

## De zimpro-installatie in Apeldoorn

### Keuze, werking en bedrijfsresultaten

#### 1. Inleiding

Uit de antwoorden op de in 1971 door de Slibcommissie van de Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering gehouden enquête onder de beheerders van rioolwaterzuiveringsinrichtingen in Nederland blijkt, dat voor de oplossing van het slibvraagstuk vele wegen worden ingeslagen [1].

Blijkens genoemde enquêteresultaten, zijn of worden binnenkort in Nederland als slibstabiliserings- en/of conditioneringsmethoden reeds toegepast: anaerobe slibgisting, thermische behandeling (Porteous, Farrer), thermisch-oxydatieve behandeling (Zimpro), chemische stabilisatie.

Als kunstmatige ontwateringsinstallaties worden beproefd of reeds toegepast: vacuümfilters, persfilters, zeefbandpersen, vacuümbandfilters, centrifuges.

Voorts vindt de thermische droging in droogtrommels van voorontwaterd slib toepassing. Anderen overwegen rioolslib te verbranden.

In de Verenigde Staten is de diversiteit ten aanzien van de methoden van slibbehandeling al even groot [2].

Alvorens de werking van de behaalde resultaten met de Zimpro-installatie in Apeldoorn te beschrijven is het zinvol, juist waar zoveel systemen van slibverwerking mogelijk zijn en worden toegepast, na te gaan welke overwegingen een rol hebben gespeeld bij de keuze van het in Apeldoorn toegepaste systeem van slibverwerking. Overigens wordt gezinszins gepretendeerd, dat voor het gekozen proces geen alternatieven mogelijk zijn.

#### 2. Te wijzigen c.q. te benutten eigenschappen van rioolslib

Om tot een gerichte keuze van een slibbehandelingssysteem te komen is het van primair belang de vraag te beantwoorden, wat de eigenschappen van het te behandelen rioolslib zijn, welke gewijzigd en welke benut dienen te worden. Hierbij zijn drie aspecten te onderscheiden:

- Het slibvolume.
- De onhygiënische eigenschappen.
- De bemestings- c.q. grondverbeteringswaarde.

##### a. Volume

Rioolslib is zeer volumineus. Het volume wordt in hoofdzaak gevormd door het inerte transportmedium; circa 94-98 % is water.

Het slibwater is door het colloïdale karakter van het slib, zonder specifieke behandeling hieraan niet te onttrekken met de bekende methoden als indikking of uitspreiding op vloeivelden. Conditionering is derhalve noodzakelijk.

Teneinde de transportkosten laag en in geval van dumpen van het eindproduct het nodige oppervlak in ons dichtbevolkte land [3] aan dumpterrein zo klein mogelijk te houden, is een zo groot mogelijke, economisch verantwoorde scheiding tussen water en vaste stof gewenst.

##### b. Hygiëne

1. Rioolslib is een zeer infectieus materiaal; tijdens de sedimentatie in de zuiveringsinstallatie komt een groot deel van de pathogene micro-organismen in het rioolslib terecht. Voor de tuberkelbacillen is dit 91 %, voor de salmonella 90-94 % [4]. In dit verband zijn ook de wormeieren te noemen. Deze zijn zeer resistent en overleven vele tot nu gebruikelijke slibverwerkingsprocessen. Daar vliegen als

vector voor de verspreiding van pathogene wormeieren kunnen fungeren zijn de ziekteverwekkende risico's niet louter gebonden aan de plaats waar slib wordt gedumpt [5].

Teneinde de pathogene kiemen en zoöparasiëten onschadelijk te maken moet het slib gedurende minstens 5-15 minuten aan een temperatuur van minstens 70 °C worden blootgesteld [6].

2. Reeds na enige uren daalt de pH-waarde tot 6 of 5; het oorspronkelijk neutrale slib gaat over in zure gisting, waarbij onaangenaam ruikende producten als zwavelwaterstof en boterzuur worden gevormd. Door het aantrekken van gele slibvliegen is de kans op vliegenplagen groot. Door een proces waarbij de organische stof in een meer stabiele vorm wordt omgezet, worden deze onaangename eigenschappen geëlimineerd.

##### c. Bemestings- en grondverbeteringswaarde

Rioolslib bevat stikstof, fosfor en kali, die het in het algemeen geschikt maken voor toepassing als meststof.

Voorts is rioolslib van belang voor de humusvorming door het gehalte aan organische bestanddelen.

Een vergelijking tussen de gehalten aan bemestende bestanddelen van stalmest en rioolslib na behandeling in de Zimpro-installatie te Apeldoorn en na ontwatering is in tabel I weergegeven.

Uit deze tabel blijkt, dat het behandelde slib relatief rijk is aan fosfaat en arm aan stikstof en kali.

Fosfor is een belangrijk element in de biosfeer: „Ohne Phosphor kein Leben” heeft Von Liebig gezegd. In tegenstelling tot stikstof heeft fosfor evenals kali een zeer lange kringloop. Jaarlijks komt 3,5 miljoen ton fosfor in de oceanen terecht, waar het tenslotte als sediment op de bodem wordt afgezet [7].

Door geologische processen zal het sediment eens als gesteente weer toegankelijk worden. Zolang kan de mensheid echter niet wachten. Reeds nu wordt in de USA met een bevolking die 6 % van de wereldbevolking vormt, 25 % van de wereldproductie aan fosfaten gebruikt voor toepassing in de landbouw [8].

Bereikt het gebruik aan fosfaten in de ontwikkelingslanden het Amerikaanse niveau, dan zullen de voorraden aan fosfaten snel slinken. Dit laatste is nu reeds het geval [9].

De noodzaak tot exploratie van de oceanbodem zal zich naar verwachting ten aanzien van fosfaten het eerst voordoen. De hier verwachte nieuwe bronnen aan fosfaten tezamen met de resultaten van de toepassing van het beginsel van de recycling geven hoop, echter geen zekerheid, dat op langere termijn de mens in staat is zijn behoeften aan fosfaten voor de landbouw te dekken [10].

TABEL I

	Zimpro slibcake	stalmest	eenheid
droge stof	46,5	25	gewichtsprocenten
organische stof	22	18	gewichtsprocenten
stikstof (N)	0,25	0,55	gewichtsprocenten
fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,78	0,35	gewichtsprocenten
kali (K <sub>2</sub> O)	0,04	0,45	gewichtsprocenten

De voorgaande macro-beschouwing rechtvaardigt alleszins mede als uitgangspunt voor de keuze van een slibbehandelingsstelsel te stellen, dat de bemestingswaarde van het rioolslib wegens het gehalte aan fosfaten behouden dient te blijven.

