

Een geautomatiseerde actiefslib installatie voor ladingsgewijze zuivering van afvalwater

Bij de technische uitvoering van het actiefslib proces, dat in 1914 door Arden en Lockett [1] werd ontwikkeld, onderscheidt men t.a.v. het stromingspatroon in de aeratietank tussen twee extreme condities, nl. propstrooming en volledige menging.

In de volledig gemengde aeratietanks is de substraatconcentratie, de hoeveelheid en de activiteit van de biomassa en de zuurstofbehoefte in elk deel van de tankinhoud praktisch gelijk. Aangezien de totale tankinhoud als buffer ter beschikking staat, zal het systeem ook beter bestand zijn tegen schokbelastingen. Een bezwaar van de volledige menging is de mogelijkheid van het optreden van kortsluiting. Bij een aeratietank met propstrooming zal van de inloop- tot de uitloopzijde de substraat/micro-organismenverhouding ten gevolge van de opname van substraat door de bacteriemassa afnemen. In het eerste gedeelte van de tank verkeren de bacteriën in de groeifase, en in het laatste gedeelte van de tank in de endogene fase, hetgeen zich manifesteert in een afnemende zuurstofbehoefte.

Op praktische en theoretische gronden bestaat er verschil

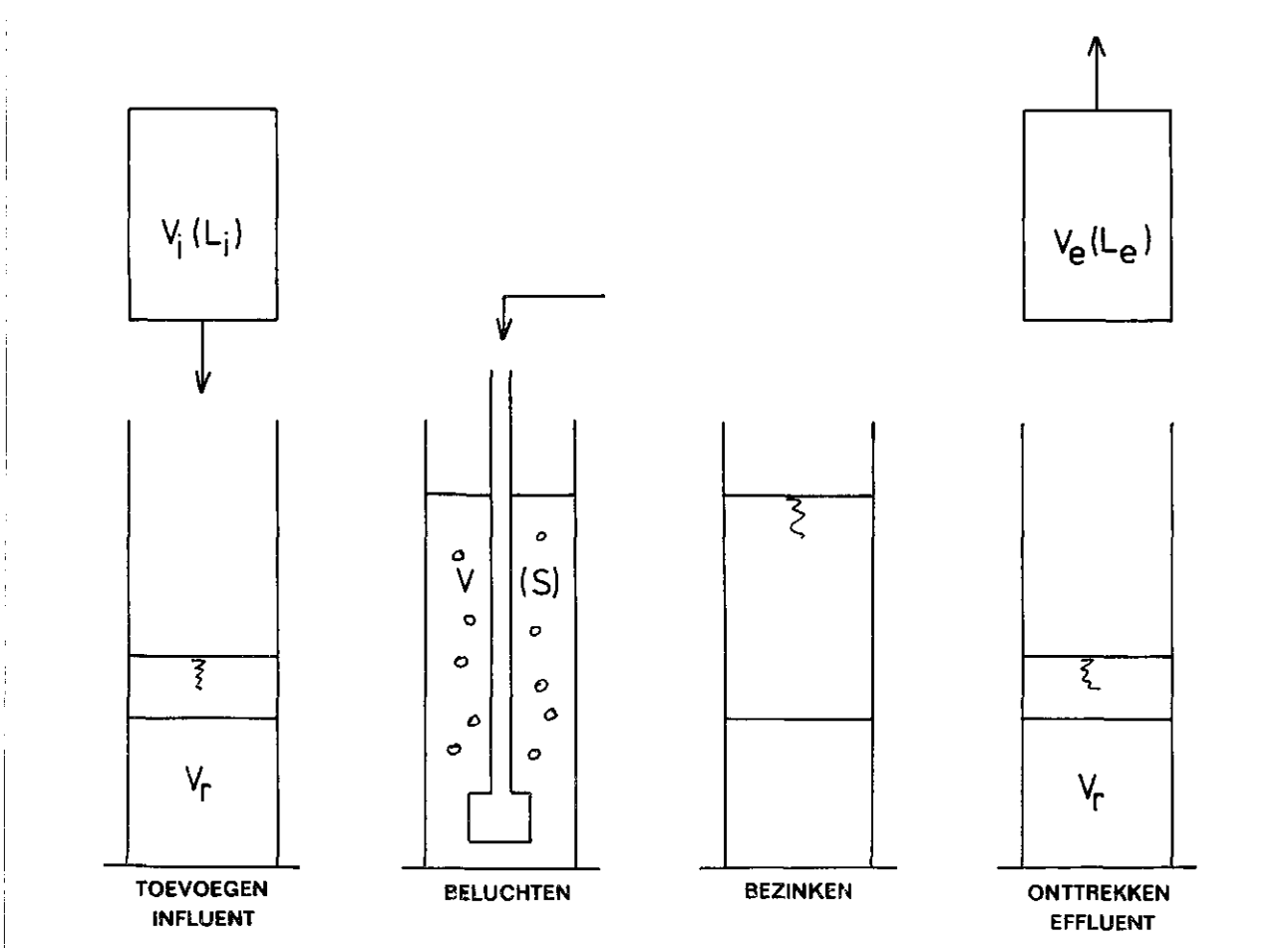
van mening over de vraag aan welk stromingspatroon de voorkeur gegeven moet worden met het oog op de meest doeltreffende zuivering [4, 5 en 7].

