

Een vorm van slibvernietiging. Het oxylyseproces

In de voordracht over het oxydenitroproces is gebleken dat wanneer de slibbelasting laag wordt gehouden de hoeveelheid organische stof die in het surplus wordt afgevoerd belangrijk kleiner is.

In een aantal gevallen zal de afvoer van dit slib via droogvelden mogelijk en financieel aantrekkelijk zijn. Maar de oppervlakte die ervoor nodig is zal toch in toenemende mate vooral in het geval van de grote zuiveringsinrichtingen doen uitzien naar een andere wijze van verwerken. Daarbij zal met behulp van indikken, centrifugeren, filtreren en persen geprobeerd worden zoveel van het water kwijt te raken dat het overblijvende slib zonder al te hoge kosten kan worden afgevoerd of kan worden gedroogd of verbrand.

Bij de methode van slibverwerking die we nu gaan bespreken wordt beoogd het water kwijt te raken door het gedeelte van het slib dat het water vast houdt, d.i. de organische stof, zo aan te tasten dat de brokstukken ervan in werkelijke of kolloïde oplossing gaan. Deze organische stof in oplossing kan daarna in een was- en bezinkproces van het onoplosbare anorganische gedeelte worden afgescheiden. De opgeloste organische stof wordt

in het zuiveringsproces teruggebracht, waar het door de bacteriën wordt afgebroken. Het uitgewassen en bezonken anorganische gedeelte laat het water gemakkelijk los. Het kan op droogvelden worden gebracht of op andere wijze van het water worden ontdaan.

Zowel het surplus slib van het aerobe zuiveringsproces, oxydatiesloot — actief slib, als dat van het anaerobe proces, de slijkgisting, bestaat in grote hoofdzaak uit de lichamen van dode of levende bacteriën naast een kleinere of grotere hoeveelheid inert vnl. anorganisch materiaal. Van de bacteriën zijn het vooral de celwanden en de kapsels die overblijven. Dit zijn vaak bouwsels van polymere verbindingen van koolhydraten en aminozuren, die slechts heel langzaam in het bacteriologische proces worden aangetast. Door inwerking van alkali bij hoge temperatuur is het evenwel mogelijk deze verbindingen te hydrolyseren, d.w.z. onder wateropname uiteen te doen vallen in de kleinere moleculen of groepen van moleculen van koolhydraten en aminozuren. Deze kleinere moleculen zijn weer wel voor een snelle bacteriologische afbraak toegankelijk.

De behandeling met alkali bij hoge temperatuur dient bij

TABEL I - Hydrolyse bij 100° C en 20 % NaOH/dr.st.

uren	oxydatiesloot Berkel	actief slib IJsselmonde
2	74,3	73,3
4	77,7	82,5
6	81,4	84,2
8	81,9	84,4

een pH van ongeveer 12 te geschieden. De hoeveelheid alkali wordt zo gekozen, dat, nadat de zure verbindingen (aminozuren e.a.) die bij de hydrolyse worden gevormd zijn gebonden, bij het beëindigen van de hydrolyse de pH nog ongeveer 11,5 à 12 is.

In afb. 1 is het verloop van de hydrolyse bij 100 °C voor een oxydatieslootslib voor verschillende natronloogconcentraties aangegeven. Bij een hoeveelheid loog van 20 gr NaOH op 100 gr droge stof slib is na 6-8 uren 75-80 % van de organische stof in oplossing gegaan. In tabel I is het verloop van de hydrolyse van 2 soorten slib aangegeven. Het „jongere” actief slib wordt wat gemakkelijker gehydrolyseerd dan het „oudere” slib van de oxydatiesloot. Dit blijkt ook uit de gegevens van tabel II, betreffende de hydrolyse bij 9 atm. overdruk voor vier verschillende soorten slib. Bij deze proef was een half uur vereist om de overdruk van 9 atm. te bereiken, daarna werd de warmtetoever direct (0'), dan wel na 5 of 15 minuten stopgezet. Uit de gegevens blijkt, dat ook nadat de organische stof in oplossing is gebracht de vorming van de loogbindende bestanddelen nog voortgaat. Waarschijnlijk moeten we dit zo begrijpen, dat grotere molecuulcomplexen nog in kleinere uiteenvallen.

Verwerking van het slibhydrolysaat

In het voorgaande is gebleken dat met de alkalische hydrolyse rond 80 % van de organische stof van de verschillende soorten bacterieslib die we in de afvalwaterzuivering kennen in oplossing kan worden gebracht.

In het volgende worden een aantal mogelijkheden voor de bacteriologische afbraak van deze in oplossing gebrachte stof aangegeven. Tot dusverre is over slechts één van deze mogelijkheden (hydrolyse van oxydatiesloot

TABEL II - Hydrolyse van verschillende soorten slib met 20 % NaOH op droge stof bij 9 atm. overdruk (pH gemeten (na hydrolyse) bij 20° C)

	soort slib	minuten bij 9 atm.	pH na hydrolyse	% DOC in oplossing
IJsselmonde	actief slib	0'	11,25	89,6
		5'	10,45	89,6
		15'	10,27	86,9
	koude slijkgisting		12,04	75,7
			11,11	74,3
			10,03	74,3
	warme slijkgisting	0'	11,33	77,0
		5'	10,60	77,4
		15'	9,97	74,0
	Sancta Maria oxydatiesloot	0'	11,59	81,7
	id. met	5'	10,57	81,6
	id. met	15'	9,97	81,4
25 % NaOH	60'	11,32	83,6	
id. met	60'	11,90	85,4	
30 % NaOH				

slib met terugvoer van de opgeloste organische stof naar de oxydatiesloot) onderzoek verricht.

Het toepassen van de slibhydrolyse bij de traditionele zuiveringsinrichting

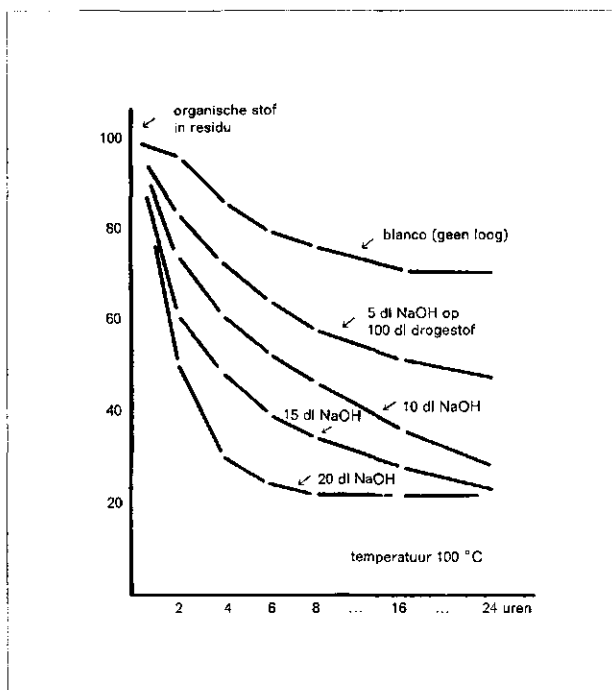
Als bijdrage in de oplossing van het slibvraagstuk van een traditionele zuiveringsinrichting met bv. voorbezinkinrichting, actiefslibzuivering en slijkgisting, lijkt de slibhydrolyse veelbelovend te kunnen zijn.

