

1981-01_overbelasting-nabezinktanks-polyelectrolieten

stora

Overbelasting van nabezinktanks

Voorkoming van slibverlies met polyelectrolieten

81-1



postbus 414, 2280 AK Rijswijk Z.H. ☎ 070 - 980.287 stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Overbelasting van nabezinktanks

Voorkoming van slibverlies met polyelectrolieten

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

	INHOUD	I
	Ten geleide	III
1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	3 - 4
3	POLYMEERKEUZE	5 - 7
3.1	Achtergrond	5
3.2	Resultaten	6 - 7
4	OPZET VAN DE PROEVEN	8 - 9
4.1	Proefopstelling	8
4.2	Beschrijving van de proeven	8 - 9
4.3	Metingen en analyses	9
5	RESULTATEN	10 - 26
5.1	Algemeen	10 - 14
5.2	De aanvoerconcentratie G_a	15
5.3	De retourslibconcentratie G_{rs}	15
5.4	Slibbuffering in de nabezinktank	15 - 16
5.5	De slibvolumebelasting, de slibvolume-index en hun invloed op de slibspiegelstijgsnelheid	16 - 19
5.6	Slibprofielen	19 - 23
5.7	Verstoring van de slibspiegel bij de inlooptrommel	23 - 24
5.8	Menging	24 - 25
5.9	Invloed van het polymeer op de bezinkingseigenschappen van slib in de beluchtingsruimte	25
6	POLYMEERDOSEERINRICHTING	26
7	KOSTEN	27 - 28
7.1	Investeringen	27
7.2	Polymeerkosten	27 - 28
8	CONCLUSIES	29
9	SYMBOLEN	30
10	LITERATUUR	31

Ten geleide

Dit onderzoek heeft plaatsgevonden in het kader van het STORA-project "Hydraulische en technologische aspecten van het procesgebeuren in nabezinktanks".

Dit onderdeel werd uitgevoerd door DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V. (projectleider ir. C.C.M. Trentelman), terwijl verder aan onderzoek en experimenten medewerking werd verleend door de Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant en de beheerder van de rioolwaterzuiveringsinrichting te Oss.

Bij de uitvoering van deze opdracht werd DHV namens de STORA begeleid door ir. E.L.C. Koster (voorzitter), ir. A.H. Dirkzwager, ir. J. Ebbenhorst, ir. L.J.T. de Vreede en ir. T.W.M. Wouda.

Rijswijk, mei 1981.

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

SAMENVATTING

Aan een nabezinktank van de rioolwaterzuiveringsinrichting te Oss is een aantal proeven uitgevoerd om de bruikbaarheid te testen van een tijdelijke dosering van vloeibare polymeren in de aanvoerstroam van de nabezinktank ter voorkoming van sliboverstortingen bij rwa-condities ($1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$).

Het blijkt mogelijk te zijn om met een polymeerdosering van 2,6 - 3,0 mg/l de stijging van de slibspiegel zodanig te vertragen, dat, althans voor de duur van de experimenten, geen slib over de overstortrand gaat in die gevallen, waarin dit zonder polymeerdosering wel het geval zou zijn.

Het is gebleken, dat toepassing van polymeren de slibvolume-index en de slibvolumebelasting verlaagt en daarmee de stijgsnelheid van de slibspiegel.

Het doseren van polymeren heeft nauwelijks invloed op de snelheid, waarmee zich een nieuw evenwicht instelt na verstoring van het evenwicht in slibaanvoer, slibbuffering en slibretour van de nabezinktank.

Bestudering van de slibprofielen heeft aangetoond, dat het accent bij de buffering van slib in de nabezinktank bij toepassing van polymeren verschuift van buffering door toenemende hoogte van de bufferzone naar toenemende drogestofconcentratie in de bufferzone. Dit effect wordt sterker naarmate de concentratie van de polymeren toeneemt.

De kosten, verbonden aan de toepassing van vloeibare polymeren ter voorkoming van sliboverstortingen bij rwa, zijn geschat op f 0,20 tot f 0,40 per inwonerequivalent per jaar. De kosten voor aanschaf van een doseerinrichting zijn laag.

Uit de STORA-enquête betreffende de werking van nabezinktanks, gehouden in het kader van het STORA-project 4.12. "Hydraulische en technologische aspecten van nabezinktanks"^{4,5,6} is gebleken, dat bij rwa nabezinktanks van een aantal rioolwaterzuiveringsinrichtingen zodanig worden belast, dat sliboverstorting naar het effluent plaats heeft. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in de slechte bezinkingseigenschappen van het actieve slib, de grootte van het aanvoerdebiet en de ontwerpbelasting.

In het verleden zijn door Thomanetz en Bardtke⁸ proeven gedaan met het doseren van flocculanten in de slibstroom tussen aëratietank en nabezinktank om de bezinkingseigenschappen te verbeteren. In dit onderzoek is gebleken, dat vanaf een polymeerdosering van 1 mg/l slib de slibindex aanmerkelijk daalt, terwijl de slibindex van slib in de aëratieruimte onveranderd blijft. De proeven zijn gedaan met Praestol 444K, 434K en 423K.

Proeven op de rwzi te Oude Schild door Bakker¹ ter bestrijding van licht slib hebben eveneens aangetoond, dat de slibindex bijna direct daalt. Hier is gebruik gemaakt van Praestol A751.

Dergelijke proeven met gelijkloidend resultaat zijn gedaan door Singer et al.⁷ met Purifloc 501, 601 en 602.

Benedek et al.² hebben poly-electrolieten gebruikt voor de bestrijding van overbelasting van nabezinktanks, ontstaan na het overgaan op defosfateren met metaalzouten. Gebruikt zijn Percol 728, 730 en Purifloc A23. Ook hier kon voorkomen worden dat slib over de rand van de nabezinktank stortte.

In Nederland is de situatie zo, dat in de meeste gevallen, waarin sliboverstorting plaats heeft, dit slechts bij rwa gebeurt.

De duur van de regenweeraanvoer naar de zuiveringsinrichting is slechts kort ten opzichte van de totale tijd, waarin de zuiveringsinrichting belast wordt. Daarom is het onnodig om continu polymeren te doseren in de slibstroom naar de nabezinktank. Doseren, wanneer overbelasting dreigt bij rwa, zou dan voldoende moeten zijn om sliboverstortingen te voorkomen.

Het doel van het onderhavige onderzoek is een antwoord te geven op de vraag, of en in welke mate het mogelijk is om door beperkte toepassing van polymeren de bezinkeigenschappen van slib zodanig te verbeteren, dat bij rwa de capaciteit van bestaande nabezinktanks zo wordt vergroot, dat geen sliboverstorting optreedt.

Dit principe kan in het volgende systeem worden vervat.

Men laat bij rwa de slibspiegel in de nabezinktank tot een bepaalde hoogte stijgen. Bij deze hoogte begint men polymeer te doseren met het doel de slibspiegelstijging in korte tijd te stoppen. Wanneer de aanvoer afneemt wordt de polymeerdosering gestopt.

Het onderzoek aan een dergelijk systeem wordt in dit rapport beschreven.

Tegelijkertijd wordt nagegaan welke grootheden hierbij een rol spelen en wat hun invloed is. Verder zal er richting gegeven worden aan vermoedelijke bedrijfsvoering en zal een schatting van de economische gevolgen gemaakt worden.

Aan de hand van bezinkproeven is eerst uit een aantal polymeren één polymeer gekozen voor experimenten op praktijkschaal. Daarna zijn praktijkexperimenten uitgevoerd op de rwzi Oss. Van deze inrichting was uit eerder onderzoek bekend, dat bij bepaalde belastingen sliboverstorting optreedt⁶.

Naar aanleiding van de in het conceptrapport beschreven proeven zijn op de rwzi Den Bosch experimenten gedaan met de dosering van polymeren aan de slibstroom naar de nabezinktank. Deze experimenten hadden een goed resultaat.

3 POLYMEERKEUZE

3.1 Achtergrond

Bij de keuze van de soort polymeer moet in ogenschouw worden genomen dat het polymeer onmiddellijk inzetbaar moet zijn en zeer goed en snel in water oplost.

Verder diende voor dit onderzoek de apparatuur zo eenvoudig mogelijk te zijn. Daarom verdienen vloeibare polymeren de voorkeur boven poedervormige of geëmulgeerde polymeren, die een zekere oplostijd of rijpingstijd vereisen.

Voor een snelle verkenning van de invloed van de polymeerdoseringen op de bezinkingseigenschappen van actiefslib is voor elk van die polymeren waaruit een keuze gemaakt wordt, middels bezinkproeven, het effect van de dosering op de onverdunde slibvolume-index gemeten. De indices zijn bepaald bij doseringen van 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 en 3,0 mg/l van monsters uit de aanvoer van de nabezinktank van de rwzi Oss. De concentraties worden hier gegeven in mg werkzame bestanddelen per liter slibstroom.

De concentratie van de doseeroplossing is 0,05%.

De doseeroplossing werd in de maatcilinder gepipetteerd. Hierna werd slib toegevoegd. Na 1 minuut roeren werd de bezinkproef gestart. De proeven zijn ter plaatse en op dezelfde dag uitgevoerd. De gebruikte polymeren staan vermeld in tabel 1.

