

1983-03_hydraulische-technologische-aspecten-2-2

stora

Hydraulische en technologische aspecten
van
het nabezinkproces

2. Ronde nabezinktanks
(Ruimer – en inloopconstructies)

stora

postbus 414, 2280 AK rijswijk
sir winston churchill-laan 273

☎ 070 - 980.287

stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Hydraulische en technologische aspecten
van

het nabezinkproces

2. Ronde nabezinktanks
(Ruimer – en inloopconstructies)

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	II
1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	2 - 3
3	KEUZE EN BESCHRIJVING VAN DE INRICHTINGEN	4
4	ONDERZOEKPROGRAMMA	5 - 7
4.1	Hevelruimsysteem	5
4.2	Plaatconstructie	6 - 7
5	OPZET VAN DE PROEVEN	8 - 9
5.1	Algemeen verloop van de proef	8
5.2	Metingen en analyses	8 - 9
6	MEETRESULTATEN PROEVEN MET HEVELRUIMING	10 - 13
6.1	Verloop van h_s , G_a en G_r gedurende de proeven	10
6.2	Buffercapaciteit	11
6.3	Methode van slibonttrekking door de zuigbuizen	11 - 13
6.4	Drogestofconcentratie in het effluent	13
7	MEETRESULTATEN PROEVEN MET PLAATCONSTRUCTIE	14 - 18
7.1	Verloop van h_s , G_a en G_r gedurende de proeven	14
7.2	Stromingspatroon rond de plaat	14 - 16
7.3	Balanswaarde retourslibconcentratie	16 - 17
7.4	Bufferconcentratie	17 - 18
7.5	Bodemslibconcentratie	18
7.6	Drogestofconcentratie van het effluent	18
8	INVLOED VAN HEVELRUIMING EN EEN PLAATCONSTRUCTIE OP DE CAPACITEIT VAN DE TANK	19 - 20
9	CONCLUSIE	21 - 22
10	SYMBOLEN	23
11	LITERATUUR	24
	BIJLAGEN:	25 - 47
	1. METINGEN EN ANALYSERESULTATEN VAN DE PROEVEN MET EEN HEVELRUIMING	25 - 35
	2. METINGEN EN ANALYSERESULTATEN VAN DE PROEVEN MET EEN PLAATCONSTRUCTIE	37 - 47

Ten geleide

De kwaliteit van het effleunt van rioolwaterzuiveringsinrichtingen hangt in hoge mate af van het procesgebeuren in de nabezinktanks.

De theorieën en modellen die dit proces voor actief-slibinstallaties beschrijven, voldoen niet in de praktijk.

Dit geldt ook voor de twee meest gebruikte - onderling niet vergelijkbare - ontwerprichtlijnen van het Engelse Water Research Centre en de Duitse Abwassertechnische Verein.

De STORA heeft daarom een serie onderzoeken gewijd aan het bepalen van de maximaal toelaatbare belasting en optimalisering van de werking van nabezinktanks; zowel ronde als rechthoekige tanks werden in dit onderzoek betrokken.

Het resultaat wordt gerapporteerd onder de titel "Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces". Inmiddels zijn de volgende delen verschenen:

1. Literatuur
2. Ronde nabezinktanks. Ontwerpgegevens en bedrijfservaring
idem Praktijkonderzoek.

Tot dusverre leverde het onderzoek, naast een aanzienlijke verdieping van kennis en inzicht, ook betere en meer genuanceerde ontwerpcriteria die uitmondten in de zogenaamde "STORA-ontwerprichtlijn".

In dit deelonderzoek is in de praktijk voor ronde nabezinktanks nagegaan of door toepassing van het hevelruimsysteem of een plaatconstructie onder de inlooptrommel de toelaatbare belasting kan worden verhoogd.

Beide maatregelen resulteren echter niet in een toename van de hydraulische belasting; wel neemt bij hevelruiming de slibbuffercapaciteit van de tank toe, terwijl door de plaatconstructie kortsluitstromen worden geëlimineerd en het tijdstip van een eventuele sliboverstort verlegd wordt naar later.

Het onderzoek werd door het algemeen bestuur van de STORA op voorstel van de Onderzoekadviescommissie*, opgedragen aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V. en 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.

De experimenten met de plaatconstructie werden mede mogelijk gemaakt door de inbreng van het hoogheemraadschap West-Brabant en de inzet van het personeel van de rioolwaterzuiveringsinrichting te Rijen.

Rijswijk, maart 1983.

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

* De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:
prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en
dr.ir. H.J. Eggink, prof.dr. P.G. Fohr, ir. R. Karper, ir. C.H. Kuggeleijn, ir. J.S.
Kuyper, ir. Th.G. Martijn, ir. H.A. Meijer, ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte
Ubing, ir. J. van Selm, ir. M. Tiessens, drs. A.A. Wismeijer (leden).

In het kader van de serie STORA-onderzoeken aan het nabezinkproces is onderzocht of de toelaatbare belasting van ronde nabezinktanks kan worden verhoogd door een verbetering van de slibverwijdering uit de nabezinktank. Het onderzoek heeft zich beperkt tot twee aspecten:

- een onderzoek naar het hevelruimsysteem;
- een onderzoek naar de invloed van een plaatconstructie onder de inlooptrommel waarmee de kortsluitstroming tussen de inlooptrommel en de slibkegel in nabezinktanks met slibschrapers opgeheven wordt.

Er zijn zes proeven uitgevoerd op nabezinktanks met een hevelruiming en vier proeven op de nabezinktank te Rijen waar twee plaatconstructies zijn onderzocht. Als referentie zijn op de inrichting te Rijen twee metingen uitgevoerd op een nabezinktank zonder plaat.

Bij alle proeven is getracht de nabezinktanks op de grens van overbelasting te belasten om een goede vergelijking te krijgen met de capaciteit van een tank met slibschrapers.

Uit het onderzoek aan nabezinktanks met hevelruiming is gebleken dat, bij de proeven geëindigd in een evenwichtssituatie, de slibspiegel hoger ligt dan bij een tank met slibschrapers.

Door een grotere bufferzone en een hogere drogestofconcentratie in de bufferzone heeft dit type tank een grotere slibbuffercapaciteit dan een tank met slibschrapers.

Het einde van de proeven (evenwicht of sliboverstort) kwam overeen met het gedrag van ronde nabezinktanks voorzien van slibschrapers conform de STORA-ontwerprichtlijn. Hierbij blijkt er geen duidelijk verband te bestaan tussen het einde van de proef en de grootte van het retourslibdebiet. Gezien de meetresultaten kan worden gesteld dat een ronde tank met hevelruiming een grotere buffercapaciteit heeft dan een tank met slibschrapers. Voor de dimensionering kan de STORA-richtlijn voor ronde tanks met slibschrapers worden gehanteerd. Bij de bepaling van de toelaatbare hydraulische belasting van tanks met hevelruiming behoeft echter geen rekening gehouden te worden met de additionele belasting door het retourslibdebiet.

Door de aanwezigheid van een plaatconstructie onder de inlooptrommel wordt de kortsluitstroming tussen inloop en slibkegel geëlimineerd.

Bij maximale belasting van de nabezinktank wordt de maximale retourslibconcentratie sneller bereikt dan in de ronde tanks zonder plaat. Bovendien wordt het bodemslib later verwijderd.

Door een betere slibverwijdering is de stijgsnelheid van de slibspiegel lager waardoor het tijdstip van een mogelijke optredende sliboverstort naar later is verlegd.

Verder is gebleken, dat een grotere plaatdiameter, gecombineerd met een kleinere afstand tussen de rand van de plaat en de bodem van de tank, een betere slibonttrekking geeft uit de indikzone. Bij rwa neemt de drogestofconcentratie in het effluent toe wanneer een plaat wordt toegepast. De concentratie is afhankelijk van de hoogte van de slibspiegel en dus ook van de slibdeken in de tank.

Bij een sliboverstort is de drogestofconcentratie in het effluent van de nabezinktank met plaat ongeveer vijf maal lager dan zonder plaat.

Door de aanwezigheid van de plaat is de toelaatbare hydraulische belasting van de tank niet toegenomen. Er is dan ook geen aanleiding tot aanpassing van de STORA-ontwerprichtlijn voor dit type tank.

INLEIDING

In het STORA-onderzoek aan ronde nabezinktanks² voorzien van slibschrapers is uitgebreid ingegaan op de bezinkprocessen die optreden in dit type tank en de capaciteit van de tank. Gebleken is dat de retourslibconcentratie bij dit type tank beduidend lager is dan de bodemslibconcentratie. Door een verbetering van de (bodem)slibverwijdering zou de retourslibconcentratie kunnen toenemen, waardoor een snellere terugvoer van bezonken slib naar de aëratietank plaatsvindt. Hierdoor wordt de capaciteit van de nabezinktank mogelijk vergroot.

Reeds eerder is vermeld dat wijzigingen aan het ruimersysteem en aan de inlooptrommel geen succes hebben gehad¹. Een onderzoek naar de invloed van een perifere inlaat bleek uitvoeringstechnisch niet mogelijk te zijn. Gezien de praktische uitvoerbaarheid heeft dit onderzoek zich daarom beperkt tot twee aspecten:

- een onderzoek naar het hevelruimsysteem;
- een onderzoek naar de invloed van een plaatconstructie onder de inlooptrommel waarmee de kortsluitstroming tussen de inlooptrommel en de slibkegel in nabezinktanks met slibschrapers wordt opgeheven.

Bij het hevelruimsysteem wordt het bezonken slib door een aantal zuigbuizen, in radiale richting van de tank opgesteld, verwijderd. In vergelijking met het systeem met slibschrapers wordt het slib ter plaatse verwijderd en niet naar één centraal punt geschoven. Dit heeft mogelijk een positieve invloed op de slibbezinkprocessen en de slibverwijdering in de tank, wat de capaciteit van de tank ten goede komt.

Daarentegen is er bij het ontwerpen van dit type tank steeds vanuit gegaan dat het retourslibdebiet een deel van de tank doorstroomt en niet zoals bij tanks met slibschrapers direct wordt onttrokken.

Het retourslibdebiet zou hierdoor een substantiële hydraulische belasting vormen waardoor dit type tank gedimensioneerd werd op $Q + 1/3 Q_r$ (m^3/h).

In totaal zijn er 25 actief-slibinrichtingen in Nederland uitgevoerd met een ronde nabezinktank voorzien van een hevelruiming. Een onderscheid kan worden gemaakt in een tank met een vlakke en met een hellende bodem.

Bij de hellende bodem wordt het slib niet alleen ter plaatse verwijderd, maar wordt dit eveneens door schrapers in de richting van het hart van de tank geschoven.

Voor dit STORA-onderzoek zijn vier proeven uitgevoerd op nabezinktanks met hevelruiming: twee op de inrichting te Haarlem-Waarderpolder en twee op de inrichting te Barneveld.

In opdracht van Provinciale Waterstaat van Utrecht zijn in een eerder stadium twee proeven uitgevoerd op de ronde nabezinktank met hevelruiming van de rwzi te De Bilt. Aanleiding tot dit onderzoek was het matig functioneren van de tank wegens het snel verstoppingen van de zuigbuizen aan de rand van de tank. Door PWU is ingestemd in een verwerking van de meetresultaten in dit STORA-onderzoek.

Het doel van dit onderzoek is een bepaling van de invloed van het hevelruimsysteem op de capaciteit van de nabezinktank. Onderzocht is of door een betere slibverwijdering de capaciteit van de tank groter is dan bij een conventioneel uitgevoerde tank met slibschrapers.

In het onderzoek is hiervoor de invloed beschouwd van het aanvoerdebiet, de drogestofconcentratie van de aanvoer naar de tank en de slibbezinkbaarheid.

Tevens is onderzocht of het retourslibdebiet een substantiële hydraulische belasting van de tank vormt.

Bij de proeven op ronde nabezinktanks voorzien van slibschrapers is gebleken dat bij dit type tank een aanzienlijke kortsluitstroming optreedt tussen de inlooptrommel en de verticaal hieronder gelegen slibkegel. Door deze kortsluiting wordt de retourslibconcentratie sterk gereduceerd.

Door een plaat aan te brengen tussen de inlooptrommel en de slibkegel zal de kortsluitstroming grotendeels wegvallen.

Een toename van de retourslibconcentratie te zamen met een betere (bodem)slibverwijdering zal de toelaatbare hydraulische belasting van de tank mogelijk verhogen.

Voor het onderzoek is in de nabezinktank van de rwzi te Rijen een plaat aangebracht. Hiermee zijn drie proeven uitgevoerd. Vervolgens is een proef uitgevoerd met een vergrote plaatdiameter. Als referentie zijn op de nabezinktank zonder plaat twee metingen gehouden.

Het onderzoek heeft tot doel het bepalen van de invloed van een plaat tussen de inlooptrommel en de slibkegel op de capaciteit van de nabezinktank.

Gezien de uniforme opzet van het onderzoek aan het hevelruimsysteem en het onderzoek aan een plaatconstructie is in dit rapport de keuze en beschrijving van de inrichtingen, het onderzoekprogramma en de opzet van de proeven gezamenlijk behandeld (hoofdstuk 3, 4 en 5).

In hoofdstuk 6 zijn vermeld de resultaten van het onderzoek aan nabezinktanks met hevelruiming. Met name is ingegaan op de processen die optreden in dit type tank en de werking van de zuigbuizen. Hoofdstuk 7 behandelt de meetresultaten van de proeven met plaatconstructie. Hier is ingegaan op de processen die zich afspelen rond de plaat. Aan de hand van de referentiemetingen is een vergelijking gemaakt tussen het functioneren van de tank met en zonder plaat. De invloed van hevelruiming en de plaatconstructie op de capaciteit van de tank is in hoofdstuk 8 behandeld. Een vergelijking is gemaakt met de capaciteit van conventioneel uitgevoerde tanks met slibschrapers.

In de bijlagen zijn alle meetresultaten van de proeven opgenomen.

KEUZE EN BESCHRIJVING VAN DE INRICHTINGEN

Voor een goede uitvoering van de proeven op de nabezinktanks met hevelruimer moesten de rwzi's voldoen aan de volgende vier criteria:

- de aanvoer moet gedurende lange tijd (circa 5 h) constant kunnen blijven;
- het aanvoerdebiet en/of slibgehalte in de aëratietank moet gewijzigd kunnen worden;
- het retourslibdebiet moet gevarieerd kunnen worden;
- in het onderzoek moet eveneens de invloed van een hellende bodem op de bezink- en ruimprocessen in de tank onderzocht kunnen worden.

Voor het onderzoek naar het effect van een plaatconstructie moet de inrichting voldoen aan de volgende randvoorwaarden:

- de hierboven omschreven criteria voor het onderzoek aan het hevelruimsysteem;
- bij voorkeur twee identieke ronde nabezinktanks, voorzien van slibschrapers, bodemhelling 1:12 en aanvoer in het midden van de tank;
- een plaatconstructie moet op een eenvoudige wijze tussen de inlooptrommel en slibkegel kunnen worden aangebracht;
- bij voorkeur een inrichting waar reeds experimenten zijn uitgevoerd in het kader van het STORA-praktijkonderzoek aan ronde nabezinktanks.

Voor het onderzoek aan het hevelruimsysteem is de keuze gevallen op de rwzi's te Haarlem - Waarderpolder (met hellende bodem) en te Barneveld (met vlakke bodem). De rwzi te De Bilt, waar PW Utrecht proeven heeft uitgevoerd, heeft een vlakke bodem.

Het onderzoek aan een plaatconstructie is uitgevoerd op de inrichting te Rijen.

De belangrijkste kengrootheden van de vier beschouwde inrichtingen zijn in tabel 1 vermeld.

