

Vergelijking van verschillende mechanische slibontwateringsmethoden op de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Utrecht

1. Inleiding

De rioolwaterzuiveringsinstallatie te Utrecht bestaat, voor wat het zuiveringsproces betreft, uit een mechanische voorzuivering, een biologische zuivering en een mechanische nazuivering.

Het bij de voorzuivering gewonnen slib, dat grotendeels bestaat uit primair slib, wordt uitgestort in een tweetraps gisting, bestaande uit een verwarmde voorgisting en een niet verwarmde nagisting, die voornamelijk als indikker dienst doet.

De droging van het uitgestorte slib vindt plaats op 166 slibdroogbedden, met een totale oppervlakte van ruim 4 ha. Het gedroogde slib wordt via een aannemer verwerkt tot compost en daarna grotendeels gebruikt voor de Utrechtse plantsoenen.

De bestaande installatie is ontworpen voor het zuiveren van het huishoudelijk afvalwater van ongeveer 310.000 inwoners, alsmede een hoeveelheid industrieel afvalwater met een vervuiling overeenkomend met die van ongeveer 90.000 inwoners, derhalve in totaal dus rond 400.000 inwonerequivalenten (i.e.). Deze belasting is nu vrijwel bereikt en wordt een enkele maal overschreden.

Er wordt in de komende jaren een toename van de belasting verwacht tot 450.000 i.e., mogelijk zelfs tot 500.000 i.e. Een uitbreiding van de installatie is dan ook noodzakelijk. Plannen hiertoe zijn in voorbereiding.

De hoeveelheid uitgestort slib bedraagt thans circa 40.000 m³ per jaar met een droge stofgehalte van 5 %. Bij deze slibhoeveelheid is de beschikbare oppervlakte slibdroogvelden meestal nog voldoende. Bij de te verwachten stijging van de slibproductie zal moeten worden uitgezien naar een andere wijze van slibontwatering aangezien de uitbreidingsmogelijkheden voor de droogvelden op het beschikbare terrein voor een verdere toekomst onvoldoende zijn. Bovendien zijn de investeringskosten voor nieuwe droogvelden hoog, terwijl de ontruimingskosten sterk toenemen door de steeds stijgende lonen. De exploitatiekosten van de droogvelden — zonder rente en afschrijving — zijn voor 1973 geraamd op circa f 3,— per m³ slib. De gedachten voor de toekomst gaan dan ook uit naar een mechanische slibontwateringsinstallatie. In verband hiermee zijn in de periode oktober 1971-oktober 1972 proeven gedaan met een aantal mechanische slibontwateringsapparaten, t.w.:

- een kamerfilterpers;
- een vacuümbandfilter;
- een decanteercentrifuge;
- een zeefbandpers.

Bij deze slibontwateringsmethoden is het noodzakelijk om het slib hetzij chemisch, hetzij thermisch te conditioneren, d.w.z. in filtreerbare toestand te brengen.

Bij dit onderzoek is alleen gebruik gemaakt van chemische conditionering. De gebruikte flocculanten kunnen worden onderscheiden in anorganische stoffen (kalk en ijzer- of aluminiumzouten) en organische stoffen (polymeren). Alleen de voornaamste resultaten van de proeven zullen in dit artikel worden vermeld. Bovendien zal er een kostenvergelijking worden gegeven op basis van de door een aantal leveranciers van slibontwateringsapparatuur gemaakte offertes. Deze offertes zijn gebaseerd op een maximale slibhoeveelheid van 80.000 m³ per jaar met een droge stofgehalte van 5 %, die verwerkt moet worden in 300 dagen. Bij deze

slibhoeveelheid is mede gedacht aan fosfaatverwijdering. Er is bij de berekeningen onderscheid gemaakt tussen een 16-urige en een 24-urige werkdag.

Verder kunnen ten aanzien van de kostenberekeningen nog de volgende opmerkingen gemaakt worden:

- de prijzen zijn gegeven per eind 1972;
- de afschrijvingsperiode voor de mechanische/elektrische installatie is gesteld op 20 jaar tegen 8 % rente;
- de afschrijvingsperiode voor gebouwen is gesteld op 40 jaar tegen 8 % rente;
- in de kosten voor gebouwen zijn begrepen de kosten van de noodzakelijke wegen, ophogingen, rioleringen, e.d.;
- de onderhoudskosten van de gebouwen zijn gesteld op 1 % van de investering;
- de bedieningskosten zijn niet in de berekening opgenomen, aangezien inpassing van de bediening in de bestaande diensten mogelijk is. Als algemene indicatie kan worden uitgegaan van een bedieningstijd van enkele uren per dag.