Vanwege het feit dat te Oss een gerijpte oplossing van Praestol 423K aanwezig was ten behoeve van de slibontwatering, is ook dit polymeer in de test meegenomen.

handelsnaam	fabrikant
Delfloc 63C9	Hercules
Flocal 3FLC	Hercules
Nalco N635C	Nalco Chemical
Praestol 185K	Stockhausen/Bayer
Purifloc C40	Dow Chemical
Sedipur CL930	BASF

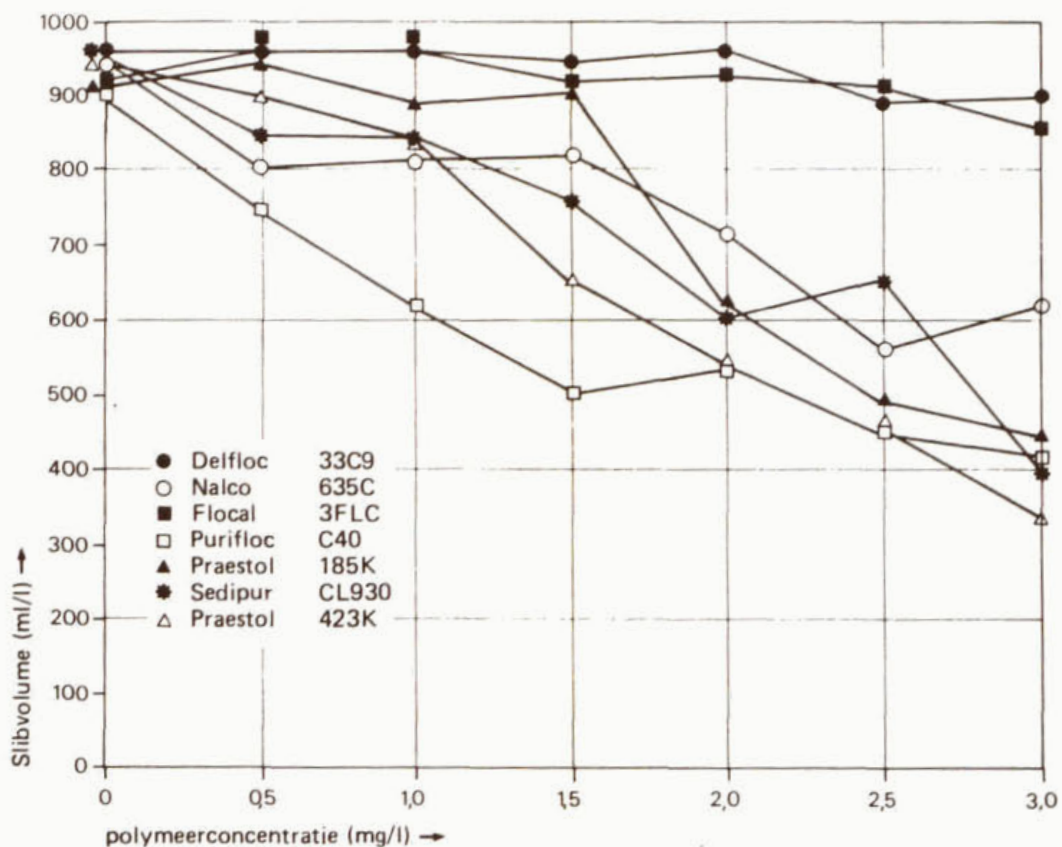
Tabel 1. Geteste vloeibare polymeren

Er moet opgemerkt worden, dat invloed van de polymeren op de bezinkingseigenschappen van het slib bij deze proeven in maatcilinders volledig kan verschillen van de invloed onder praktijkomstandigheden in nabezinktanks. Het polymeer dat hier de beste resultaten geeft hoeft dat in de praktijk dus niet te doen. Het testen van de polymeren op dergelijke schaal was voor dit onderzoek echter te omvangrijk. Voor toepassing in de praktijk zal dus per installatie de keuze van het polymeer moeten worden gedaan op basis van een testprogramma op praktijkschaal.

Het slibvolume na 10 minuten en na 30 minuten bezinken wordt als functie van de polymeerconcentratie gegeven in figuur 1, respectievelijk 2.

Daar tussen inlooptrommel en slibtrechter van de nabezinktank kortsluitstromen optreden, zijn er slibstromen, die slechts korte tijd in de nabezinktank verblijven ten opzichte van de gemiddelde verblijftijd van slib in de nabezinktank.

De 10 minuten bepaling is weergegeven om de invloed van de polymeren te laten zien bij deze slibstromen.



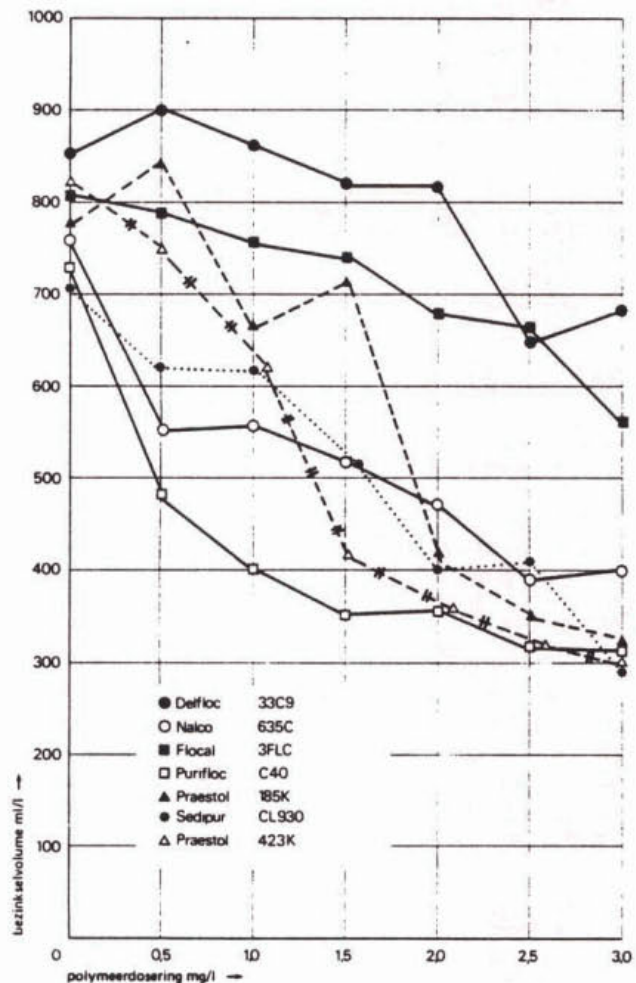
Figuur 1. Slibvolume na 10 minuten bezinken als functie van de polymeerconcentratie

Zowel na 10 minuten als na 30 minuten bezinking blijkt bij bijna alle toegepaste concentraties dosering van Purifloc C40 te resulteren in het kleinste slibvolume. De invloed op de slibvolume-index is evenredig, daar de proeven bij nagenoeg dezelfde drogestofconcentratie zijn gedaan. Tabel 2 laat dit zien.

polymeer	drogestofconcentratie in de aanvoer kg/m ³
Delfloc 63C9	2,85
Flocal 3FLC	2,86
Nalco N635C	2,72
Praestol 185	2,72
Purifloc C40	2,86
Sedipur CL930	2,77
Praestol 423K	2,64

Tabel 2. De gemeten drogestofconcentraties in de aanvoer

Bovenstaande experimenten hebben ertoe geleid, dat voor de proeven op praktijkschaal gekozen is voor het gebruik van Purifloc C40, dit ondanks de bezwaren die hierboven ten aanzien van de testmethode zijn genoemd.



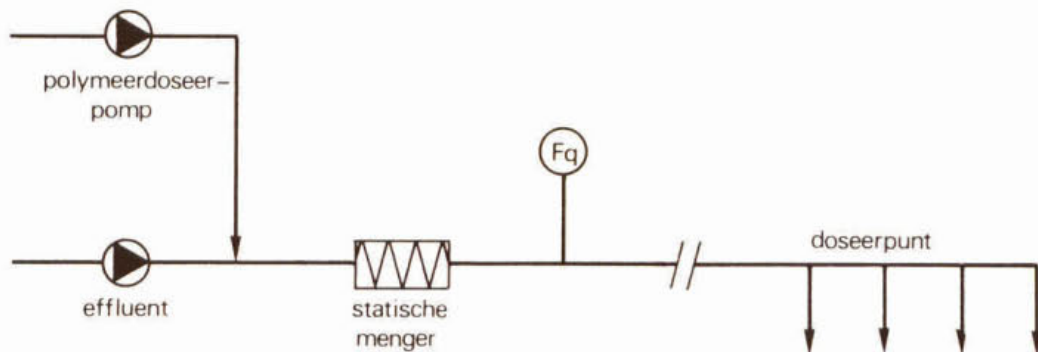
Figuur 2. Slibvolume na 30 minuten bezinken als functie van de polymeerconcentratie

4.1

Proefopstelling

Het polymeer wordt gedoseerd tussen de beluchtingsruimte en de nabezinktank. Een processchema van de proefopstelling wordt gegeven in figuur 3. Vanuit een voorraadvat wordt met behulp van een volumetrische lobbenpomp (Verpovol pd 11-20S) met een capaciteit van 10-200 l/h de onverdunde polymeeroplossing gedoseerd in een vloeistofstroom bestaande uit effluent. Het debiet daarvan wordt zo ingesteld, dat de polymeerconcentratie na de statische menger tussen 0,1 en 0,5% ligt. De doseerpunten bevinden zich 1 m boven de waterspiegel van de overstort naar de nabezinktank en zijn verdeeld over een afstand van 1 m.

Er wordt aangenomen, dat voldoende menging van het polymeer optreedt in de aanvoerleiding naar en de inlooptrommel van de nabezinktank.



Figuur 3. Processchema van de proefopstelling voor polymerdosering

4.2

Beschrijving van de proeven

De proeven zijn uitgevoerd aan een nabezinktank van de rwzi Oss. De rwzi Oss bestaat uit twee parallel geschakelde beluchtingstanks met voorbezinking. Elke straat bezit twee ronde nabezinktanks. Verdere gegevens staan vermeld in tabel 3.

beluchtingsruimte	gemeten slibbelasting inhoud per straat	0,075 kg BZV/kg ds.d 20.400 m ³
nabezinktank	diameter kantdiepte oppervlakte inhoud max. oppervlaktebelasting	41,8 m 2,0 m 1.370 m ² 3.540 m ³ 1 m ³ /(m ² .h)

Tabel 3. Procescondities te Oss⁶

In totaal zijn vier proefnemingen gedaan.

Tijdens de experimenten is de nabezinktank belast met 1375 m³/h, resulterend in de maximale belasting. Het slibretourdebiet is ingesteld op 850 m³/h.

Gestart wordt met een slibspiegelhoogte, die, zoals bij dwa-condities gebruikelijk, onder de kantdiepte ligt. Na instelling van het aanvoeren slibretourdebiet stijgt de slibspiegel. De slibspiegelhoogte wordt gemeten met een foto-elektrische sonde. Op het moment, dat de slibspiegel gestegen is tot 1,5 m diepte, wordt de polymeerdosering gestart. Daarna wordt de dosering niet meer veranderd. De gebruikte polymeerconcentraties zijn 1,3; 2,1; 2,6 en 3,0 mg/l, betrokken op $q + q_r$.

De proef wordt beëindigd bij het overstorten van slib, onderbreking in de aanvoer of tekort aan polymeer.