	De Bilt	Haarlem	Barneveld	Rijen
beluchtingsruimte:				
- ontwerp slibbelasting (kg BZV/kg d.s.d.)	0,30	0,20	0,10	0,10
- inhoud (m ³)	1200	1800	3150	11.140
relatief aëratievolume:				
- V_{at}/V_{NB}	0,40	0,56	1,58	2,38
nabezinktank:				
- diameter (m)	39,1	40	35,7	45,5
- oppervlak (m ²)	1200	1256	1000	1630
- kantdiepte (m)	2,5	2,0	2,0	2,25
- vlakke bodem	*		*	
- hellende bodem		*		*
- aantal zuigbuizen	10	2x6	6	-
- ontwerp oppervlaktebelasting (m ³ /(m ² .h))	1,0	1,0	1,0-1,2	1,0
retourslibvijselcapaciteit (m ³ /h)	330	625/875	390/600	530/1007

Tabel 1. Gegevens inrichtingen te De Bilt, Haarlem WP, Barneveld en Rijen

4 ONDERZOEKPROGRAMMA

4.1 Hevelruimsysteem

Op de inrichtingen te De Bilt, Haarlem WP en Barneveld zijn ieder twee experimenten uitgevoerd. Bij het vaststellen van de tankbelasting is gebruik gemaakt van de STORA-ontwerpgrafiek voor ronde nabezinktanks met slibschrapers. De nabezinktanks zijn zodanig belast dat bij ronde tanks met slibschrapers een sliboverstort zou zijn opgetreden. Zonodig is hiervoor het slibgehalte in de AT aangepast. Aldus kon worden onderzocht of het hevelruimsysteem een positieve invloed heeft op de capaciteit van de tank.

De twee proeven te De Bilt zijn uitgevoerd met een verschillend aanvoerdebiet. Op de andere twee inrichtingen bleef zij nagenoeg gelijk en is de invloed van het retourslibdebiet op het functioneren van de tank onderzocht.

Op de inrichting te Haarlem zijn de radiaal over de tankdiameter opgestelde zuigbuizen ieder voorzien van een afzonderlijke telescoopoverlaat. De inrichting te Barneveld heeft deze voorziening niet, terwijl bij de inrichting te De Bilt deze voorziening door de beheerder eertijds is verwijderd.

Naar aanleiding van de eerste proefresultaten op de inrichting te De Bilt, is voor de tweede proef een tweetal pompen nabij de bodem geïnstalleerd op respectievelijk 2 en 6 m vanaf de wand. Mogelijk zou hierdoor een betere slibonttrekking optreden nabij de wand. Het totale retourslibdebiet bleef ongewijzigd.

Op basis hiervan is afgezien van een verandering van de telescoopstanden van de zuigbuizen te Haarlem Waarderpolder.

In tabel 2 zijn de proefnummering en de proefcondities weergegeven.

proefnummer:	De Bilt		Barneveld		Haarlem	
	1°	2*	3*	4°	5°	6*
oppervlaktebelasting (m ³ /(m ² .h))	0,83	1,25	0,72	0,63	1,04	1,04
retourslibverhouding (-)	0,33	0,22	0,83	0,62	0,5	0,7
drogestofconcentratie van de aanvoer (kg/m ³)	4,2-1,6	4,3-1,8	6,3-4,6	5,7-3,8	5,7-2,3	5,7-2,4
slibindex (ml/g)	240	210	105	105	145	120
drogestofbelasting (kg/(m ² h))	1,77	2,75	6,1	3,9	3,5	4,2
slibvolume (ml/l)	385	380	485	400	335	290

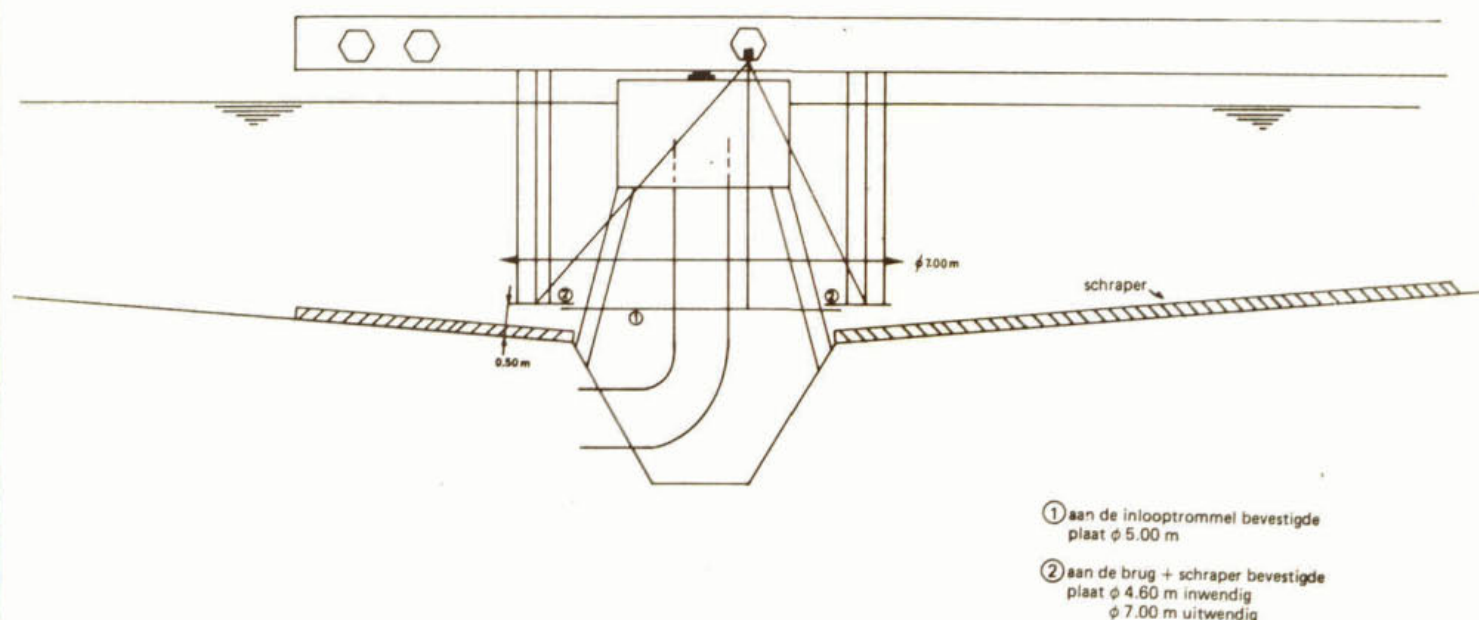
Tabel 2. Belastinggegevens metingen op nabezinktanks voorzien van hevelruimer

° proef beëindigd in evenwicht

* proef beëindigd in overstort

Plaatconstructie

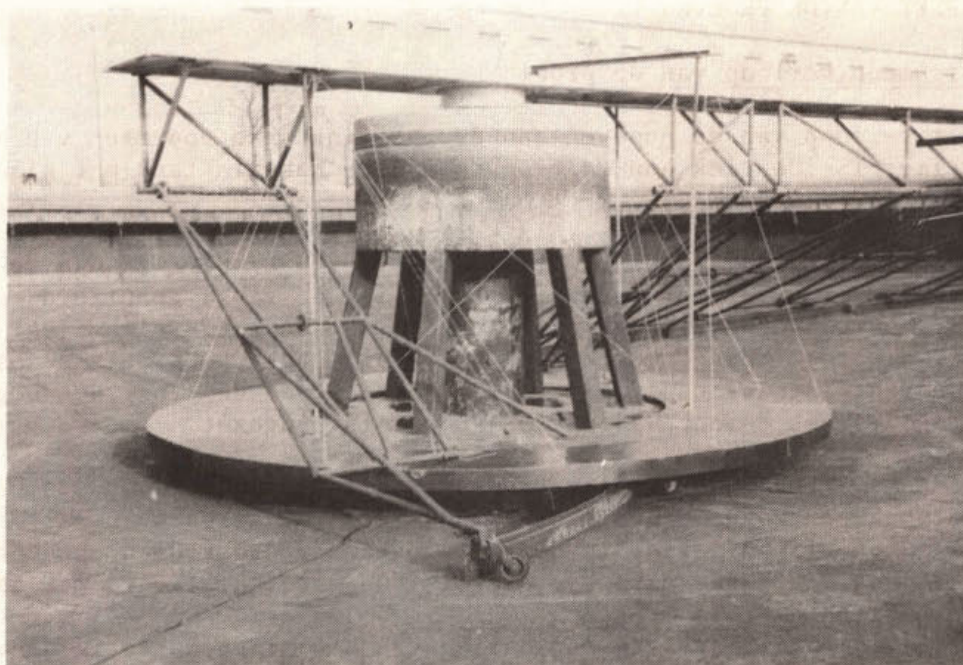
Op de inrichting te Rijen zijn in totaal zes metingen uitgevoerd. Voor de eerste drie metingen is een plaat geconstrueerd met een diameter van 7,00 m en een afstand van de rand van de plaat tot de bodem van de tank van 0,50 m. Deze uitvoering is zodanig gekozen dat enerzijds de plaat ruim de slibkegel bedekte en anderzijds de rand van de plaat in de indikzone zou komen te liggen. Gezien de constructie van de slibruimer is de plaat in twee delen opgebouwd: een middendeel bevestigd aan de kolommen van de inlooptrommel en een buitendeel, meedraaiend, bevestigd aan de brug. De plaat is uitgevoerd in geplastificeerd triplex versterkt met hoekprofielen. Voor de ligging van de plaat wordt verwezen naar figuur 1.



Figuur 1. Situering plaatconstructie, proef 1, 2 en 3

Na deze drie metingen is door het personeel van de inrichting een vierde meting uitgevoerd op de tweede, identieke nabezinktank zonder plaatconstructie. Deze meting is onder dezelfde condities uitgevoerd als de derde meting.

Gezien de proefresultaten is een vijfde proef uitgevoerd waarbij de diameter van de plaat vergroot is tot 8,50 m. Bovendien is de afstand van de rand van de plaat tot de bodem van de tank verkleind van 0,50 m tot 0,35 m (figuur 2). Enerzijds zou hiermee het effect van een grotere plaatdiameter onderzocht worden en anderzijds een betere slibonttrekking uit de indikzone verkregen worden. Met deze plaatuitvoering is één meting uitgevoerd (proef 5). Tevens leek het zinvol een zesde proef uit te voeren op de tweede nabezinktank zonder plaat onder nagenoeg gelijke procescondities (proef 6). Het effect van een plaatconstructie is hierdoor beter te beoordelen.



Figuur 2. Gemodificeerde plaatconstructie (proef 5)

Evenals bij de proeven aan de nabezinktanks met hevelruiming is bij het vaststellen van de tankbelasting gebruik gemaakt van de STORA-ontwerpgrafiek voor ronde nabezinktanks met slibschrapers. De nabezinktanks zijn op de grens van overbelasting belast. Gekozen is voor een oppervlaktebelasting die in de buurt zou liggen van de toelaatbare belasting van een groot aantal zuiveringsinrichtingen. Voor een optimale vergelijking van de meetresultaten zijn vijf van de zes proeven met dezelfde oppervlaktebelasting uitgevoerd ($v_o = 0,83 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$). Zonodig is het slibgehalte in de AT aangepast.

In tabel 3 zijn de proefcondities van alle proeven weergegeven.

proefnummer:	1°	2 ^Δ	3 ^Δ	4*	5*	6*
- oppervlaktebelasting ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)	0,83	1,04	0,83	0,83	0,83	0,83
- retourslibverhouding (-)	0,75	0,59	0,75	0,75	0,75	0,75
- drogestofconcentratie van de aanvoer (kg/m^3)	2,5	2,8	3,4	-	4,9	4,5
- slibindex (ml/g)	115	130	110	-	80	75
- drogestofbelasting ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)	3,6	4,6	4,9	-	7,1	6,5
- slibvolume (ml/l)	285	365	375	345	390	335
- diameter plaatconstructie (m)	7	7	7	-	8,5	-
- afstand rand plaat tot de bodem (cm)	50	50	50	-	35	-

Tabel 3. Belastinggegevens proefnemingen te Rijen

- ° proef beëindigd in een evenwicht
- Δ proef heeft geen evenwicht bereikt
- * proef beëindigd in een overstort

5 OPZET VAN DE PROEVEN

5.1 Algemeen verloop van de proef

Het verloop van de proeven aan de nabezinktanks voorzien van een hevelruimer is identiek aan de proeven aan de nabezinktank met plaatconstructie.

Voor het begin van de proef is de aanvoer naar de rwzi een zekere tijd stop gezet. Daardoor werd afvalwater in het riool gebufferd en kon het nog aanwezige slib in de nabezinktank met de retourslibvijzel grotendeels worden teruggevoerd naar de aëratietank. De proef is gestart bij een zeer lage slibspiegel, nabij de bodem van de tank. Het begin van de proef is het moment waarop de aanvoer is aangezet.

Na de start van de aanvoer treden dezelfde processen op als bij het onderzoek aan ronde nabezinktanks voorzien van slibschrapers:

- een slibbuffering in de nabezinktank doordat de drogestofaanvoer naar de nabezinktank groter is dan wordt afgevoerd met het retour-slibdebiet;
- als gevolg hiervan een daling van het slibgehalte in de aëratietank en een stijging van de slibspiegel in de nabezinktank;
- door indikprocessen in de nabezinktank de vorming van een indikzone nabij de bodem van de tank;
- hierdoor een toename van de drogestofconcentratie van het retour-slib in de tijd;
- instelling van een evenwichtssituatie (slibspiegel zal niet verder stijgen) of het optreden van een sliboverstort (door een blijvende slibspiegelstijging).

5.2 Metingen en analyses

Tijdens de proefnemingen zijn bepaald:

- de slibspiegelhoogte met behulp van een foto-electrische sonde;
- de slibvolume-index van de aanvoer naar de nabezinktank;
- de drogestofconcentratie van de aanvoer en het retourslib met behulp van een Eur-Control drogestofconcentratiemeter type MEX;
- de profielen van de drogestofconcentraties in de nabezinktank met eenzelfde apparaat.

Bij de nabezinktanks voorzien van een hevelruiming zijn bovendien nog bepaald:

- de drogestofconcentratie van het slib uit de radiaal in de tank opgestelde zuigbuizen met een zelfde drogestofconcentratiemeter;
- de stroomsnelheid in deze zuigbuizen met behulp van een Ott-molen, ter bepaling van het debiet per zuigbuis.

In het nu volgende zal worden ingegaan op het verloop van de slibspiegelhoogte (h_s), het slibgehalte in de aëratietank (G_a) en de retour-slibconcentratie (G_r) tijdens de proeven. Vervolgens^a wordt ingegaan op de slibbuffering in^r de tanks, de werking van het slibruimsysteem en de invloed van de hellende en vlakke bodem op het functioneren van de tank.

6.1 Verloop van h_s , G_a en G_r gedurende de proeven

Het verloop gedurende de proeven van de slibspiegelhoogte (h_s), het slibgehalte in de aëratietank (G_a) en de retour-slibconcentratie (G_r), zoals dat beschreven is in par. 5.1, is in bijlage 1 grafisch weergegeven. In het nu volgende wordt hiervan een analyse gegeven.

h_s

Als gevolg van een optredende slibbuffering in de nabezinktank stijgt de slibspiegel. De stijgsnelheid is over de hele tankdiameter nagenoeg hetzelfde. Door turbulentieverschijnselen is alleen de stijgsnelheid nabij de inlooptrommel lager dan elders in de tank.

De slibspiegelhoogte blijkt afhankelijk te zijn van de plaats van slibruiming. Ruiming kan een plaatselijke slibspiegeldaling veroorzaken tot ± 50 cm. Deze daling neemt af naarmate de slibspiegel hoger komt te liggen in de tank. De slibspiegelhoogte over de omtrek van de tank is voor de proeven te Barneveld nagenoeg overal gelijk. Bij de proeven te De Bilt bedroeg het maximale verschil 45-65 cm door de invloed van de ruimer.

