldens per tds).*

Variant	Omschrijving	Rwzi I (560 tds/j)	Rwzi II (3.200 tds/j)
A.	centrifuge	1.150	700
B.	mechanische indikking en centrifuge	1.550	450
C.	gravitatie-indikking, centrifuge en supernatantbehandeling	1.700*	700*

* op basis van volcontinu bedrijf.

Met de bovenstaande dimensioneringskentallen, de eerder beschreven onderzoekresultaten en praktijkervaringen van Witteveen+Bos zijn de exploitatiekosten van de varianten globaal geraamd (tabel V). De hierbij gehanteerde uitgangspunten zijn weergegeven in tabel IV. Opgemerkt wordt dat de gepresenteerde kosten zijn gebaseerd op een algemene situatie. Uiteraard hebben diverse lokatieafhankelijke en specifieke ontwerpaspecten invloed op het uiteindelijke kostenniveau van de slibindikking en -ontwatering.

Uit tabel V blijkt dat voor rwzi I (35.000 i.e.) van de beschouwde varianten de directe ontwatering met een decanteercentrifuge (variant A) financieel het meest aantrekkelijk is. De exploitatiekosten van deze variant zijn geraamd op circa f 1.150 per ton ds. De variant met de gravitatieindikking en aanvullende supernatantbehandeling (variant C) leidt tot de hoogste exploitatiekosten. De exploitatiekosten bestaan voor alle varianten voor circa 70% uit kapitaallasten.

Voor rwzi II (200.000 i.e.) blijkt van de beschouwde varianten de serieschakeling van bandindikker en centrifuge (variant B) financieel het meest aantrekkelijk te zijn. De exploitatiekosten voor deze variant zijn in dit geval op circa f 450,– per ton ds geraamd. De overige slibverwerkingsvarianten leiden tot beduidend hogere exploitatiekosten (f 700,– per ton ds). De exploitatiekosten bestaan voor alle varianten voor circa 55% uit kapitaallasten.
Uit de kostenraming blijkt dat een duidelijk schaaleffect aanwezig is. Voor alle varianten dalen de specifieke exploitatiekosten bij toenemende capaciteit. Het schaaleffect blijkt het grootst te zijn bij variant B en het kleinst bij variant A. Blijkbaar is er een zuiveringscapaciteit (tussen 35.000 en 200.000 i.e.) waarbij de specifieke exploitatiekosten van variant B gelijk zijn aan die van variant A.
Gangbare richtgetallen voor de specifieke exploitatiekosten van slibontwatering bedragen circa f 200,– à f 500,– per ton ds [3]. Deze kosten zijn lager dan de geraamde exploitatiekosten voor de directe ontwatering. Het verschil ligt in het feit dat de richtgetallen doorgaans betrekking hebben op alleen de ontwatering zonder kosten voor de voorgeschakelde indikking. Bovendien zijn doorgaans geen kosten voor defosfatering opgenomen.

5. Conclusies praktijkonderzoek slibontwatering

De belangrijkste conclusies ten aanzien van de resultaten van de slibontwateringsproef op de rwzi Rhenen zijn:
- directe ontwatering van surplusslib uit de slibretourstroom is mogelijk; bij stabiel en variërend ingaand droge-stofgehalte wordt een constant ontwateringsresultaat bereikt en gehandhaafd;
- onder praktijkcondities bedraagt het gemiddelde einddroge-stofgehalte van het ontwaterde slib van beide decanteercentrifuges circa 21 à 24%. De specifieke pe-dosering bedraagt bij deze ontwateringspercentages circa 9 à 10 g/kg ds, waarbij een afscheidingsrendement van 92 tot 99% wordt gerealiseerd;
- bij lage droge-stofgehaltes van de ingaande slibstroom is het ontwateringsresultaat afhankelijk van de hydraulische belasting van de decanteercentrifuges. Voor beide decanteercentrifuges geldt dat bij circa 60% van de opgegeven maximale hydraulische belasting hoge einddrogestofgehaltes worden bereikt. Een hogere hydraulische belasting resulteert in een sterke daling van het ontwateringsresultaat;
- bij de directe ontwatering van surplusslib treedt geen of slechts een zeer geringe fosfaatafgifte op.

Uit de resultaten van het praktijkonderzoek blijkt dat de directe ontwatering door decanteercentrifuges voldoende perspectief biedt voor verdere ontwikkeling en toepassing bij zuiveringsystemen waarbij een snelle (aërobe) slibverwerking vereist is. Door on-line meting van het droge-stofgehalte van de ingaande slibstroom kan de werking van decanteercentrifuges en de specifieke pe-dosering worden geoptimaliseerd. Naar verwachting zal hierdoor een verbetering van het ontwateringsresultaat worden bewerkstelligd.
Uit de kostenbeschouwing blijkt dat voor kleinere zuiveringen (35.000 i.e.) met biologische defosfatering in de hoofdstroom de directe ontwatering met een decanteercentrifuge financieel aantrekkelijk kan zijn. Bij de grotere zuiveringen (200.000 i.e.) zijn uit financieel oogpunt andere indik- en ontwateringsvarianten te prefereren.

Literatuur

1. Witteveen+Bos (1992). *Resultaten van batchexperimenten ten behoeve van pilot-plan onderzoek op de rwzi Ede, Arnhem-Nieuwgraaf en Venlo.* NVA-symposium: Fosfaatverwijdering uit afvalwater.
2. Nijboer, W. J. M. en Schijn, P. F. T. (1992). *Directe ontwatering kan fosfaatafgifte voorkomen.* H_2O (25) 1992, blz. 350-351.
3. Witteveen+Bos (1989). *Slibstrategieplan voor het Hoogheemraadschap van Rijnland.*

● ● ●