### 3. Aan het slibbehandelingsproces te stellen eisen

Deze kunnen nu als volgt worden samengevat:

3.1. Het toe te passen proces van slibbehandeling dient bij voorkeur in een zo klein mogelijk aantal procesgangen plaats te vinden. De ongunstige eigenschappen (groot gehalte aan water, onhygiënische karakter, instabiliteit) dienen daarbij te worden geëlimineerd, terwijl de gunstige eigenschappen (bemestings- en/of bodemverbeteringswaarde) dienen te worden behouden.

3.2. Door het relatief hoge gehalte van het rioolslib aan bestanddelen van industriële herkomst alsmede de zich steeds wijzigende industriële produktiemethoden, waardoor nieuwe afvalstoffen worden afgevoerd, is het vereist, dat het toe te passen proces een grote flexibiliteit heeft ten aanzien van de samenstelling van het rioolslib bij zoveel mogelijk ongewijzigde procesomstandigheden.

3.3. Met het toe te passen proces dient geen andere vorm van milieuvontreiniging (stank, stof, geluidshinder e.d.) te worden geïntroduceerd.

3.4. De investerings- en exploitatiekosten dienen acceptabel te zijn.

Bij de overwegingen ten aanzien van de keuze van het slibverwerkingsstelsel in Apeldoorn speelde nog een rol dat in geval van het ontbreken van de mogelijkheid tot afzet in de agrarische sector van het behandelde slib de mogelijkheid tot dumpen in Apeldoorn in verlaten zandgraverijen mogelijk is en dus niet primair aan maximale reductie van het slibvolume door middel van verbranding of droging gedacht behoefde te worden.

Anderzijds diende de volumereductie toch wel zodanig te zijn, dat de beschikbare dumpingsmogelijkheden niet binnen afzienbare tijd zouden zijn uitgeput en de transportkosten van het eindprodukt een niet te grote rol in de exploitatiekosten zouden gaan spelen.

### 4. Keuze van het proces

De wens een in hygiënisch opzicht betrouwbaar eindprodukt te verkrijgen, deed de gedachten uitgaan naar een thermische behandeling van het rioolslib. Hierbij was keuze mogelijk tussen een thermische of een thermisch-oxydatieve conditionering en thermische droging.

Door thermisch-oxydatieve slibbehandeling ontstaat een produkt, dat goed ontwaterbaar is tot een materiaal met ca. 50-55 % vochtgehalte. De volumereductie bedraagt in dit geval ca. 85 %.

Bij thermische droging is het vochtgehalte van het residu nog slechts ca. 10 %; de volumereductie is dan ca. 95 %.

De voor genoemde processen ontwikkelde installaties voldoen alle aan de eisen die onder 3.1 en 3.2 zijn gesteld. Ten aanzien van de onder 3.3. en 3.4. vermelde eisen was er een zekere divergentie tussen de verschillende systemen. Op basis van de op het tijdstip van keuze (1966) geldende loon- en prijspeilen en de stand van techniek vond een afweging van technische en financiële aspecten plaats op grond waarvan werd besloten het Zimpro-lage-druk stelsel toe te passen. Hierbij wordt rioolslib in de vloeistoffase gedeeltelijk geoxydeerd bij verhoogde temperatuur en druk.

Kenmerken van het proces zijn:

1. Het is ongevoelig voor wisselingen in de samenstelling van het slib en wordt niet gestoord door giftige stoffen.
2. De enige procesgang is verhitting bij verhoogde druk in aanwezigheid van luchtzuurstof.

3. Door de partiële oxydatie wordt de organische stof in een stabiele vorm omgezet. Er vindt geen rotting meer plaats bij blootstelling aan de lucht.

4. Bij het proces wordt het slib zodanig ontwaterbaar gemaakt, dat het goed filtreerbaar is tot een restvolume van circa 15 % van het oorspronkelijk volume.

5. Bij de heersende proces temperatuur van 180 °C vindt een volledige sterilisatie plaats.

6. Door de oxydatie in de vloeistoffase wordt stank en stof voorkomen terwijl in oplossing gegane organische stoffen gemakkelijk afbreekbaar zijn in de biologische zuivering.

7. De investeringskosten zijn relatief laag en de exploitatiekosten, circa 1/3 van de totale exploitatiekosten van een rioolwaterzuiveringsinstallatie, zijn alleszins aanvaardbaar.

8. De mogelijkheid tot gebruik van het slibresidu als meststof c.q. bodemverbeteringsmateriaal blijft open.

### 5. Principe van de natte oxydatie

Door Zimmermann is de term natte oxydatie ingevoerd voor zijn ontdekking, dat bij een temperatuur hoger dan 150 °C, met gasvormige zuurstof, gewoonlijk in de vorm van lucht, in water aanwezige organische stoffen, afhankelijk van temperatuur en contacttijd in mindere of meerdere mate kunnen worden geoxydeerd.

Een voorwaarde hiertoe is, dat tenminste een gedeelte van het aanwezige water in vloeibare toestand wordt gehouden waardoor het proces bij verhoogde druk dient plaats te vinden.

De ontdekking kreeg vooral betekenis bij de behandeling van rioolslib, daar bleek dat na de natte oxydatie van dit slib een residu overbleef, dat biologisch stabiel en goed ontwaterbaar is en dat geen onaangename geur meer verspreidt. Aan de hand van ontwikkelingswerk, waarmee Zimmermann in 1944 begon bij Salvo Chemical Corporation in de Verenigde Staten, werden verschillende patenten verkregen en vervolgens door de inmiddels opgerichte firma Zimpro Inc. een aantal slibverwerkingsinstallaties volgens dit procédé gebouwd.