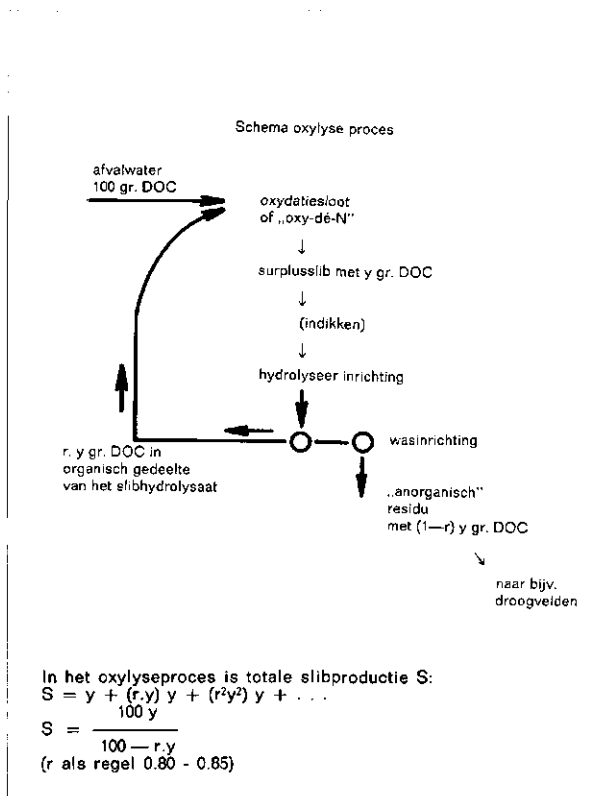
Door na de eerste trap van de slijkgisting het slijk aan een alkalische hydrolyse te onderwerpen wordt de organische stof van het slijk voor 75-80 % in verbindingen omgezet, die in een tweede trap zouden kunnen worden uitgegist. Daar bij een anaerobe gisting uit de organische stof slechts 5-10 % bacteriesubstantie wordt opgebouwd zou het uitgegiste slijk van de tweede trap betrekkelijk arm aan organische stof naar de droogvelden worden afgevoerd.

Het kosten aspect van het proces lijkt niet ongunstig. Het bij de vergisting van het hydrolysaat gevormde methaan kan mede voor de verwarming worden gebruikt. De aan het hydrolyse proces toegevoerde warmte wordt benut bij het op temperatuur houden van de tweede gistingstrap.

De kosten van het proces blijven beperkt tot die van de hydrolyseerinrichting en die van de loog. Als hydrolyseerketel kan een hogedrukreactorvat dienen, zoals voor het Porteous-procédé wordt gebruikt. Indien men de bezwaren verbonden aan het werken met hoge drukken wil ontgaan kan een grotere ketel worden gebruikt voor hydrolyse bij 100 °C gedurende langere verblijftijden. Gerekend wordt dat voor een zuiveringsinrichting met 100.000 inwoners de kosten van de hydrolyseerinrichting niet hoger zullen zijn dan f 0,60/inw./jr. Indien wordt gerekend dat per inwoner per dag 60 gram slijk naar de hydrolyseerinrichting wordt afgevoerd en dat hiervoor 12 gr NaOH nodig zou zijn, dan zou het loogverbruik 4,4 kg NaOH/inw./jr bedragen. In de vorm

Afb. 1 - Alkalische hydrolyse van een oxydatieslootslib bij verschillende loogconcentraties.





Schema I

van 33 %-ige loogoplossing bedragen de kosten hiervoor ca. f 2,— d.i. inclusief BTW, transport en opslag.

Door de geringere hoeveelheid en de te verwachten betere eigenschappen van het residu wordt bespaard op droogvelden en afvoer. Wanneer deze besparing op ca. f 1,20/inw./jr zou mogen worden gesteld, dan zouden bij toepassing van slibhydrolyse in de traditionele zuiveringsinrichting op de manier als boven besproken de kosten f 0,60 + f 2,— = f 1,20 = f 1,40 per inw./jr hoger uitkomen dan wanneer het uitgegiste slijk (zonder slibhydrolyse) via droogvelden wordt afgevoerd.

Anaerobe vergisting van gehydrolyseerd oxydatieslootslib

De gunstige aspecten van een anaerobe vergisting van het slijkhidrolysaat in het geval van een traditionele zuiveringsinrichting, doen de gedachte opkomen, dat zulk een anaerobe vergisting wellicht ook met voordeel zou kunnen worden toegepast in het geval van het hydrolysaat van het surplus slib van een oxydatieslootzuivering.

Bij een poging tot een globale schatting van de kosten te komen is onderscheid gemaakt tussen enerzijds het oxydatieslootproces waarbij de slibbelasting 83 g DOC/kg dr. st./d bedraagt, d.i. een belasting volgens de oorspronkelijke grondslagen en anderzijds het oxydatieslootproces waarbij de slibbelasting slechts 20 g DOC/kg dr. st./d bedraagt. In het eerste geval ligt de produktie aan surplusslib (y) bij de 50 gr/inw./d, in het tweede geval bij ongeveer de helft hiervan.

Er is aangenomen dat de hydrolyse zal plaatsvinden zonder overdruk bij 100 °C. Er is gerekend met een hydrolysetijd van vier uren.

De hoeveelheid loog is berekend op basis van 20 % NaOH op droge stof slib. Als prijs van de loog is aan-

gehouden f 0,15 per kg 33 %-ige natronloog, d.i. inclusief BTW, transport en opslag.

Voor de in beide gevallen nieuw te bouwen slijkgistingstanks met daarbij nodige voorzieningen is als grondslag voor de berekening genomen een bedrag van f 4,— als totale jaarlijkse kosten voor slijkgisting en droogvelden per inwoner aangesloten aan een traditionele zuiveringsinrichting. In het geval van een slibbelasting van 83 g DOC/kg dr.st./d, is gerekend dat per aangesloten inwoner de belasting van de slijkgistingstank $0,85 \times 49,6 = 42$ g DOC per dag bedraagt ($0,85 =$ hydrolysegraad; $49,6 = y = 0,38 \times 83 + 18$; zie voordracht over oxydenitroproces).

Deze 42 g DOC zijn gelijkgesteld aan de helft van de belasting per inwoner, voor een slijkgisting bij een traditionele zuiveringsinrichting.

In het geval van de laag belaste oxydatiesloot is hiervoor een vierde gedeelte aangenomen.

Volgens een globale raming zouden in beide gevallen de kosten om tot een verminderde slibproductie te komen ca. f 2,—/inw./jr meer bedragen, dan wanneer het surplusslib van de oxydatiesloot met de oorspronkelijke grondslagenbelasting via droogvelden kan worden afgevoerd.

T.a.v. de beide zojuist besproken mogelijkheden, die er wat de kosten betreft niet ongunstig uitzien, moet wel worden opgemerkt, dat daarbij is aangenomen dat de anaerobe vergisting van het hydrolysaat geen moeilijkheden zal opleveren. Zoals nog zal blijken wordt het hydrolysaat aerob perfect afgebroken, op grond hiervan lijkt ook een goed verlopen van de anaerobe vergisting niet onwaarschijnlijk.