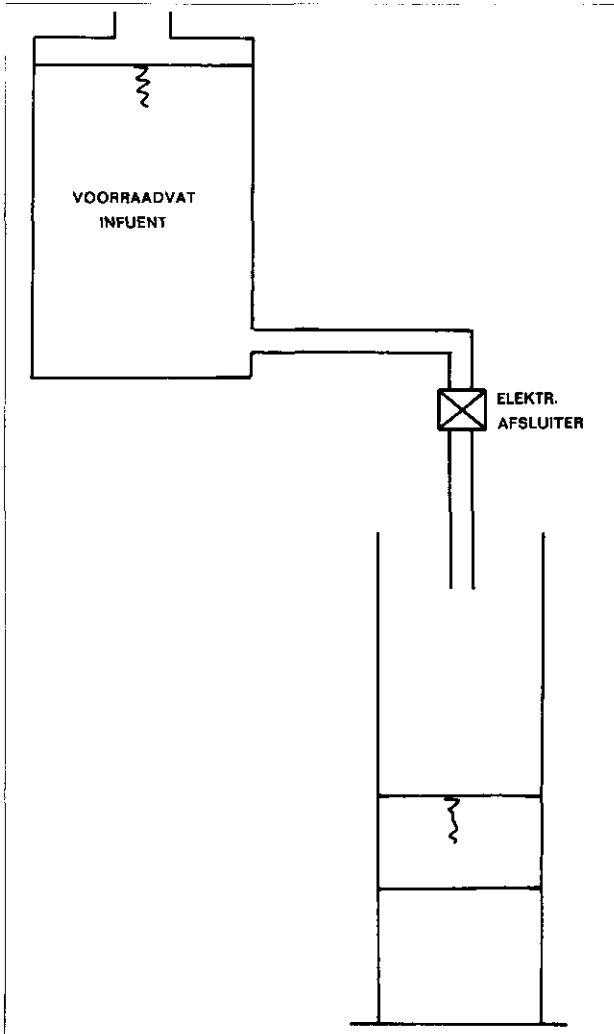
Het is dus van belang, dat bij het onderzoek naar de kinetiek van het actiefslib proces in het laboratorium zowel apparaten ter beschikking staan, waarin de condities van het volledig gemengde systeem heersen, als die waarin het systeem met ideale propstrooming kunnen worden gerealiseerd.

Een laboratoriumapparaat met volledige menging van de inhoud van de aeratieruimte is betrekkelijk eenvoudig te construeren en te bedienen. Bij toepassen van een continue voeding en van een intensieve menging van de inhoud van de aeratieruimte d.m.v. de ingeblazen lucht, eventueel versterkt door mechanisch roeren, kan men de gewenste condities gemakkelijk bereiken. Rensink [6] geeft een aantal uitvoeringsvormen van laboratoriuminstallaties met volledige menging.