4.3

Metingen en analyses

Tijdens de proefneming zijn bepaald:

- de slibspiegelhoogte met behulp van een foto-elektrische sonde
- de verdunde en/of onverdunde slibvolume-index van de aanvoer voor en na het doseerpunt van de polymeren
- de drogestofconcentratie van aanvoer- en retourslib met behulp van een Eur-control drogestofconcentratiemeter type MEX
- de profielen van de drogestofconcentraties in de nabezinktank met eenzelfde apparaat.

Algemeen

Naast het hoofddoel van het onderzoek, dat in de inleiding is omschreven, is nog een aantal grootheden meegenomen in de beschouwing om na te gaan wat de invloed van de polymeerdosering op deze grootheden is en wat het verband met de slibspiegelstijgsnelheid v_{sl} is. Deze grootheden zijn:

- de verdunde slibvolume-index i_{sv} van de aanvoer voor en na het doseerpunt van het polymeer
- de drogestofbelasting $g_A = v_A \cdot G_a$
- de slibvolumebelasting $VS_a = v_A \cdot VS_v$ waarbij $VS_v = i_{sv} \cdot G_a$
- de drogestofconcentratie van aanvoer en retourslib G_a respectievelijk G_{rs}
- de verdeling van de drogestofconcentraties in de nabezinktank: de slibprofielen
- de buffering van slib in de nabezinktank voor en na het starten van de polymeerdosering, uitgedrukt in $(q + q_r) \cdot G_a - q_r \cdot G_{rs}$

Het verloop van de proefnemingen 1 tot en met 4 is in de figuren 4 tot en met 7 weergegeven.

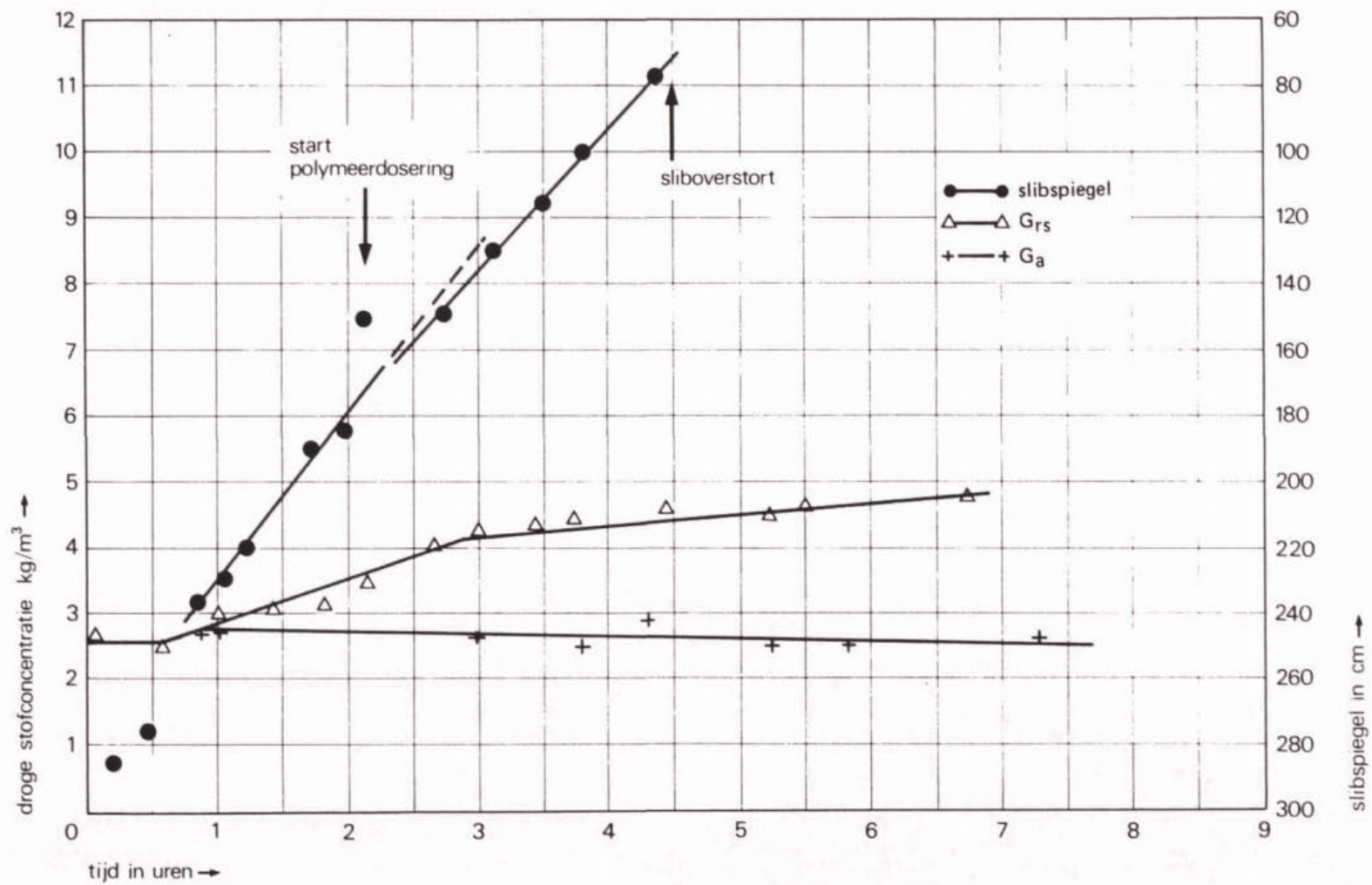
De situatie van de proefnemingen, voordat de polymeerdosering gestart wordt, is in tabel 4 weergegeven.

meting	dosering g/m ³	G_a kg/m ³	G_{rs} kg/m ³	g_A kg/(m ² ·h)	q m ³ /h	q_r m ³ /h
1	1,3	2,7	3,5	2,7	1375	850
2	2,1	2,5	3,6	2,5	1375	850
3	2,6	2,8	4,1	2,8	1375	850
4	3,0	2,7	3,8	2,7	1375	850

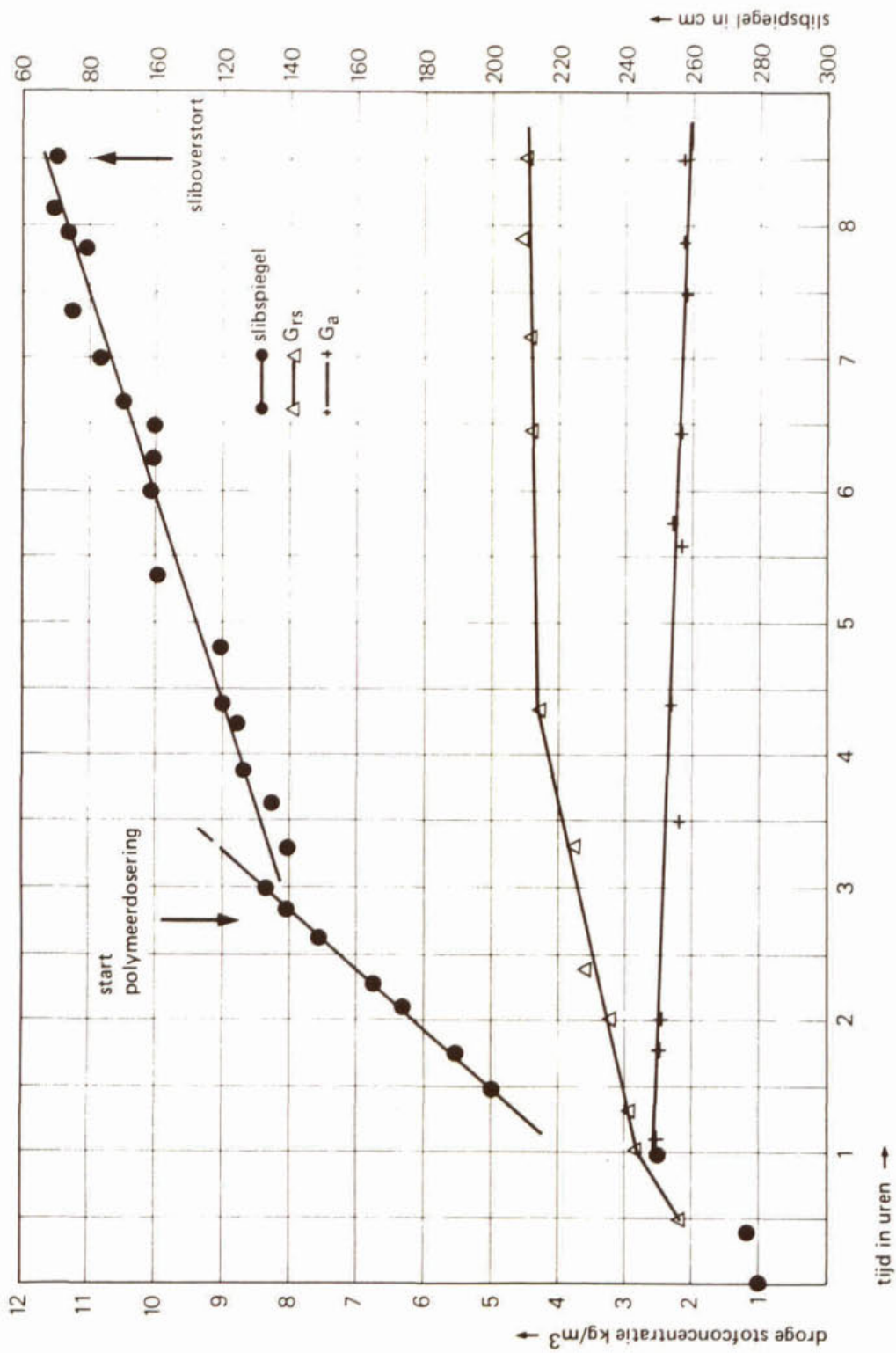
Tabel 4. Proef omstandigheden vóór polymeerdosering

De drogestofbelasting is in alle gevallen zodanig, dat na verloop van tijd slib over de overstortrand van de nabezinktank zou zijn gegaan⁶. Dit wordt ook bevestigd door de slibspiegelstijging in de fase voor de start van de polymeerdosering.

