



organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek

hoofdgroep  
maatschappelijke technologie

ONTWIKKELINGEN OP HET GEBIED VAN DE  
AFVALWATERZUIVERING IN NEDERLAND

NATO/CCMS ADVANCED WASTE WATER TREATMENT GROUP

September 1983, Apeldoorn/Lelystad Nederland

A.B. van Luin                      RIZA

W. van Starckenburg

W.H. Rulkens                      TNO

F. van Voorneburg

juli 1983



organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek



Rijkswaterstaat/RIZA  
Documentatie  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

hoofdgroep  
maatschappelijke technologie

ONTWIKKELINGEN OP HET GEBIED VAN DE  
AFVALWATERZUIVERING IN NEDERLAND

NATO/CCMS ADVANCED WASTE WATER TREATMENT GROUP

September 1983, Apeldoorn/Lelystad Nederland

A.B. van Luin RIZA

W. van Starckenburg

W.H. Rulkens TNO

F. van Voorneburg

juli 1983

RIJCKWATERSTADT WISZ  
DOCUMENTARIS  
P. 12  
1844

INHOUDSOPGAVE

BLZ.

	Voorwoord	1
	Inleiding	3
1	Huishoudelijk afvalwater	4
1.1	Poederkooldosering in aktiefslib-systemen	4
1.2	Chemische defosfatering	4
1.3	Fosfaatvervangende middelen	5
1.4	Denitrificatie in een gefluïdiseerd bed	6
1.5	Desinfectie	7
1.6	Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib	8
1.7	Aerobe zuivering	8
2	Industrieel afvalwater	9
2.1	Slachterijen	9
2.1.1	De toepassingsmogelijkheden van vlokkingsslib als veevoer	9
2.1.2	Aerobe zuivering	12
2.2	Zetmeelindustrie	14
2.2.1	Aardappelzetmeelindustrie	14
2.2.2	Maiszetmeelindustrie	16
2.3	Gist- en alcoholindustrie	17
2.4	Zuivelindustrie	18
2.5	Papierindustrie	19
2.6	Chemische industrie	19
2.6.1	Kunstmeststoffen-industrie	19
2.6.2	Aardolie-industrie	21
2.7	Electriciteitscentrales	23
3	Overig onderzoek	24
	Literatuur	26

VOORWOORD

Van 13 tot 15 september 1983 is in Apeldoorn en Lelystad de jaarlijkse bijeenkomst van de onder de NATO/CCMS) ressorterende Advanced Waste Water Treatment Group (AWT-groep) gehouden. Tijdens de jaarlijkse bijeenkomst van deze groep worden de ontwikkelingen op het gebied van afvalwaterbehandeling in de verschillende lidstaten besproken. De laatste jaren nemen de volgende landen aan deze beraadslagingen deel: Verenigde Staten, Canada, Engeland, Frankrijk, West-Duitsland, Noorwegen, Italië en Nederland.

De NATO/CCMS is door de lidstaten van de NATO in 1969 in het leven geroepen.

De algemene doelstelling van deze commissie is de uitwisseling van ervaringen en ideeën over de wijze waarop het menselijke leefmilieu kan worden verbeterd en zonodig onderzoek op dit gebied te coördineren en te stimuleren. De NATO/CCMS beweegt zich onder andere op het gebied van de gezondheidszorg, zonne-energie, verkeersveiligheid, afvalwaterzuivering en de reiniging van gecontamineerde grond.

In 1972 heeft de NATO/CCMS voor het deelgebied afvalwaterzuivering de AWT-groep opgericht. De belangrijkste taak van de AWT-groep was de coördinatie van onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van geavanceerde fysische, chemische en biologische zuiveringstechnieken voor de behandeling van stedelijk afvalwater. Het desbetreffende onderzoek was gebaseerd op de gedachte dat door toepassing van geavanceerde fysische, chemische en biologische zuiveringstechnieken een beter effluent te verkrijgen was dan met gangbare biologische zuiveringsmethoden mogelijk was.

In deze opzet fungeerde Engeland als "Pilot Country". In Coleshill, Davyhulme en Stevenage werd voor het onderzoek een aantal proefinstallaties gebouwd.

1) CCMS staat voor Committee on the Challenges of Modern Society.