Proef 6 op de inrichting te Haarlem is uitgevoerd tijdens stormachtig weer. De ligging van de slibdeken in de tank is hierdoor sterk beïnvloed. Aan het wateroppervlak is een stroming ontstaan in de richting van de wind en in de sliblaag tegen de wind in. De slibspiegel kwam hierdoor schuin in de tank te liggen. Aan de loefzijde is sliboverstort opgetreden terwijl aan de lijzijde de slibspiegel zich op $\sim 1,20$ beneden de waterspiegel bevond. Bij een normale wind zal vermoedelijk geen of pas na lange duur een sliboverstort zijn opgetreden.

Bij ronde nabezinktanks voorzien van slibschrappers is geconstateerd dat bij een optredende evenwichtssituatie de slibspiegel niet verder is gestegen dan ± 30 cm boven de kantdiepte. Bij hevelruiming blijkt in het geval van een evenwichtssituatie de slibspiegel hoger te kunnen liggen (variërend van 0,90 tot 1,35 m boven de kantdiepte). Een duidelijke reden hiervoor is vooralsnog niet aan te geven.

Verloop G_a

Bij alle proeven is het slibgehalte in de aëratietank gedurende de proef gedaald als gevolg van een uitspoeling van slib naar de nabezinktank. De afnamesnelheid van G_a , uitgedrukt in kg d.s./h, wordt onder andere beïnvloed door het relatief aëratievolume (V_{AT}/V_{NB}). Voor de proeven te Barneveld met een groot relatief aëratievolume is de afnamesnelheid beduidend lager dan voor de andere twee inrichtingen.

Verloop G_r

Door de indikking van gebufferd slib in de nabezinktank stijgt de retourslibconcentratie G_r totdat een maximale waarde is bereikt ($G_{r, \text{balans}}$).

Opvallend is het golvend verloop van G_r in de tijd bij de proeven 2 en 6 (bijlage 1). Een niet geheel horizontaal liggende slibdeken met als gevolg een verschil in slibindikking is hiervan de oorzaak.

In tabel 4 zijn de gemeten retourslibconcentraties ($G_{r, \text{meting}}$) en de balanswaarde volgend uit de vergelijking $G_{r, \text{balans}} = (Q + Q_r) \cdot G_a / Q_r$ weergegeven. Bij proef 1 is de $G_{r, \text{meting}} \sim 25\%$ lager dan de balanswaarde. Voor de overige proeven bedraagt het verschil maximaal 11%. Bij deze proeven blijkt er dus vrijwel een evenwicht te zijn tussen de aanvoer naar de nabezinktank en de afvoer met het slibretourdebiet.

Bij de proeven te Haarlem is binnen een uur de maximale G_r bereikt. $G_{r, \text{meting}}$ is dan nagenoeg gelijk aan $G_{r, \text{balans}}$.

Bij de overige proeven is ofwel de G_r gedurende de gehele proef blijven toenemen ofwel pas na langere tijd (2-3 h) constant geworden. Vermoedelijk speelt het al of niet hellend zijn van de bodem hierbij een rol.

Bij het stopzetten van de aanvoer treedt bij alle proeven een lichte toename op van de retourslibconcentratie (max. $0,9 \text{ kg/m}^3$). Van een sterke kortsluitstroming als waargenomen bij het systeem van slibrui- ming m.b.v. schrapers is dus geen sprake.

Ook bij het systeem van hevelruiming treedt een groot verschil op tus- sen de bodemslibconcentratie en de retourslibconcentratie. De retour- slibconcentratie bedraagt 65 à 90% van de gemiddelde bodemslibconcen- tratie. Niet alleen slib nabij de bodem maar ook slib uit de bovenlig- gende sliblagen met een lagere drogestofconcentratie wordt door de zuigbuizen onttrokken.

		1°	2*	3*	4°	5°	6*
Q	m^3/h	1000	1500	720	630	1310	1310
Q_r	m^3/h	330	330	600	390	625	875
G_r	kg/m^3	1,6	1,8	4,6	3,8	2,3	2,4
G_a	kg/m^3	6,4	5,5	9,7	9,9	7,1	6,0
$G_{r, \text{balans}}$	kg/m^3	4,8	4,9	8,6	10,0	6,8	6,2
$G_{r, \text{meting}}$	kg/m^3	-	-	8,6	10,6	7,0	7,1
$G_{r, \text{stop aanvoer}}$	kg/m^3	4,9	6,0	13,6	14,3	-	7,8
$G_{r, \text{bodem}}$							

Tabel 4. De retourslibconcentraties volgens de drogestofbalans en de gemeten waarde

° evenwicht
* overstort

6.2 Buffercapaciteit

De buffercapaciteit van de nabezinktank wordt bepaald door de maximaal toelaatbare slibspiegelhoogte en de slibconcentratie van de bufferzone in de tank. Bij een grotere buffercapaciteit kan het slibgehalte in de aëratietank zodanig afnemen dat een evenwichtssituatie optreedt. Het slibtransport naar de nabezinktank is dan in evenwicht met de slibterugvoer naar de aëratietank. Een grotere buffercapaciteit van een tank met hevelruiming kan bij een zekere belasting resulteren in een evenwicht, terwijl bij eenzelfde belasting een tank met lagere buffercapaciteit een overstort zou geven. Voor de drogestofopbouw in de tanks wordt verwezen naar bijlage 1.

Bij het systeem van hevelruiming is vrij duidelijk een bufferzone te onderscheiden. De slibconcentratie in deze zone is 20 tot 40% hoger dan de aanvoerconcentratie. Alleen bij proef 1 (De Bilt) is zij nagenoeg gelijk aan de aanvoerconcentratie. Door het samenspel van een hogere slibconcentratie in de bufferzone en een hoger gelegen slibspiegel bij een evenwichtssituatie heeft een tank met hevelruiming een grotere slibbuffercapaciteit dan een tank voorzien van schrapers.

6.3 Methode van slibonttrekking door de zuigbuizen

De nabezinktank te De Bilt en te Barneveld is voorzien van een rond-draaiende brug over de halve diameter van de tank. Aan de brug zijn zes respectievelijk tien zuigbuizen bevestigd. De buizen zijn gelijkmatig verdeeld over de halve tankdiameter. De buizen komen uit in een verzamelput of verzamelring van waaruit het slibwatermengsel geheveld wordt naar de slibretourvijzel.

De nabezinktank te Haarlem is uitgevoerd met een dubbele ruimerbrug, met in totaal 12 zuigbuizen evenredig over de tankdiameter verdeeld. Bij iedere proef is een aantal keren het debiet per zuigbuis en de drogestofconcentratie hiervan bepaald.

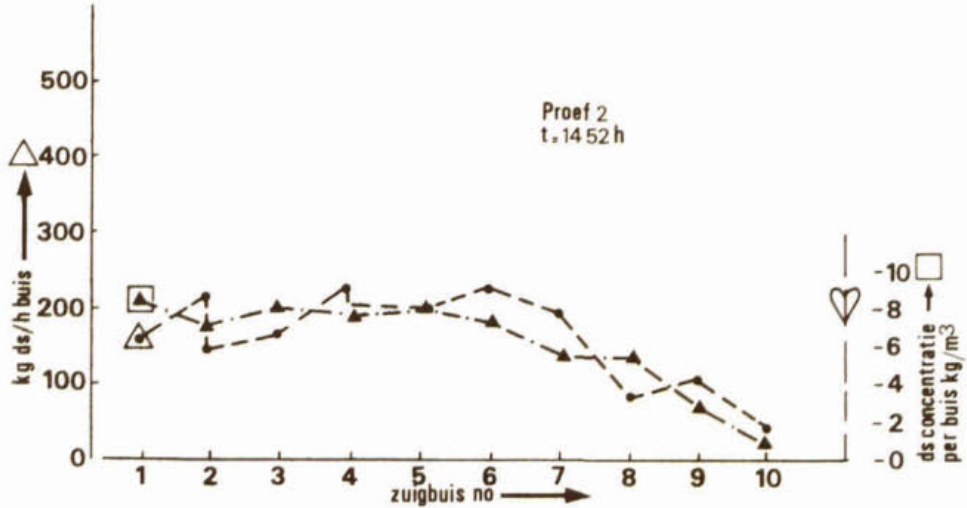
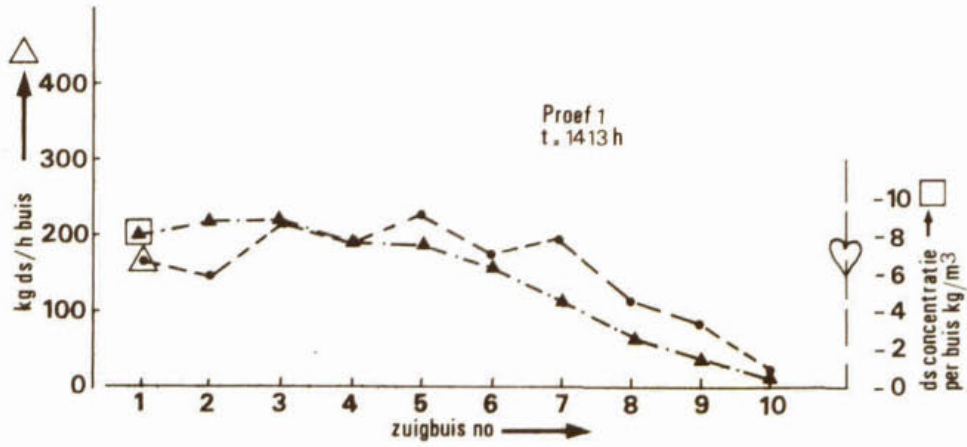
Op basis hiervan is een inzicht verkregen waar in de tank het bezonken slib wordt verwijderd. Uit de metingen is gebleken dat zowel het debiet als de drogestofconcentratie per zuigbuis onderling sterk kan verschillen.

In de figuren 3, 4 en 5 is de drogestofconcentratie en de drogestofafvoer per zuigbuis weergegeven voor de drie inrichtingen op een bepaald tijdstip.

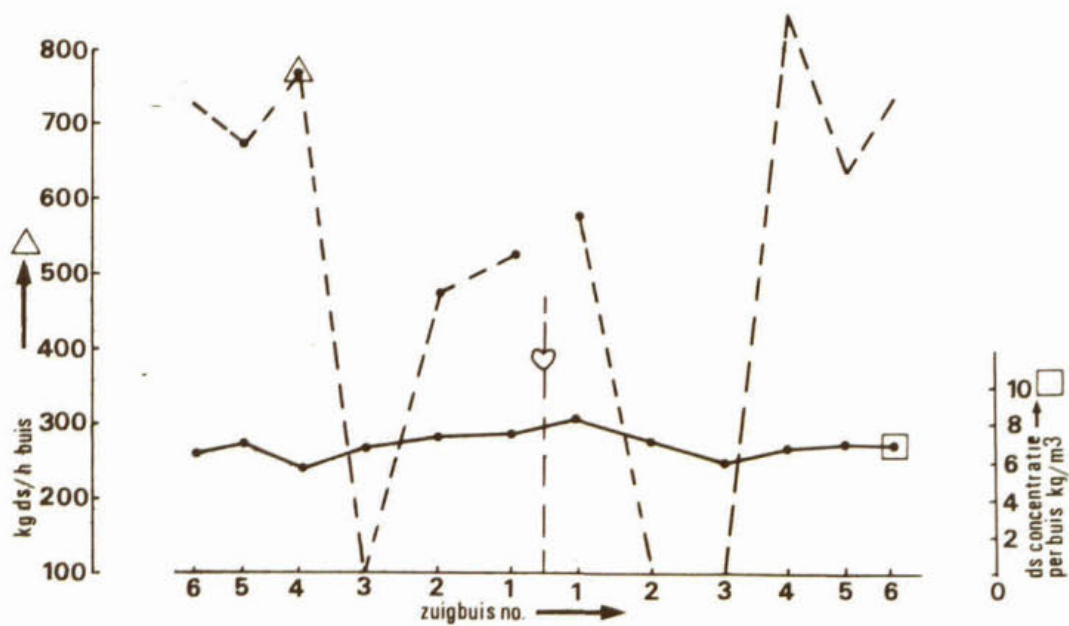
Bij een vlakke bodem is de drogestofconcentratie van de zuigbuis nabij de inlooptrommel het laagst. Er is sprake van een kortsluitstroming tussen deze buis en de inlooptrommel. De zuigbuis nabij de tankwand heeft vrijwel altijd de hoogste drogestofconcentratie. De drogestofafvoer (in kg/h) is echter niet altijd het hoogst.

Te Haarlem, met hellende bodem, wordt bij een slibspiegel nabij de bodem door de buizen ter plaatse van de wand vrijwel helder water afgevoerd. Door een stijgende slibspiegel wordt de drogestofconcentratie van deze zuigbuizen nagenoeg gelijk aan die van de andere buizen. In de richting van de inlooptrommel neemt de drogestofconcentratie in de zuigbuizen zelfs toe.

Tijdens de proef treden geringe veranderingen op in de debieten per zuigbuis. De drogestofconcentratie verandert wel, overeenkomstig de wijzigingen in de retourslibconcentratie.

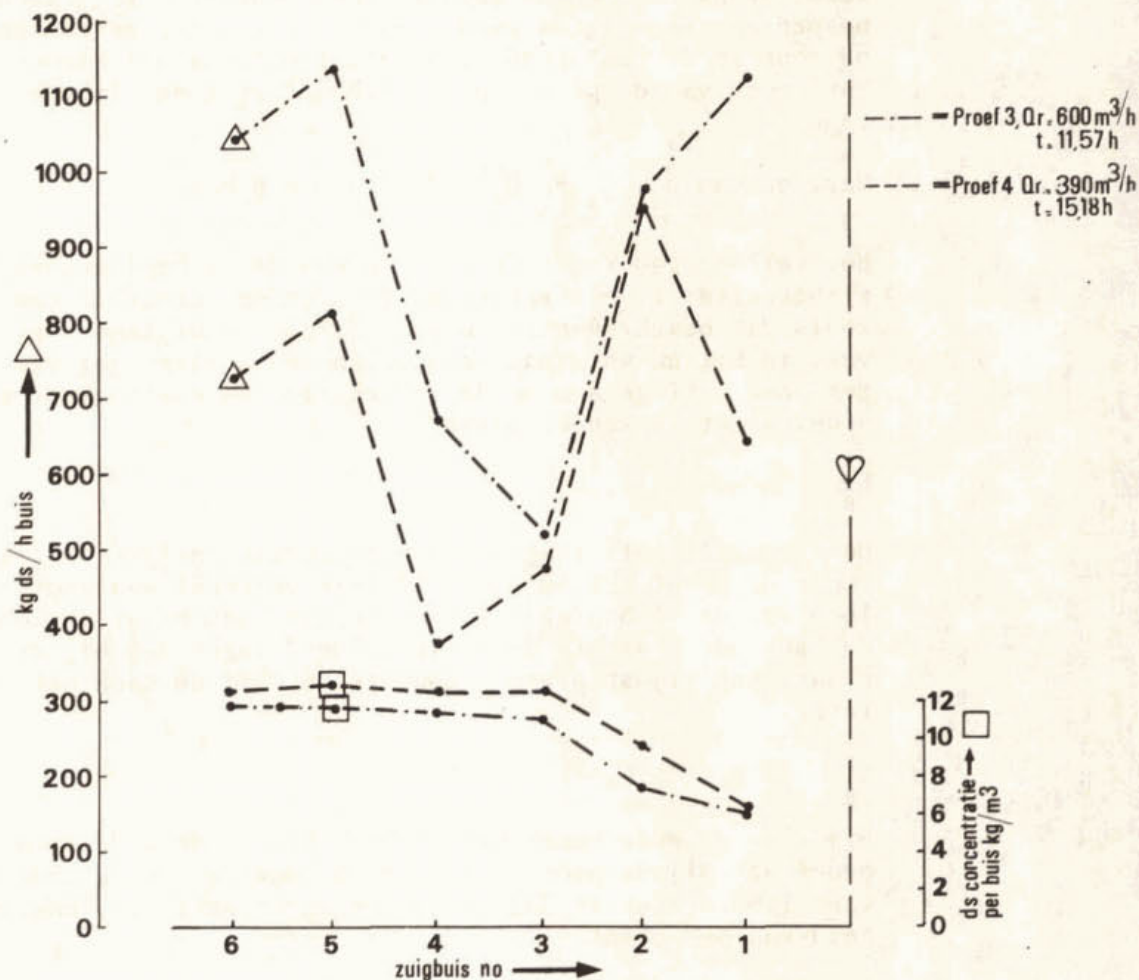


Figuur 3. Drogestoftransport per zuigbuis (proeven te De Bilt)



Figuur 4. Drogestoftransport per zuigbuis (proef 6 te Haarlem, t=15.21 h)

Alleen de zuigbuizen te Haarlem zijn voorzien van telescoopoverlaten waarmee het afvoerdebiet per zuigbuis regelbaar is. Op deze inrichting blijken drie buizen geen afvoer te hebben ofwel door dichtslibbing ofwel door een te hoge stand van de telescoopoverlaat.