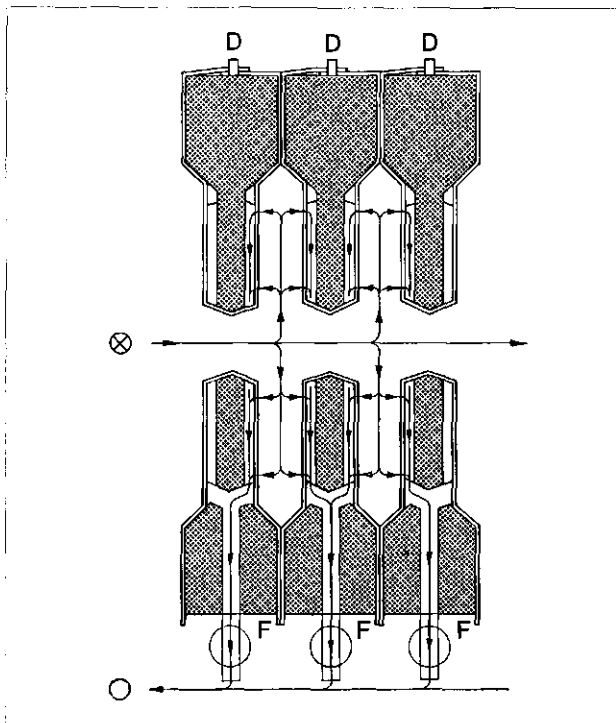
2. Kamerfilterpers

De kamers van een kamerfilterpers worden gevormd door een aantal platen, die hydraulisch tegen elkaar gedrukt worden (Afb. 1).

De werking van de pers is als volgt:

Met behulp van een pomp wordt geconditioneerd slib in de kamers gebracht, waarbij het filtraat weg kan lopen door tussen de platen aangebrachte filterdoeken. Deze doeken zijn veelal van kunststof vervaardigd. Naarmate de indikking

Afb. 1 - Doorsnede door een aantal kamers van een kamerfilterpers.



toeneemt stijgt de koekweerstand, waardoor de filtratiesnelheid zal afnemen. Bij een zekere minimale waarde van de filtratiesnelheid wordt de pomp gestopt, de pers geopend en de koeken vallen in een bak of op een transportband. Daarna kan het proces opnieuw beginnen. De perscyclus kan geheel geautomatiseerd worden. Alleen bij het lossen is toezicht nodig. Het is belangrijk, dat de koeken na het openen van de pers gemakkelijk van het filterdoek loslaten en dat de filterdoeken weinig vervuilen.

De proeven zijn uitgevoerd met een kleine kamerfilterpers (merk Schule), die door het Technisch Handelsbureau A. H. K. van Vloten NV te Utrecht in bruikleen was afgestaan.

De gebruikte pers bestaat uit 2 kamers met afmetingen van 250 x 250 mm. In de praktijk wordt gewerkt met kameraantallen tot 100 en plaatafmetingen tot 1,5 x 1,5 m. Het totale filteroppervlak was 0,18 m², de totale vulinhoud 2,5 l en de koekdikte 30 mm. De maximale filtratiedruk was 12 ato. Het vullen van de pers geschiedde met behulp van een drukvat, dat aangesloten was op een perslucht-cylinder. Als flocculanten zijn toegepast kalk en ferrichloride, alsmede enkele soorten polymeren. In de praktijk is conditionering met kalk en ijzervrouwen het meest gebruikelijk.

In verband met de bezwaren, die de aanzienlijke hoeveelheden kalk en ijzervrouwen opleveren bij de compostgebruikers, zijn echter ook proeven met polymeren uitgevoerd. De voornaamste resultaten van de proeven met de kamerfilterpers waren:

- bij toevoeging van 100 g FeCl₃ en 250 g Ca (OH)₂ per kg droge stof werden droge stofgehalten in de koek bereikt van circa 40 %;
- bij toevoeging van het polymeer Hercofloc 829.3 werden droge stofgehalten bereikt van circa 31 %, bij een dosering van circa 2,5 g Hercofloc per kg droge stof;
- bij toevoeging van 2,5 g per kg droge stof van het polymeer Praestol 444K werden droge stofgehalten bereikt van 26 %. Een hogere dosering nl. 3,5 - 4 g per kg droge stof gaf een koek met 35 - 40 % droge stof;
- het filtraat was steeds helder;
- het lossen van de koek was bij conditionering met kalk en ferrichloride beter dan bij conditionering met polymeren. Bij het gebruik van polymeren is er een sterkere neiging tot doekvervuiling. Dit kan bezwaren opleveren bij een automatisch werkende installatie.