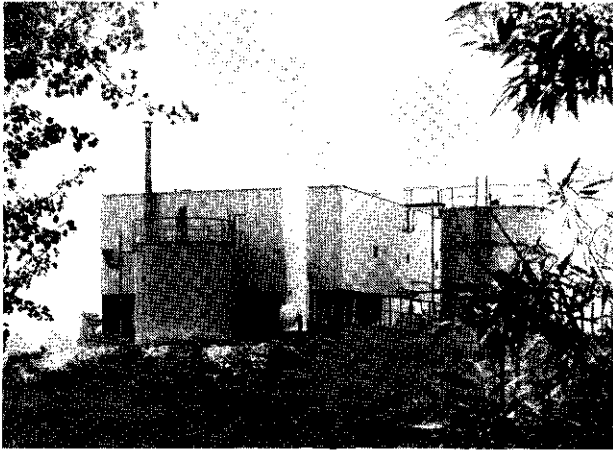
Hierbij zijn twee typen installaties te onderscheiden:

1. Installaties waarbij een maximale oxydatie van de organische stof plaats vindt ter verkrijging van een zo gering mogelijke hoeveelheid residu. De temperatuur bedraagt normaliter 275 - 300 °C en de druk circa 100 atm. Hierbij wordt een praktisch geheel anorganisch residu verkregen. Dit residu, hoewel volkomen onschadelijk, heeft weinig waarde voor grondverbeteringsdoeleinden, daar het praktisch uitsluitend bestaat uit fijn verdeeld siliciumoxyde en as. De filtratie-eigenschappen zijn niet optimaal door het hoge gehalte aan deeltjes kleiner dan 75 micron. De hoge oxydatiegraad verlangt de toevoer van grote hoeveelheden luchtzuurstof bij hoge druk, waardoor de energiekosten hoog zijn.

2. Installaties, waarbij de oxydatiegraad zodanig is gekozen dat optimale filtratie-eigenschappen voor het residu worden verkregen. Het bleek n.l. dat bij een oxydatiegraad van minimaal 5 % en maximaal 35 %, gemeten aan de reductie van het chemisch zuurstofverbruik (COD) van het slib, sterk verbeterde filtratie-eigenschappen werden verkregen, doordat bij de procescondities, die voor deze oxydatiegraad werden aangehouden, de vezelstructuur van de in het slib aanwezige cellulose niet wordt aangetast. Echter worden eiwit-vet conglomeraten, welke in hoge mate verantwoordelijk moeten worden geacht voor het colloïdale karakter van rioolslib bij de partiële oxydatie in hoge mate gehydrolyseerd en geoxydeerd tot praktisch reukloze gasvormige en opgeloste verbindingen [6].

### 6. Beschrijving van de Zimpro-installatie in Apeldoorn

De Zimpro-installatie in Apeldoorn behoort tot het laatst besproken type. De natte oxydatie vindt plaats bij een tem-

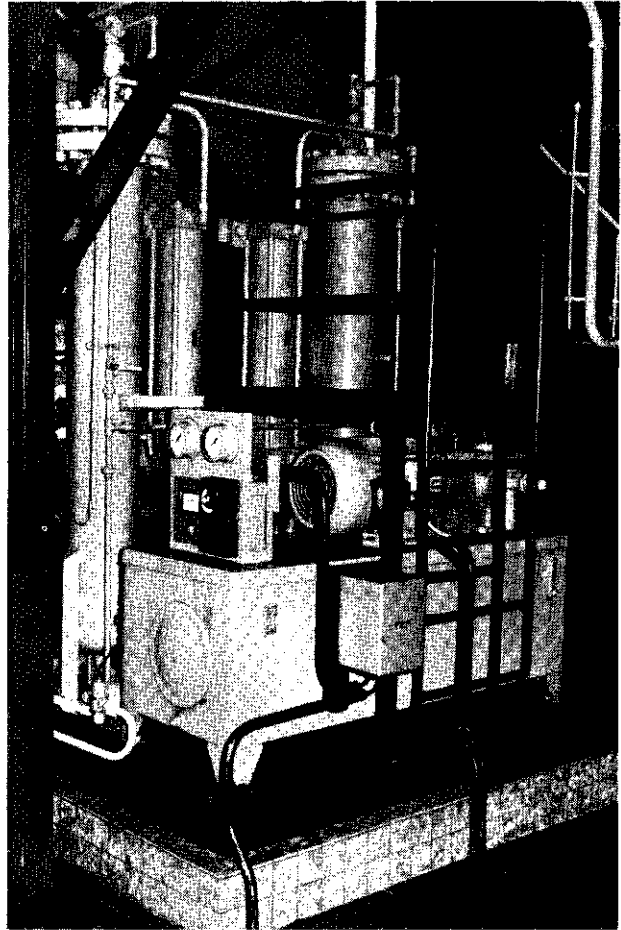


Exterieur Zimpro-installatie.

peratuur van 175 à 185 °C en een druk van 21 ato. Onder deze omstandigheden is de verkregen COD-reductie circa 5-15 %. Dit systeem wordt door Zimpro aangeduid met de term „Low-pressure oxidation”.