Figuur 5. Drogestoftransport per zuigbuis, proef 3 en 4 te Barneveld

6.4

Drogestofconcentratie in het effluent

Enige minuten na de start van de aanvoer was alleen bij proef 4 de drogestofconcentratie in het effluent hoog: 57 mg/l. Na de opbouw van een slibdeken daalde door dekenfiltratie de drogestofconcentratie in het effluent.

Bij de andere proeven eindigend in een evenwichtssituatie bleef de drogestofconcentratie beneden de 10 mg/l. In het geval van een sliboverstort bedroeg de concentratie enkele honderden mg/l.

In het nu volgende zal worden ingegaan op de invloed van de plaat op de bezinkprocessen in de tank en de capaciteit van de tank. Allereerst wordt het verloop van de slibspiegelhoogte (h_s), het slibgehalte in de aëratietank (G_a) en de retourslibconcentratie^s (G_r) gedurende de proef besproken. Vervolgens wordt een beschouwing gegeven van het stromingspatroon in de tank rond de plaat. Tenslotte zal worden ingegaan op de invloeden van de plaat op de slibbuffering en slibverwijdering in de tank.

7.1 Verloop van h_s , G_a en G_r gedurende de proeven

Het verloop gedurende de proeven van de slibspiegelhoogte (h_s), het slibgehalte in de aëratietank (G_a) en de retourslibconcentratie (G_r), zoals dat beschreven is in par. 5.1, is in bijlage 2 grafisch weergegeven. In het nu volgende is hiervan een analyse gegeven. Met name is ingegaan op de verschillen en overeenkomsten tussen de proeven met en zonder plaat.

h_s

Door een slibbuffering in de nabezinktank stijgt de slibspiegel gedurende de proef. Er is een duidelijk verschil waarneembaar in het verloop van de slibspiegel tussen de tank met plaat en zonder plaat. Bij de tank met plaat is de stijgsnelheid lager dan bij de tank zonder een plaat. Het tijdstip van sliboverstort bij de tank met een plaat ligt later.

G_a

Bij alle proeven neemt het slibgehalte in de aëratietank tijdens de proef af. Bij de proeven 3, 5 en 6 bedroeg deze afname tot het moment van sliboverstort $\sim 30\%$ van de beginconcentratie, ongeacht de aanwezigheid van een plaat.

G_r

Het verloop van de retourslibconcentratie gedurende de proef wordt duidelijk beïnvloed door de plaatconstructie. In korte tijd na de start van de aanvoer wordt bij de tank met plaat de maximale retourslibconcentratie bereikt. Zonder plaat treedt slechts een zeer langzame toename op. Bovendien is het concentratieverloop sterk golvend. Het snel bereiken van de maximale retourslibconcentratie wordt in de situatie met plaat veroorzaakt door een betere slibverwijdering. De stijgsnelheid van de slibspiegel is dan ook lager, resulterend in een uitstel van sliboverstort.

7.2 Stromingspatroon rond de plaat

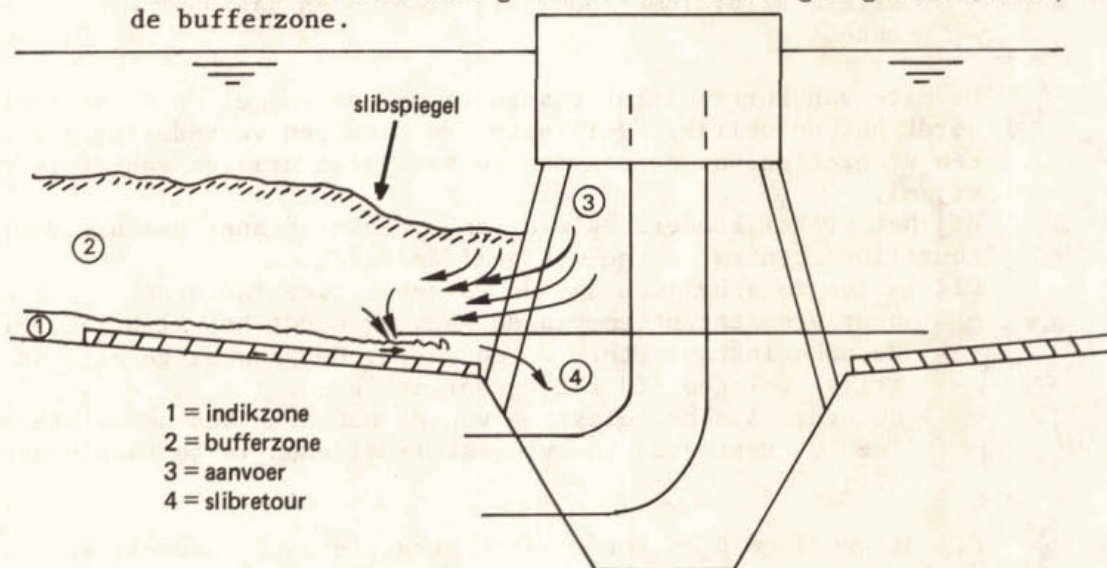
Door de aanwezigheid van de plaat wijzigt zich het stromingspatroon nabij de slibkegel. Het wegvallen van de kortsluitstroming tussen de inlooptrommel en de slibkegel zal een betere (bodem)slibverwijdering geven.

Dit is reeds bevestigd aan de hand van het verloop van de retourslibconcentratie in de situatie met en zonder plaat.

Teneinde inzicht te krijgen in de invloed van de plaat op de slibverwijdering, is in het nu volgende een beeld gevormd van de vloeistofstromingen rond de plaat.

Rond de plaatconstructie kunnen in hoofdzaak twee vloeistofstromingen onderscheiden worden (fig. 6):

1. een horizontale aanvoerstroming in de richting van de effluentgoten;
2. een retourslibstroom, samengesteld uit:
 - een slibstroom uit de indikzone;
 - een slibstroom afkomstig uit de hierboven gelegen slibzone, de bufferzone.



Figuur 6. Stromingspatroon rond de plaatconstructie

Ad 1 - De horizontale stroming

Het aangevoerde slib/watermengsel dat de inlooptrommel verlaat, verandert door de aanwezigheid van de plaat van een verticale in een horizontale stroming.

De horizontale stroming heeft een merkbare invloed op de slibspiegelhoogte ter plaatse van de plaat.

Na de start van de proef stijgt de slibspiegel in de tijd.

Bij een lage slibspiegel is direct boven de plaat deze stijging beduidend minder dan elders in de tank. Slib dat zich boven de plaat bevindt, wordt door de horizontale stroming meegenomen.

Nadat de slibspiegel op ongeveer 1,75 m onder de waterspiegel is komen te liggen, treedt direct boven de plaat een sterke stijging van de slibspiegel op. Deze slibspiegelhoogte komt ± 25 cm lager te liggen dan de gemiddelde slibspiegelhoogte.

Dit hoogteverschil blijft gedurende de rest van de proef gehandhaafd.

Ad 2 - De retourslibstroom

Ook in de situatie met plaat blijft de retourslibconcentratie (G_r) lager dan de bodemslibconcentratie (G_{bodem}).

Niet alleen bodemslib, maar eveneens slib uit de erboven liggende laag, de bufferzone wordt verwijderd. Bij proef 5, met plaat, is $G_r = \sim 0,87 G_{\text{bodem}}$. Bij proef 6, onder gelijke procescondities zonder plaat is $G_r = \sim 0,63 G_{\text{bodem}}$.

Vermoedelijk speelt echter ook de dikte van de indikzone en de slibbezinkwaliteit hierbij een belangrijke rol. Bij proef 3, met plaat is $G_r = \sim 0,65 G_{\text{bodem}}$. Het verschil tussen de proeven 3 en 5 zou kunnen

worden toegeschreven aan:

- een grotere plaatdiameter bij proef 5;
- een kortere afstand van de rand van de plaat tot de bodem van de tank bij proef 5;
- betere slibvolume-index bij proef 5 en daardoor een grotere indikzone.

De mate van kortsluiting tussen de inlooptrommel en de slibretourkegel wordt het duidelijkst geïllustreerd door een verandering van G_r bij een stopzetten van de aanvoer en het laten draaien van de retourslibvijzel.

Bij het praktijkonderzoek aan ronde nabezinktanks nam hierdoor de retourslibconcentratie toe met gemiddeld 37%.

Dit is toe te schrijven aan de volgende twee factoren:

- door een stopzetten van de aanvoer wordt het slibtransport naar de nabezinktank sterk gereduceerd. Het aanwezige slib in de tank krijgt gelegenheid tot verder indikken.
- de hydraulische belasting van de nabezinktank neemt sterk af (alleen Q_r resteert). De vloeistofsnelheden in de tank nemen eveneens af.

Bij de proefnemingen met plaatconstructie is G_r nauwelijks toegenomen ($\pm 1\%$).

7.3

Balanswaarde retourslibconcentratie

In tabel 5 is de balanswaarde weergegeven voor de retourslibconcentratie (volgend uit $G_{r, \text{balans}} = (Q + Q_r) \cdot G_a / Q_r$) en de gemeten concentratie ($G_{r, \text{meting}}$).

Uit tabel 5 blijkt dat voor de proeven 1, 3 en 5 de balanswaarde vrijwel gelijk is aan de gemeten waarde voor de retourslibconcentratie. Proef 2 heeft te kort geduurd om de evenwichtswaarde te bereiken, terwijl proef 6 geëindigd is in een overstort, waarbij nog geen sprake was van een balans.

In tabel 5 is eveneens vermeld de maximaal toelaatbare retourslibconcentratie, bepaald volgens Kalbskopf, $G_{\text{max}} = 1200/i_a^3$.

Uit de meetresultaten blijkt dat deze maximale retourslibconcentratie niet bereikt wordt. Dit zal ook niet mogelijk zijn doordat onder de gegeven condities deze (theoretisch) maximaal bereikbare retourslibconcentratie veel groter is dan de balanswaarde en dus ook nooit gehaald zal kunnen worden. Dit geldt zowel voor de proeven met plaat als zonder plaat.

Proefnummer	1	2	3	5	6
Q	1360	1700	1360	1360	1360
Q _r	1007	1007	1007	1007	1007
G _r	2,5	2,8	3,4	4,9	4,5
G ^a	5,9	7,5	8,0	11,5	10,6
G _r , balans	5,5	5,8	8,1	10,4	7,4
G _r , meting 1200/l _a	10,4	9,2	10,9	15,0	16,0

Tabel 5. Retourslibconcentratie G_r, balans en G_r, meting

7.4

Bufferconcentratie

Door de plaatconstructie treedt, zoals vermeld, een betere verwijdering op van het bodemslib. De slibverblijftijd in de tank wordt hierdoor verkort. De slibconcentratie in de indikzone en de bufferzone kan hierdoor worden beïnvloed. Van de proeven is de gemiddelde slibconcentratie in de bufferzone (G_{buffer}) in tabel 6 vermeld. De concentraties zijn bepaald aan de hand van slibprofielmetingen. Voor de slibopbouw in de nabezinktank wordt verwezen naar bijlage 2.

In tabel 6 zijn tevens vermeld de aanvoerconcentraties (G_a).

profielnummer		\bar{G}_{buffer} (kg/m ³)	G _a (kg/m ³)
proef 1	1	1,6	2,5
proef 2	1	2,0	2,7
proef 3	1	3,0	3,8
	2	4,2	4,3
	3	3,8	3,7
	4	3,8	3,6
proef 5	1	4,9	5,5
	2	4,7	5,3
	3	4,9	5,1
	4	5,1	4,9
	5	4,9	4,9
proef 6	1	5,4	5,6
	2	6,1	5,0
	3	5,7	5,0
	4	5,5	4,5
	5	5,5	4,5

Tabel 6. Bufferconcentratie en aanvoerconcentratie bepaald aan de hand van slibprofielen

Uit de meetresultaten blijkt dat de bufferconcentratie negatief wordt beïnvloed door de aanwezigheid van een plaat. Ook hier speelt de slibbezinkbaarheid een belangrijke rol (proef 3 versus proef 5).

Voor de situatie met plaat is de bufferconcentratie nagenoeg gelijk aan de aanvoerconcentratie. Zonder plaat is zij $\pm 15-20\%$ groter dan G_a .

7.5 Bodemslibconcentratie

De bodemslibconcentratie bij alle proeven varieert tussen de 11 en 14 kg/m³. Er is geen duidelijk onderscheid te maken tussen de situatie met en zonder plaat.

7.6 Drogestofconcentratie van het effluent

Bij alle proeven is een aantal effluentmonsters genomen. Gebleken is dat bij de nabezinktank met plaat sprake is van een verhoogde drogestofconcentratie in het effluent. Aan het begin van proef 3 bedroeg de drogestofconcentratie 110 mg/l. Zij is vervolgens afgenomen tot 10 mg/l bij een stijging van de slibspiegel.

De drogestofconcentratie van het effluent bedroeg bij de proeven 1, 2 en 5 (met plaat) 10-30 mg/l en bij proef 6 (zonder plaat) < 5 mg/l.

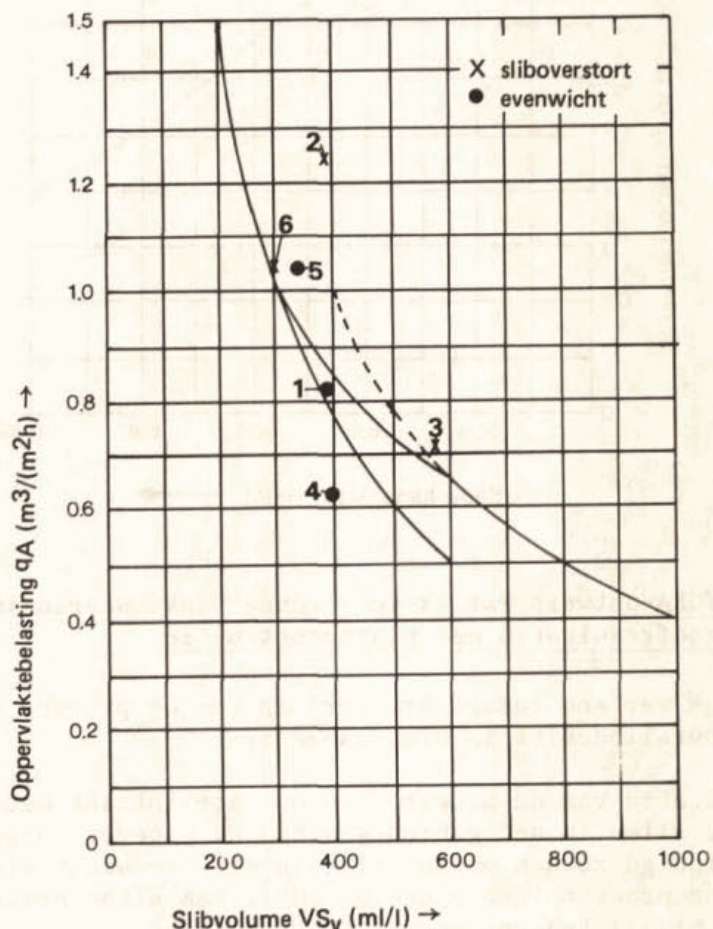
De invloed van een sterke horizontale stroming en de vorming van een slibdeken wordt voor de nabezinktank met plaat duidelijk aangetoond. Bij een lage slibspiegel is nauwelijks sprake van een dekenfiltratie; G_e is hoog, terwijl door een toename van de slibspiegelhoogte G_e afneemt als gevolg van een dekenfiltratie.