Proeven op grotere schaal om conditionering met polymeren nader te bekijken worden uitgevoerd in samenwerking met de machinefabriek Holland BV te Bergen op Zoom. De eerste proeven met het polymeer Hercofloc 829.3 hebben aangetoond, dat er bij een dosering van 2,5 g per kg droge stof koeken kunnen worden verkregen met een droge stofgehalte van circa 35 %. Procestechnisch zijn er echter nog diverse moeilijkheden te overwinnen.

In de kostenberekening is dan ook uitgegaan van conditionering met kalk en ferrichloride (tabel I). De dosering en menging geschiedt in een gesloten systeem. De prijzen van de chemicaliën zijn: kalk f 50,— per ton, FeCl₃ f 500,— per ton. Hierbij kan nog vermeld worden, dat er proeven gaande zijn FeCl₂ te gebruiken, dat als afval bij het beitsen van metalen vrijkomt. Na oxydatie van ferrochloride tot ferrichloride is dit afvalprodukt mogelijk een bruikbaar flocculant. De chemicaliënkosten zouden hiermee beduidend kunnen dalen (in de orde van grootte van 60 %).

Voor het 24-uursbedrijf is er in de offerte 1 filterpers aangeboden met 91 kamers en platenafmetingen van 1,2 x 1,2 m. Voor het 16-uursbedrijf zijn er 2 persen aangeboden met 70 kamers en platenafmetingen van 1,2 x 1,2 m.

De onderhoudskosten zijn gesteld op 7 % van de investering, waarbij nog de noodzakelijke filterdoekvervangingen komen.

3. Vacuümbandfilter

Voor een beschrijving van het vacuümbandfilter wordt verwezen naar literatuur 1.

TABEL I - Kostenberekening kamerfilterpers.

Investeringskosten	24-uursbedrijf	16-uursbedrijf
Mech./elektr. deel	f 383.200,—	f 544.400,—
Gebouw	„ 300.000,—	„ 330.000,—
	f 683.200,—	f 874.400,—
Per m ³ nat slib	„ 8,54	„ 10,93
Per ton droge stof	„ 170,80	„ 218,60
Jaarlijkse kosten		
Rente/afschrijving mech./elektr. deel	f 39.000,—	f 55.500,—
Rente/afschr. gebouw	„ 25.140,—	„ 27.650,—
Onderhoud mech./elektr. deel (incl. doeken)	„ 30.000,—	„ 52.000,—
Onderhoud gebouw	„ 3.000,—	„ 3.300,—
Energie 69.000 kWh à f 0,08	„ 5.520,—	„ 5.520,—
Chemicaliën	„ 250.000,—	„ 250.000,—
	f 352.660,—	f 393.970,—
Per m ³ nat slib	„ 4,41	„ 4,92
Per ton droge stof	„ 88,17	„ 98,49

De proeven zijn uitgevoerd in samenwerking met de fabrikant van het filter, de machinefabriek Pannevis BV te Utrecht.

De effectieve bandafmetingen van het proeffilter waren: 0,4 m breed en 2,8 m lang, d.w.z. een filtratie-oppervlakte van 1,12 m². In de praktijk hebben de filters een bandbreedte van 1 of 2 m en lengten van 5 tot 20 m, d.w.z. filtratie-oppervlakten van 5 tot 40 m².

Het slib is geconditioneerd met een aantal verschillende polymeren. Er is gewerkt met kunststof filterdoeken van verschillende maaswijdte.