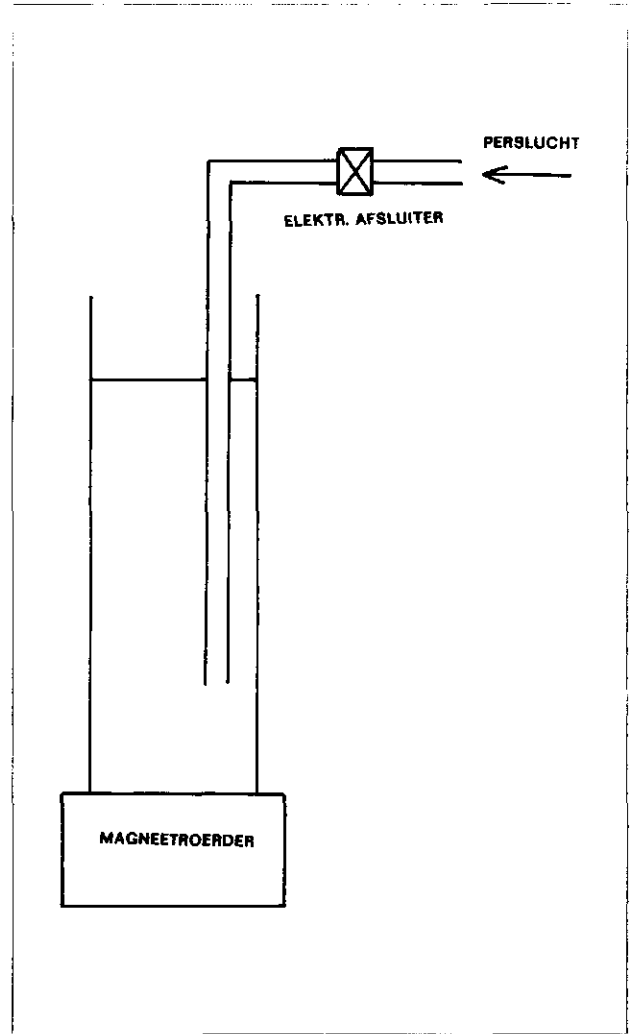
Het verwerklijken van een ideale propstrooming in een klein laboratoriumapparaat met continue voeding levert grote moeilijkheden op. Men zou met een zeer smalle,

Afb. 1 - Schema ladingsgewijze zuivering van afvalwater.



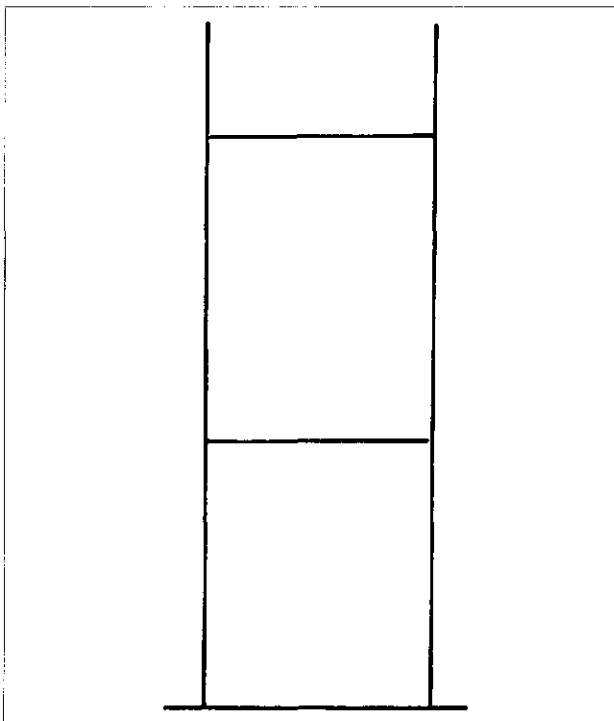


Afb. 2a - Toevoegen influent.