Bovenstaande situatie is opgetreden onder condities die vergelijkbaar zijn met een rwa situatie. Of bij dwa eveneens sprake is van een verhoogde drogestofconcentratie in het effluent is niet bekend.

Proef 5 (met plaat) en proef 6 (zonder plaat) zijn beiden geëindigd in een sliboverstort. Er is echter eveneens een verschil in drogestofconcentratie in het effluent opgetreden gedurende de overstortperiode. Bij proef 5 bedroeg de concentratie 270 mg/l en bij proef 6 1030 mg/l. Het is echter niet bekend of bij een langdurige overstortsituatie bij proef 5, de drogestofconcentratie verder zal toenemen.

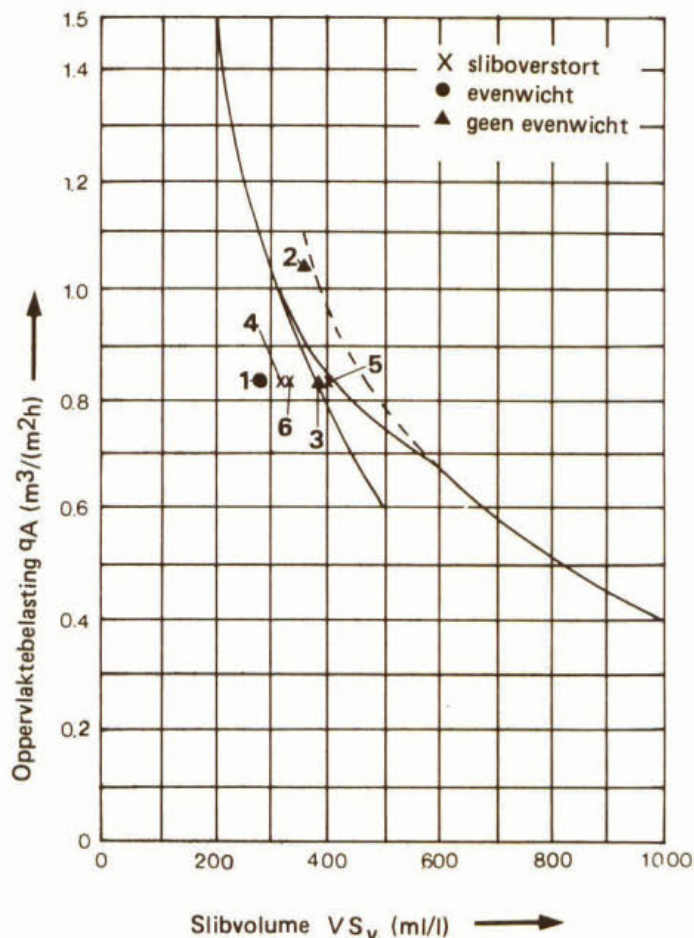
INVLOED VAN HEVELRUIMING EN EEN PLAATCONSTRUCTIE OP DE CAPACITEIT VAN DE TANK

De capaciteit van een ronde nabezinktank voorzien van slibschrapers kan volgens het STORA-onderzoek aan dit type tank² het best worden uitgedrukt in de toelaatbare slibvolumebelasting. Teneinde de capaciteit van een nabezinktank voorzien van hevelruiming en van een plaat te kunnen vergelijken met de capaciteit van een conventioneel uitgevoerde ronde tank is het verloop van de proeven vergeleken met de STORA-ontwerprichtlijn voor ronde tanks. Hiervoor zijn de proefresultaten ingetekend in de ontwerpgrafiek voor dit type tank (fig. 7 en 8).



Figuur 7. STORA-ontwerprichtlijn voor ronde tanks waarin ingetekend de proefresultaten met hevelruiming

Gezien de ligging van de meetpunten in de ontwerpgrafiek kan worden gesteld dat een nabezinktank voorzien van hevelruiming een toelaatbare belasting heeft, nagenoeg gelijk aan een tank met slibschrapers. De meetresultaten van de proeven 1, 2, 3 en 4 liggen in het belastingsgebied waarbij de proeven zijn geëindigd overeenkomstig met hetgeen uit de ontwerpgrafiek zou volgen. De nabezinktank bij proef 5 gedraagt zich beter en bij proef 6 slechter dan volgens de ontwerpgrafiek zou volgen.



Figuur 8. STORA-ontwerpgrafiek voor ronde tanks waarin ingetekend de proefresultaten met plaatconstructie

Een duidelijk verband tussen het verloop van de proeven en de grootte van het retourslibdebiet is niet aanwezig.

De meetresultaten van de proeven aan de nabezinktank met en zonder plaat liggen allen in het gebied waarbij de proeven volgens de ontwerpgrafiek geëindigd zouden moeten zijn in een evenwichtssituatie. Daarentegen zijn de proeven 4 en 6 geëindigd in een sliboverstort. De proeven 3 en 5 (met plaat) tenderdennaar een overstort.

Geconcludeerd kan worden dat de capaciteit van de tank door de aanwezigheid van een plaat niet wordt vergroot. In vergelijking tot de situatie zonder plaat, wordt door een plaatconstructie het tijdstip van een sliboverstort naar later verlegd.

CONCLUSIE

Op basis van het onderzoek aan ronde nabezinktanks voorzien van hevelruiming en het onderzoek aan een ronde tank voorzien van slibschrapers waarbij een plaatconstructie tussen de inlooptrommel en slibkegel is aangebracht, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Hevelruimsysteem

- Het verloop van de proeven komt overeen met hetgeen uit de STORA-ontwerprichtlijn voor ronde tanks met schrapers zou volgen.
- Bij de proeven eindigend in een evenwichtssituatie ligt de slibspiegelhoogte op het moment van evenwicht op 0,90-1,35 m boven de kantdiepte.
- De slibconcentratie van de bufferzone is hoger dan bij het systeem van slibschrapers: 1,2 à 1,4 maal de aanvoerconcentratie.
- In vergelijking met een ronde tank met slibschrapers heeft een tank met hevelruiming een grotere buffercapaciteit. Deze grotere capaciteit is mogelijk door een grotere bufferzone en grotere bufferconcentratie.
- Bij het hevelruimsysteem is slechts sprake van een geringe kortsluitstroming tussen de inlooptrommel en de zuigbuizen. Bij een stopzetten van de aanvoer stijgt de retourslibconcentratie met max. $0,9 \text{ kg/m}^3$.
- Door de zuigbuizen wordt niet alleen bodemslib maar eveneens slib uit de bovenliggende slibzones met een lagere concentratie weggehaald.
- Vooralsnog is niet aan te geven of de vorm van de tank (hellende of vlakke bodem) van invloed is op een sliboverstort.
- Sterke wind zal resulteren in een schuin liggende slibspiegel over het tankoppervlak. Door secundaire stromingen zal aan de windzijde de slibspiegel dermate hoog kunnen liggen dat plaatselijk sliboverstort optreedt. Bij windstil weer zou een uitstel van sliboverstort of zelfs een evenwicht kunnen zijn opgetreden.
- Gezien de meetresultaten kan worden gesteld dat een ronde nabezinktank voorzien van een hevelruiming een capaciteit heeft gelijkwaardig aan een nabezinktank voorzien van slibschrapers.
- Uit de proeven blijkt geen duidelijk verband aanwezig te zijn tussen het verloop van de proeven en de grootte van het retour-slibdebiet.
- Dezelfde dimensioneringsrichtlijnen kunnen worden gehanteerd als voor de ronde tank met slibschrapers. Hierbij behoeft geen rekening gehouden te worden met een additionele belasting als gevolg van het retourslibdebiet, dit in tegenstelling tot voorheen gehanteerde dimensioneringen.

Plaatconstructie

- Door de plaatconstructie is de kortsluitstroming tussen de inlooptrommel en de slibkegel opgeheven.
- Stopzetten van de aanvoer naar de rwzi waarbij de retourslibvijzels in bedrijf blijven, geeft geen verandering van de retourslibconcentratie.

- Bij de nabezinktank met plaat wordt in kortere tijd de maximale retourslibconcentratie bereikt.
- Er is duidelijk sprake van een betere slibonttrekking gedurende de gehele belastingsduur van de tank.
- De retourslibconcentratie blijft lager dan de bodemslibconcentratie. Slib wordt niet alleen onttrokken uit de indikzone doch ook uit de erboven gelegen bufferzone.
Het onttrokken slibdebiet uit deze bufferzone is onder andere afhankelijk van de diameter en ligging van de plaat.
- Door een betere slibverwijdering is de stijgsnelheid van de slibspiegel lager dan voor de nabezinktank zonder plaat. Het tijdstip van sliboverstort wordt hierdoor naar later verlegd.
- Het effect van twee plaatdiameters is onderzocht. Gebleken is dat bij de combinatie grotere plaatdiameter en kleinere afstand tussen de rand van de plaat en de bodem van de tank een betere bodemslibverwijdering optreedt uit de indikzone.
- De betere slibverwijdering geeft een verlaging van de slibconcentratie in de bufferzone.
- Door de plaat neemt de drogestofconcentratie in het effluent toe onder rwa condities. Het is niet bekend of onder dwa condities eveneens sprake is van een concentratietoename.
Bij sliboverstort is de drogestofconcentratie in het effluent voor de nabezinktank met plaat beduidend lager dan zonder plaat (270 mg/l versus 1030 mg/l).
- Het einde van de proeven op de nabezinktank zonder en met plaat is niet overeenkomstig hetgeen uit de STORA-ontwerpgrafiek voor ronde tanks zou volgen. De capaciteit van de tank wordt door een plaat niet vergroot. Er is geen aanleiding tot een aanpassing van de ontwerprichtlijn voor tanks met plaat.

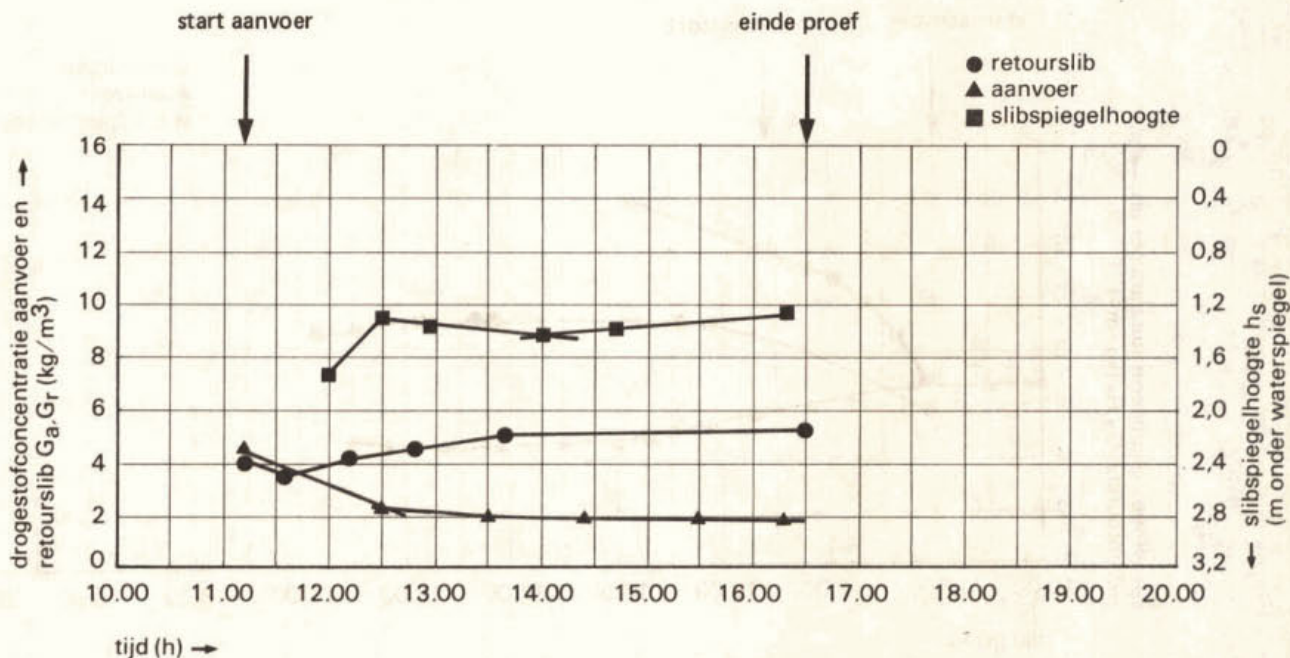
SYMBOLLEN

G_a	drogestofconcentratie in de aëratietank	kg/m^3
G_{bodem}	drogestofconcentratie nabij de bodem van de tank	kg/m^3
G_{buffer}	drogestofconcentratie in de bufferzone	kg/m^3
G_e	drogestofconcentratie in het effluent	mg/l
G_r	drogestofconcentratie in het retourslib	kg/m^3
$G_r, \text{ balans}$	drogestofconcentratie in het retourslib berekend volgens een massabalans	kg/m^3
$G_r, \text{ meting}$	gemeten drogestofconcentratie in het retourslib	kg/m^3
$G_r, \text{ stop aanvoer}$	gemeten drogestofconcentratie in het retourslib, na stopzetting van de aanvoer en in bedrijf blijven van de slibretourvijzel	kg/m^3
h_s	slibspiegelhoogte	m
i_a	slibvolume-index bepaald volgens NEN-norm	ml/g
Q	aanvoerdebiet	m^3/h
Q_r	retourslibdebiet	m^3/h
q_A	oppervlaktebelasting van de nabezinktank	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
t	tijd	
V_{AT}	volume van de aëratietank	m^3
V_{NB}	volume van de nabezinktank	m^3
V_S	slibvolume, berekend volgens	ml/l
	$V_S = G_a \cdot i_a$	

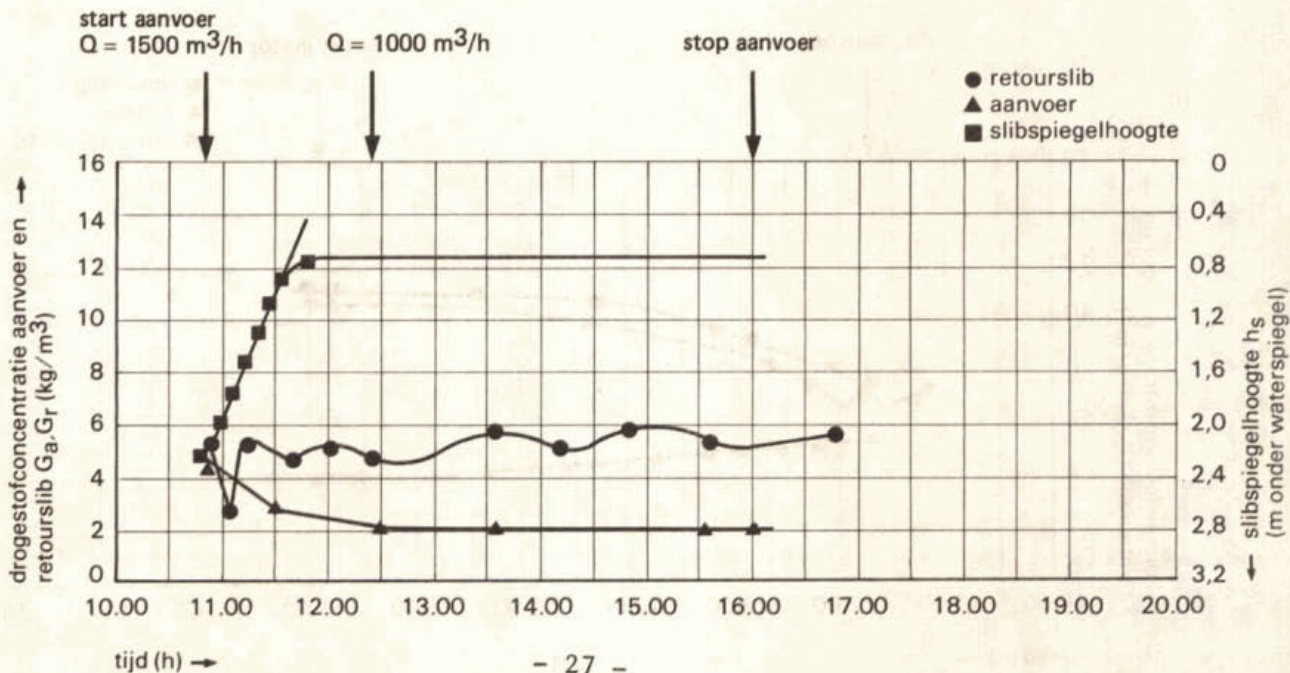
1. STORA-rapport, Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces. 2. Ronde nabezinktanks (Ontwerpgegevens en bedrijfservaring).
2. STORA-rapport, Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces. 2. Ronde nabezinktanks (Praktijkonderzoek).
3. Erläuterungen und Ergänzungen zum Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses 2.5. Absetzverfahren: Die Bemessung der Nachklärbecken von Belebungsanlagen, Korrespondenz Abwasser, 8/1976, 23e jaargang: 231 - 235.