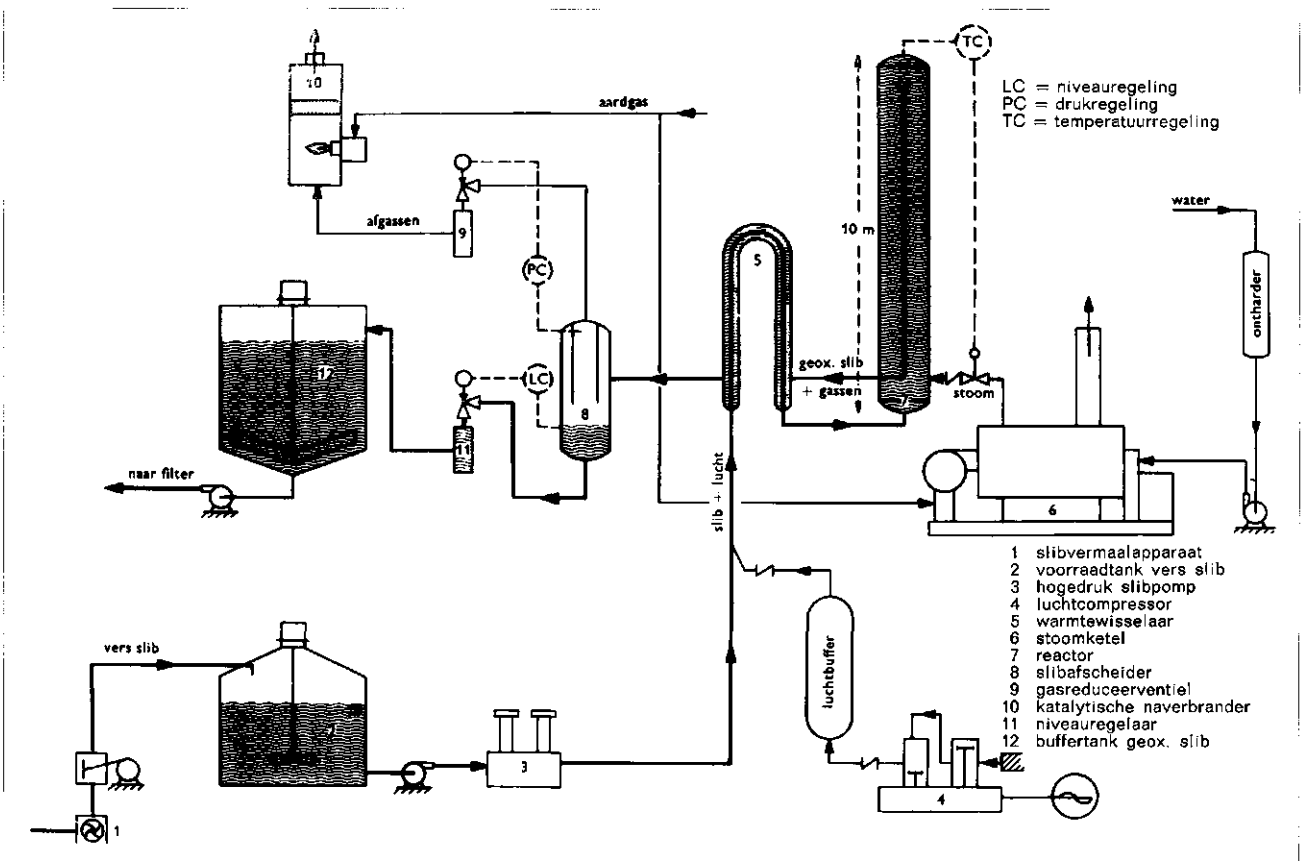
Ten aanzien van een aantal voor dit systeem karakteristieke procesgrootheden wordt verwezen naar [11].

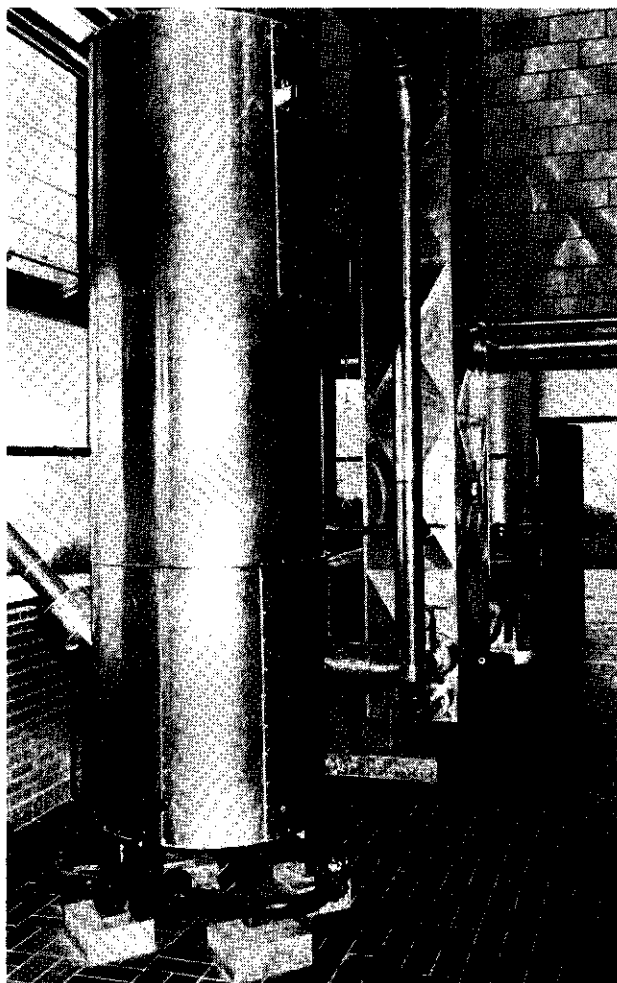
Bij de dimensionering van de Zimpro-installatie in Apeldoorn is uitgegaan van de situatie na uitbreiding van de rioolwaterzuiveringsinstallatie tot 260.000 inwonerekwivalenten. De te verwachten jaarproductie aan riolslib bedraagt dan 7500-8000 ton droge stof. Bij verwerking in een volcontinu bedrijf is hiertoe een Zimpro-installatie van 21 ton droge stof per etmaal nodig.



Hoge-druk slibpomp ▶

Afb. 1 - Bedrijfschema Zimpro-installatie.





Besloten is twee eenheden op te stellen, elk met een ontwerp-capaciteit van 175 m<sup>3</sup> slib per dag. De eerste eenheid is eind 1969 in gebruik genomen, de tweede zal naar verwachting eind 1973 gereed zijn. De werking van de in bedrijf zijnde installatie is als volgt (zie afb. 1). Slib met een concentratie van 3 - 10 % droge stof wordt uit het voorbezinkbassin (in de toekomst uit een indiktank) door een vermaalapparaat (1) naar de vers slib opslagtank (2) gepompt. Als vermaalapparaat wordt een Sulzer-desintegrator toegepast. Uit de opslagtank, welke van een roerwerk is voorzien, wordt het slib door een centrifugaalpomp naar de hoge-druk-slibpomp (3) gevoerd. Deze pomp, welke is uitgevoerd als dubbelwerkende slang-membraanpomp, brengt het slib op een druk van 25 ato. Een luchtcompressor (4) voert de lucht in het samengeperste slib. De luchthoeveelheid is afgestemd op circa 15 % COD-reductie.