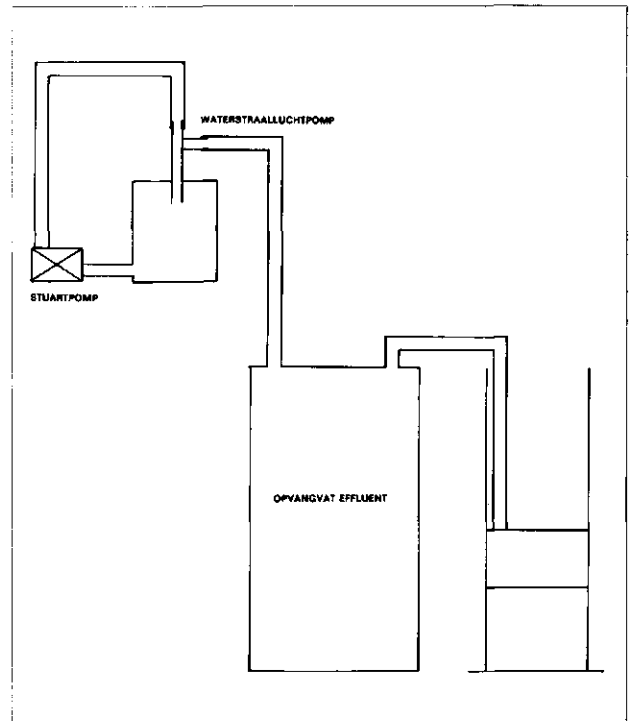


Afb. 2b - Beluchting slibwater mengsel.

Afb. 2c - Bezinken actiefslib.



Afb. 2d - Afzuigen effluent.



langgerekte aeratieruimte kunnen werken of met een groot aantal achter elkaar geschakelde kleine aeratievatjes. In beide gevallen zal men echter de ideale propstroming ten hoogste benaderen, terwijl vrij ingewikkelde en moeilijk schoon te houden apparatuur nodig zou zijn. De propstroming is in principe na te bootsen met een ladingsgewijze werkwijze (afb. 1). Van deze techniek hebben o.a. Gaudy en Turner [2] gebruik gemaakt. Men bedient zich dan van een aeratievat waarin zich actiefslib bevindt. Op een gegeven ogenblik wordt de beluchting afgezet, zodat het slib kan bezinken. Vervolgens vervangt men de bovenstaande vloeistof door een portie afvalwater. Deze procedure wordt nadat het slib/watermengsel een bepaalde tijd belucht is, herhaald. Een praktisch nadeel bij deze werkwijze vormt de noodzaak periodiek de beluchting af te zetten, te laten bezinken en een nieuwe portie afvalwater toe te voegen. Bij een tijdsinterval van 24 uur tussen twee achtereenvolgende doseringen van afvalwater zal dat gedurende de werkweek geen enkele moeilijkheid opleveren. Het is misschien nog mogelijk om de 12 uur een nieuw portie afvalwater toe te voegen, maar met kortere perioden kan men op praktische gronden niet werken.

Nu is het mogelijk bv. de concentratie van het afvalwater te variëren, zodat er m.b.t. de slibbelasting (kg CZV of kg BZV₅/kg slib.dag) overeenstemming bestaat met installaties in de praktijk, welke met kortere beluchtingsperioden werken. Deze oplossing heeft als bezwaar, dat in de laboratoriumopstelling toch in ander opzicht geen vergelijkbare omstandigheden heersen met actiefslibinstallaties uit de praktijk die met verdund influent werken. De hierboven genoemde bezwaren worden volledig ondervangen indien het apparaat voor de ladingsgewijze werkwijze geautomatiseerd wordt. Het automatiseren is in principe mogelijk bij een proces, waarvan de opeenvolgende handelingen met elektrische apparaten kunnen worden uitgevoerd.