METINGEN EN ANALYSERESULTATEN VAN DE PROEVEN MET EEN HEVELRUIMING

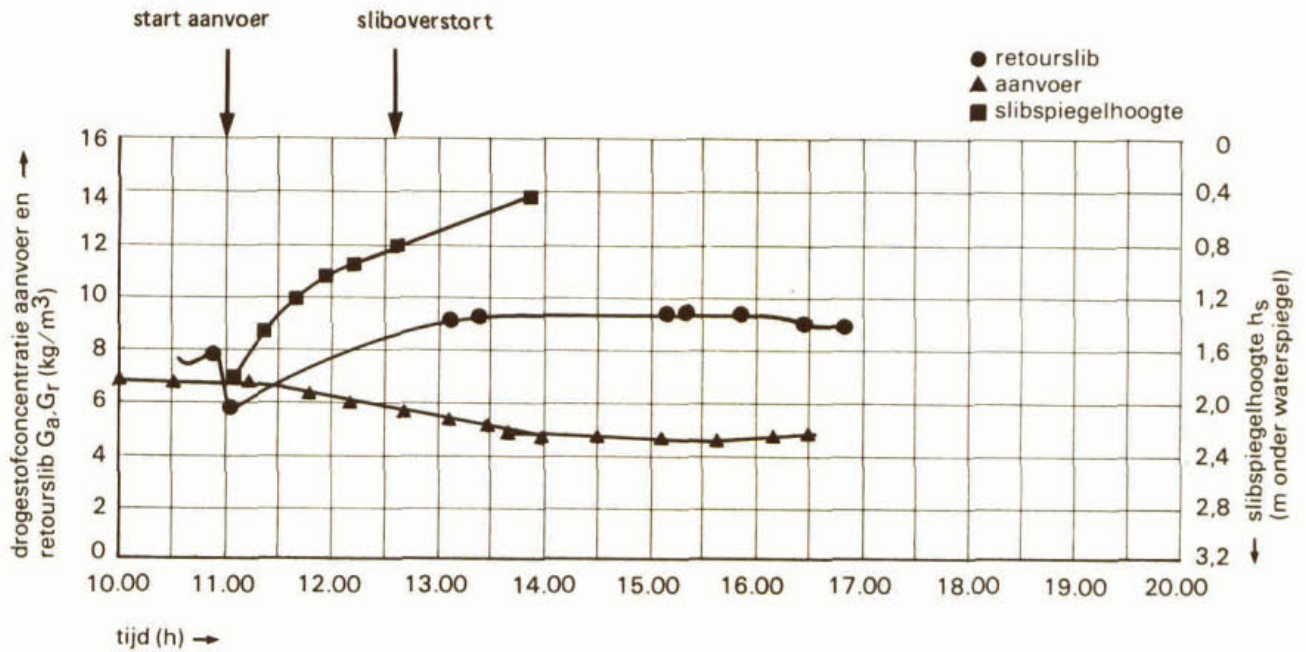
proef 1	:	De Bilt	=	
oppervlaktebelasting	:	q_A	=	0,83 m ³ /(m ² .h)
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	=	1,75 kg/(m ² .h)
slibvolumebelasting	:	vs_A	=	320 l/m ² .h)
retourslibverhouding	:	R^A	=	0,33
verdunde slibindex	:	I_{sv}	=	240 ml/g



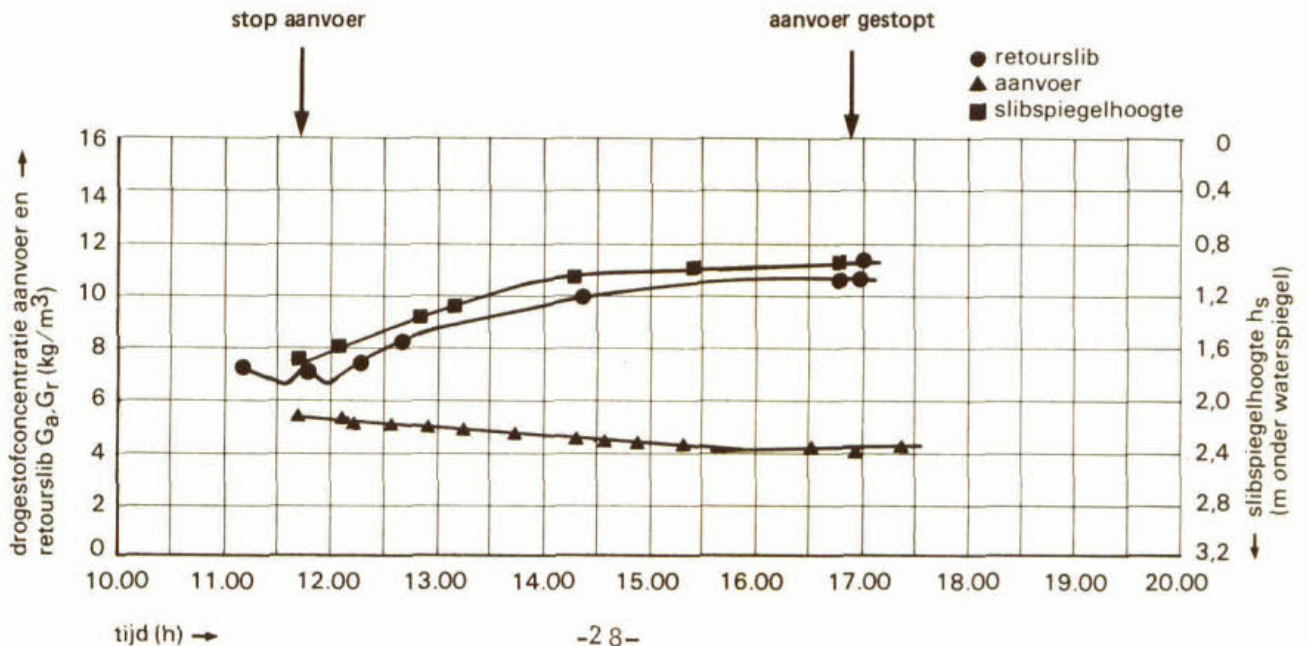
proef 2	:	De Bilt	=	
oppervlaktebelasting	:	q_A	=	1,25 m ³ /(m ² .h)
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	=	2,7 kg/(m ² .h)
slibvolumebelasting	:	vs_A	=	475 l/m ² .h)
retourslibverhouding	:	R^A	=	0,22
verdunde slibindex	:	I_{sv}	=	210 ml/g



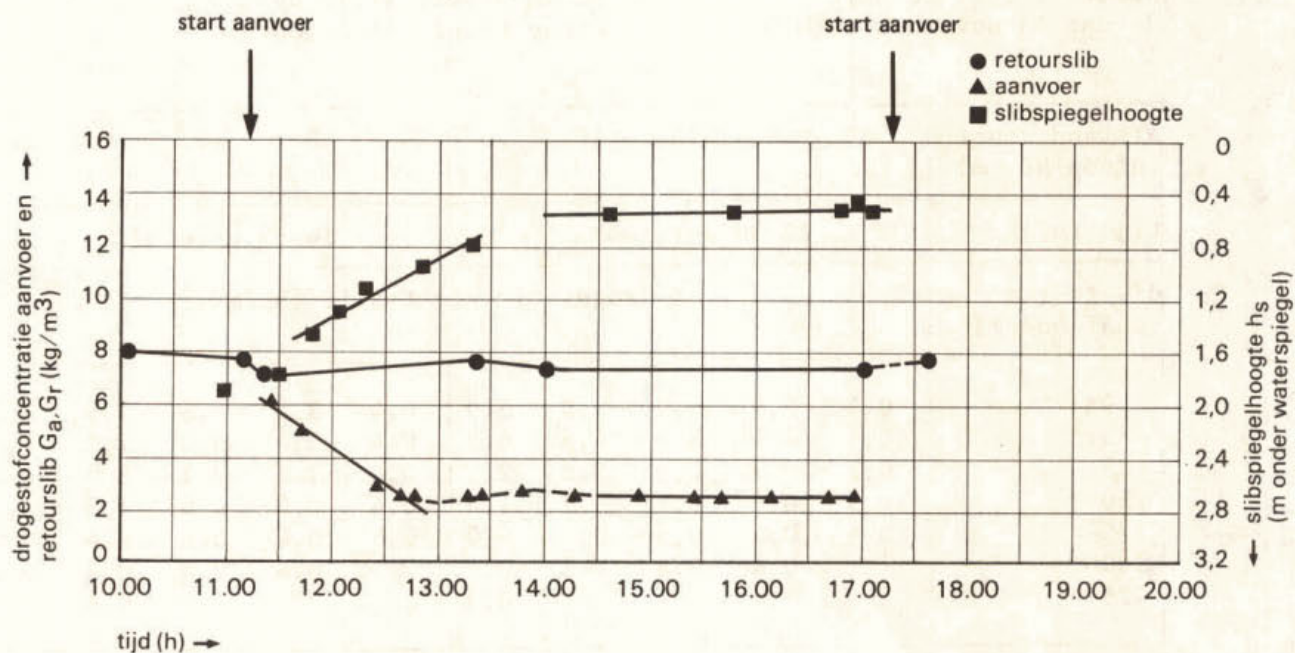
proef 3	:	Barneveld	
oppervlaktebelasting	:	q_A	= 0,72 m ³ /(m ² .h)
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	= 6,1 kg/(m ² .h)
slibvolumebelasting	:	vs_A	= 350 l/m ² .h)
retourslibverhouding	:	R^A	= 0,83
verdunde slibindex	:	I_{sv}	= 105 ml/g



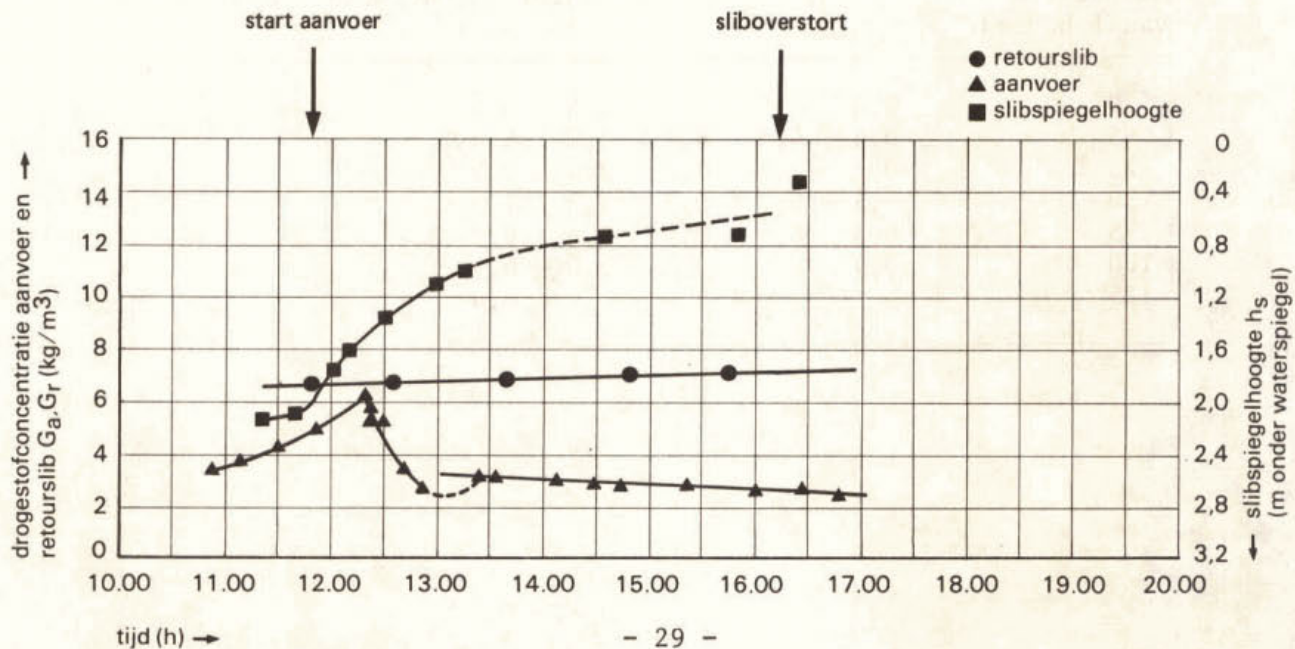
proef 4	:	Barneveld	
oppervlaktebelasting	:	q_A	= 0,63 m ³ /(m ² .h)
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	= 3,9 kg/(m ² .h)
slibvolumebelasting	:	vs_A	= 250 l/m ² .h)
retourslibverhouding	:	R^A	= 962
verdunde slibindex	:	I_{sv}	= 105 ml/g



proef 5	:	Haarlem WP	
oppervlaktebelasting	:	q_A	= 1,04 m ³ /(m ² .h)
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	= 3,6 kg/(m ² .h)
slibvolumebelasting	:	vs_A	= 350 l/m ² .h)
retourslibverhouding	:	R^A	= 0,5
verdunde slibindex	:	I_{sv}	= 145 ml/g



proef 6	:	Haarlem WP	
oppervlaktebelasting	:	q_A	= 1,04 m ³ /(m ² .h)
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	= 4,2 kg/(m ² .h)
slibvolumebelasting	:	vs_A	= 300 l/m ² .h)
retourslibverhouding	:	R^A	= 0,7
verdunde slibindex	:	I_{sv}	= 120 ml/g



proef 1: rwzi De Bilt
 datum: 13 november 1980

begin proef: 11.10 uur
 einde proef: 16.30 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	4	8	12	16	20	4	8	12	16	20
tijd (h)	12.30 geruimd					14.38 geruimd				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)									
0	0,5	5,9	5,9	5,9	5,9	0,4	3,8	7,5	7,5	7,2
5	0,5	4,4	5,9	4,8	4,1	0,4	3,4	6,4	7,2	4,8
25	0,5	0,9	2,1	3,2	2,7	0,4	1,3	2,1	3,9	4,0
50	0,5	0,6	0,7	0,7	1,4	0,4	0,6	0,6	1,3	1,5
75	0,4	0,5	0,5	0,7	0,9	0,5	0,4	0,5	0,6	0,9
100		0,4	0,4	0,5	0,4		0,4	0,4	0,4	0,4
125					0,4				0,4	