✓ Het onderzoek omvatte onder andere het gebruik van technieken zoals actieve kool adsorptie, toepassing van zuivere zuurstof in aerobe biologische zuiveringsinstallaties en toepassing van chemische flocculatie/precipitatieprocessen. De AWT-groep fungeerde als begeleidingscommissie voor dit onderzoek. In 1978 is dit onderzoek afgesloten met een eindrapport, waarin de belangrijkste resultaten en conclusies uit het onderzoek zijn vermeld.

Na beëindiging van bovengenoemd onderzoek heeft de AWT-groep besloten in een wat andere structuur de jaarlijkse bijeenkomst te continueren. De uitwisseling van informatie betreffende onderzoek over geavanceerde zuiveringstechnieken, de toepassing van deze technieken en het aangeven van de verwachte nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de afvalwaterbehandeling werd de belangrijkste doelstelling. De AWT-groep in de huidige samenstelling bestaat uit technische deskundigen. Het milieubeleid in de lidstaten bepaalt weliswaar het uitgevoerde onderzoek in die landen, maar is geen direct onderwerp van gesprek. De nationale delegaties geven op de jaarlijkse vergadering een overzicht van de stand van zaken in eigen land. Nederland, dat reeds sinds 1975 via TNO bij de activiteiten van de AWT-groep is betrokken wordt momenteel vertegenwoordigd door TNO en het RIZA.

## INLEIDING

Deze nota omvat een overzicht van de stand van zaken medio 1983 betreffende het onderzoek naar en de toepassing van afvalwaterzuiveringstechnieken in Nederland. De nadruk ligt hierbij op de geavanceerde zuiveringsprocessen. Daarnaast is aandacht besteed aan de mogelijkheden van bestrijding van waterverontreiniging bij de bron. In dat geval staat het nemen van interne maatregelen en de toepassing van schone of schonere productieprocessen centraal. Deze nota is de Nederlandse bijdrage aan de jaarlijkse bijeenkomst van de NATO/CCMS Advanced Waste Water Treatment Group (AWT-groep).

De beschreven onderzoeken zijn of worden veelal uitgevoerd door bedrijven, universiteiten, onderzoeksinstituten of ingenieursbureaus. De onderzoeken zijn in een aantal gevallen geheel of gedeeltelijk financieel gesteund door de overheid.

De belangrijkste informatiebronnen die bij de opzet van deze nota zijn geraadpleegd, zijn:

- het tijdschrift "H<sub>2</sub>O", de jaargangen 1982 en 1983.
- onderzoeksgegevens, afkomstig van het RIZA en van andere onderzoeksinstellingen en bedrijven.
- Onderzoeksrapporten en mededelingen over onderzoek, afkomstig van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Opgemerkt moet nog worden dat de gepresenteerde informatie niet alle onderzoek op het gebied van de afvalwaterzuivering in Nederland beschrijft. Getracht is de belangrijkste ontwikkelingen aan te geven. De informatie, die wordt gegeven, is bewust beknopt gehouden. Voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar de geraadpleegde literatuur.

Aanvullende informatie is ook vermeld in de nota betreffende de Nederlandse bijdrage aan de vergadering van de NATO/CCMS AWT-groep van 1982.

(Lit. 1)

1 HUISHOUELIJK AFVALWATER.

1.1 Poederkooldosering in actiefslib-systemen

De dosering van poederkool kan volgens diverse onderzoekers de werking van aerobe zuiveringsinstallaties verbeteren.

Uit verkregen resultaten van laboratorium- en praktijkproeven kan de conclusie getrokken worden, dat dosering van poedervormige actieve kool aan actiefslib leidt tot verbetering in bezinking en reductie van BZV<sup>20</sup>, CZV en TOC, alsmede tot verhoging van het beluchttingsrendement. Deze verbeteringen leiden op de meeste installaties evenwel niet tot een economisch voordeel bij beschouwing van de exploitatiekosten van de installatie en de te betalen afvalwaterheffingen.

De situatie wijzigt zich, indien de werking van de desbetreffende zuiveringsinstallatie problemen geeft omdat er sprake is van:

- overbelasting
- schuimvorming
- het optreden van lichtslib.

In die gevallen kan de toepassing van poederkool er toe leiden dat een effluent ontstaat met een acceptabele kwaliteit.