De voornaamste resultaten waren als volgt:

- de verschillende gebruikte polymeren gaven wat betreft droge stofgehalten in de koek vergelijkbare resultaten. Hierbij was van het polymeer Hercofloc 829.3 de geringste hoeveelheid nodig. Bij een dosering van 2 - 2,5 g Hercofloc per kg droge stof werd een steekvaste koek van 18 - 21 % bereikt. Het filtraat had een droge stofgehalte van 0,05 %, het rendement was groter dan 97 %;
 - de capaciteit was 0,4 m³ nat slib per m² filteroppervlak per uur;
 - ten aanzien van de doeken kan opgemerkt worden, dat een glad doek met niet te kleine maaswijdte (circa 200 μ) het gunstigste is;
 - belangrijk voor een goede werking van het apparaat is een regelmatige verdeling van het geconditioneerde slib over de gehele bandbreedte. De laagdikte aan het eind van de band moet gering zijn (5 - 10 mm). De aanwezige meng- en verdeelinrichting was nog niet geheel bevredigend.
- De kostenberekening is samengevat in tabel II.

TABEL II - Kostenberekening vacuümbandfilter.

Investeringskosten	24-uursbedrijf	16-uursbedrijf
Mech./elektr. deel	f 593.000,—	f 693.000,—
Gebouw	„ 400.000,—	„ 520.000,—
	f 993.000,—	„ 1213.000,—
Per m ³ nat slib	„ 12,41	„ 15,16
Per ton droge stof	„ 248,25	„ 303,25
Jaarlijkse kosten		
Rente/afschrijving mech./elektr. deel	f 60.400,—	f 70.600,—
Rente/afschr. gebouw	„ 33.520,—	„ 43.580,—
Onderhoud mech./elektr. deel (incl. doeken)	„ 19.000,—	„ 23.060,—
Onderhoud gebouw	„ 4.000,—	„ 5.200,—
Energie (f 0,08 per kWh)	„ 53.760,—	„ 55.680,—
Chemicaliën (2,4 g/kg droge stof)	„ 117.120,—	„ 117.120,—
	f 287.800,—	f 315.240,—
Per m ³ nat slib	„ 3,60	„ 3,94
Per ton droge stof	„ 71,95	„ 78,81

Voor het 24-uursbedrijf zijn 2 filters aangeboden met afmetingen 2 x 9,8 m, voor het 16-uursbedrijf 2 filters met afmetingen 2 x 14 m.

De prijs van het Hercofloc 829.3 bedraagt bij een afname van 1000 kg f 12,20 per kg.

Het energieverbruik is gesteld op 8,4 kWh/m³ bij het 24-uursbedrijf en 8,7 kWh/m³ bij het 16-uursbedrijf.

Onderhoudskosten: 2 % van de investering, waarbij nog vervanging van de filterdoppen komt.

4. Decanteercentrifuge

Voor een beschrijving van de decanteercentrifuge wordt verwezen naar literatuur 2, 3 en 4.

De proeven zijn uitgevoerd met een Flottweg decanteercentrifuge (type Z3L), in samenwerking met de Nederlandse vertegenwoordiger, de firma Aardse te Haarlem. Het type Z3L is de op één na grootste machine uit het leveringsprogramma van Flottweg.

In plaats van type Z3L is er een nieuw type op de markt verschenen, nl. type Z34-4/053. Deze machine heeft ongeveer dezelfde capaciteit als type Z3L, maar is goedkoper. De verschillen met type Z3L zijn:

- de lengte/diameter verhouding is 1 : 4, bij type Z3L is deze 1 : 3;
- het materiaal is staal, aan de buitenkant behandeld met kunsthars. Bij het type Z3L is de uitvoering in roestvrij staal V4A.

De kostenberekening is gebaseerd op het type Z34-4/053. Bij de proeven zijn 5 verschillende polymeren getest. Van deze polymeren gaf het Hercofloc 829.3 de gunstigste resultaten. De polymeren Nalco 610, Sedipur SC 9228 en Praestol 444 K gaven vergelijkbare droge stofgehalten, echter bij hogere doseringen.

De resultaten waren: bij dosering van 2,5 g Hercofloc 829.3 per kg droge stof:

- droge stofgehalte slibkoek 20 - 23 %;
- droge stofgehalte centrifugaat minder dan 0,04 %;
- rendement groter dan 99,4 %;
- capaciteit 6 - 7 m³ nat slib/uur.

Het toerental van de machine was 2000 omw./min., het differentiaaltoerental (verschil in toerental van worm en trommel) 10 - 11 omw./min.

De kostenberekening is samengevat in tabel III.

Bij het 24-uursbedrijf is uitgegaan van 2 machines en bij het 16-uursbedrijf van 3 machines (type Z34-4/053).