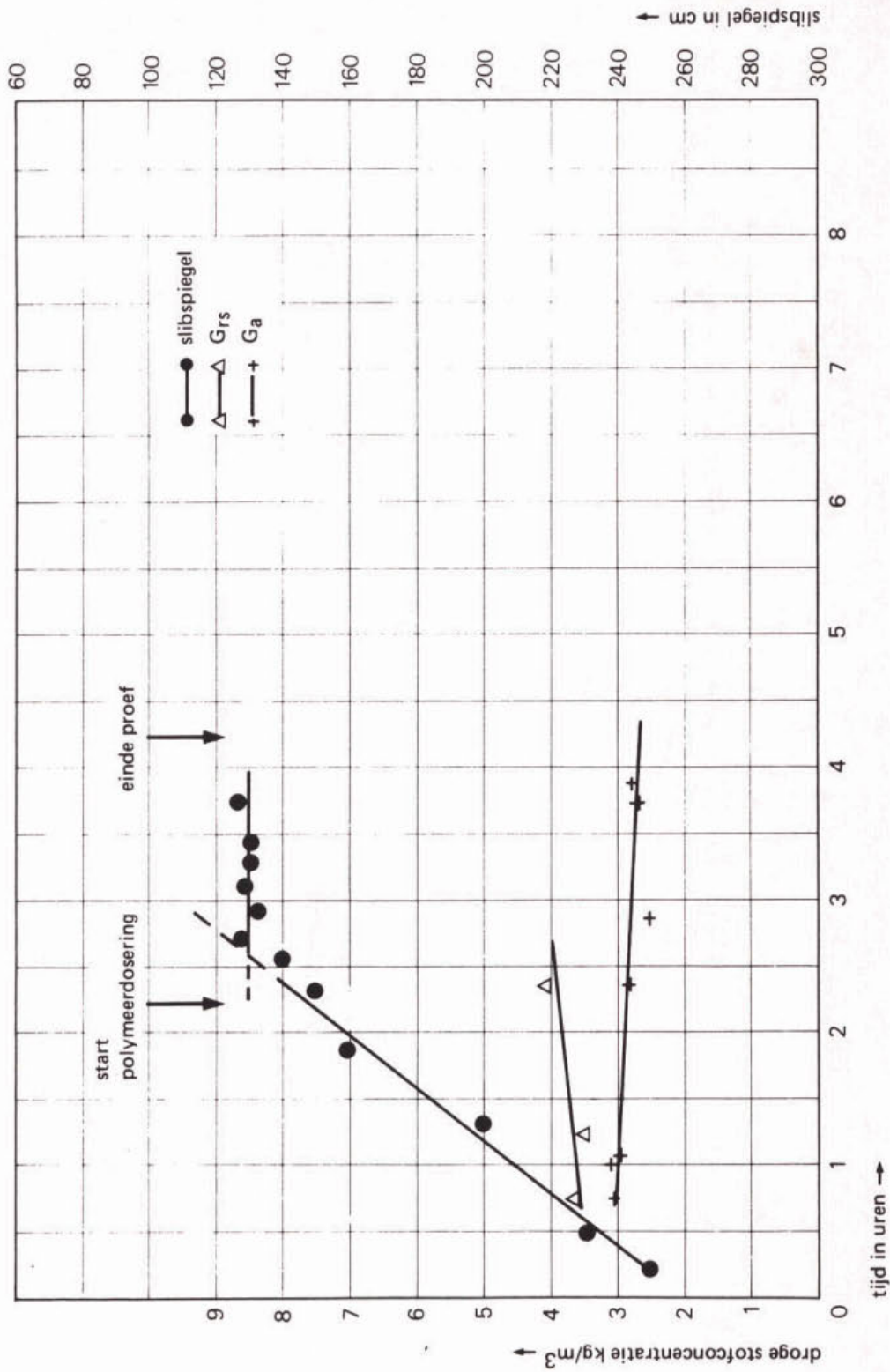
De invloed van de polymeerdosering op de verschillende grootheden zal per grootheid worden behandeld.



Figuur 4. Het verloop van de belangrijkste procesparameters tijdens meting
1. polymeerdosering $1,3 \text{ g/m}^3$ slib

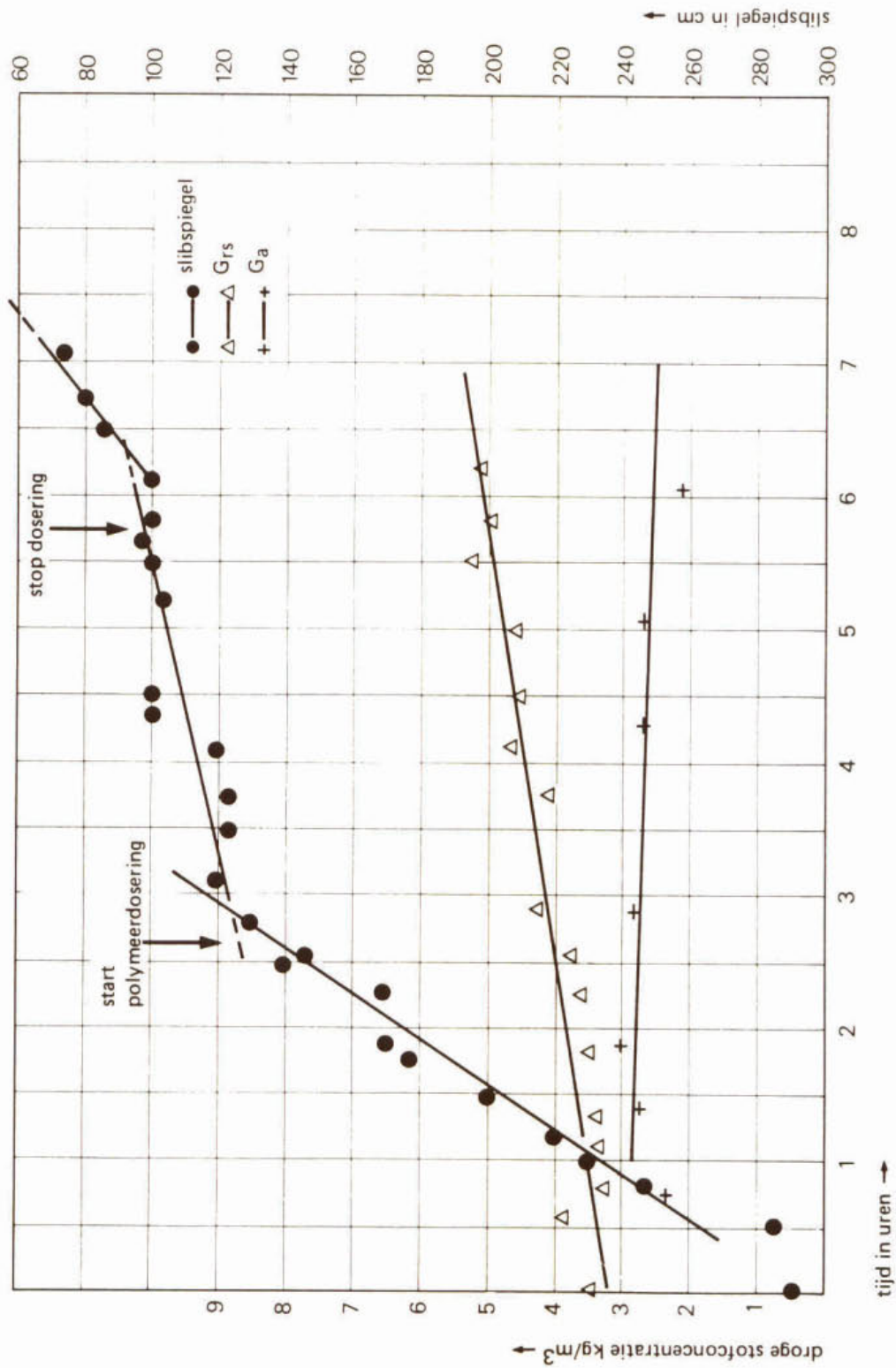


Figuur 5. Het verloop van de belangrijkste procesparameters tijdens meting
 2. polymeerdosering 2,1 g/m³ slib



Figuur 6. Het verloop van de belangrijkste procesparameters tijdens meting

3. polymerdosering 2,6 g/m³ slib



Figuur 7. Het verloop van de belangrijkste procesparameters tijdens meting
 4. polymeerdosering $3,0 \text{ g/m}^3$ slib

5.2 De aanvoerconcentratie G_a

De stijging van de slibspiegel door toename van de aanvoer laat zien, dat in de nabezinktank slib wordt gebufferd. Dit betekent dat de hoeveelheid slib in de beluchtingsruimte zal dalen. Dit wordt gekenmerkt door een daling van de drogestofconcentratie in de aanvoer. In de figuren is dit te zien. Daar het volume van de beluchtingsruimte 5,7 maal zo groot is als dat van de nabezinktank zal de afnamesnelheid van G_a laag zijn. Bij de experimenten is de afname van G_a niet groter geweest dan $0,7 \text{ kg/m}^3$.

Tevens valt te constateren, dat het doseren van polymeer geen invloed heeft op de afnamesnelheid van G_a . Ook dit wordt uit de bovenstaande volumeverhouding verklaard.

5.3 De retourslibconcentratie G_{rs}

Door het bufferen van slib in de nabezinktank zal bij het streven naar een nieuw evenwicht de drogestofconcentratie in het retourslib stijgen. Dit wordt door figuur 4 tot en met 7 duidelijk aangetoond.

De relatie tussen buffering van slib en de retourslibconcentratie is nog niet helder. Er kan worden gesteld, dat bij hogere polymeerconcentraties een snellere toename van G_{rs} bestaat dan bij lagere concentraties, doordat hogere polymeerconcentraties tot gevolg hebben, dat het slib beter in te dikken is, zodat in de nabezinktank meer slib kan worden gebufferd en dus het instellen van een nieuw evenwicht tussen aan- en afvoer van slib langer duurt dan bij lagere dosering van polymeer. Dit wordt door de figuren 4 tot en met 7 ook aangetoond.

5.4 Slibbuffering in de nabezinktank

Het is interessant om na te gaan in welke mate slib in de onderhavige niet-evenwichtsituatie wordt gebufferd in de nabezinktank, zowel voor, als na de start van de polymeerdosering.