De volgende handelingen moeten achtereenvolgens uitgevoerd worden:

1. Het toevoegen van afvalwater aan het slib.

De discontinue toevoer van afvalwater vindt plaats uit een voorraadvat, waarvan de afvoerleiding van een elektrische klep is voorzien (afb. 2a). Wanneer deze afsluiter opengezet wordt, kan er een bepaalde hoeveelheid influent in de aeratiecilinder stromen. Dit volume is afhankelijk van de openingstijd van de afsluiter én van de waterhoogte in het voorraadvat. Zo loopt de hoeveelheid influent per charge terug van 800 tot 700 ml, wanneer het vloeistofniveau in het voorraadvat daalt van 30 tot 8 cm. Men kan met een verdringerpomp of met een vloeistofdoseerautomaat werken, indien men de hoeveelheid influent nauwkeuriger wil doseren.

2. Het beluchten van het actiefslib/water mengsel.

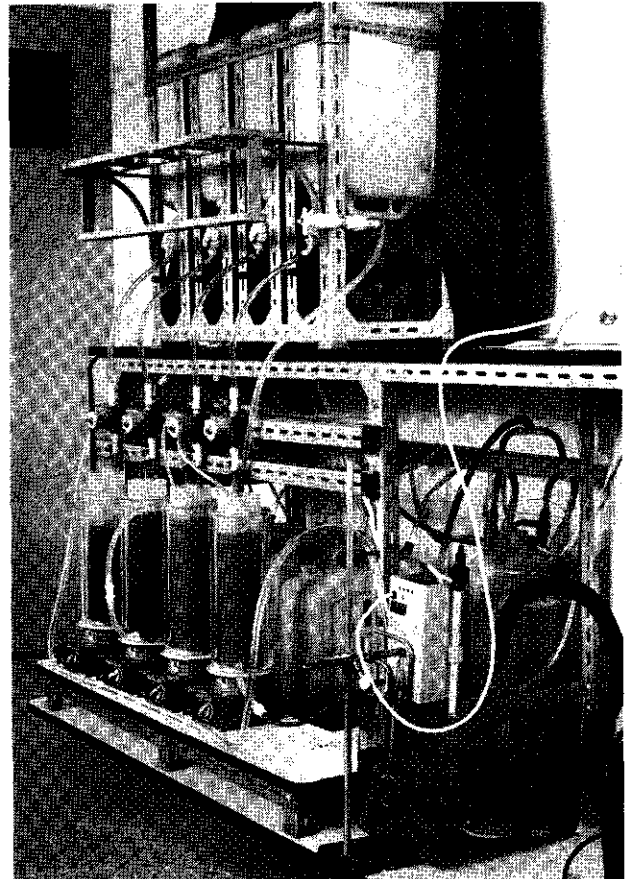
Het beluchten wordt uitgevoerd met perslucht. In de aanvoerleiding is een elektrische afsluiter opgenomen (afb. 2b). Tijdens deze fase draait tevens een elektrische magneetroerder, die er voor zorgt dat het actiefslib in suspensie blijft.

3. Het laten bezinken van het actiefslib.

Zodra de beluchting uitgezet en de roerder stilgezet wordt, zal het actiefslib bezinken (afb. 2c).

4. Het onttrekken van het effluent.

Het effluent wordt via een leiding in het opvangvat gezogen. Hiertoe wordt in het opvangvat een vacuüm getrokken m.b.v. een waterstraalluchtpomp (afb. 2d). Een



Afb. 3 - Een geautomatiseerde actiefslibinstallatie voor de ladingsgewijze zuivering van afvalwater.

stuurpomp zorgt voor het circuleren van het water door de waterstraalluchtpomp. De hoeveelheid effluent wordt geregeld met de insteekdiepte van het afzuigbuisje. Uiteraard wordt er steeds evenveel effluent onttrokken als er influent bijgevoegd wordt.