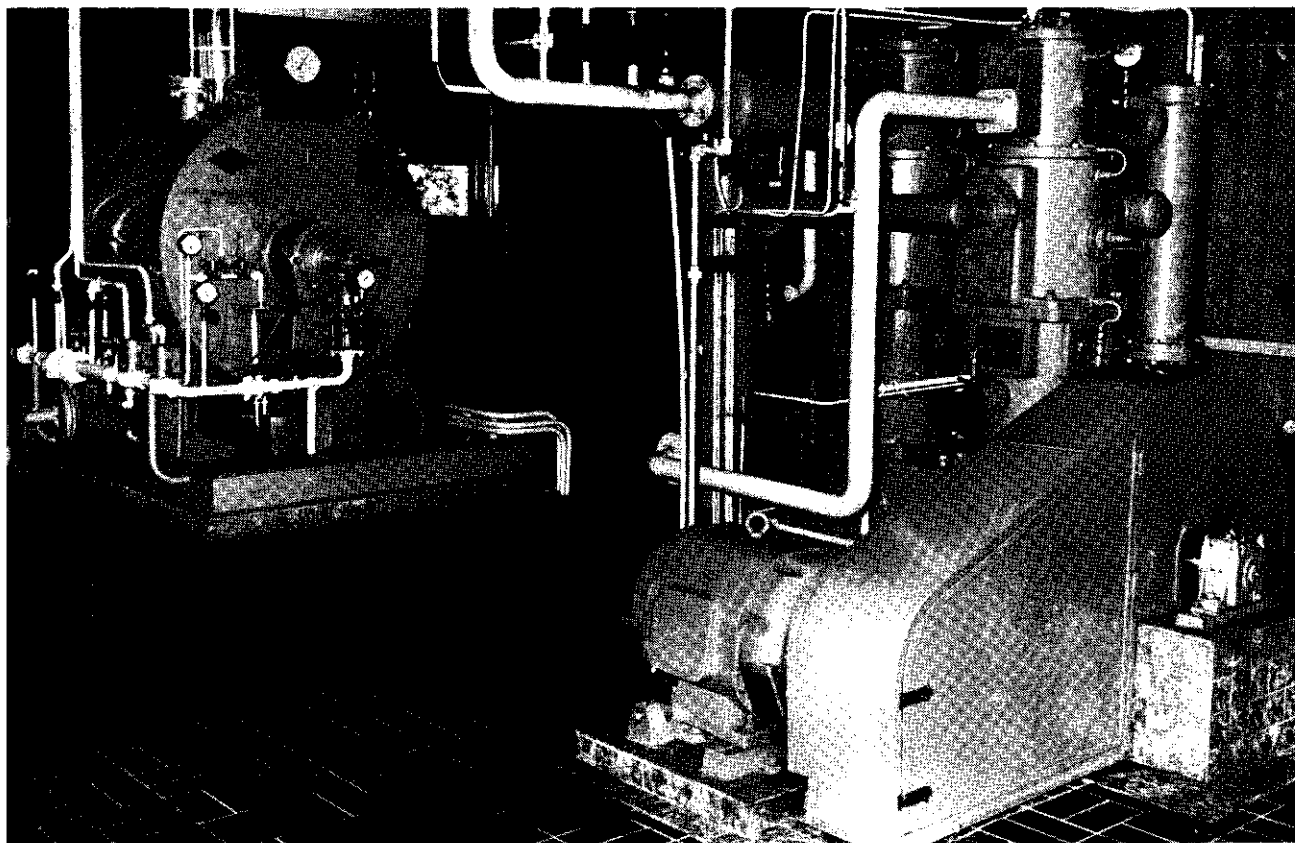
Het slib-luchtmengsel wordt vervolgens door een buizen-warmtewisselaar (5) gevoerd, waarbij de temperatuur van de dispersie op 150 °C wordt gebracht. De buislengthe bedraagt 180 m; hierbij wordt een warmte-overdrachtscoëfficiënt behaald van 800 - 850 kcal/m<sup>2</sup>, uur °C.

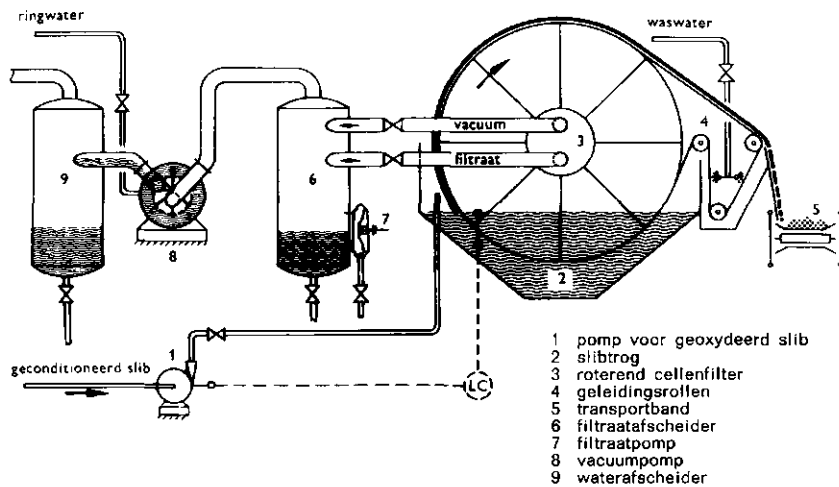
Verzadigde stoom van 225 °C uit een ketel (6) wordt in het voorverwarme slib-luchtmengsel geïnjecteerd, waardoor de temperatuur verder wordt opgevoerd tot de bedrijfstemperatuur van circa 180 °C.

De verblijftijd van circa 20 minuten in de reactor van het slibluchtmengsel is voldoende om de gewenste conditionering te bewerkstelligen. Zodra de oxydatie op gang komt, wordt vanwege vrijkomende reactiewarmte met een temperatuurregelaar de stoomsuppletie verminderd. De reactieproducten — geoxydeerd slib, verbrandingsgassen en stoom — worden teruggevoerd naar de warmtewisselaar om het toegevoerde slib-luchtmengsel voor te verwarmen. De reactieproducten

*Van voor naar achter:*  
 ◀ separator, warmtewisselaar en reactor (buiten).

*Stoomketel en compressor.*





- 1 pomp voor geoxydeerd slib
- 2 slibtrog
- 3 roterend cellenfilter
- 4 geleidingsrollen
- 5 transportband
- 6 filtraatafseparator
- 7 filtraatpomp
- 8 vacuumpomp
- 9 waterafseparator

Afb. 2 - Schema Eimcobelvacuumfilter-installatie.