Het energieverbruik is 1,5 kWh/m³ slib, de onderhoudskosten zijn f 1,20 per bedrijfsuur per machine (incl. wormrevisie).

TABEL III - Kostenberekening decanteercentrifuge.

Investeringskosten	24-uursbedrijf	16-uursbedrijf
Mech./elektr. deel	f 234.100,—	f 334.500,—
Gebouw	„ 150.000,—	„ 200.000,—
	f 384.100,—	f 534.500,—
Per m ³ nat slib	„ 4,80	„ 6,68
Per ton droge stof	„ 96,03	„ 133,63
Jaarlijkse kosten		
Rente/afschrijving		
mech./elektr. deel	f 23.850,—	f 34.090,—
Rente/afschrijving gebouw	„ 12.570,—	„ 16.760,—
Onderhoud mech./elektr. deel	„ 17.820,—	„ 17.820,—
Onderhoud gebouw	„ 1.500,—	„ 2.000,—
Energie (f 0,08/kWh)	„ 8.960,—	„ 8.960,—
Chemicaliën (2,4 g/kg droge stof)	„ 117.200,—	„ 117.200,—
	f 181.900,—	f 196.830,—
Per m ³ nat slib	„ 2,27	„ 2,46
Per ton droge stof	„ 45,48	„ 49,21

5. Zeefbandpers

Voor een beschrijving van de zeefbandpers wordt verwezen naar literatuur 5 en 6.

De proeven met de Klein zeefbandpers zijn uitgevoerd door de Nederlandse vertegenwoordiger, het ingenieursbureau Conhag BV te Berkel en Rodenrijs.

Er is een zeefbandpers type 5/3 gebruikt, d.w.z. een zeefband met een actieve breedte van 0,5 m en een actieve lengte van 3 m, derhalve een filteroppervlakte van 1,5 m². De overige leverbare types zijn: 10/3, 15/3, 5/30, 10/30, 15/35 en 20/40. De laatste 4 types onderscheiden zich van de overige persen, doordat de persband is vervangen door een tweede zeefband. Slib en flocculant worden boven op deze band toegevoerd en daar onder invloed van de zwaartekracht voorontwaterd. Het voordeel hiervan is, dat de perszone tussen de banden effectiever gebruikt kan worden.

De slibtoevoer wordt beperkt door de bandbreedte in combinatie met de bandsnelheid. Bij te grote slibtoevoer wordt het slib zijdelings tussen de banden weggeperst. Er zijn een aantal polymeren gebruikt voor de uitvloeking van het slib. Wat betreft de dosering van de polymeren was er een vrij duidelijke optimale waarde.

Een geringere dosering geeft direct een veel slechtere ontwatering, terwijl een dosering boven de optimale waarde geen zin heeft. Van de polymeren gaf het Hercofloc 829.3 de gunstigste resultaten.

De resultaten waren bij dosering van 2,4 g Hercofloc 829.3 per kg droge stof:

- droge stofgehalte slibkoek 25 - 28 %;
- droge stofgehalte filtraat en spoelwater circa 0,008 %;
- rendement 99,7 %;
- capaciteit 0,62 m³ nat slib/m²/h;
- variatie van bandsnelheid of persdruk, binnen zekere grenzen, had weinig invloed op de resultaten.

De bandsnelheid is gevarieerd tussen 1 en 2 m/min.

De kostenberekening is samengevat in tabel 4.

Voor het 24-uursbedrijf is aangeboden 1 zeefbandpers type 20/40, voor het 16-uursbedrijf 2 zeefbandpersen type 20/40. De polymereoplosinstallatie werkt automatisch. Het energieverbruik is 1 kWh/m³.

De onderhoudskosten zijn gesteld op 2 % van de investering, waarbij nog vervanging van de zeefbanden komt.