Het onderzoek wordt voortgezet met zowel huishoudelijk- als industrieel afvalwater.

(Lit. 2)

1.2 Chemische defosfatering

Het onderzoek naar de chemische defosfatering is in 1982 en 1983 verder voortgezet. Een veelbelovend project is de verwijdering van fosfaat uit het effluent van zuiveringsinstallaties voor stedelijk afvalwater.

Door DHV is de verwijdering van fosfaat in een gefluïdiseerd bed bestudeerd. Het effluent wordt met behulp van chemicaliën (NaOH) oververzadigd gemaakt ten opzichte van calciumfosfaten, waardoor uitkristallisatie plaatsvindt op het entmateriaal in het gefluïdiseerde bed. De kristallisatie van calciumfosfaten verloopt zeer snel en in enkele minuten is een vergaande fosfaatverwijdering bereikt. Een belangrijk



voordeel van deze methode, boven de traditionele chemische (neerslag) methode is, dat geen chemisch slib wordt geproduceerd, maar calciumfosfaten in korrelvorm.

Uit tot nu toe op semi-technische schaal uitgevoerde experimenten is gebleken dat fosfaatconcentraties in het effluent kunnen worden gereduceerd tot ca. 1 mg P/l. Het natronloog gebruik is onafhankelijk van de te verwijderen hoeveelheid fosfaat. De verkregen korrels kunnen worden toegepast als grondstof voor de fosfaatproductie.

Het onderzoek is thans zover gevorderd dat kan worden gestart op technische schaal.

(Lit. 3,4)

### 1.3 Fosfaatvervangende middelen

De invloed van NTA op de zuivering van stedelijk afvalwater is in voor Nederland veel voorkomende typen zuiveringsinrichtingen te weten oxydatiesloot, actiefslibinstallatie en oxydatiebed onderzocht. Het door TNO uitgevoerde onderzoek is afgesloten en wordt thans gerapporteerd. Na toestemming van het Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer zullen de resultaten openbaar worden gemaakt.

Onderzoek naar de verwijdering van NTA is ook uitgevoerd door de Technische Hogeschool Delft (afdeling Civiele Techniek). De eerste resultaten zijn recentelijk gepubliceerd en hebben betrekking op de verwijdering van NTA in het actiefslibproces bij een relatief lage slibbelasting ( $0,13 \text{ kg BZV}_5^{20}/\text{kg ds.dag}$ ).

De belangrijkste conclusies van het onderzoek zijn:

- De aanpassingsduur aan  $10 \text{ g/m}^3$  NTA bij genoemde lage slibbelasting bedraagt drie dagen, hetgeen in vergelijking met de twee weken aanpassingsduur, die gemiddeld door andere onderzoekers wordt gevonden, kort te noemen is. Aanpassing aan verhogingen van  $10$  naar  $20 \text{ g/m}^3$  en van  $20$  naar  $40 \text{ g/m}^3$  zijn daarom niet nodig.
- Na adaptatie wordt NTA bij lage slibbelasting onder normale omstandigheden goed afgebroken. Een sterk wisselende aanvoer van NTA heeft geen nadelige invloed op de afbraak van NTA.

- In de literatuur is beschreven dat de NTA-afbraak sterk terugloopt bij lagere watertemperaturen. Dit is in dit onderzoek bevestigd. De grens, waaronder de afbraak van NTA sterk vermindert, bleek ca. 7°C te zijn.
- De biologische afbraak van NTA in een laagbelast actiefslibproces is bijzonder gevoelig voor storingen in de afbraak van de totale hoeveelheid aangeboden organisch materiaal. Een verstoring van het proces, waarbij de CZV-verwijdering daalt tot omstreeks 80%, zou gepaard kunnen gaan met een daling van de verwijdering van NTA tot 60%. Bij een CZV-verwijdering van slechts 60% of minder wordt geen NTA meer afgebroken.  
Herstel van de NTA-afbraak verloopt trager dan herstel van de CZV-verwijdering.