proef 1: rwzi De Bilt
 datum: 13 november 1980
 tijd : 16.06 uur geruimd

begin proef: 11.10 uur
 einde proef: 16.30 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	4	8	12	16	20
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)				
0	0,4	4,9	4,1	5,3	6,7
5	0,4	4,8	4,1	4,9	5,9
25	0,5	1,3	1,8	2,4	3,9
50	0,5	0,7	0,7	1,3	1,9
75	0,4	0,5	0,4	0,6	0,8
100	0,4		0,4	0,6	0,4
125			0,4		0,4

proef 2: rwzi De Bilt
 datum: 26 november 1980
 tijd : 12.20 uur geruimd

begin proef: 10.54 uur
 einde proef: 16.00 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	19,55	19	16	12	8	4
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)					
0	7,8	8,4	6,7	6,7	3,8	1,2
5	7,8	7,5	6,7	5,2	3,8	1,3
25	5,1	6,7	5,9	2,7	1,3	1,3
50	3,8	2,7	1,9	0,9	1,3	0,9
75	2,2	1,7	1,3	0,9	0,9	0,9
100	1,3	1,3	0,9	0,9	1,3	0,9
125	0,9	1,3	0,9	1,4	1,7	0,9
150	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,4
175	0,4		0,9	0,4		

proef 2: rwzi De Bilt
 datum: 26 november 1980

begin proef: 10.54 uur
 einde proef: 16.00 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	4	8	12	16	20	4	8	12	16	20
tijd (h)	14.10 ongeruimde zijde					14.26 geruimde zijde				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)									
0	2,1	10,5	7,5	11,4	6,6	0,9	3,1	4,5	6,0	5,8
5	2,1	3,0	6,7	9,1	5,9	1,0	2,1	3,2	4,0	2,4
25	2,3	3,0	5,4	6,7	6,3	1,4	2,0	3,8	1,9	1,7
50	2,2	2,7	2,9	3,2	5,2	1,0	1,8	3,0	1,7	1,3
75	2,2	2,4	2,4	3,4	3,6	1,0	1,4	2,4	1,8	1,3
100	2,1	2,4	2,2	4,1	2,1	1,0	1,4	2,2	1,9	1,2
125	1,1	2,1	2,0	4,1	1,8	0,4	1,3	2,1	1,9	0,8
150	0,4	1,7	1,6	2,2	2,1	0,6	0,9	1,9	1,3	0,9
175			0,7	0,6	1,5		0,9	0,4	1,2	

proef 3: rwzi Barneveld
 datum: 28 oktober 1981

begin proef: 11.00 uur
 einde proef: 16.49 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	4	8	12	16	4	8	12	16	18
tijd (h)	13.18 geruimd				14.38 geruimd				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)								
0	5,9	7,6	9,3	9,0	6,5	6,9	10,0	9,0	9,3
25	5,9	5,6	5,6	5,6	5,8	5,0	5,0	5,0	5,6
50	5,3	4,8	4,8	5,9	5,3	5,0	4,8	5,0	5,0
75	4,8	4,5	4,8	4,3	5,3	4,8	5,3	5,0	4,8
100	4,8	3,8	4,3	4,1	5,3	5,0	4,8	4,6	4,8
125					4,3	4,0	3,5	5,0	4,1
150								4,3	

proef 3: rwzi Barneveld
 datum: 28 oktober 1981
 tijd : 14.55 uur ongeruimd

begin proef: 11.00 uur
 einde proef: 16.49 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	4	8	12	16	18
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)				
0	9,9	13,0	14,0	14,0	14,0
25	6,3	9,0	9,6	11,8	10,0
50	5,9	5,1	7,4	7,9	9,0
75	5,3	4,3	5,1	6,1	6,6
100	5,3	4,6	4,6	4,1	4,3
125					4,6
150					4,3

proef 4: rwzi Barneveld
 datum: 17 november 1981

begin proef: 11.44 uur
 einde proef: 16.53 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	4	8	12	16	4	8	12	16
tijd (h)	14.38 geruimd				14.48 ongeruimd			
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)							
0	6,3	6,0	10,1	8,7	12,9	12,2	12,9	11,5
25	5,4	6,0	9,4	7,3	11,5	10,4	10,8	9,4
50	4,9	5,4	5,4	5,7	4,5	7,3	8,7	9,0
75	4,2	4,5	4,2	3,9	3,9	5,1	6,9	6,6
100	1,9				3,2			4,9

proef 4: rwzi Barneveld
 datum: 17 november 1981
 tijd : 15.33 uur ongeruimd

begin proef: 11.44 uur
 einde proef: 16.53 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	4	8	12	16	18
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)				
0	13,3	11,9	12,9	13,7	11,5
25	12,2	8,3	10,8	10,8	9,4
50	5,7	8,0	10,4	8,3	8,0
75	4,2	5,4	6,6	6,6	8,0
100	3,2			4,2	5,4

proef 4: rwzi Barneveld
 datum: 17 november 1981

begin proef: 11.44 uur
 einde proef: 16.53 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	4	8	12	wand	4	8	12	wand
tijd (h)	16.23 ongeruimd				16.30 geruimd			
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)							
0	14,0	14,7	14,3	14,0	6,0	11,5	10,1	10,1
25	12,9	14,0	12,5	10,1	5,7	10,1	10,1	8,7
50	6,6	8,7	11,5	9,0	5,7	6,0	5,4	5,4
75	4,9	7,6	10,4	7,6	4,5	4,9	3,2	5,1
100		4,2	3,9	3,9	3,9		2,2	3,6

proef 6: rwzi Haarlem
 datum: 20 november 1981
 tijd : 13.41 uur

begin proef: 11.50 uur
 einde proef: 16.48 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3	9	15	18
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)			
5	10,0	10,0	10,5	6,6
30	4,9	6,6	6,3	5,7
55	4,7	4,7	4,2	3,5
80	4,7	3,7	3,7	
105	3,5	3,7	3,5	
130	3,7	3,5	3,1	
155	4,8	3,5		
180	3,5	3,1		
205	3,5	1,0		

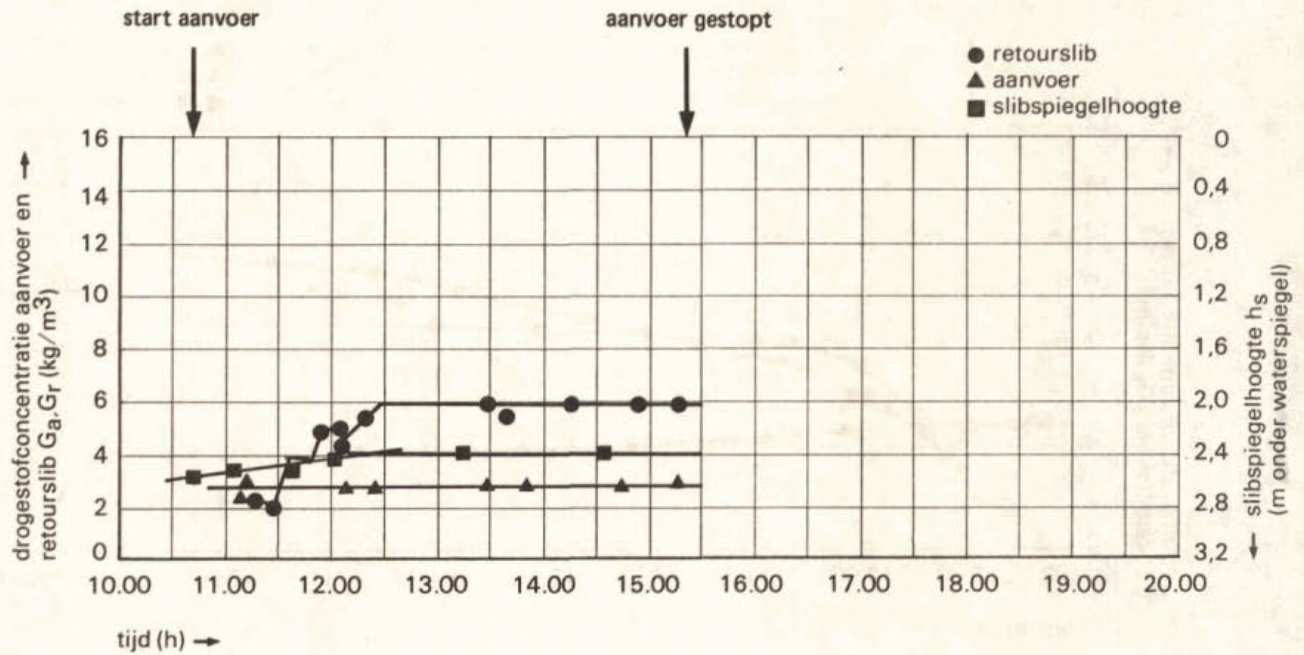
proef 6: rwzi Haarlem
 datum: 20 november 1981

begin proef: 11.50 uur
 einde proef: 16.48 uur

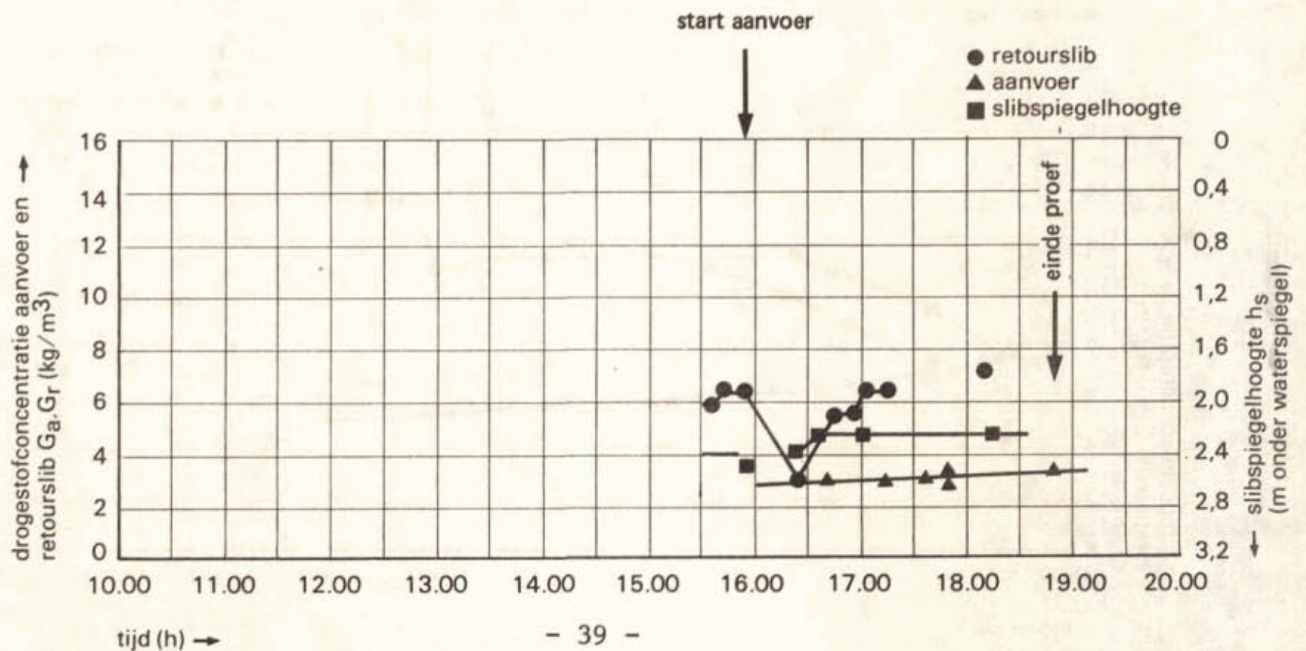
afstand vanaf inloop NB (m)	3	6	12	wand	3	9	12	18
tijd (h)	16.19				15.24			
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)							
5	7,9	9,9	8,4	4,9	8,4	9,4	7,9	5,7
30	6,0	5,7	5,2	3,1	4,8	4,9	4,2	3,8
55	4,7	4,0	3,5	2,9	4,0	3,5	3,1	3,1
80	3,8	3,5	3,3	3,1	3,8	3,5	3,1	3,1
105	3,8	3,7	3,1	2,6	3,5	3,5	3,1	2,1
130	3,5	3,5	3,1	1,2	3,8	3,5	3,1	
155	3,5	3,5	2,8	0,7	3,5	3,3	2,1	
180	3,3	3,1	1,3		3,7	2,9	1,6	
205	2,9	3,1	1,0		3,3	1,0		
230	2,6	2,4			3,5	1,0		
255	1,3	1,2			3,3			
280	0,4				1,0			

METINGEN EN ANALYSERESULTATEN VAN DE PROEVEN MET EEN PLAATCONSTRUCTIE

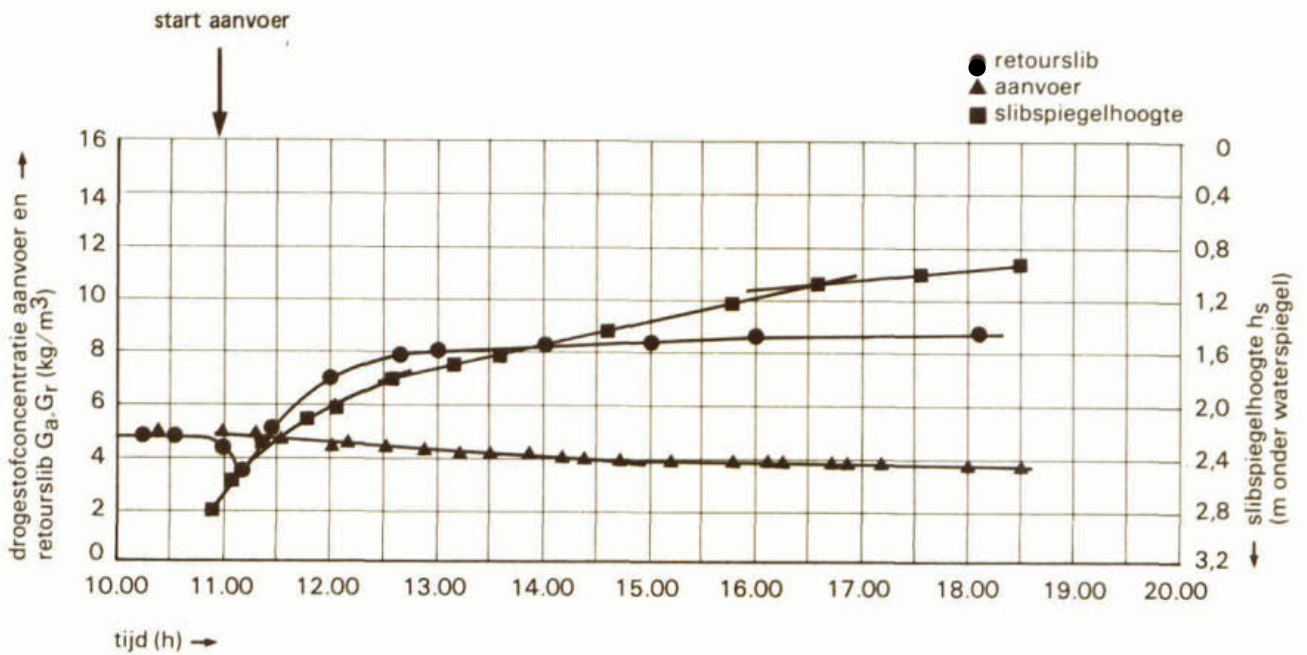
proef 1	:	Rijen	=	
oppervlaktebelasting	:	q_A	=	$0,83 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	=	$3,6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
slibvolumebelasting	:	vs_A	=	$235 \text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{h})$
retourslibverhouding	:	R^A	=	$0,75$
verdunde slibindex	:	I_{sv}	=	115 ml/g