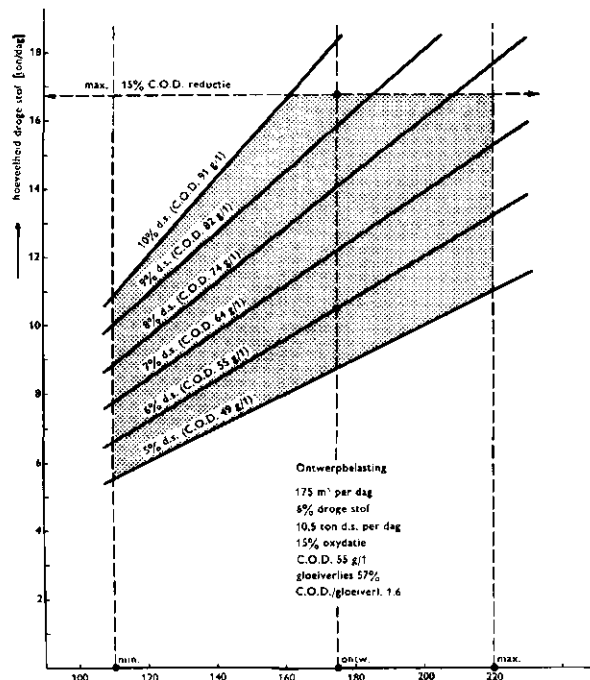
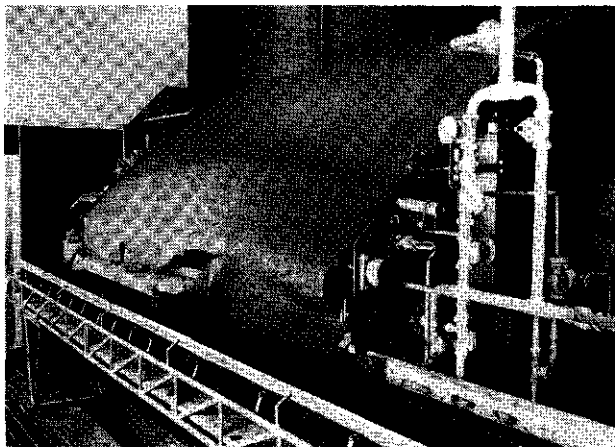
verlaten de warmtewisselaar met een temperatuur van 55 °C. De gassen worden gescheiden van het geoxydeerde slib in de separator (8) en in druk verlaagd (9). Vervolgens vindt reiniging van deze gassen plaats in een katalytische naverbrander. Het geoxydeerde slib wordt uit de separator door een niveau-regelaar afgelaten naar de opslagtank voor geoxydeerd slib (12). De drukvermindering vindt daarbij plaats door een naaldventiel. Zitting- en naald van dit reduceerventiel zijn uitgevoerd in wolframcarbide, waardoor de levensduur hiervan ongeveer 2500 bedrijfsuren bedraagt.

Het geoxydeerde slib (zie afb. 2) wordt door een mohnopomp (1) gedoseerd in de trog (2) van het vacuumfilter (3), waarna aanzuiging op de filtertrommel volgt. De doseerpomp wordt geschakeld door het niveau in de slibtrog van het roterend filter. Het vacuum bedraagt 50-60 cm Hg, waarbij met een omwentelingstijd van 4-6 minuten kan worden volstaan om een slibresidu te verkrijgen dat gemakkelijk van het doek los gaat. De filtertrommel is bespannen met polypropreen monofilamentdoek. Dit doek, voorzien van de droog gezogen sliblaag wordt met behulp van geleidingsrollen (4) langs een transportband geleid (5), waarbij het steekvaste slib van het doek op deze band valt. Het vuile doek wordt vervolgens krachtig schoongespoten en teruggeleid op een trommel, waarna het proces zich herhaalt. Het filterdoek heeft een levensduur van circa 2000

bedrijfsuren zodat met twee doeken per jaar kan worden volstaan per filter. Het filtraat wordt met de aangezogen lucht tangentieel in een vloeistofafseparator (6) gevoerd. Aan deze afseparator is een pomp (7) gebouwd die voor continue afvoer van het filtraat zorgt.

Afb. 3 - Bedrijfsrange Zimpro-installatie Apeldoorn.

Slibafworpszijde vacuumfilter.



TABEL II - Karakteristieken van de Zimpro-installatie Apeldoorn

	vers slib	geox. slib	filtraat	filtercake
Droogrest (opgeloste en onopgeloste stof) (g/l)	86	83,5	8	75,5
Gloeiverlies in % van de droogrest	45	43	75	40
Aandeel primair slib in %	75	—	—	—
Chemisch zuurstofverbruik (g/l)	59	55	9	—
% COD-reductie	—	5—15	—	—
% reductie onopgeloste org. stof	—	15—20	—	—
Spec. filtr. weerstand (sec <sup>2</sup> /g x 10 <sup>-7</sup> )	600	1,5	—	—
Volume (l)	100	105	90	15
% vocht in filtercake	—	—	—	50—55
Soortelijk gewicht filtercake (kg/dm <sup>3</sup> )	—	—	—	0,75
Zwevende stof in filtraat (g/l)	—	—	1—1,5	—
% bezinking	100	35—40	2—5	—
Totaal fosforgehalte (g/l)	0,32	0,32	0,02	0,30
Totaal stikstofgehalte (g/l)	1,1	1,0	0,45	0,55
pH	5—6	4—4,5	4—4,5	—

De lucht wordt afgezogen met een waterring vacuumpomp (8). De werking van het filter wordt gecontroleerd door het regelmatig nemen van de zgn. filterplaatproef.

### 7. De procesresultaten

Voor de installatie is de volgende procestechnische garantie gegeven (zie ook afb. 3):

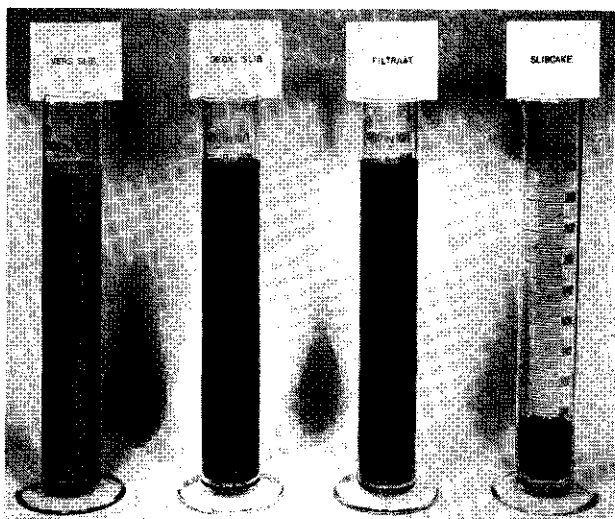
„De verwerkbare hoeveelheid slib kan worden gevarieerd tussen 109 en 219 m<sup>3</sup> vers rioolslib per dag, met een droge stof gehalte tot 10 gew. % en een COD van 0-70 g/l. Bij deze doorzet dient een goed ontwaterbaar produkt te worden verkregen”.