(Lit 5)

1.4

#### Denitrificatie in een gefluïdiseerd bed

Aan de Technische Hogeschool Delft is, in een samenwerkingsverband tussen de sectie Biochemische Reactoren van de Afdeling Scheikundige Technologie en de Vakgroep Gezondheidstechniek van de Afdeling Civiele Techniek, een mathematisch model voor denitrificatie in een gefluïdiseerd bed ontwikkeld. Dit model bevat ook een term die de deeltjes-groei over de bedhoogte beschrijft. Hierbij wordt de bedexpansie berekend volgens de fluïdisatietheorie.

Aan de hand van de berekeningen met dit model zijn grafieken opgesteld die bruikbaar zijn voor het ontwerp van denitrificerende gefluïdiseerde bedden. De uiteindelijke keuze van een installatie wordt mede bepaald door de technologische begrenzing van de bedhoogte en - vooral - door het oppervlak van de doorsnede van het bed.

Het model is geverifieerd door experimenten in een gefluïdiseerd bed met een capaciteit van 10 m<sup>3</sup> afvalwater per uur. Bij een temperatuur van 10°C en een influentconcentratie van 50 g nitraatstikstof per m<sup>3</sup> kan, met methanol als koolstofbron, (verblijftijd van 0,3 h) 98% van het nitraat verwijderd worden.

(Lit. 6,7)

Desinfectie

In Nederland wordt op een aantal zuiveringsinstallaties voor huishoudelijk afvalwater gewerkt met chloorbleekloog als desinfectiemiddel. In aanwezigheid van verontreinigingen zoals  $\text{NH}_4^+$  en bij te lage chloordoseringen vindt inactivering van de meer resistente pathogene virussen slechts in geringe mate plaats.

Door de vakgroep Gezondheidstechniek van de Technische Hogeschool Delft wordt desinfectie-onderzoek van effluent verricht zowel op laboratoriumschaal als in een proefinstallatie. Het debiet van het mechanisch-biologisch behandelde afvalwater ( $10 \text{ m}^3/\text{uur}$ ) wordt gesplitst in twee stromen van  $5 \text{ m}^3$  per uur, die respectievelijk onderworpen worden aan chlorering en ozonisatie in een continu proces.

Hierbij worden gegevens verzameld over de samenhang tussen de procesvoering enerzijds en de hygiënische- en fysisch-chemische kwaliteit anderzijds.

Het desinfectieproces blijkt van een groot aantal factoren afhankelijk te zijn zoals:

- het desinfectiemiddel
- de hoeveelheid desinfectiemiddel
- aantal en soort organismen
- de pH
- de watertemperatuur
- de redoxpotentiaal
- het stromingsbeeld in de reactor
- de voorafgaande zuiveringsstappen
- de samenstelling van het water

Verder onderzoek is noodzakelijk, zoals:

- a. onderzoek naar alternatieve oxydatiemiddelen.
- b. de invloed van een voorafgaande zuiveringsstap op de desinfectie met chloor resp. ozon en alternatieve oxydatiemiddelen.
- c. onderzoek naar niet-oxydatieve methoden voor verwijdering van organismen, bijvoorbeeld coagulatie/flocculatie, filtratie en adsorptie.
- d. verbetering van de technische uitvoering van het desinfectieproces.

(lit. 8, 9, 10,11)

1.6

Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib

Het tot dusverre door TNO op laboratoriumschaal uitgevoerde onderzoek heeft voornamelijk betrekking gehad op het mobiliseren van zware metalen uit slib.

Verschillende extractiemethoden, extractiemiddelen en extractiecondities zijn onderzocht. Bij extractie met zuur (bv. HCl), zijn de volgende extractierendementen behaald:

- Cd 70 - 90%
- Cu 55 - 90%
- Pb 65 - 100%
- Cr 65 - 75%
- Ni 70 - 100%
- Zn 65 - 95%

Experimenten uitgevoerd met een complexvormer en ionenwisselaars gaven lagere extractierendementen te zien. Microbiologisch biedt de extractie met Thiobacilli interessante mogelijkheden. Door toetreding van lucht kunnen metaalsulfiden door Thiobacillus thio-oxidans in combinatie met T. ferro-oxidans tot overeenkomstige oplosbare sulfaten worden geoxydeerd. T. thio-oxidans is in aanwezigheid van uitgegist slib in staat om zwavel te oxyderen waarbij de pH-waarde zover daalt dat de voor het neutrale milieugevoelige T.ferro-oxidans in staat wordt gesteld metaalsulfiden van bv. ijzer, koper, zink, nikkel en cadmium tot metaalsulfaten te oxyderen. De bacteriële omzetting vindt plaats bij een temperatuur van 30°C. Met name voor Cd, Ni en Zn worden hoge extractierendementen bereikt.