Tijdrelais (Schleider type MZ 54/st) zorgen ervoor, dat de verschillende apparaten steeds op een bepaald tijdstip ingeschakeld worden en gedurende een instelbare periode blijven werken. Na inschakeling van de stroom wordt eerst het eerste tijdrelais bekrachtigd, terwijl tevens het hiermee verbonden apparaat aangezet wordt. Na verloop van een bepaalde tijdsduur, zal het tweede relais bekrachtigd worden. Nu wordt het tweede apparaat aangezet en de tweede handeling verricht. Op deze manier lopen alle tijdrelais na elkaar af, waarna het eerste relais opnieuw bekrachtigd wordt. De verschillende fasen van het proces zullen elkaar dus continu opvolgen.

Er is gekozen voor een schakeling waarbij na uitvallen van de stroom bij het opnieuw inschakelen altijd het eerste relais bekrachtigd wordt. Er moet daarom voor gezorgd worden, dat met het eerste relais geen afvalwater toegevoegd wordt, aangezien dit aanleiding kan geven tot overlopen van het beluchtingsvat. In ons geval zorgt het eerste relais voor het bezinken van het slib.

De experimenten dienen bij voorkeur uitgevoerd te worden bij een constante temperatuur. Ten einde dit te verzekeren hebben we de aeratiecilinders voorzien van koelmantels, waardoor water stroomt, dat in een thermostaatbad op een bepaalde temperatuur is gebracht. Het op ons laboratorium ontwikkelde apparaat (afb. 3) bestaat uit vier parallelle opstellingen, die met dezelfde tijdrelais gestuurd worden.

TABEL I - De analysesresultaten van de vier aeratiecilinders onder identieke omstandigheden

Aeratiecilinder nr. 1

datum	CZV mg/l	NO ⁻ -N 3 mg/l	NO ⁻ -N 2 mg/l	NH ⁺ -N 4 mg/l	pH	volume slib na 30 min. bezinken ml/l
5-9-'69	12	35	0,5	0,4	—	400
10-9-'69	43	30	10,5	0,4	7,3	220
11-9-'69	61	30,5	14,3	0,2	7,3	180
11-9-'69	72	28	15,4	0,4	7,2	—
12-9-'69	63	31	15,9	0,2	7,2	110

Aeratiecilinder nr. 2

datum	CZV mg/l	NO ⁻ -N 3 mg/l	NO ⁻ -N 2 mg/l	NH ⁺ -N 4 mg/l	pH	volume slib na 30 min. bezinken ml/l
5-9-'69	16	33,5	0,6	0,4	—	370
10-9-'69	16	30	10,1	0,4	7,4	200
11-9-'69	79	30,5	13,3	0,3	7,2	160
11-9-'69	74	27	14,6	0,6	7,05	—
12-9-'69	64	34,5	13,3	1,0	7,1	70

Aeratiecilinder nr. 3

datum	CZV mg/l	NO ⁻ -N 3 mg/l	NO ⁻ -N 2 mg/l	NH ⁺ -N 4 mg/l	pH	volume slib na 30 min. bezinken ml/l
5-9-'69	16	32,5	0,9	0,4	—	340
10-9-'69	72	22,5	11,6	0,8	7,4	160
11-9-'69	91	17,0	16,3	4,2	7,4	110
11-9-'69	73	15,0	16,9	6,4	7,4	—
12-9-'69	54	16,0	18,2	6,5	7,7	70

Aeratiecilinder nr. 4

datum	CZV mg/l	NO ⁻ -N 3 mg/l	NO ⁻ -N 2 mg/l	NH ⁺ -N 4 mg/l	pH	volume slib na 30 min. bezinken ml/l
5-9-'69	19	31,5	2,4	0,4	—	350
10-9-'69	68	32,5	8,7	0,6	7,5	200
11-9-'69	99	32,5	11,3	0,0	7,4	160
11-9-'69	66	33,5	11,3	0,4	7,3	—
12-9-'69	50	38	11,2	0,2	7,1	70

	CZV _{gem} mg/l	η	(nitraat-, nitriet- en ammonium-N) _{gem} mg/l
aeratiecilinder nr. 1	50	91	43
aeratiecilinder nr. 2	50	91	42
aeratiecilinder nr. 3	61	89	37
aeratiecilinder nr. 4	60	89	43

Het hierboven beschreven apparaat voor de ladingswijze uitvoering van het actiefslib proces schept vergelijkbare omstandigheden als aanwezig zijn bij de continu gevoede actiefslib-inrichting met ideale propstroming in de aeratietank. Deze laboratoriumopstelling moet met dezelfde parameters beschreven kunnen worden als de continu bedreven installatie.