De installatie voldoet ruimschoots aan de gestelde eisen. Verwerkt wordt vers slib met een droge stof gehalte van gemiddeld 8 % en een COD-waarde van 60-65 g/l; hierbij bedraagt de verwerkte hoeveelheid slib gemiddeld 12,5 ton droge stof per etmaal, waardoor de installatie in het week-einde buiten bedrijf kan worden gesteld.

In tabel II zijn een aantal karakteristieken van het verse rioolslib, het geoxydeerde slib, filtraat en filtercake weer-gegeven.

Het blijkt, dat de COD-reductie ligt tussen 5-15 %. De reactiewarmte die tijdens het oxydatieproces in de reactor vrij komt, bedraagt 100.000 kcal/uur en dekt circa 1/3 van

### Resultaten slibbehandeling in Zimpro-installatie.



de totale warmtebehoefte van het slib-luchtmengsel om de gewenste reactietemperatuur te bereiken.

In dit verband zij er op gewezen dat het gloeiverlies van het verse slib in Apeldoorn relatief laag is, n.l. 45-50 % van de droogrest.

In de warmtewisselaar en het verdere leidingstelsel doet zich het verschijnsel scale-vorming voor, waardoor het noodzakelijk is de installatie éénmaal per kwartaal te spoelen met warm verdund salpeterzuur. De samenstelling van de scale blijkt hoofdzakelijk calciumcarbonaat en -oxalaat te zijn.

De ontwaterbaarheid van het behandelde produkt is zeer goed. Bij filtratie van 100 ml geoxydeerd slib met een Whatmanfilter op een Büchnertrichter bij een drukverschil van 40 cm kwik, wordt 80-85 ml filtraat in 5 minuten verkregen. Dit komt neer op een specifieke filtratieweerstand van 1,5 x 10<sup>-7</sup> sec<sup>2</sup>/g.

Op het roterend vacuümfilter kan hierdoor een filterbelasting van gemiddeld 30 kg DS/m<sup>2</sup> h worden bereikt.

De geproduceerde slibcake bevat nog slechts een rest-vochtgehalte van 50-55 gew. %.

De volume-reductie van het slib bedraagt 85 %, wanneer het slib als compacte massa wordt gemeten. Gemeten in de containers waarin het slib wordt verzameld en waarmede het wordt afgevoerd is het soortelijk gewicht 0,75, zodat er bij een s.g. van het droge materiaal van circa 1,0 er sprake is van ca. 25 % holle ruimte. De praktische volumereductie bedraagt derhalve ca. 80 %.

De slibcake wordt thans in buiten gebruik zijnde zandgraverijen gedumpt. Het instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr.) bestudeert de mogelijkheid van toepassing van de slibkoek als bemestings- c.q. grondverbeteringsmateriaal. Vermeldenswaard is nog, dat circa 95 % van de fosfor in onopgeloste vorm in de cake wordt achtergehouden. Bij de huidige eutrofiëring van de oppervlaktewateren is dit een gunstig aspect van deze wijze van slibbehandeling. Het bij de ontwatering verkregen filtraat is intensief bruin gekleurd en bevat circa 1000 mg/l zwevende stof, terwijl de BOD<sub>5</sub> normaliter 3-5 g/l bedraagt. De gedeeltelijke afbraak van organische stoffen tot vluchtige vetzuren gaat gepaard met een duidelijke pH-daling tot 4-4,5. Volgens onderzoeken van Zimpro zijn de in oplossing gegane organische stoffen gemakkelijk biologisch afbreekbaar. De verhouding tussen COD en BOD<sub>5</sub> van 2,25 wijst eveneens in deze richting. Gerekend moet worden op een extra capaciteit van de biologische zuivering, die 10 tot 15 % van de inwonerekwivalentie bedraagt, teneinde de organische stoffen in het filtraat te elimineren. De eigenschappen van het filtraat, de invloed daarvan op de biologische zuiveringsprocessen en de kwaliteit van het effluent zullen binnenkort in samenwerking met het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater en de slibcommissie van de Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering nader worden bestudeerd.

De afgewerkte gassen bevatten naast 10-12 vol. % O<sub>2</sub> en 4-6 vol. % CO<sub>2</sub> kleine hoeveelheden ammoniak, aldehyden en ketonen.

Ze bezitten hierdoor een penetrante medicinale geur, waardoor het noodzakelijk is dat deze gassen in een naverbrander worden behandeld, alvorens te kunnen worden afgevoerd

TABEL III - Analyse gereinigde afgewerkte gassen Zimpro-installatie

koolwaterstoffen	spoor
aldehyden en ketonen	100—1000 p.p.m.
olefinen	nihil
ammoniak	spoor
nitreuze dampen	1 p.p.m.
zwavelwaterstof	afwezig
mercaptanen	afwezig
zwaveldioxyde	afwezig
koolmonoxyde	spoor
geur	olie-achtig

TABEL IV *Kosten thermisch-oxydatieve slibbehandeling (Zimpro) en ontwatering (Eimco)*

omschrijving	bedrag	
<b>Investeringskosten</b>		
Mechanische/elektrische installaties	f	1.100.000,—
Gebouw c.a. (afm. 12 x 28 m')	f	400.000,—
	f	1.500.000,—
<b>Exploitatiekosten per ton droge stof in vers slib</b>		
rente en afschrijving:	per jaar *)	in %
Mech./elektr. installatie 11 %	f 31,25	29,35
Gebouw c.a. 9,3 %	f 9,65	9,00
Onderhoud	f 6,25	5,85
Bediening (5 operators)	f 26,—	24,45
Elektr. energie:		
Zimpro 80 kWh/uur	}	7,50
Filter 65 kWh/uur		
Brandstof:		
Zimpro 220.000 kcal/uur	}	8,00
Kat. naverbr. 80.000 kcal/uur		
Water:		
Zimpro 5 m <sup>3</sup> /uur	}	6,25
Vac. filter 27,5 m <sup>3</sup> /uur		
Verzekering	f 1,—	0,95
Transport en dumpen slibcake	f 9,25	8,65
	f 106,55	100,00

\*) Kosten per ton droge stof in vers slib bij jaarproductie van 3850 ton.