In evenwicht geldt, dat aan- en afvoer van slib gelijk is. Dit wordt bij verwaarlozing van de surpluslibvolume gegeven door de vergelijking:

$$(q+q_r) \cdot G_a = q_r \cdot G_{rs}$$

Indien echter meer slib wordt aangevoerd dan afgevoerd, dan wordt het verschil in aan- en afvoer gebufferd in de nabezinktank; te weten:

$$(q+q_r) \cdot G_a - q_r \cdot G_{rs}$$

De resultaten van een dergelijke berekening voor de hier besproken situaties worden gegeven door tabel 5 voor de slibbuffering voor aanvang van de polymeerdosering, 1 uur na aanvang van de polymeerdosering en na 2 uur doseren.

voor polymeerdosering			na 1 uur doseren			na 2 uur doseren			
meting	G_a kg/m ³	G_{rs} kg/m ³	buffer kg/h	G_a kg/m ³	G_{rs} kg/m ³	buffer kg/h	G_a kg/m ³	G_{rs} kg/m ³	buffer kg/h
1	2,7	3,5	3000	2,7	4,2	2400	2,6	4,4	2000
2	2,5	3,6	2500	2,4	4,1	1900	2,3	4,3	1500
3	2,8	4,1	2700	2,7	-	-	2,6	-	-
4	2,7	3,8	2800	2,7	4,4	2300	2,6	4,7	1800

Tabel 5. Slibbuffering in de nabezinktank voor en na de aanvang van polymeerdosering

Aan de afname van de buffering is te zien, dat er naar een evenwicht-situatie wordt gestreefd. Deze situatie wordt in de duur van het experiment niet bereikt. Er valt aan de hand van deze cijfers echter geen oordeel te vellen over de invloed van de polymeerdosering op de buffering van slib in de nabezinktank.

5.5

De slibvolumebelasting, de slibvolume-index en hun invloed op de slibspiegelstijgsnelheid

Zoals in de figuren 4 tot en met 7 naar voren komt is binnen 30 minuten na aanvang van de polymeerdosering, de invloed ervan op de stijgsnelheid van de slibspiegel merkbaar. Omdat polymeren een verbetering van de bezinkingseigenschappen van slib bewerkstelligen, uitgedrukt in een verlaging van de slibindex, zou er een relatie te vinden moeten zijn tussen de verandering van de slibindex Δi_{sv} en de grootte van de polymeerdosering. Δi_{sv} is het verschil tussen de verdunde slibvolume-index van een monster uit de aanvoer van de nabezinktank voor de aanvang van de dosering en van een monster uit de inlooptrommel van de nabezinktank na het doseerpunt na de start van de dosering.

Verder zou er via

$$VS_v = i_{sv} \cdot G_a \text{ en}$$

$$VS_a = v_A \cdot VS_v$$

ook een verband aangetoond kunnen worden tussen de verandering van de slibvolumebelasting ΔVS_a en de polymeerdosering.

VS_a wordt hier met name genoemd, omdat in STORA-rapportage⁶ zal worden aangetoond, dat deze grootte een goede ontwerpgrondslag voor nabezinktanks vormt.

Omdat door verbeterde bezinkingseigenschappen de nabezinktank minder snel overbelast wordt, getuige de verandering van de slibspiegelstijgsnelheid, zou er een relatie moeten bestaan tussen de verandering in de slibspiegelstijgsnelheid Δv_{sl} , ΔVS_a en Δi_{sv} . Uiteindelijk moet dit uitmonden in een relatie tussen de slibspiegelstijgsnelheid en de polymeerdosering.

Tabel 6 draagt voor bovenstaande redenatie de getallen aan.

Uit deze tabel komt naar voren, dat Δi_{sv} en ΔVS_a toenemen met toenemende polymerconcentratie, zoals hierboven is voorspeld. Dit wordt grafisch weergegeven in figuur 8.

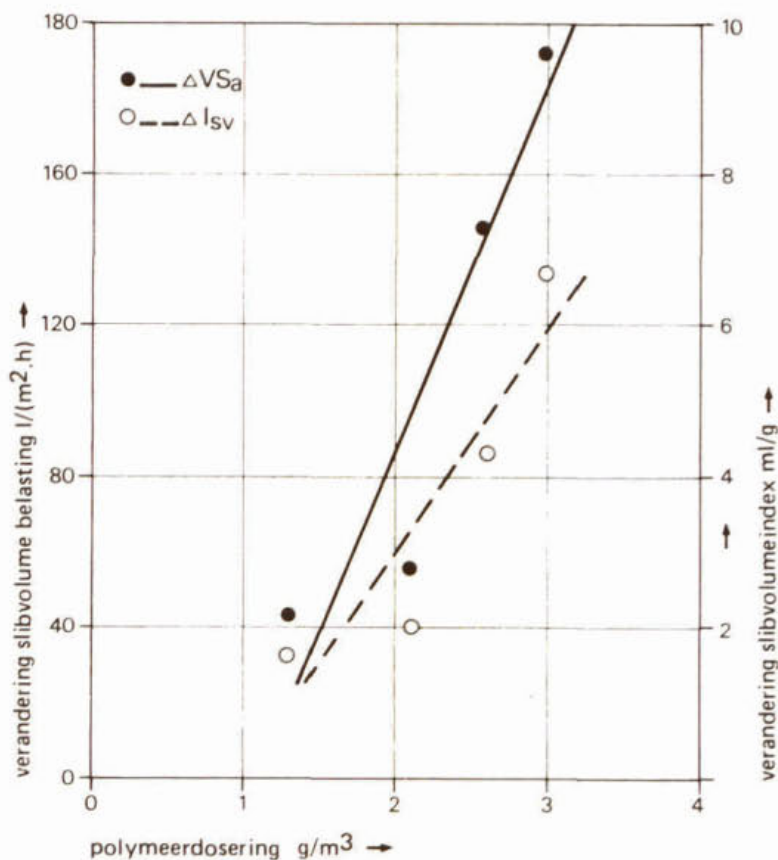
meting	polymeer- concentratie	voor dosering			na dosering			verandering		
		v_{sl}	VS_a	i_{sv}	v_{sl}	VS_a	i_{sv}	$-\Delta v_{sl}$	$-\Delta VS_a$	$-\Delta i_{sv}$
	g/m ³	m/h	l/(m ² .h)	ml/g	m/h	l/(m ² .h)	ml/g	m/h	l/(m ² .h)	ml/g
1	1,3	0,56	575	221	0,49	532	205	0,07	43	16
2	2,1	0,44	532	230	0,13	477	210	0,31	55	20
3	2,6	0,47	648	229	0,00	502	186	0,47	146	43
4	3,0	0,56	622	236	0,09	430	169	0,47	192	67

Tabel 6. De verandering van VS_a , i_{sv} en v_{sl} ten gevolge van de polymerdosering

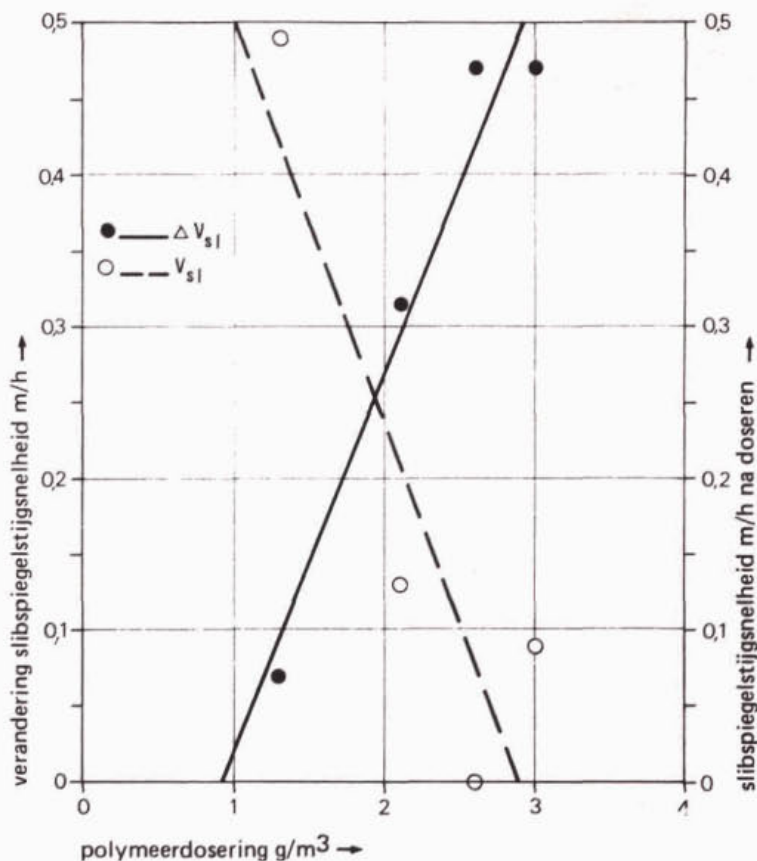
De invloed van Δi_{sv} en ΔVS_a op Δv_{sl} is voor beide variabelen overeenkomstig, zoals door tabel 6 wordt aangetoond, met een maximum bij hogere Δi_{sv} en ΔVS_a . Dat is te verwachten, omdat bij alle proefnemingen q_A constant is geweest en G_a nagenoeg gelijk, daar de proefnemingen op één en dezelfde zuiveringsinrichting zijn gedaan. Figuur 9 laat zien dat verhoging van de polymeerdosering leidt tot een toename van Δv_{sl} uitmondend in het tot stilstand komen van de slibspiegel bij een dosering van 2,6 en 3,0 mg/l.

Het blijkt uit figuur 8 en 9, dat ΔVS_a , Δi_{sv} en Δv_{sl} allen op dezelfde wijze stijgen met toenemende polymeerdosering.

Daar in het kader van dit onderzoek slechts vier experimenten zijn uitgevoerd is het irreëel om aan de hand van figuur 9 een voorspelling te doen over de mogelijkheid, dat de slibspiegel bij een polymeerdosering hoger dan 3 mg/l, na tot stilstand te zijn gebracht, zal gaan dalen.