Bij de continu bedreven installatie (afb. 4) onderscheiden wij de volgende parameters:

- aanvoer influent : Q_i (l/dag)
- terugvoer retourslib : R (l/dag)
- volume aeratietank : V (l)
- concentratie influent : L_i (g CZV/l of g BZV₅/l)

slibgehalte aeratietank : S (g/l)

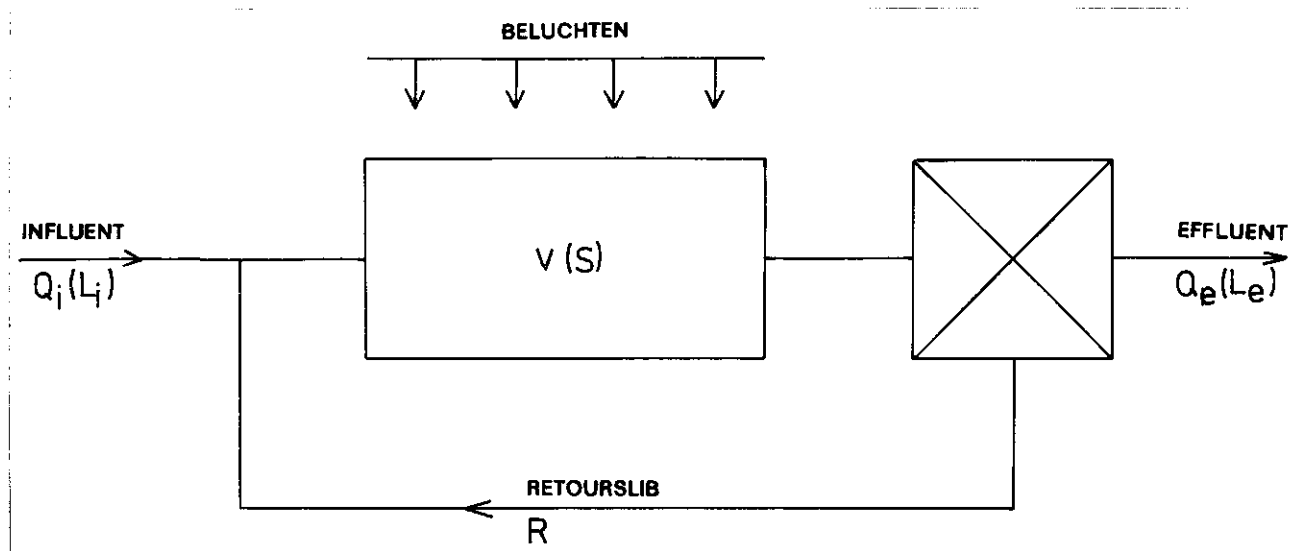
Hieruit kunnen berekend worden:

contacttijd (van één passage) : $T_c = \frac{V}{Q + R}$ (dag)

hydraulische verblijftijd : $T_h = \frac{V}{Q}$ (dag)

recirculatieverhouding : $r = \frac{R}{Q}$

slibbelasting : $S_b = \frac{Q \cdot L_i}{V \cdot S}$
(g CZV(BZV₅)/g slib.dag)



Afb. 4 - Schema van een continu belaste actiefslibinstallatie.