Toch is enige voorzichtigheid geboden. Een eerste voorlopig onderzoek leerde, dat een anaerobe gisting van het hydrolysaat niet vlot op gang komt. Hoewel dit voor anaerobe gisting niet ongebruikelijk is, wijst het op de noodzaak van verder onderzoek in deze richting.

In de beide zojuist besproken schema's wordt een belangrijk gedeelte van de kosten gevormd door de verbruikte natronloog. Reeds bij het begin van het onderzoek werd nagegaan of de natronloog door de veel goedkopere kalk (calcium hydroxyde) zou kunnen worden vervangen. Het bleek echter dat dan bij de hydrolyse veel minder van de organische stof in oplossing ging, bv. i.p.v. 80 % slechts 40-50 % of nog minder. Dit leek ook wel voor de hand liggend. Het is aan te nemen dat voor een goed verlopen van de hydrolyse niet alleen een voldoende hoge pH belangrijk is, maar ook de hydratatie, de zwelling van het materiaal kan een factor van betekenis zijn. En deze zwelling is zonder twijfel met natronloog veel sterker dan met kalkhydraat. Het grote prijsverschil leidde ertoe, een en ander toch nog eens nader te bezien. Daarbij is gebleken, dat ook met kalk de hydrolyse voor 80 % kan verlopen. Het blijkt dat een gedeelte van de afbraakprodukten met kalk onoplosbare verbindingen geeft. Bij het onderzoek naar de hydrolysegraad worden daardoor veel te lage uitkomsten verkregen.

In de beide zojuist besproken mogelijkheden behoeft na de hydrolyse geen scheiding tussen opgelost en niet opgelost gedeelte tot stand te worden gebracht, het verkregen hydrolysaat zou als zodanig aan anaerobe gisting kunnen worden onderworpen. Hierdoor lijkt het in beginsel mogelijk in deze schema's de veel goedkopere kalk toe te passen. De kosten voor alkali zouden ermede tot circa 1/5 gedeelte worden teruggebracht.

Bij het toepassen van kalk zijn er echter een aantal punten die bijzondere aandacht verdienen. Kalk is geen prettige stof om mee te werken. Bij de hydrolyse zal voor een zeer goede menging moeten worden gezorgd. Vooral dient te worden gewaakt tegen moeilijkheden door afzettingen en verstoppingen, in de leidingen zowel als in de hydrolyseketels, in het bijzonder ook in de slijkgistingstanks. Deze problemen lijken echter niet onoplosbaar.

Belangrijk is ook de vraag of de kalk de eigenschappen van het uiteindelijke residu van de anaerobe gisting nadelig beïnvloedt. Ondanks de minder prettige kanten aan het gebruik van kalk verbonden, is wegens de kosten een onderzoek naar het geheel of gedeeltelijk vervangen van de loog door kalkhydraat zeker gewenst.

Tenslotte mag niet onvermeld blijven dat er nog een andere mogelijkheid bestaat om op de kosten van de loog te sparen. Het blijkt nl. dat er chemische bedrijven zijn, die oplossingen zoeken voor de afvoer van belangrijke hoeveelheden afval loog.

Een eerste vluchtige oriëntering doet vermoeden dat deze loog voor de slibhydrolyse bruikbaar zal zijn. Diegene die de spits wil afbijten wat de toepassing van het proces in de praktijk betreft kan op een gratis toelevering van de loog rekenen!

Het oxylyseproces

We komen nu tot het bespreken van de uitvoering waarbij het slibhydrolysaat niet anaeroob wordt vergist maar de organische stof ervan aeroob wordt afgebroken. Voor deze uitvoering is de naam gekozen van oxylyse (schema 1).

De uit de hydrolyseketel afgevoerde vloeistof (met y gr DOC uit 100 gr DOC in afvalwater) wordt in een wasproces gescheiden in 2 gedeelten. De in oplossing gebrachte organische stof met $r y$ gr DOC wordt in de oxydatiesloot gebracht, de niet in oplossing gebrachte organische stof met $(1-r)y$ gr DOC wordt met het anorganische gedeelte naar bv. droogvelden afgevoerd (r = hydrolysegraad).

Het naar de sloot teruggevoerde gedeelte met $r y$ gr DOC wordt door de bacteriën gedeeltelijk opgebouwd tot bacteriële lichaam. Daarbij is aangenomen dat de verhouding dissimilatie/assimilatie voor het slibhydrolysaat gelijk is aan die voor de organische stof in het afvalwater. Ook dit slib wordt weer naar de hydrolyseerinstallatie afgevoerd en geeft weer opgeloste organische stof die naar de oxydatiesloot wordt teruggevoerd enz. De totale hoeveelheid bacterieslib (S) die, per 100 gr DOC in het afvalwater, in het oxylyseproces in de oxydatiesloot wordt gevormd, is dus opgebouwd uit een reeks

$$S = y + r y \cdot y + r^2 y^2 \cdot y + \dots$$

$$S = \frac{100 \cdot y}{100 - r y}$$

De extra belasting die aan de sloot wordt toegevoerd bedraagt voor iedere 100 gr DOC, $r \times S$ gr DOC, waarin r een coëfficiënt is, die aangeeft welk gedeelte van de organische stof bij de alkalische hydrolyse in oplossing wordt gebracht. Als regel zal de waarde van r 0,8 á 0,85 zijn. Het verband tussen x en y en S is aangegeven in de afb. 2. Door het laag houden van de slibbelasting x , blijft de slibproductie y laag en bij het oxylyseproces ook de slibproductie S . Met het verhogen van de slib-

belasting wordt S snel hoger. Bij het berekenen van de kosten voor het oxylyseproces is dit van belang. Voor het laag houden van S en daarmee laag houden van de kosten voor het hydrolyseren is een groot volume beluchtingscircuit nodig.

Wanneer het beluchtingscircuit kleiner wordt gekozen stijgen de kosten voor het hydrolyseren. Een en ander is zeer globaal uitgerekend in de tabel III. In de onderste regel van deze tabel is het totaal vermeld van de kosten berekend voor beluchtingscircuit, hydrolyseerinstallatie en loogverbruik. De kosten opgegeven voor het beluchtingscircuit zijn voor de lage belastingen sterk afhankelijk van hetgeen is aangenomen voor het zwerende stofgehalte in het beluchtingscircuit.

Aan de cijfers kan niet méér worden ontnomen dan de conclusie, dat voor een efficiënte uitvoering van het oxylyseproces, het noodzakelijk is de slibproductie laag te houden. Dit is alleen mogelijk bij een lage slibbelasting.