Figuur 8. De verandering van de slibvolumebelasting en van de slibvolume-index als functie van de polymeerdosering



Figuur 9. De slibspiegelstijgsnelheid en de verandering van de slibspiegelstijgsnelheid als functie van de polymerdosering

5.6

Slibprofielen

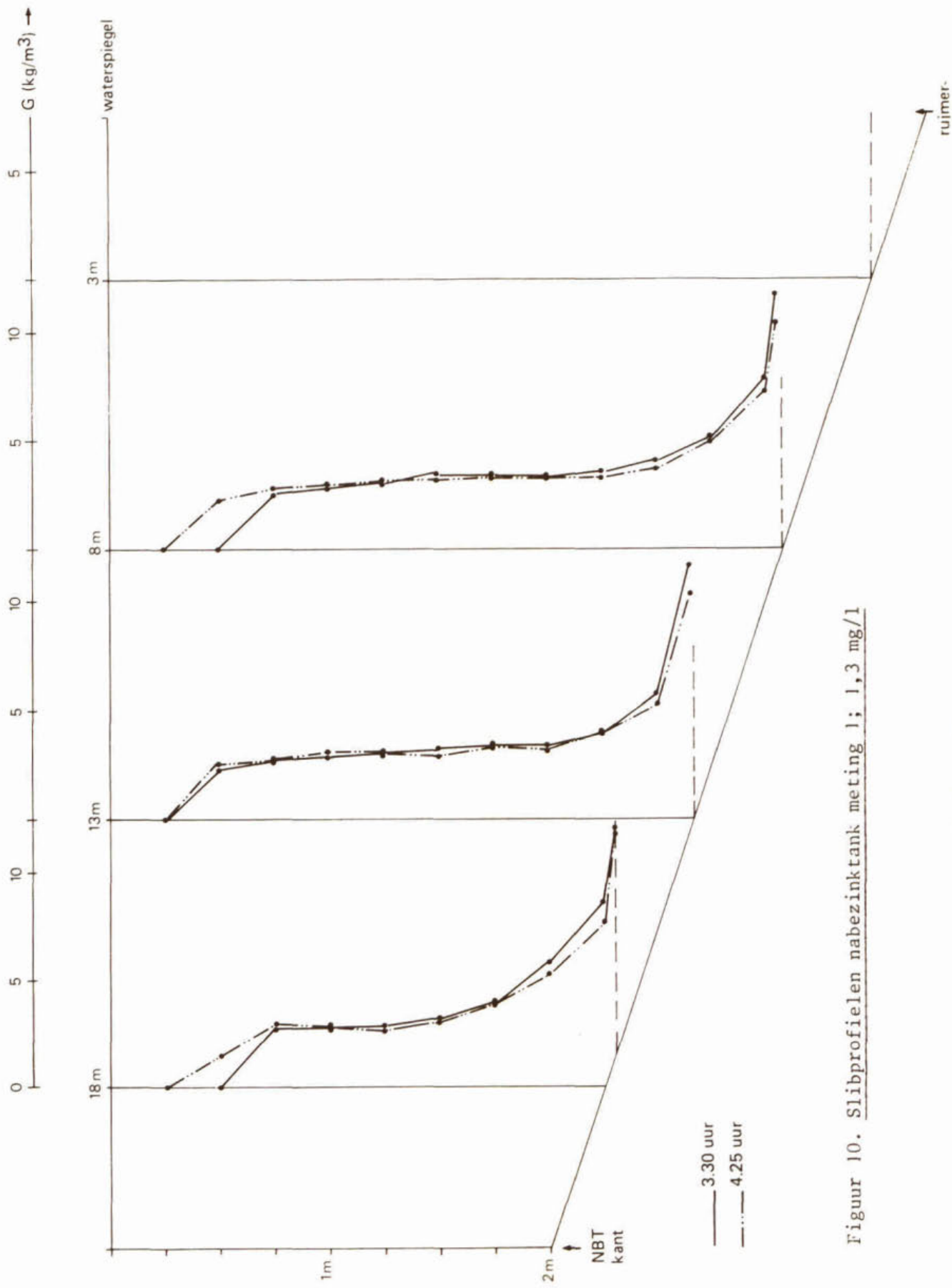
Bij de metingen 1, 2 en 4 zijn profielen genomen van de drogestofconcentratie in de nabezinktank. Wegens een defect aan de meetapparatuur is dit niet gedaan bij meting 3. De profielen worden gegeven door figuur 10, 11 respectievelijk 12.

De vorm van een slibprofiel tijdens dosering van polymer is nagenoeg gelijk aan de vorm van het profiel zonder dosering van polymer.

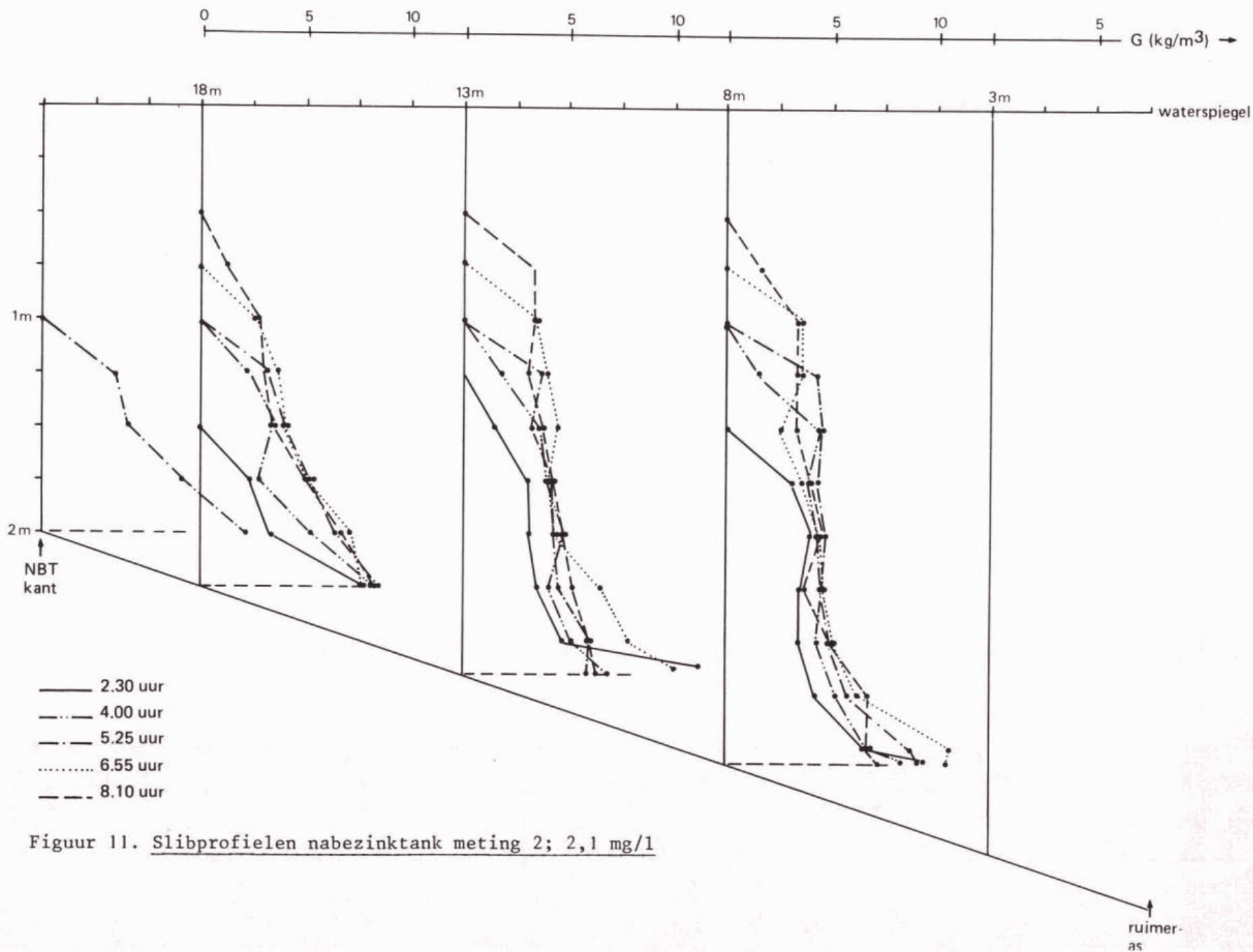
Het gedrag van de slibzone bij slibspiegelstijging voor de start van de dosering is gelijk aan het gedrag dat eerder is gevonden⁶.

In de bovenste zone heeft het water effluentkwaliteit. Daaronder bevindt zich een overgangsgebied naar de bufferzone, waarin de drogestofconcentratie toeneemt tot 2,5 à 3 kg/m^3 . De dikte van het overgangsgebied is 0,25 tot 0,5 m. In de bufferzone is de drogestofconcentratie constant over de hoogte ongeveer 2,5 à 3 kg/m^3 . De dikte van de bufferzone neemt van buiten naar binnen toe met de helling van de bodem van de nabezinktank. Onder de bufferzone bevindt zich de indiklaag, waarin de drogestofconcentratie tot ongeveer 10 kg/m^3 stijgt met toenemende diepte. De indiklaag heeft een dikte van minder dan 0,5 m en loopt evenwijdig aan de bodem.