TABEL IV - Kostenberekening zeefbandpers

Investeringskosten	24-uursbedrijf	16-uursbedrijf
Mech./elektr. deel	f 226.500,—	f 398.900,—
Gebouw	„ 150.000,—	„ 200.000,—
	f 376.500,—	f 598.900,—
Per m ³ nat slib	„ 4,71	„ 7,49
Per ton droge stof	„ 94,13	„ 149,73
Jaarlijkse kosten		
Rente/afschrijving		
mech. elektr. deel	f 23.100,—	f 40.600,—
Rente/afschrijving gebouw	„ 12.570,—	„ 16.760,—
Onderhoud mech./elektr. deel	„ 4.530,—	„ 7.980,—
Vervanging zeefbanden	„ 11.600,—	„ 23.200,—
Onderhoud gebouw	„ 1.500,—	„ 2.000,—
Energie (f 0,08/kWh)	„ 6.400,—	„ 6.400,—
Chemicaliën (2,4 g/kg droge stof)	„ 117.120,—	„ 117.120,—
	f 176.820,—	f 214.060,—
Per m ³ nat slib	„ 2,21	„ 2,68
Per ton droge stof	„ 44,21	„ 53,52

6. Slotbeschouwing

Proeven met een kamerfilterpers, een vacuümbandfilter, een decanteercentrifuge en een zeefbandpers hebben aangetoond, dat al deze apparaten bruikbaar zijn voor de mechanische ontwatering van het uitgegiste slib van de Utrechtse rioolwaterzuiveringsinstallatie.

De kamerfilterpers levert de droogste slibkoek, zowel bij conditionering met ferrichloride + kalk als met polymeren, nl. 30-40 % droge stof. Procestechnisch verdient ferrichloride + kalk de voorkeur boven de polymeren in verband met de betere koeklossing en de geringere doekvervuiling. Bij verwerking van de slibkoek tot compost kunnen de aanzienlijke ijzer- en kalkhoeveelheden bezwaren geven. Bij de overige apparaten werd het slib geconditioneerd met polymeren. Hierbij was een dosering van circa 2,5 g Hercocfloc 829.3 per kg droge stof voldoende.

Er werd steeds een steekvaste koek geproduceerd, waarbij de zeefbandpers het hoogste droge stofgehalte gaf: 25-28 %. Het filtraat/centrifugaat was goed, nl. minder dan 0,05 %. Bij vergelijking van de kostenberekeningen blijkt, dat de kamerfilterpers de hoogste jaarlijkse kosten heeft. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de hoge chemicaliënkosten (ruim het dubbele van de overige apparaten).

Gebruik van ijzerverbindingen, die vrijkomen bij het beitsen van metalen of gebruik van polymeren zouden mogelijke oplossingen zijn om de jaarlijkse kosten te verlagen. Bij het gebruik van polymeren dient echter aangetekend te worden, dat er nog verschillende proces-technische bezwaren bestaan. De hogere kosten zouden bij de verdere verwerking van de — drogere — slibkoek ten dele gecompenseerd kunnen worden (bij droging minder water te verdampen, bij dumping minder slib te transporteren).

De kosten van het vacuümbandfilter zijn hoog ten opzichte van de decanteercentrifuge en de zeefbandpers, waarbij de hoge energiekosten van het vacuümbandfilter opvallen.

Resumerend kan worden gesteld, dat de zeefbandpers en de decanteercentrifuge de laagste jaarlijkse kosten geven, terwijl de kamerfilterpers interessant wordt als men erin slaagt de flocculantkosten drastisch te verlagen.

Zoals reeds in het begin van dit artikel werd medegedeeld, zijn de proeven uitgevoerd met uitgestist slib, bestaande uit primair slib en iets humusslib van de oxydatiebedden en niet zonder meer vergelijkbaar met andere slibsoorten.

Met dank aan ir. C. J. Lambregts, chef van de rioolwaterzuiveringsinstallatie te Utrecht, voor zijn waardevolle adviezen.

Literatuur

1. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van, *Slibontwatering met een vacuümbandfilter*. H₂O 5 (1972), nr. 2, p. 31.
2. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van, *Slibontwatering door centrifugeren*. H₂O 3 (1970), nr. 2, p. 22.
3. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van, *Slibontwatering door centrifugeren bij verlaagd toerental*. H₂O 3 (1970), nr. 23, p. 612.
4. Onstwedder, H., Pepping, R., Man, A. de, *Toepassingsmogelijkheden van centrifuges voor het ontwateren van aeroob gemineraliseerd slib*. H₂O 3 (1970), nr. 19, p. 460.
5. Karper, R., Melick, L. van, Zanten, G. D. van, *Slibontwatering met een zeefbandpers*. H₂O 3 (1970), nr. 20, p. 492.
6. Man, A. de, Pepping, R., *Ontwatering van aeroob gemineraliseerd slib met behulp van een zeefbandpers*. H₂O 4 (1971), nr. 15, p. 328.