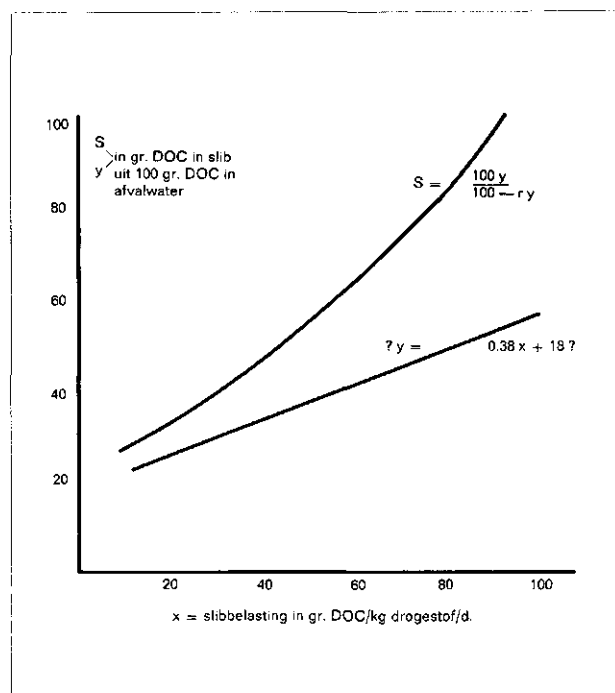
De proefinstallatie voor oxylyse

Bij de oxydatiesloot Zuidpolder (inhoud 150 m³, ingericht voor discontinu bedrijf) is een proefinstallatie voor het oxylyseproces gebouwd. (Zie schema II).

Vanuit de slibvang wordt slib naar de indik- en voorraadtanks gepompt. Na het beëindigen van het indikproces wordt de inhoud van de tank goed gemengd en bemonsterd. Nadat de concentratie van de droge stof is vastgesteld wordt met behulp van een pompje en meetvat de gewenste hoeveelheid 33 %-ig natronloog toegevoegd en weer goed gemengd. Vanuit de indiktank wordt met een pompje het alkalische slib met nauwkeurig te regelen snelheid via een warmtewisselaar naar de hydrolyseketels gepompt, ieder met een inhoud van 120 liter, waarvan er of één of beide (en dan in serie) in bedrijf zijn. De ketels zijn voorzien van een stoommantel.

Vanuit de hydrolyseketel wordt het hydrolysaat naar de wasinstallatie gepompt. De installatie hiervan wordt

Afb. 2 - Verband tussen slibbelasting x en slibproductie S in het oxylyseproces.



TABEL III - Oxylyse-proces — slibbelasting en kosten

slibbelasting g DOC/kg droge stof/d	x	100	80	60	40	20
aangenomen als „veilig“ zwevende stof gehalte in circuit ? (0,38 x + 18)	g/l	4	4	5 ¹ / ₃	6 ² / ₃	8
100 y	y	56	48,4	40,8	33,2	25,6
100 — ry	S	107	82	62,5	46,2	32,8
voor r = 0,85	rS	90,5	69,5	53	39,3	27,9
$\frac{100 + rS}{\text{zwev. stof} \times x} = \frac{\text{volume belucht. circuit}}{\text{inw.}}$	m ³	0,48	0,53	0,48	0,52	0,80
jaarl. kosten/inw. beluchtingscircuit	gld.	1,82	2,01	1,82	1,98	3,04
te hydrolyseren (met 4 % droge stof)	l/inw./d	2,58	2,05	1,56	1,15	0,82
kosten hydrolyseerinstallatie/inw./jr.	gld.	2,32	1,84	1,40	1,04	0,74
nodig loog à 33 %	kg	23,4	18	13,7	10,1	7,2
kosten loog/inw./jr.	gld.	3,50	2,70	2,06	1,52	1,08
kosten inw./jr. voor: beluchtingsc. hydrolyse loog	gld.	7,64	6,55	5,28	4,54	4,86

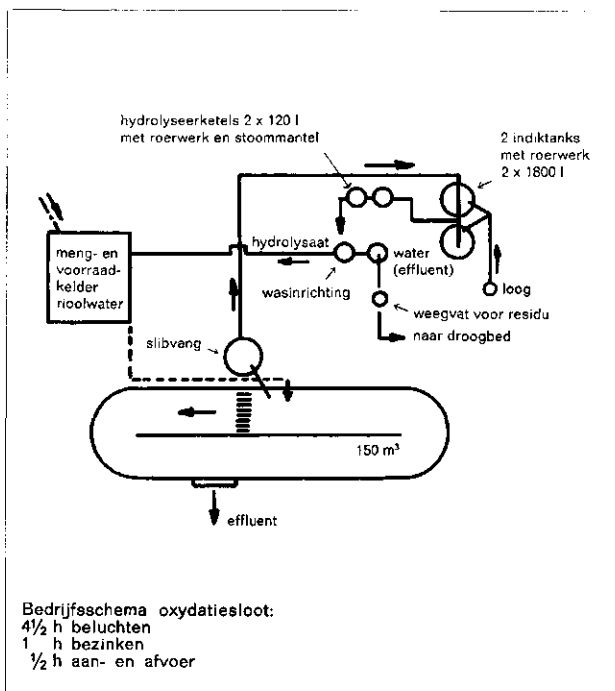
nog nader besproken. Vanuit de wasinrichting gaat het organische deel in verdunde oplossing naar de mengkelder voor rioolwater. De onoplosbare organische en anorganische bestanddelen worden in een waterige suspensie naar een weegvat gepompt. Na wegen en bemonsteren wordt de suspensie (het residu) op een droogbed gebracht.

De monstername

Teneinde het proces kwantitatief te kunnen vervolgen en het op de juiste wijze te leren bedrijven is een goede monstername op de verschillende onderdelen een eerste vereiste.

Het influent en het effluent worden bij aan- en afvoer

Schema II - Proefinrichting van oxylyseproces bij oxydatiesloot Zuidpolder.



continu bemonsterd met behulp van een aangedreven band zonder einde waarop een bakje is gevestigd. De monsters worden opgevangen in plastic vaten waarin zich zoveel zwavelzuur 1 : 1 bevindt, dat aan het einde van de bemonsteringsperiode (als regel een week) de pH nog onder de 2 ligt. Het influent wordt onderzocht op chemische zuurstofbehoefte (bichromaat), chloride, stikstof volgens Kjeldahl en totaal fosfaat. Het effluent bovendien nog op ammoniak-stikstof en nitraat-stikstof. Continu wordt ook het hydrolysaat bemonsterd. Onderzocht wordt hoeveel van de organische en minerale bestanddelen, van de chemische zuurstof behoefte en het fosfaat zich in het opgeloste deel en hoeveel in het onoplosbare deel bevinden.

Uiteraard wordt ook ten minste 2 keer per week, vaak dagelijks van de circuit vloeistof datgene onderzocht wat nodig is om op de hoogte te zijn van het verloop van het zuiveringsproces (zwevende droge stof — asgehalte — bezinking — slibindex — pH; van het effluent vaak dagelijks pH, ammoniak- en nitraatstikstof en zo nu en dan de BOD).

Voorts worden ook de hoeveelheden gemeten van het aangevoerde afvalwater en van de hoeveelheid water (effluent) die in de wasinrichting wordt gebruikt.

De hydrolyse

Een goed inzicht in het verloop van het hydrolyse proces is van belang opdat t.a.v. loogverbruik, reactie-temperatuur en reactieduur het proces zo efficiënt mogelijk kan worden ingericht.