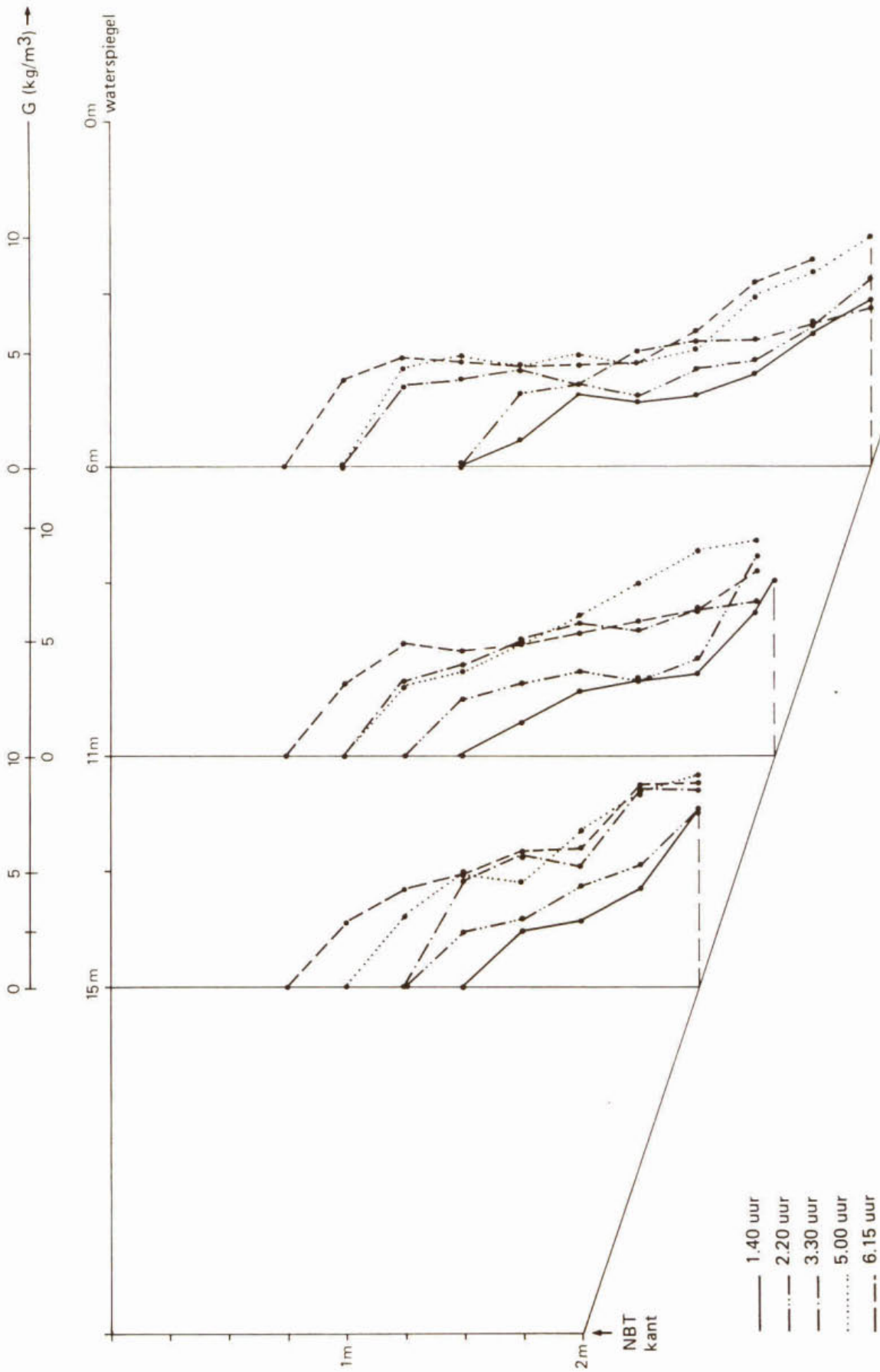
Figuur 12 laat zien, dat voor aanvang van de polymerdosering de dikte van de indikzone gelijk blijft, terwijl de hoogte van de bufferzone toeneemt, waarbij een lichte toename van de drogestofconcentratie waarneembaar is.



Figuur 10. Slibprofielen nabezinktank meting 1; 1,3 mg/l



Figuur 11. Slibprofielen nabezinktank meting 2; 2,1 mg/l



Figuur 12. Slibprofielen nabezinktank meting 4; 3,0 mg/l

Doseren van 3,0 mg/l polymeer leidt bij een sterke afname van de slibspiegelstijgsnelheid tot uitbreiding van de bufferzone naar boven met tegelijkertijd een toename van de drogestofconcentratie in de bufferzone tot 5 à 6 kg/m³. De scheidingslijn met de indikzone wordt moeilijk aan te geven.

Bij wat lagere dosering (2,1 mg/l) is de afname van de slibspiegelstijgsnelheid minder sterk en blijkt de toename van de drogestofconcentratie in de buffer minder sterk te zijn (< 5 kg/m³). Buffering over grotere hoogte speelt dan meer een rol. Ook hier neemt de drogestofconcentratie in de indikzone toe.

Indien de dosering van polymeren laag is (1,3 mg/l) en aldus weinig invloed uitoefent op de slibspiegelstijgsnelheid, dan komt de buffering van slib volledig voor rekening van de toename van de hoogte van de bufferzone, zoals geschetst in figuur 10.

Het blijkt, dat dosering van polymeren leidt tot een verhoogde buffercapaciteit van de slibzone in de nabezinktank. Bij toenemende polymerconcentratie wordt het accent van de buffering verlegd van toename van de hoogte van de bufferzone naar toename van de drogestofconcentratie in de bufferzone met een geleidelijker overgang naar de indikzone.

De buffering is tijdelijk van aard en houdt op zodra zich een nieuw evenwicht heeft ingesteld. Het nieuwe evenwicht is in de duur van de experimenten niet bereikt.

In figuur 11 en 12 valt waar te nemen, dat na verloop van tijd de drogestofconcentratie in de bufferzone en indikzone minder snel toeneemt. Deze waarneming komt overeen met de constatering in 5.4, dat de buffering na verloop van tijd afneemt.

5.7

Verstoring van de slibspiegel bij de inlooptrommel

Tweemaal is geconstateerd, dat vlak rond de inlooptrommel van de nabezinktank wolken slib tot aan het wateroppervlak stegen. Dit is geconstateerd bij de experimenten met 2,1 en 3,0 mg/l polymeertoevoeging.

In de STORA-publicaties^{5,6} is dit fenomeen niet geconstateerd; ook niet bij de experimenten met 1,3 of 2,6 mg/l polymeerdosering.

Het verschijnsel treedt op wanneer de slibspiegelhoogte tot 1,2 meter is gestegen. De wolken gaan in cirkelgang rond de inlooptrommel en sneller dan de ruimerbrug. Het is alsof de vloeistofstroom uit de inloopconstructie zich een weg moet banen door de sliblaag heen en daarbij slibwolken mee omhoog drijft. Meteen na het omhoogkomen bezinkt het slib weer snel en een paar meter vanaf de inlooptrommel ziet men geen slib meer.

Het is frappant, dat het slib na omhoog te zijn gekomen zo snel weer bezinkt. Het slib ziet er uit als een verzameling vrij discrete vlokken, zoals ook kan worden waargenomen bij de slibvolume-indexbepalingen aan monsters uit de inlooptrommel in tegenstelling tot de meer diffuse vlok van het slib uit de aanvoer voor het punt van polymeerdosering.

De verklaring van dit verschijnsel is moeilijk te vinden. Verandering van slibeigenschappen moet wel een rol spelen (zie verder in deze paragraaf) en verder het gedrag van de slibspiegelhoogte ten opzichte van de inlooptrommel.

Zoals eerder opgemerkt gebeurt dit niet wanneer geen dosering van polymeer wordt toegepast en de slibspiegel zonder meer stijgt, totdat een nieuw evenwicht zich instelt of het over de rand stort. Dat het verschijnsel bij 1,3 mg/l polymeer ook niet optreedt kan dan misschien worden toegeschreven aan de geringe verandering in slibeigenschappen bij die concentratie.

Bij een polymeerconcentratie van 2,6 mg/l is de slibspiegel op 1,3 m blijven hangen.

Met dit verschijnsel zouden de sprongsgewijze veranderingen van de slibspiegelhoogte bij proefneming 2 en 4 verklaard kunnen worden, wanneer de slibspiegel op 1,20 m is komen te liggen.

Bij meting 2 met 2,1 mg/l dosering heeft dit weinig invloed gehad op het uiteindelijke resultaat omdat de slibspiegel toch bleef stijgen. Bij 3,0 mg/l dosering kan men echter uit figuur 7 afleiden dat na de start van de dosering de slibspiegel stil komt te liggen en na verloop van tijd, wanneer de slibwolken optreden, de slibspiegel plotseling stijgt om daarna weer constant te blijven. Dit zou dus betekenen, dat bij 3,0 mg/l polymeerdosering de slibspiegel stil komt te liggen en dat $\Delta v_{s1} = 0,56$ m/h is.

Dit resulteert dan ook in een verandering in figuur 9 en tabel 6.

Er is echter gekozen voor een rechte lijn door de punten in figuur 5 en 7, omdat het in wezen gaat om de uiteindelijke stijging van de slibspiegel, wanneer nagegaan wordt in hoeverre de slibspiegelstijging door dosering van polymeren vertraagd kan worden.

5.8

Menging

Ter controle van de mate, waarin het polymeer gemengd wordt in de slibstroom, zijn bij een polymeerconcentratie van 3 mg/l vergelijkende slibvolume-indexbepalingen gedaan. De eerste serie bepalingen is gedaan aan monsters uit de aanvoer na het doseerpunt.

De tweede serie bepalingen is gedaan aan monsters uit de aanvoer voor het doseerpunt waaraan door middel van een 0,1% polymeeroplossing de vereiste polymeerconcentratie is toegevoegd in de maatcilinder voor de indexbepaling.

De berekende indices worden in tabel 7 vermeld. De indices komen goed overeen, op grond waarvan een goede menging verondersteld kan worden.

A	B
i_{sv} ml/g	i_{sv} ml/g
169 168	177 161

Tabel 7. Controlemeting voor de mate, waarin het polymeer gemengd wordt bij 3 mg/l

A - na doseerpunt
B - voor doseerpunt plus 3 mg/l polymeer, gedoseerd in de maatcilinder

5.9

Invloed van het polymeer op de bezinkingseigenschappen van slib in de beluchtingsruimte

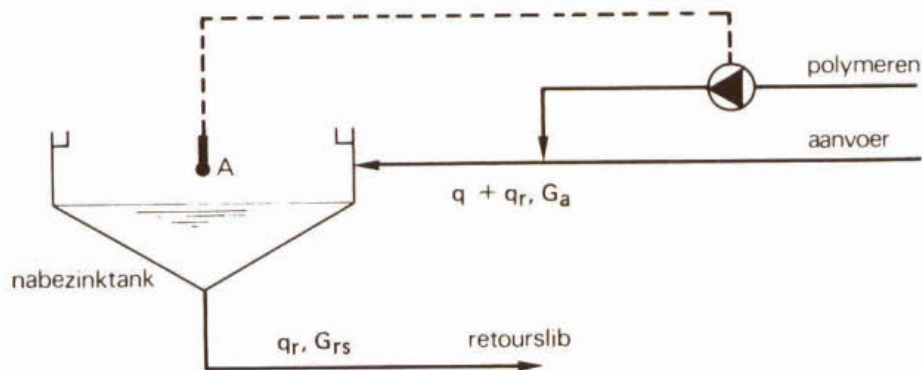
De invloed van de polymeerdosering na verloop van tijd op de bezinkingseigenschappen van het slib in de aëratietank wordt gevolgd aan de hand van de verdunde slibvolume-index van de aanvoer. Geconstateerd kan worden, dat er geen noemenswaardige verandering van I_{sv} in de duur van de proef is opgetreden.