(Lit. 12)

1.7

Aerobe zuivering

De afvalwaterzuiveringsinstallatie Dokhaven wordt gebouwd voor de zuivering van stedelijk afvalwater uit de agglomeratie Rotterdam. De installatie zal een biologische capaciteit van 470.000 inwonerekwivalenten en een maximale hydraulische capaciteit van 19.000 m<sup>3</sup>/h krijgen. Gekozen is voor een tweetraps systeem met een relatief zeer hoog belaste eerste trap. (4,5 kg BZV<sup>20</sup>/kg d.s. dag).

Het bijzondere van deze installatie is dat zij ondergronds in één van de oude Rotterdamse havens (de Dokhaven) wordt gebouwd in een gebied waar tevens woningbouw is gepland. Dit lijkt in eerste instantie in strijd met planologische- en milieu-technische randvoorwaarden. De combinatie echter van een afvalwaterzuiveringsinstallatie en woningbouw in de directe nabijheid is mogelijk, indien de inrichting volledig wordt afgedekt en door middel van een gecontroleerde ventilatie een aanvaardbaar binnenklimaat wordt geschapen. Aan de behandeling van de ventilatielucht moeten dusdanige eisen worden gesteld, dat de lucht zonder gevaar, schade of hinder voor de omgeving kan worden geloosd. In het ontwerp is voor de behandeling van de lucht een drietaps nat-chemische wasser gepland, nadat was gebleken dat de verwerking van de lucht in de nabij gelegen vuilverbrandingsinstallatie van de ROTEB om technische en praktische redenen niet kon worden gerealiseerd.

Indien alles volgens plan verloopt zal de inrichting eind 1985 in gebruik worden genomen.

(Lit. 13,14)

## 2 INDUSTRIEEL AFVALWATER

### 2.1 Slachterijen

Afvalwater van slachterijen en vleesverwerkende bedrijven is verontreinigd met organische stoffen. De kosten van heffingen verbonden aan de lozingen zijn hoog. Teneinde deze kostenpost te verlagen, gaan de bedrijven ertoe over om het afvalwater zelf te zuiveren.

Als toe te passen technieken komen op dit moment in aanmerking fysisch-chemische flocculatie/flotatie, aerobe en anaerobe zuivering.