In het voorgaande werden enige resultaten van laboratoriumproeven vermeld. Bij deze met kleine hoeveelheden slib uitgevoerde proeven doet zich het bezwaar voor dat er niet voor kan worden ingestaan, dat tijdens het proces de te hydrolyseren slibsuspensie homogeen verdeeld blijft. Het was daarom gewenst de invloed van bv. de loogconcentratie in de proefinrichting, met de hydrolyseerketel van 120 liter voorzien van een roerwerk, nog eens vast te stellen. Het resultaat ervan is weergegeven in tabel IV. Uit deze gegevens blijkt dat bij een loogconcentratie van 11-12 % en een verblijftijd van anderhalf uur bij 100 °C ca. 75 % van de organische stof

in oplossing gaat; bij een concentratie van 20 % en 6 uren bij 100 °C is dit slechts 7 % meer. Toch mag hieruit niet zonder verder onderzoek geconcludeerd worden, dat een concentratie van loog van ca. 12 % op droge stofslib aantrekkelijk zou kunnen zijn. Het gaat nl. niet alleen om het in oplossing brengen van de organische stof maar ook om de eigenschappen van het residu. Onze voorlopige indruk is dat juist t.a.v. de eigenschappen van het residu een hoge hydrolyse graad wenselijk is en het gebruik van 20 % loog gewenst is.

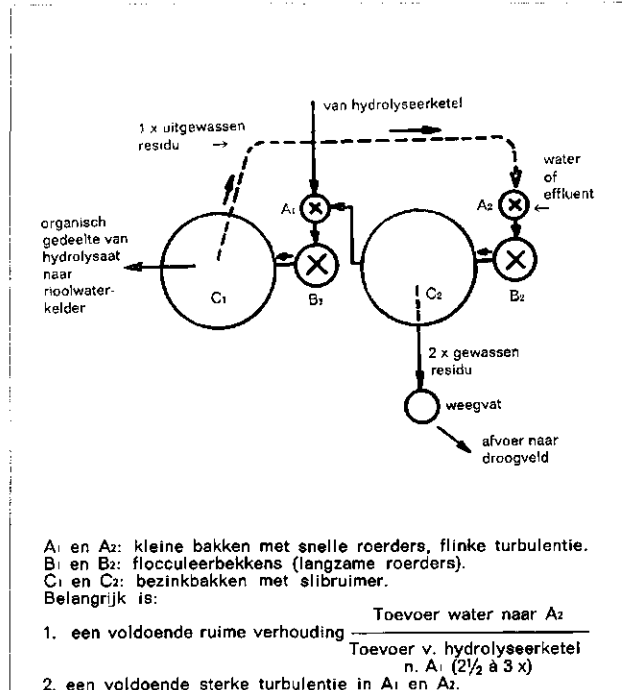
In de tabel IV zijn voorts nog aangegeven de resultaten bij het gebruik van kalkhydraat en van mengsels van kalkhydraat met natronloog. (Zie ook hetgeen eerder over de hydrolyse met kalkhydraat werd medegedeeld.) Na het verkrijgen van dit voorlopige inzicht in de hydrolysegraad welke onder verschillende omstandigheden kan worden verkregen, werd besloten in het verdere onderzoek voorlopig steeds te hydrolyseren met 20 % NaOH op slib-droge-stof. De duur van de hydrolyse bij 100 °C was steeds drie uren of langer. De concentratie aan alkali die uiteindelijk in de praktijk wordt toegepast, wordt behalve door de aard van het alkali (loog, kalk of mengsels hiervan), ook door de temperatuur (druk) bepaald en voorts door o.m. de indikkingsgraad van het te hydrolyseren slib.

Het wasproces

Een belangrijk onderdeel van het oxylyseproces is het zgn. „wassen” van het hydrolysaat. Het doel hiervan is het onoplosbare residu vrij te krijgen van de organische stof die in oplossing is gegaan. Het is belangrijk dat dit „wassen” goed verloopt. Een onvoldoende verwijdering van de organische stof heeft een nadelige invloed op de ontwatering van het residu. Bij de uitvoering is voorts van belang dat de hoeveelheid wasvloeistof beperkt blijft. In schema III is het wasproces aangegeven. In deze uitvoering geeft het proces geen problemen.

Essentieel is het gebruik van voldoende wasvloeistof. Hiervoor kan water of effluent worden gebruikt. De hoeveelheid dient 2½ à 3 x de hoeveelheid hydrolysaat te zijn, indien het droge stof gehalte van het te hydrolyseren slib niet meer dan 30 g/l bedraagt. Bijzonder belangrijk is het uitwassen van de vlok bij hoge turbulentie (in A₁ en A₂).

Alvorens nu over te gaan tot de bespreking van de ervaringen met de proefinrichting voor het oxylyseproces



Schema III - Schema voor scheiding „organisch” en „anorganisch” gedeelte van het hydrolysaat.

zij volledigheidshalve er op gewezen, dat de oxydatie van de organische stof van het hydrolysaat niet in de oxydatiesloot behoeft te geschieden, maar ook in een of meer afzonderlijke beluchtingsbassins kan worden uitgevoerd. Een van de hieraan verbonden voordelen is dat het wasproces zou kunnen vervallen. In een volgende fase van het onderzoek zal aan deze mogelijkheid aandacht worden geschonken.

Ervaringen met de proefinrichting voor oxylyse

Bij het begin van het onderzoek waren er, zo meende ik, 3 punten waar we van uit zouden moeten gaan:

1. Een primaire surplus slib productie van 30 g per inwoner. Er was dacht ik destijds niet zo heel veel reden om grote afwijkingen aan te nemen.
2. De betrekking tussen S en y. Voor een y van 30 g uit 100 g DOC wordt (voor r = 0,80)

TABEL IV - Verloop van het hydrolyseproces in de proefinrichting bij 100° C, bij verschillende hoeveelheden alkali

gr. alkali/100 gr. slib droge stof	duur hydrolyse 100° C uur	aantal „ladingen” à 1800 l	in hydrolysaat in oplossing %			residu		
			org.st.	DOC	N	% as	% P/dr.st.	% van P in slib
11-12 (11,8) NaOH	1½	34	75,0	72,5	87,1	57,5	6,15	64,4
15,4	2	6	78,3	77,3	89,7	61,2	5,74	59,3
19	2	34	78,3	77,6	90,1	53,5	5,85	53,1
23,4	2	8	84,5	83,7	95,0	62,5	7,1	54,6
19,5	3	18	78,4	76,9	90,5	59,1	6,5	66,6
19,5	6	18	82,2	82,7	93,5	61,5	6,6	63,5
10 Ca(OH) ₂	1½	2	29,0	23,5	40,5	52,8	1,6	59,5
11 NaOH/11 Ca(OH) ₂	3	2	61,7	64,3	75,2	60,4	4,9	77,5
18,7 NaOH/12,3 Ca(OH) ₂	3	2	69,7	70,5	82,6	65,7	6,4	68,0
11,8 NaOH/19,7 Ca(OH) ₂	3	4	69,7	68,7	81,5	54,1	5,9	63,3
	6	4	68,9	69,0	83,9	58,9	7,1	79,4
19,7 NaOH/19,7 Ca(OH) ₂	3	3	79,3	77,5	90,3	64,7	5,3	65,2
	6	3	72,7	71,7	88,1	63,0	4,1	72,3

$$S = \frac{100 y}{100 - ry} = 39,5 \text{ g.}$$

Hier van gaat r S naar de oxydatiesloot terug d.i. 31,6 g DOC.