Kosten per m<sup>3</sup> vers slib van 6 % droge stof f 6,40  
 Kosten per inwonerequivalent per jaar f 3,15

naar de buitenlucht. De reiniging vindt katalytisch plaats bij een temperatuur van 400 - 450 °C. De gereinigde gassen hebben nog een zwakke olie-achtige geur.

De analyse is weergegeven in tabel III. Op korte afstand van de installatie is de geur van de gereinigde gassen niet meer waarneembaar.

## 8. Kosten

De in tabel IV aangegeven investeringskosten hebben betrekking op de thans sinds eind 1969 in bedrijf zijnde Zimpro-installatie met een ontwerp-capaciteit van 10,5 ton droge stof per dag overeenkomende met ca. 130.000 inwonerekwivalenten. Bij een slibproductie van 80 gr. per inwoner per dag wordt verwerkt:  $130.000 \times 80 \times 365 \times 10^{-6} = 3850$  ton/jaar. Genoemde investeringskosten en de daaraan gerelateerde kosten van afschrijving en rente zijn gebaseerd op het prijspeil van 1968 bij een rentevoet van 9 %. Als afschrijvings-termijnen zijn aangehouden voor het bouwkundig deel 40 jaar, voor de mechanisch/elektrische installatie 20 jaar. De variabele lasten zijn gebaseerd op het huidige loon- en prijspeil en de tot nu toe verkregen bedrijfservaring. De installatie is gedurende 6 dagen 24 uur per dag in bedrijf en wordt per dienst door 1 operator bediend. Deze regelt tevens de vacuümfiltratie. Gedurende het weekend blijft de reactor met slib gevuld en onder druk staan. De warmte-verliezen zijn door de aanwezigheid van goede isolatie gering.

Het ziet er naar uit, dat bij verdubbeling van de installatie het personeelsbestand ten behoeve van de bediening van de Zimpro-installatie niet hoeft te worden uitgebreid. Daar naast het bestaand vacuümfiltreer dan een tweede ontwateringsinstallatie nodig is, dient voor de controle en regeling hiervan dan een bedieningsman gedurende 8 uur per dag aanwezig te zijn. De kosten van bediening per ton droge stof zullen derhalve bij twee Zimpro-installaties lager zijn

dan thans het geval is, loon- en prijsstijgingen buiten beschouwing gelaten.

Ten opzichte van de totale exploitatielasten van een mechanisch/biologisch rioolwaterzuiveringsinstallatie met een capaciteit van 260.000 i.e. die, bijzondere omstandigheden voorbehouden, thans op f 12,50 per i.e. moeten worden gesteld, zijn de genoemde kosten van f 3,15/i.e. voor slibverwerking en -verwijdering als zeer acceptabel aan te merken; een zeer billijke prijs die wij voor de kwaliteit van ons milieu zullen moeten over hebben.

## 9. Samenvatting

In Nederland en daarbuiten worden vele verschillende slibbehandelingssystemen toegepast. Criteria voor de keuze van het te Apeldoorn toe te passen slibverwerkingsprocédé zijn geweest: een belangrijke, economisch verantwoorde volumereductie van het slib, een hygiënisch betrouwbaar eindproduct en het behoud van waardevolle eigenschappen, zodat toepassing van het residu als meststof en/of bodemverbeteringsmateriaal mogelijk is. Het proces diende flexibel en qua investerings- en exploitatiekosten aanvaardbaar te zijn.

Na bestudering van diverse slibverwerkingsmethoden is besloten tot toepassing van het Zimmermann-procédé, waarbij vers rioolslib in een reactor bij een temperatuur van 180 °C en een druk van 21 ato nat wordt geoxydeerd. Het aldus thermisch geconditioneerde slib wordt kunstmatig ontwaterd op een Eimco-vacuümfiltreer. Het eindproduct, de slibkoek is steriel, verspreidt geen onaangename geur en neemt nog slechts ca. 15 % van het oorspronkelijke slibvolume in. De slibkoek wordt gedumpt. De mogelijkheden tot het geven van een nuttige bestemming aan de slibkoek als meststof of bodemverbeteringsmateriaal zijn in studie. De totale exploitatiekosten zijn berekend op circa f 100,— per ton droge stof in het verse slib, exclusief de kosten van transport. De kosten uitgedrukt per inwonerekwivalent bedragen f 3,— per jaar.

De Zimpro-installatie is in 1969 in bedrijf gesteld en is in financieel, technisch en milieuhygiënisch opzicht een adequate oplossing voor de verwerking van rioolslib.

## Literatuur

1. Verhaagen, J. „De produktie en afzet van afvalwaterzuiverings-slib in Nederland”, *H<sub>2</sub>O* (5) 1972, nr. 2.
2. Presecan, Nicholas L., „Sludge Disposal: Are we solving the Problems”, WPCF-Deeds and Dana, oktober 1971.
3. Zelle, J. van „Thermisch-oxydatieve behandeling van riool-slib volgens het Zimpro-systeem”, Machevo-congres 1971.
4. „Sammlung, Aufbereitung und Verwertung von Siedlungs-abfällen”, Arbeitsgemeinschaft für Kommunale Abfallwirtschaft, Baden-Baden 1960.
5. „Solid Waste|Disease relationships”, a literature survey US Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Cincinnati 1967.
6. Liebman, H. „Die Verwertung und Beseitigung von häuslichen und industriellen Abwasserschlämmen”, Münchener Beiträge zur Abwasser, Fischerei und Flussbiologie, Band 13, R. Oldenbourg, München und Wien 1966.
7. Brown, Lester R. „Human food production as a process in the biosphere”, *Scientific American*, september 1970.
8. Ehrlich, P. R. en A. „Population, Resources and Environment”, W. H. Freeman and Company, San Francisco 1970.
9. „Man-made changes in the environment”, Verslag van Nederlandse deelnemers van IBP-IUBS Symposium Londen 1969.
10. Cloud, Preston, „Mineral resources from the sea”, Resources and Man, National Academy of Sciences - National Research Council, W. H. Freeman and Company, San Francisco 1969.
11. Wouda, D. „Het Zimmermann-procédé in de praktijk”, Lezing gehouden voor afd. Gezondheidstechniek van Koninklijk Instituut van Ingenieurs.