Bij ladingsgewijze zuivering van afvalwater hebben we de volgende parameters (afb. 1):

hoeveelheid influent per charge	: V_i (l)
hoeveelheid slib, welke achterblijft, nadat het effluent verwijderd is	: V_r (l)
volume aeratietank	: V (l)
contacttijd (tijd tussen toevoegen influent en bezinken slib)	: T_c (dag)
concentratie influent	: L_i (g CZV/l of g BZV ₅ /l)
slibgehalte aeratietank	: S (g/l)

Uit bovenstaande parameters kunnen we berekenen:

hoeveelheid influent per dag	: $Q_i = \frac{V_i}{T_c}$ (l/dag)
hydraulische verblijftijd	: $T_h = \frac{V}{V_i} \cdot T_c$ (dag)
recirculatieverhouding	: $r = \frac{V_r}{V_i}$
slibbelasting	: $s_b = \frac{\frac{V_i}{T_c} \cdot L_i}{V \cdot S}$ (g CZV(BZV ₅)/ g slib.dag)

We hebben in een oriënterend onderzoek de reproduceerbaarheid van de vier parallelle opstellingen voor de ladingsgewijze zuivering van afvalwater vastgesteld. Hiervoor hebben we gebruik gemaakt van synthetisch afvalwater, waarvan we de samenstelling reeds elders hebben gepubliceerd [3]. De CZV van dit afvalwater bedraagt 530 mg/l. De contacttijd werd ingesteld op 3½ uur, het bezinken duurde 30 minuten, terwijl het effluent in 5 minuten werd afgezogen. Het toevoegen van een nieuwe portie afvalwater duurde slechts 20 seconden. Telkens werd 450 ml afvalwater toegevoegd; het volume van de aeratiecilinder was 900 ml. Het slibgehalte tijdens het experiment was 1,4 g droge stof/l. Uit bovenstaande gegevens volgt, dat de slibbelasting 1,3 g CZV/g.slib dag bedroeg.

Na een inwerkperiode hebben we gedurende één week van het effluent de CZV, het nitraat, nitriet- en ammoniumgehalte en de pH bepaald. In plaats van gemiddelde dagmonsters werd volstaan met de analyse van monsters van één charge. Tevens werd het volume van het slib na 30 minuten bezinken vastgesteld. Uit het overzicht van de analysesresultaten tabel I) blijkt, dat de vier eenheden redelijk reproduceerbaar werken. Het zuiveringspercentage bedraagt voor alle opstellingen 89-91 % op CZV-basis.

Er blijkt volledige nitrificatie op te treden; alleen in eenheid 3 loopt de nitrificatie in vergelijking tot de andere eenheden met de tijd terug. Het volume van het slib na 30 minuten bezinken loopt in alle eenheden met de tijd terug als gevolg van een dagelijkse verbetering van de slibindex met uitzondering van de laatste dag toen een gedeelte van het slib in suspensie bleef en met het effluent werd afgezogen.

Het in dit artikel beschreven apparaat kan toegepast worden in het onderzoek naar de kinetiek van het actiefslib proces voor installaties met propstrooming en voor het experimenteel vaststellen van de ontwerpeisen voor een zuiveringsinstallatie.

Literatuur

1. Ardern, E. and Lockett, W. T. *Experiments on the oxidation of sewage without the aid of filters*. Jour. Soc. Chem. Ind. 33 (1914), 523.
2. Gaudy, Jr., A. F. and Turner, B. G. *Effect of air-flow rate on response of activated sludge to quantitative shock loading*. Jour. Wat. Poll. Contr. Fed. 36 (1964), 767.
3. Klapwijk, A. *Remming van de nitrificatie bij de BZV-bepaling*. H₂O 3 (1970), 444.
4. McKinney, R. E. and O'Brien, W. J. *Activated sludge-basic design concepts*. Jour. Wat. Poll. Contr. Fed. 40 (1968), 1831.
5. Ottengraf, S. P. P. and Rietema, K. *The influence of mixing on the activated sludge process in industrial aeration basins*. Jour. Wat. Poll. Contr. Fed. 41 (1969), R282.
6. Rensink, J. H. *Een eenvoudig laboratoriumapparaat voor continu-belaste actiefslibproeven*. H₂O 3 (1970), 265.
7. Tucek, F. and Chuboda, J. *Purification efficiency in aeration tanks with complete mixing and piston flow*. Wat. Res. 3 (1969), 559.