Dit betekent dat de oxydatiesloot niet mag worden belast met meer dan $\frac{100}{131,6} \times 500 = 380$ inwoners à 100 g DOC.

- En dan is er nog een derde punt dat we bij het begin van het onderzoek stelden, nl. dat ter wille van het overtuigen van onszelf en van anderen geen ander slib zou mogen worden afgevoerd dan *residu* van het oxylyseproces. Hieraan is gedurende het gehele onderzoek streng de hand gehouden.

Het bedrijven van het oxylyseproces in de proefinrichting heeft aanvankelijk moeilijkheden gegeven. Het bleek nl. niet mogelijk het proces te beheersen. De hoeveelheid slib, die in de oxydatiesloot werd gevormd en naar het hydrolyseproces moest worden afgevoerd bleek veel groter dan werd verwacht; een verhoogde afvoer van slib naar het hydrolyseproces deed het slibgehalte in de oxydatiesloot slechts langzaam dalen.

Aanvankelijk werd verondersteld, dat een en ander het gevolg zou kunnen zijn van de moeilijkheden ondervonden bij de scheiding van het residu van de in oplossing gebrachte organische stof (het „wasproces”) waardoor een belangrijk gedeelte van het residu met de in oplossing gebrachte organische stof naar de oxydatiesloot werd teruggevoerd i.p.v. naar het droogbed te worden afgevoerd. De situatie veranderde echter niet nadat de moeilijkheden in het wasproces waren opgelost.

De oorzaak van de hoger dan verwachte slibproductie bleek te liggen in een viertal omstandigheden, t.w.:

- de aanvankelijk opgestelde verwachting bleek te laag berekend;
- de slibproductie is volgens de tot dusverre in het onderzoek verkregen gegevens inderdaad hoger dan in de praktijk wordt verondersteld;
- de slibproductie wordt in belangrijke mate beïnvloed door de DOC/vlokbelasting;
- het aanvankelijke werkschema met een ongelijkmatige verwerking van het hydrolysaat werkte verhogend op de slibproductie.

Ieder van deze omstandigheden wordt in het volgende achtereenvolgens nader besproken.

1. Correctie van de opgestelde verwachting

In de praktijk van de oxydatiesloot wordt een productie aan surplusslib aangenomen van ca. 30 g droge stof slib per inwoner per dag. Hierbij kan worden opgemerkt enerzijds dat in de praktijk men zich ervan bewust is, dat dit cijfer niet op voldoende exacte gegevens berust, anderzijds wordt op grond van een aantal ervaringen wel geoordeeld, dat een aanname van een surplus slib productie van 30 grammen droge stof per inwoner per dag niet zo heel ver van de werkelijkheid verwijderd zal zijn. Ook in ons onderzoek werd dit in eerste aanleg zoals in het begin van dit hoofdstuk gesteld als verwachting aangenomen. Daar in het onderzoek de slibproductie in DOC wordt uitgedrukt, werd de 30 g droge stof omgerekend in DOC. Bij een asgehalte van 30 %, bevat 1 gram droge stof van het slib 0,7 gram organische

stof. En daar 1 gram organische stof ten naaste bij overeenkomt met 1,4 g DOC kan voor ons doel in dit geval worden aangenomen dat in 1 gram droge stof van het slib ongeveer $0,7 \times 1,4 = 1$ gram DOC wordt gevonden. Bij de aanvang van het onderzoek was onze verwachting derhalve dat in het oxydatieslootproces van iedere 100 g DOC in het aangevoerde huishoudelijk afvalwater 30 g DOC in slib zou worden vastgelegd. Deze aanvankelijke verwachting behoeft echter een correctie.

Indien nl. op grond van het onderzoek van Dirkwager wordt aangenomen dat in de praktijk de aan de rioolwaterzuiveringsinrichting aangevoerde hoeveelheid verontreiniging gemiddeld overeenkomt met 90 gram DOC per inwoner per dag, dan dient ook de in de praktijk heersende opvatting over de slibproductie betrokken te worden op een aanvoer van 90 g DOC/inw.d. De uit 100 g DOC in afvalwater te verwachten slibproductie

$$\text{zou dan bedragen } \frac{100}{90} \times 30 = 33,3 \text{ g.}$$

De opgestelde verwachting behoeft nog een tweede correctie. Om dit in te zien is het nodig aandacht te schenken aan de invloed van de slibbelasting (zie lezing oxydenitro-proces).

Aangenomen wordt dat de in de praktijk bestaande ervaring t.a.v. de slibproductie in het algemeen zal gelden voor een oxydatiesloot waarin de slibbelasting gelijk is aan de zgn. „grondslagenbelasting”. Voor de situatie in de praktijk kan het begrip „grondslagenbelasting” worden beschreven als de belasting per m³ oxydatiesloot met de aan de oxydatiesloot aankomende verontreiniging van $3\frac{1}{3}$ inwoner, d.i. $3\frac{1}{3} \times 90$ g DOC. Wanneer in de oxydatiesloot een hoeveelheid zwevende droge stof wordt gehandhaafd van 4 kg/m³ dan bedraagt derhalve in het geval van „grondslagenomstandigheden” in de praktijk

$$\text{de slibbelasting } \frac{3\frac{1}{3}}{4} = 5/6 \text{ inwoner à } 90 \text{ g DOC} = 75 \text{ g}$$

DOC/kg dr.st./dag. Het is bij deze belasting, dat in de praktijk een slibproductie van 33,3 g DOC uit 100 g DOC in afvalwater wordt verwacht.

Wanneer we zoals in ons onderzoek rekenen met een grondslagenbelasting van $3\frac{1}{3}$ inwoner à 100 g DOC per m³ oxydatiesloot per dag, dan bedraagt de slibbelasting 83,3 g DOC/kg droge stof/dag. De slibproductie zal dan enkele grammen hoger zijn dan 33,3 g DOC; nl. op grond van een schatting volgens afb. 2 ca. 36,5 gram DOC in slib uit 100 g DOC in afvalwater.

De conclusie uit het voorgaande kan dus zijn dat de verwachting $y = 30$ g DOC uit 100 g DOC in afvalwater, met daaraan verbonden in het oxylyseproces $S =$

$$\frac{100 y}{100 - ry} = 39,5 \text{ g.}$$

te laag is. Een verwachting (bij een slibbelasting van 83,3 g DOC/kg dr.st./d) van $y = 36,5$ g DOC uit 100 g DOC in afvalwater met daaraan verbonden $S = 51$ g DOC geeft beter weer welke slibproductie op grond van ervaringen in de praktijk kan worden verwacht.