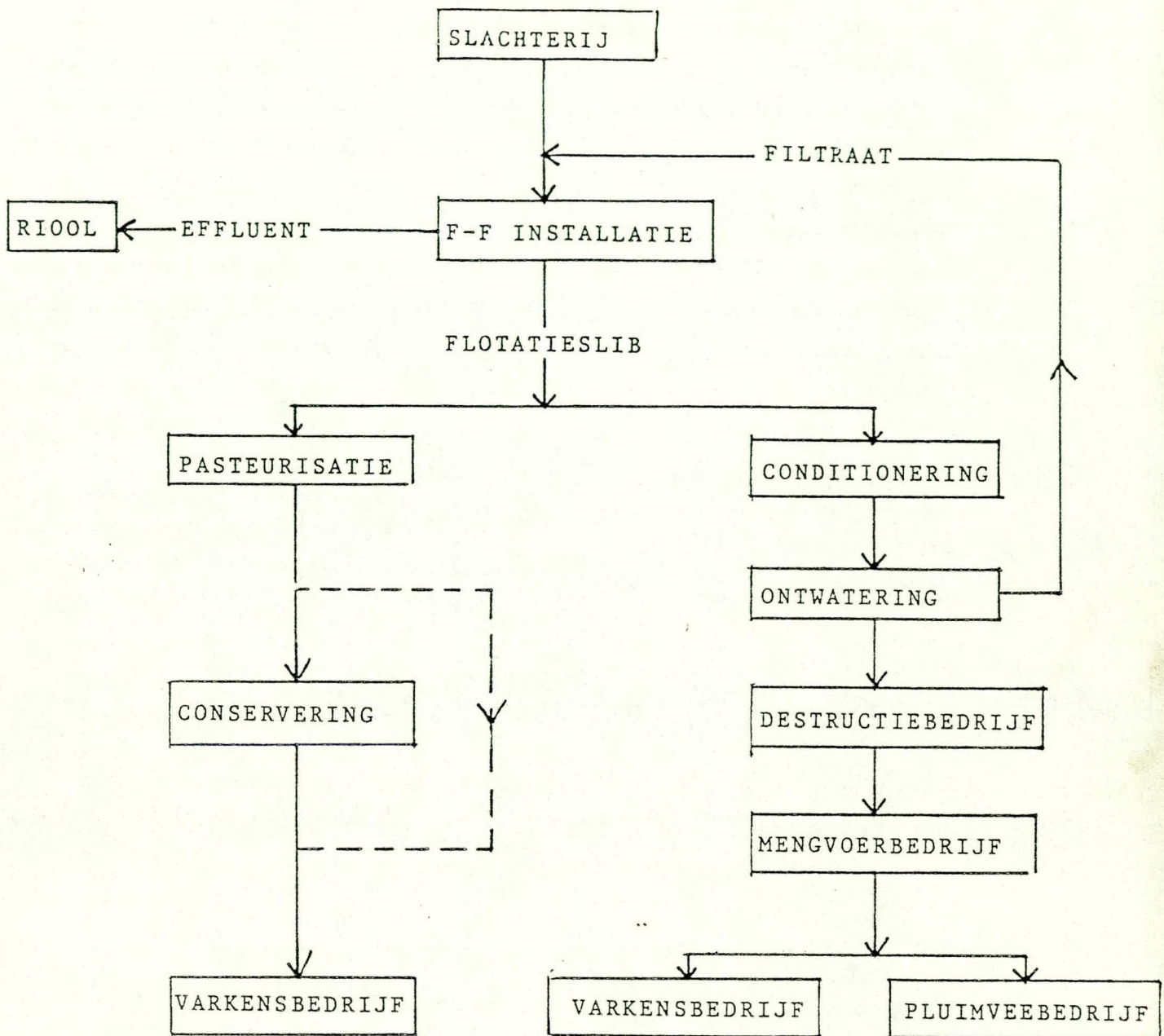
#### 2.1.1 De toepassingsmogelijkheden van vlokkingsslib als veevoer

Het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van vlokkingsslib als veevoer is inmiddels afgesloten. De resultaten worden op dit moment gerapporteerd en zullen te zijner tijd openbaar worden gemaakt. Het onderzoek heeft een aantal voor de praktijk belangrijke gegevens opge-

leverd. Twee mogelijke opties zijn nader uitgewerkt te weten de directe voeding van het natte slib na voorafgaande pasteurisatie en conservering en de afzet van het ontwaterde slib via de destructor om met andere dierlijke afvallen te worden verwerkt tot een gedroogd produkt (zie figuur 1).

Gebleken is dat flotatieslib tot ca. 12% (op d.s. basis) in het rantsoen van varkens kan worden opgenomen. Wanneer flotatieslib aan slachtkuikens wordt verstrekt is een niveau van ca 7,5% het maximum. Flotatieslib wordt qua energieomzetting door varkens beter benut dan door kippen.

(Lit. 15)



FIGUUR 1 Wegen voor het gebruik van flotatieslib als veevoedergrondstof.

### 2.1.2 Aerobe zuivering

Bij de runderslachterij Wolff Vlees Nederland BV te Twello (Gelderland) heeft onderzoek naar de mogelijkheden om het afvalwater te zuiveren geleid tot de bouw van een zuiveringsinstallatie (zie figuur 2). Het te lozen afvalwater wordt ontdaan van grove en bezinkbare bestanddelen door zeven.

De "doorval" van de roterende zeef wordt door middel van een flotatie-eenheid gereinigd, d.w.z. dat de zwevende deeltjes, alsmede de vetdeeltjes met behulp van zeer fijne luchtbelllen worden verwijderd (Dissolved Air Flotation). Er worden geen chemicaliën toegevoegd.

Het aldus mechanisch gereinigde afvalwater wordt aerob behandeld in een laag belast actief slibstelsysteem (slibbelasting 0,05-0,1 kg BZV<sub>5</sub><sup>20</sup>/kg.slib.d; slibconcentratie 7 g/l).