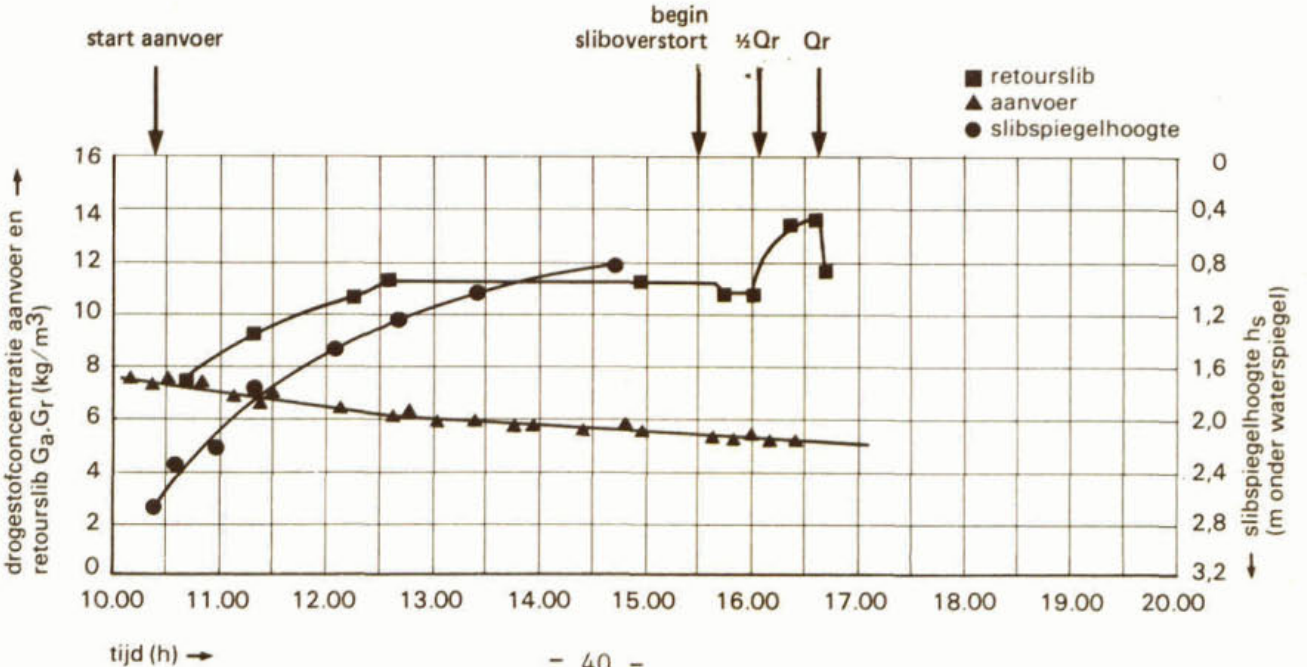
proef 2	:	Rijen	=	
oppervlaktebelasting	:	q_A	=	$1,04 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	=	$4,6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
slibvolumebelasting	:	vs_A	=	$380 \text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{h})$
retourslibverhouding	:	R^A	=	$0,59$
verdunde slibindex	:	I_{sv}	=	130 ml/g



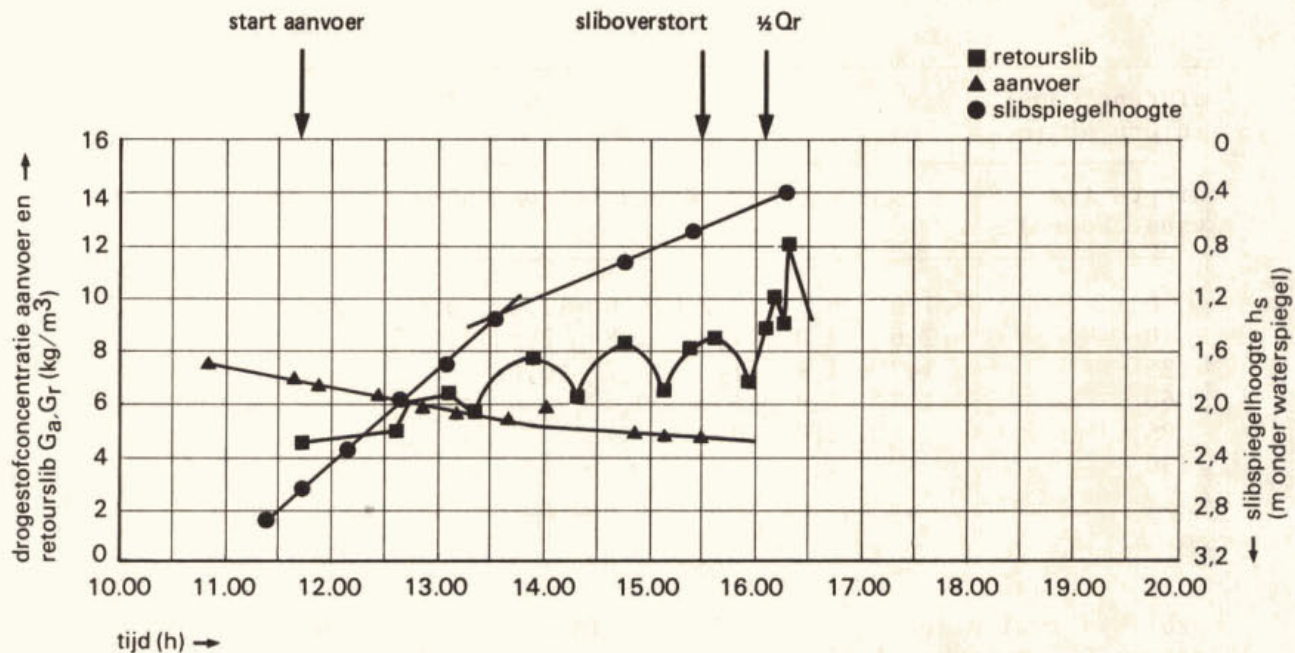
proef 3	:	Rijen	=	
oppervlaktebelasting	:	q_A	=	0,83 m ³ /(m ² .h)
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	=	4,9 kg/(m ² .h)
slibvolumebelasting	:	vs_A	=	310 l/m ² .h)
retourslibverhouding	:	R^A	=	0,75
verdunde slibindex	:	I_{sv}	=	110 ml/g



proef 5	:	Rijen	=	
oppervlaktebelasting	:	q_A	=	0,83 m ³ /(m ² .h)
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	=	7,1 kg/(m ² .h)
slibvolumebelasting	:	vs_A	=	325 l/m ² .h)
retourslibverhouding	:	R^A	=	0,75
verdunde slibindex	:	I_{sv}	=	80 ml/g



proef 6	:	Rijen 6	=	
oppervlaktebelasting	:	q_A	=	$0,83 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$
drogestofbelasting	:	$(I+R)q_A \cdot G_a$	=	$6,5 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{h})$
slibvolumebelasting	:	vs_A	=	$280 \text{ l}/\text{m}^2.\text{h})$
retourslibverhouding	:	R_A	=	$0,75$
verdunde slibindex	:	I_{sv}	=	75 ml/g



proef 1: rwzi Rijen
 datum: 29 september 1981
 tijd : 14.04 uur

begin proef: 10.45 uur
 einde proef: 15.50 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3	6	9	12	15	18	21
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)						
0	7,3	6,7	9,2	5,0	11,0	9,0	1,6
10	2,6	2,2	4,4	1,8	2,5		
35	1,2	1,9	1,7	0,7	0,6		
60	1,3	2,2	1,3	0,7			
85	0,5	1,7	0,7				
110		1,2					

proef 2: rwzi Rijen
 datum: 29 september 1981
 tijd : 17.40 uur

begin proef: 16.02 uur
 einde proef: 18.48 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3	6	9	12	15	18	21
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)						
0	9,9	8,0	9,6	8,5	12,0	12,0	
10	2,9	3,2	3,4	2,0	2,6		
35	2,0	2,3	2,0	2,0			
60	1,9	2,2	1,9				
85	2,0	1,4	2,0				
110	2,0	1,3					
135		1,4					
160		1,3					

proef 3: rwzi Rijen
 datum: 3 november 1981

begin proef: 10.57 uur
 einde proef: 18.33 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3	9	15	21	3	9	15	wand
tijd (h)	12.20				14.06			
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)							
0	3,5	12,5	12,8	12,5	12,9	12,6	14,5	15,4
10	2,6	3,9	3,9		5,7	4,9	4,9	3,9
35	2,1	3,2	3,3		4,2	4,3	3,9	3,2
60	1,7	3,0			4,1	4,3	4,3	
85		3,1			4,3	3,9	3,9	
110					4,5	3,9		
135					4,5	3,5		
160					4,5			

proef 3: rwzi Rijen
 datum: 3 november 1981

begin proef: 10.57 uur
 einde proef: 18.33 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3	9	15	21	3	9	15	wand
tijd (h)	15.51				17.39			
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)							
0	10,9	13,7	14,0	14,5	11,5	12,0	14,5	12,0
10	4,8	4,9	8,2	10,1	7,2	4,7	5,4	4,5
35	3,8	3,8	3,9	4,1	3,6	3,8	3,9	3,9
60	3,8	3,8	3,9	4,1	3,6	4,2	4,1	3,8
85	3,8	3,9	3,8		3,8	4,5	3,9	
110	3,8	3,5	3,9		3,5	3,9	3,9	
135	3,6	3,9			3,9	3,9		
160	3,2				3,5	3,7		
185	3,0				3,5	3,3		
210					3,7			

proef 5: rwzi Rijen
datum: 16 maart 1982

begin proef: 10.09 uur
einde proef: 16.15 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40
tijd (h)	12.51					13.35				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)									
0		13,3	12,2	17,2	14,5		12,6	16,0	14,5	17,2
10		10,8	7,4	8,6	6,5		9,4	9,7	7,4	5,9
35		6,2	5,9	7,3	5,1		5,6	5,6	4,8	4,2
60	5,0	5,4	5,3	5,1	4,5	8,6	4,5	5,3	4,8	4,5
85	5,4	5,1	4,8	4,8	3,8	5,3	4,5	4,8	4,8	4,2
110	5,4	5,4	5,6	4,2		4,5	5,1	4,2	4,8	4,2
135	5,6	4,5	4,8	4,5		4,8	4,8	4,8	4,2	
160	5,1	4,8	4,2			4,5	4,8	4,5		
185	4,8	4,0	5,6			4,2	5,1	4,5		
210	3,6	3,8				4,2	4,5	3,6		
235	3,0					4,5	3,8			
260						4,5				

proef 5: rwzi Rijen
datum: 16 maart 1982

begin proef: 10.09 uur
einde proef: 16.15 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40
tijd (h)	14.31					15.45				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)									
0		12,8	13,6	15,1	17,8		14,0	14,4	17,8	11,9
10		9,1	9,4	9,4	9,4		9,4	10,1	12,7	7,0
35		7,0	6,1	5,6	4,5		5,8	6,7	7,0	5,4
60	17,8	5,3	5,6	4,7	4,5	4,8	5,4	5,9	5,0	5,0
85	4,8	5,6	5,3	5,0	4,7	4,8	5,4	4,5	5,0	5,4
110	5,0	4,7	5,9	4,7	4,0	4,8	5,6	5,4	5,0	5,0
135	4,8	5,0	5,0	4,7		5,0	5,0	5,4	5,4	5,0
160	5,0	5,0	4,5	4,5		5,0	5,0	5,0	4,2	5,4
185	5,0	5,0	5,0			4,5	4,7	5,0	5,0	
210	5,0	5,0	4,5			4,5	5,0	5,4	5,4	
235	4,2	5,0	4,2			4,5	5,0	5,4		
260	4,2	4,8				5,0	5,0	4,2		
285	4,2					5,0				
310						4,0				

proef 5: rwzi Rijen
 datum: 16 maart 1982

begin proef: 10.09 uur
 einde proef: 16.15 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40
tijd (h)	15.55				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)				
0		10,1	15,4	15,9	17,8
10		7,0	8,8	7,0	9,4
35		5,6	5,6	5,4	5,0
60	4,8	5,6	5,6	5,0	5,0
85	4,8	5,6	5,4	5,0	5,4
110	4,8	5,0	4,7	5,0	5,0
135	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
160	5,0	5,0	5,0	4,2	4,5
185	4,5	4,7	5,0	5,0	
210	4,5	5,0	5,0		
235	5,0	4,7	5,0		
260	4,7	4,7	5,0		
285	4,7	4,4			
310	4,2				
335	3,9				

proef 6: rwzi Rijen
 datum: 18 maart 1982

begin proef: 11.35 uur
 einde proef: 17.00 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40
tijd (h)	12.48					13.55				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)									
0	12,6	1,23	14,0	13,7	14,0	14,3	14,0	14,9	15,3	21,5
10	11,5	9,4	7,9	7,4	7,7	13,6	10,5	9,8	12,8	11,4
35	7,9	6,7	6,8	6,2	4,5	9,5	7,0	7,2	11,6	12,4
60	6,1	5,6	6,2	4,2	3,6	7,0	5,9	6,1	7,2	6,1
85	7,0	5,6	5,6	5,0		5,9	5,9	5,9	6,1	5,6
110	5,6	5,3	5,3			5,0	5,3	5,3	5,3	4,2
135	5,6	5,0	3,6			5,9	5,6	5,6	5,6	
160	5,6	4,0				5,6	5,3	5,3	5,3	
185	3,1					5,3	5,3	3,1		
210						5,6	4,2			
235						5,0				

proef 6: rwzi Rijen
 datum: 18 maart 1982

begin proef: 11.35 uur
 einde proef: 17.00 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40
tijd (h)	13.55					15.36				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)									
0	12,2	13,1	14,4	15,3	14,4	14,0	13,6	17,0	14,0	18,9
10	12,2	10,1	8,5	6,7	7,9	12,5	11,7	11,0	10,1	8,2
35	7,9	6,7	6,1	5,9	6,1	8,2	6,7	7,6	7,2	6,2
60	7,0	6,2	5,9	5,6	5,0	6,7	6,1	6,1	6,1	5,6
85	7,0	5,3	6,1	5,6	4,5	6,1	5,8	5,3	5,3	5,3
110	6,1	5,9	5,9	4,2	4,5	5,8	5,0	5,0	5,6	5,3
135	6,1	5,0	5,6	4,7		6,1	5,3	6,1	5,3	5,0
160	6,1	5,3	5,6			5,6	5,3	5,8	5,0	4,2
185	6,7	5,0	3,8			5,0	5,0	5,8	5,0	
210	5,6	4,1				5,6	5,3	5,6	5,3	
235	6,1					4,7	5,0	4,2	4,5	
260						4,7	5,3			
285						5,0	5,0			
310						3,6				

proef 6: rwzi Rijen
 datum: 18 maart 1982

begin proef: 11.35 uur
 einde proef: 17.00 uur

afstand vanaf inloop NB (m)	3,10	6,10	9,40	16,10	22,40
tijd (h)	15.45				
diepte (cm vanaf bodem)	drogestofconcentratie (kg/m ³)				
0	11,7	12,0	14,4	19,5	15,3
10	9,5	9,8	9,1	14,0	7,0
35	7,9	6,7	5,6	9,1	5,3
60	6,7	6,7	6,1	6,1	5,3
85	6,7	5,6	5,6	5,3	5,0
110	6,7	5,6	5,6	5,6	5,3
135	6,1	5,3	5,0	5,0	5,0
160	5,6	5,0	4,2	5,0	4,5
185	5,8	5,3	5,0	4,5	
210	4,5	5,9	4,7	5,0	
235	5,3	5,0	5,0	4,7	
260	5,0	5,0	4,5		
285	5,0	3,7			
310	4,5				