2. De slibproductie hoger dan in de praktijk wordt verondersteld?

Tijdens het onderzoek over het oxylyseproces zijn in de proefinrichting een aantal gegevens verkregen over de slibaangroei. Hiervoor zij verwezen naar hetgeen hier-

over in de voordracht over het oxydenitro-proces werd medegedeeld. Uit de tot nu toe beschikbare onvoldoende en niet geheel betrouwbare gegevens zou blijken dat bij een slibbelasting van 83,3 g DOC per kg droge stof per dag, de slibproductie y uit 100 g DOC in afvalwater des zomers overeenkomt met 41 g DOC in slib. Dit is 12 % meer dan de „gecorrigeerde verwachting” van 36,5 g. Des winters is de slibproductie aanmerkelijk hoger. Indien voor een temperatuur tussen 7 en 10° C, de betrekking $y : 0,38 x + 18$ zou gelden, dan wordt voor y 49,6 g DOC berekend, hetgeen 36 % boven de verwachting van 36,5 g ligt.

Met het voorgaande is de in het oxylyseproces verkregen hoger dan verwachte slibproductie goeddeels begrijpelijk gemaakt. Het hieronder gegeven overzicht spreekt voor zichzelf:

Overzicht gegevens slibproductie uit 100 g DOC in afvalwater

	primaire slibproductie in oxydatiesloot y	slibproductie in oxylyseproces $S = \frac{100 y}{100 - ry}$
volgens oorspronkelijke verwachting	30	39,5
gecorrigeerde verwachting in proefinrichting	36,5	51,5
verkregen:		
des zomers	41	61
des winters	49,6	82,2

Hieruit zien we, dat de hogere produktie aan primair slib (y) dan verwacht, nl. des zomers 12 % en des winters 36 % boven de „gecorrigeerde verwachting” van 36,5 g, in het oxylyseproces resulteert in een slibproductie S die des zomers 18 % en des winters 60 % boven de gecorrigeerde verwachting van 51,5 gram ligt. Ten aanzien van de oorspronkelijke verwachting zijn de verschillen nog groter.

Er is echter nog een omstandigheid, die ertoe heeft bijgedragen, dat in het oxylyseproces de slibproductie hoger is geweest dan uit het bovenstaande overzicht blijkt. Teneinde dit begrijpelijk te maken is het nodig even stil te staan bij de invloed van de DOC/vlok belasting.

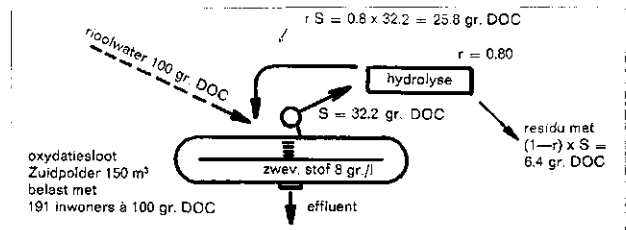
3. De invloed van de DOC/vlokbelasting

De tot dusverre verkregen gegevens tonen een sterke invloed van de vlokbelasting (x) op de slibproductie (y) (afb. 2).

In „grondslagenomstandigheden” wordt bij een slibbelasting van 83,3 g DOC/kg droge stof per dag voor een temperatuur tussen 7 en 10° C volgens de betrekking $y = 38 x + 18$ uit 100 g DOC in afvalwater 49,6 g DOC in slib vastgelegd. In het geval de vlokbelasting wordt gehalveerd is de hoeveelheid DOC die uit 100 g DOC in afvalwater in slib wordt vastgelegd nog slechts 33,8 g. Bij de bespreking van het oxydenitro-proces is uiteengezet hoe belangrijk een en ander is in verband met de juiste bedrijfsvoering van de oxydatiesloot t.a.v. de slibproductie. Voor het oxylyseproces geldt dit in versterkte mate, immers bij een $y = 49,6$ behoort een $S = 82,2$ g, voor $y = 33,8$ is de produktie aan slib in het oxylyseproces (S) slechts 46,3 g.

4. De invloed van een ongelijkmatige verwerking van het hydrolysaat

De in het voorgaande beschreven invloed van de vlok-



Afb. 3

belasting is er oorzaak van geweest, dat in de proefinrichting voor het oxylyseproces een nog belangrijk hogere slibproductie werd verkregen dan in het overzicht is aangegeven. Dit werd veroorzaakt door het niet continu verwerken van het gevormde slib. Het was nl. zo, dat in verband met het vrijhouden van het weekeinde de hydrolyse aanvankelijk werd uitgevoerd van maandag 12 uur tot vrijdag 12 uur. In deze 96 uren werd het surplusslib van de gehele week gehydrolyseerd en het hydrolysaat naar de oxydatiesloot teruggevoerd. Daardoor was van maandag t/m vrijdag de vlokbelasting nog extra verhoogd met als gevolg daarvan een nog verder verhoogde slibproductie. Ook onderbrekingen van het hydrolyseproces tengevolge van storingen of wegens ombouw leidden tot een verhoogde vlokbelasting en verhoogde slibproductie.

Nadat met de in het voorgaande besproken ervaringen het inzicht was verkregen dat bij het oxylyseproces de slibbelasting (g DOC/kg dr.st./d) gelijkmatig en op een laag niveau dient te worden gehouden kan als voorbeeld de volgende leidraad worden opgesteld.

Bij het aanhouden van een slibbelasting (x) van 20 g DOC/kg dr.st./d en een droge zwevende stofgehalte van 8 g/l, bedraagt de volumebelasting 160 g DOC/m³/d. Voor y en S wordt dan respectievelijk 25,6 g DOC en 32,2 g DOC berekend. Bij een hydrolysepercentage van 80 %, wordt per 100 g DOC in afvalwater $r S = 0,8 \times 32,2 = 25,8$ g DOC in de vorm van slibhydrolysaat naar de oxydatiesloot teruggevoerd. M.a.w. voor iedere 100 g DOC in afvalwater aangevoerd wordt de oxydatiesloot met $(100 + 25,8)$ g DOC belast. Bij een volumebelasting

$$\text{van } 160 \text{ g DOC/m}^3/\text{d} \text{ kan per m}^3 \text{ inhoud } \frac{160}{125,8} =$$

1,27 keer 100 g DOC (1,27 „inwonerequivalenten”) in afvalwater aan de oxydatiesloot worden toegevoerd.

In deze situatie (weergegeven in afb. 3) is de oxydatiesloot (ontworpen voor 500 inwoners met 0,3 m³ slootvolume per inwoner) belast met $150 \times 1,27 = 191$ inwoners à 100 g DOC (slootvolume 790 l per inwoner van 100 g DOC).

Onder deze omstandigheden wordt van iedere 100 g DOC in het afvalwater aangevoerd tenslotte $(1 - r) S = 6,4$ g DOC in het residu afgevoerd.

Tengevolge van de lage slibbelasting zal er in dit opzicht weinig verschil zijn tussen zomer en winter.

Bij het gewone oxydatieslootproces wordt des zomers (bij grondslagenbelasting) van iedere 100 g DOC in het afvalwater, 40 g DOC in het surplusslib afgevoerd, des winters zelfs 55 g.

In de bovenbeschreven omstandigheden wordt in het oxylyseproces de afgevoerde hoeveelheid organische stof des zomers teruggebracht tot 16 %, des winters tot 12 % van de hoeveelheid die in de oxydatiesloot wordt gevormd.