Hiervoor is een aantal oorzaken aan te wijzen. Ten eerste is de duur van de experimenten gering geweest ten opzichte van de verblijftijd van slib in de beluchtingsruimte. Ten tweede heeft met het intreden van retourslib in de beluchtingsruimte een sterke verdunning plaats van de polymeren. Ten derde worden waarschijnlijk de lange polymeerketens in de beluchtingsruimte door hydrolyse afgebroken tot kleinere niet meer werkzame molecuulbrokken. Thomanetz en Bardtke⁸ veronderstelden een biologische afbraak.

Het is gebleken, dat de dosering van vloeibare polymeren binnen 30 minuten de stijging van de slibspiegel kan stoppen, na een ingreep bij een slibspiegelhoogte van 1,5 m op de inrichting 0ss.

Aan de hand van een proefondervindelijk gevonden verband tussen slibspiegelstijgsnelheid bij rwa en polymeerdosering kan vastgesteld worden welke dosering minimaal nodig is om sliboverstorting te voorkomen.

In figuur 13 wordt een schema gegeven van een automatische polymeerdoseerinrichting. Op het moment dat de slibspiegel gestegen is tot slibspiegelmeter A (bijvoorbeeld 1,5 m onder de waterlijn), wordt de polymeerdosering ingeschakeld. Wanneer de slibspiegel weer beneden het niveau van A komt, wordt de dosering gestopt.



Figuur 13. Schema van een automatische polymeerdoseerinrichting

Deze schakeling kan zo worden verfijnd, dat niet alleen op de slibspiegelhoogte maar ook op de slibspiegelstijgsnelheid wordt geschakeld. Hierdoor kan voorkomen worden, dat ondanks een afname van de slibspiegelstijgsnelheid, toch polymeer gedoseerd wordt, indien de slibspiegel meter A bereikt.

Dit kan worden gerealiseerd door gebruik te maken van een tweede slibspiegelmeter B beneden meter A. Wanneer het tijdsinterval voor het afleggen van de afstand tussen meter B en meter A kleiner is dan een ingestelde tijd, dan start de polymeerdosering.

7 KOSTEN

De totale kosten bestaan uit de investering voor de aanschaf van de doseer- en regelapparatuur en het verbruik van polymeren.

7.1 Investeringskosten

Hieronder zijn de investeringskosten geraamd voor een automatisch geregelde polymeerdoseerinstallatie voor een zuiveringsinrichting met een hydraulische capaciteit van 1200 m³/h en 1 nabezinktank.

De volgende uitgangspunten zijn verder gebruikt:

- $q_r = 600 \text{ m}^3/\text{h}$ (50%)
- polymeerdosering 3 g/m³ (betrokken op $q + q_r$)
- polymeerconcentratie 6 gew. %
- polymeervoorraad voor 15 uur
- verdunningswater wordt onttrokken aan de terreinwaterleiding.

Benodigde onderdelen:

- | | |
|---|-----------|
| - voorraadvat, zelfdragend
inclusief leidingwerk | f 3.500,- |
| - polymeerdoseerpomp, inclusief
leidingwerk. Cap. - 200 l/h | f 6.000,- |
| - elektrode, inclusief kabels,
aansluitingen en montage | f 4.500,- |
| - doseerleiding, 100 m, inclusief
graafwerk en aansluitingen | f 3.000,- |

totaal	f 17.000,- =====
--------	---------------------

7.2 Polymeerkosten

De chemicaliënkosten worden bepaald door het aantal uren dat de polymeerdoseerinstallatie in werking is, de benodigde dosering in g/m³ slib en de hoeveelheid te behandelen slib.

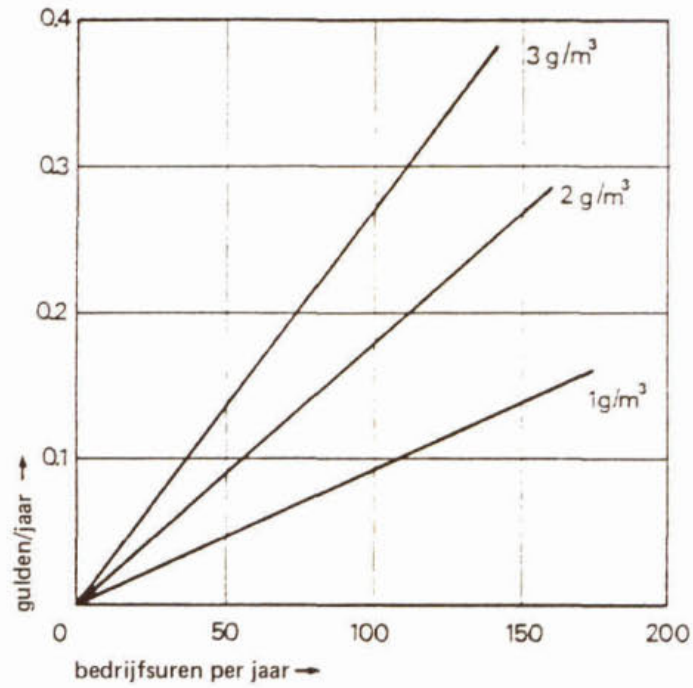
In figuur 14 zijn de chemicaliënkosten per i.e. per jaar weergegeven met als uitgangspunten:

- | | | |
|-------------------|---|----------------------------|
| - prijs polymeren | : | f 20,-/kg actief materiaal |
| - rwa | : | 30 l/(i.e.h) |
| - q_r | : | 15 l/(i.e.h) |

Een schatting van het aantal bedrijfsuren zou gemaakt kunnen worden uit het aantal malen, dat slibverlies op installaties voorkomt en het aantal uren dat zo'n overstorting duurt.

Met een frequentie van 10-15 keer per jaar en een aangenomen duur van 10 uur per overstorting resulteert dit in 100-150 bedrijfsuren per jaar.

De polymeerkosten bedragen dan f 0,20 - f 0,40 per inwonerequivalent per jaar.



Figuur 14. Polymeerkosten in guldens per inwonerequivalent per jaar afhankelijk van de dosering en bedrijfsuren

CONCLUSIES

- Het is gebleken, dat polymeerdosering binnen 30 minuten leidt tot een vermindering van de slibspiegelstijgsnelheid of tot een volledig tot stilstand brengen.
- Voor een voldoende effect is in dit geval een dosering van meer dan 2,6 mg/l vereist.
- Automatisering van de polymeerdosering is mogelijk.
- De kosten per inwonerequivalent per jaar zullen enkele dubbeltjes per jaar bedragen.
- Voor de toepassing van vloeibare polymeren voor het voorkomen van sliboverstortingen bij rwa-condities is aan de hand van slibindexmetingen één polymeer uit een aantal polymeren gekozen. Gezien de beperkingen van de gevolgde keuzemethode wil dat echter niet zeggen dat dit polymeer ook in de praktijksituatie het beste resultaat geeft.
- Er is geen verandering op te merken in het gedrag van de afname van de drogestofconcentratie in de aanvoer van de nabezinktank ten gevolge van de dosering van polymeren.
- In zekere mate is wel een invloed van de polymeerdosering te constateren op de drogestofconcentratie van het retourslib.
- Het blijkt dat de verandering in slibvolume-index, slibvolume-belasting en slibspiegelstijgsnelheid als functie van de polymeerconcentratie een overeenkomstig verband vertonen.
- Bij de buffering van slib in de nabezinktank verschuift door het gebruik van polymeren het accent van opslag van slib. Zonder polymeerdosering of met geringe polymeerdosering ligt het accent van de slibbuffering vooral op het uitbreiden van de bufferzone naar boven, terwijl de drogestofconcentratie in de bufferzone gelijk blijft. De overgang naar de indikzone is vrij nauwkeurig aan te wijzen. Bij hogere polymeerdosering ligt de nadruk vooral op een toename van de drogestofconcentratie in de bufferzone met een geleidelijker overgang naar de indikzone. Dit resulteert in een verhoogde buffercapaciteit van de nabezinktank.
- Dosering van polymeer in de aanvoerstroam tussen beluchtingsruimte en nabezinktank leidt tot een goede menging van het polymeer met het slib.
- De bezinkingseigenschappen van het slib in de beluchtingsruimte worden niet aantoonbaar beïnvloed door de toepassing van de polymeren.
- Bij een slibspiegelhoogte van 1,2 m is langs de inlooptrommel van de nabezinktank te Oss een verstoring van de slibspiegel waar te nemen, die waarschijnlijk moet worden toegeschreven aan een veranderd karakter van het slib door de polymeerdosering.

SYMBOLEN

G	drogestofconcentratie in aanvoer	kg/m^3
G^a	drogestofconcentratie in retourslib	kg/m^3
G_{rs}	drogestofbelasting van nabezinktank	$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
g^A	verdunde slibindex	ml/g
i^{sv}	aanvoerdebiet	m^3/h
q	retourslibdebiet	m^3/h
q_r	slibvolumebelasting	$1/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
VS^a	gecorrigeerd slibvolume	ml/l
v^v	oppervlaktebelasting van de nabezinktank	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
v^A_{sl}	slibspiegelstijgsnelheid	m/h
Δ	geeft verschil in de betreffende grootheid aan	

1. Bakker P., De rioolwaterzuiveringsinstallatie te Oudeschild. Het in bedrijf houden van een oxydatiesloot met een hoge slib-index door middel van het doseren van flocculanten. De Klaarmeester (1977) nr. 5, pag. 3 e.v.
2. Benedek A., et al., Use of polyelectrolytes for overloaded clarifiers, J.W.P.C.F. (1975), vol. 41 nr. 10 pag. 2447 e.v.
3. Buijsman E. et al. Ons leven verzuurt de neerslag, IMOU, Rijksuniversiteit Utrecht, rapport V80-7, 1980.
4. Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces. 1. Literatuurstudie. STORA-rapport.
5. Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces. 2. Ontwerpgegevens en bedrijfservaringen van nabezinktanks van 23 rioolwaterzuiveringsinrichtingen in Nederland. Concept-STORA-rapport.
6. Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces. 3. Praktijkonderzoek aan ronde nabezinktanks. Concept-STORA-rapport.
7. Singer P.C. et al., Flocculation of bulkes activated sludge with polyelectrolytes. J.W.P.C.F. (1968), vol. 40 nr. 2 pag. R1-R9.
8. Tomanetz, Bardtke, Untersuchungen über die Bekämpfungsmöglichkeiten von Blähschlamm, mit synthetischen Flockungshilfsmitteln. Korrespondenz Abwasser 1977, nr. 1 pag. 15 e.v.