TABEL V - *Oxylyseproces*

Gemiddelde samenstelling van het influent en van het effluent (in mg/l) over de periode 28-11-1969 t/m 10-3-1971 (continue bemonstering)		
	Influent	Effluent
DOC	518	72
Stikstof (Kjeldahl N + nitraat N)	55,6	17,2
Totaal fosfaat (P)	19,5	10,7
Chloride	233	234

over februari en maart 1971 (10 momentmonsters effluent voor BOD-bepaling)		
	voor centrifugeren	na centrifugeren
DOC	gem. 66 (46 - 71)	57 (43 - 71)
BOD ₅	gem. 7,3 (2 - 11)	3,6 (2 - 5)

Resultaten

Effluent

In tabel V is de gemiddelde samenstelling vermeld van influent en effluent over de gehele proefperiode van ruim 15 maanden. Gedurende deze periode is alle influent en alle effluent continu bemonsterd. De met zwavelzuur geconserveerde monsters werden wekelijks onderzocht.

Bij een proces in evenwicht zonder de onregelmatigheden die het onderzoek met zich bracht, mag worden verwacht dat het resultaat beter zal zijn dan in deze proefperiode. De DOC van het effluent kan dan een 10 mg/l lager zijn, het percentage van stikstofverwijdering zal belangrijk beter zijn. In de proefperiode werd ongeveer 50 % van het fosfaat verwijderd, juist als in het gewone oxydatieslootproces.

In een periode van 2 maanden werd aangetoond, dat met het toevoegen van ijzerzouten aan de oxydatiesloot het gehalte aan totaal fosfaat in het effluent zeker tot 2 à 3 mg kan worden teruggebracht.

In tabel V zijn voorts nog een aantal waarnemingen vermeld t.a.v. de BOD₅ van het effluent. Deze cijfers zijn zeer laag. De verwerking van het hydrolysaat heeft weinig of geen invloed op de biochemische zuurstofbehoefte van het effluent.

Residu

Over de proefperiode van ruim 15 maanden (28-11-1969 t/m 19-3-1971) is aan de oxydatiesloot toegevoerd 14.435 kg DOC in afvalwater. Afgevoerd is 2.525 kg droge stof

in residu, waarvan 1.491 kg as en 1.034 kg organische stof, overeenkomend met ongeveer 1.500 kg DOC.

Per 100 g DOC aangevoerd in afvalwater is derhalve 17,5 g droge stof residu verkregen, waarin 7,3 g organische stof overeenkomende met ca. 10,5 g DOC. Hierin zijn begrepen alle minder geslaagde hydrolysen, ook alle kalk die is toegevoegd en waarmede een deel van de gehydrolyseerde organische stof is neergeslagen en in het residu is terechtgekomen.

De cijfers over de periode 11-1-1971 t/m 10-3-1971, waarin uitsluitend met natronloog werd gehydrolyseerd (20 % op droge stof slib) zijn als volgt: Aanvoer DOC in afvalwater 1.831 kg. Afvoer droge stof residu 233,7 kg, waarin 134,6 kg as en 99,1 kg organische stof.

Per 100 g DOC aangevoerd in afvalwater werd in deze periode 12,8 g droge stof residu geproduceerd, waarin 5,4 g organische stof. In het residu werd in dit geval 9,3 g DOC teruggevonden van 100 g DOC aangevoerd in het afvalwater. Dit is goed in overeenstemming met hetgeen volgens berekening kan worden verwacht. In de genoemde periode (11-1-10-3-1971) steeg het zwevende stofgehalte van het circuit van 4,5 g/l tot 6,5 g/l, met een gemiddelde van 5,6 g/l. De slibbelasting heeft gemiddeld 37,6 g DOC/kg dr.st./d bedragen, waaruit een $y = 32,3$ en een $S = 43,5$ kan worden berekend. Voor de in het residu afgevoerde hoeveelheid DOC wordt dan $(1 - r)S = 0,2 \times 43,5 = 8,7$ g DOC berekend (gevonden 9,3 g).

Gedurende deze periode was de oxydatiesloot belast met $100 + r S = 134,8$ g DOC voor iedere 100 g DOC in afvalwater aangevoerd. De volumebelasting heeft 5,6 x

$$37,6 = 210 \text{ g DOC/m}^3/\text{d} \text{ bedragen, d.i. } \frac{210}{134,8} = 1,52$$

inwoner à 100 g DOC per m³. Per inwoner à 100 g DOC

$$\text{bedroeg in deze periode het slootvolume } \frac{100}{1,52} = 0,66 \text{ m}^3.$$

Het uitgewassen residu laat op droogbedden het water gemakkelijk los. In een laag van 8-10 cm op het droogbed gebracht met een gehalte aan droge stof tot ca. 7 % is al na 3 dagen de koek steekvast met een drogestofgehalte van 18-20 %. Na 12 dagen is het drogestofgehalte opgelopen tot ca. 25 %.

De consistentie lijkt gunstig voor een verdere verwijdering van vocht door persen.

Het residu bevat 12-16 % fosfaat berekend als P₂O₅; superfosfaat bevat 19 % P₂O₅.

Daar bij het hydrolyseren ca. 90 % van de stikstofverbindingen van het slib in oplossing gaat, is het stikstofgehalte van het residu laag, nl. 1 % van de droge stof.

Kosten

In de vorm zoals in het voorgaande beschreven (schema II) is het oxylyseproces technisch een aantrekkelijk rustig verloopend proces, dat zo kan worden ingericht dat met een minimum aan bediening en toezicht kan worden volstaan. Of het oxylyseproces in deze vorm in de praktijk toepassing zal kunnen vinden is in de eerste plaats ervan afhankelijk of het toepassen van zeer lage slibbelastingen (bv. 30 à 40 % van de grondslagenbelasting zie schema IV) bij een voldoende hoge volumebelasting technisch mogelijk is. Indien zou blijken, dat dit niet het geval is doordat aan het toepassen van deze lage slibbelastingen onverbreekelijk een slib met slechte bezink-eigenschappen is verbonden — de ervaringen in de proef-

Schema IV - *Oxylyseproces (100.000 inwoners)*

Kosten. Vergelijking met normale oxydatiesloot.	
Normale oxydatiesloot	Oxylyse
3 1/3 inwoner à 100 g DOC/m ³	2 inwoners à 100 g DOC/m ³
Zwev. stof 4 g/l	!! discontinue voeding !!
Slibproductie:	Zwev. stof 10 g/l
des zomers 40 g	Index 40-50 ml/g/h
des winters 55 g	Gerekend met S = 40 g DOC
Gerekend:	extra kosten/inw./jr.
18 kg drogestof/inw./jr.	0,2 m ³ bel. ruimten f 0,76
kosten voor slibverwerking:	f 40,—/m ³ . 9 1/2 %
f 3,— à f 4,—/inw./jr.	extra O ₂ voor hydrolysaat- saat oxydatie 10 kWh 0,56
	kosten voor hydrolyse
	excl. loog, excl. bed. 0,73
	loog 1,30
	<hr/> f 3,35