Het slibwater van dit beluchtingsstelsysteem wordt in de nachturen via de flotatie-eenheid afgevoerd. Deze eenheid wordt 's nachts dus gebruikt als slibafscheider.

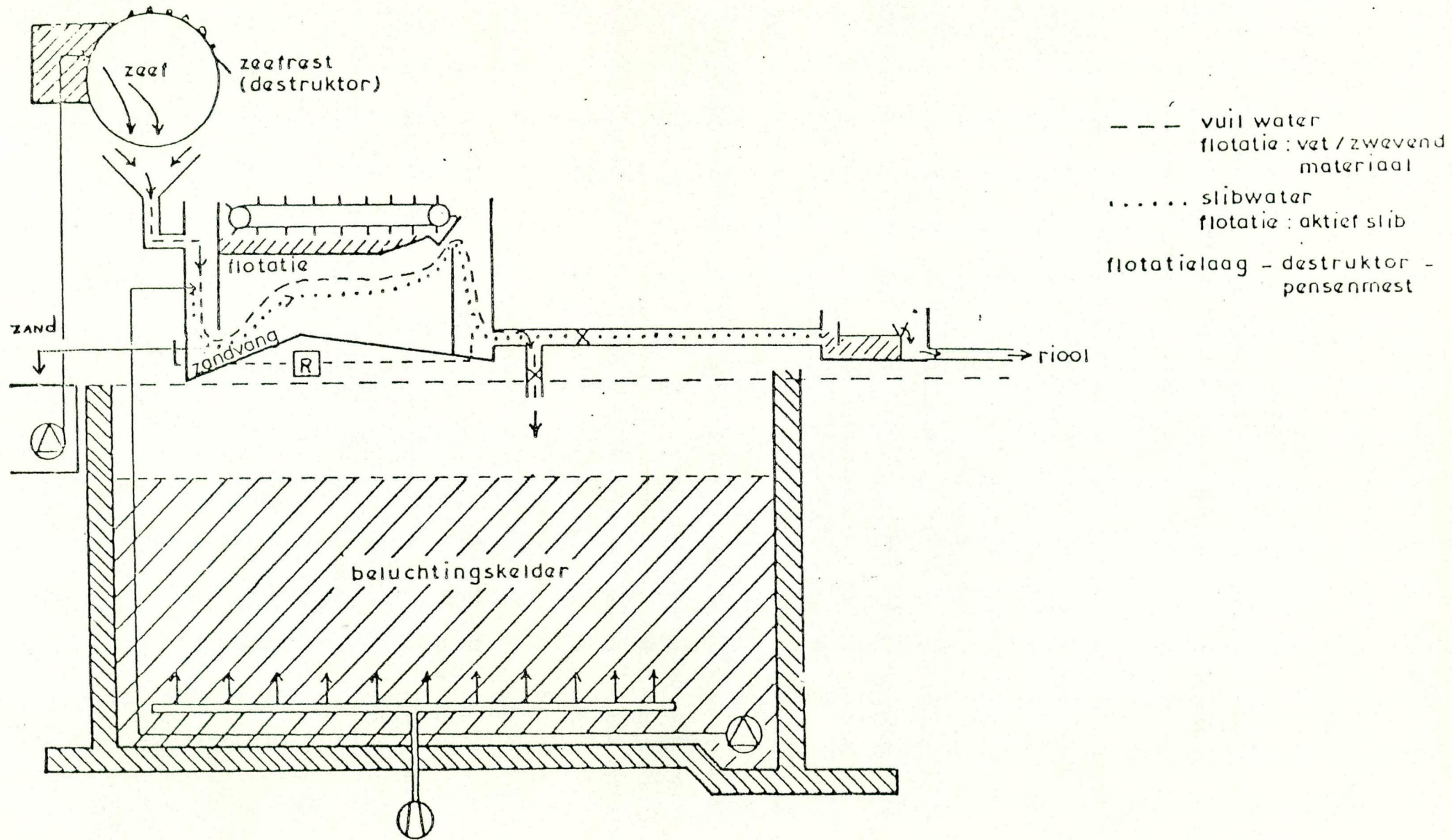
Via een regelsysteem is recirculatie van het actief slib en afvoer van surplusslib te bewerkstelligen.

De aerobe zuivering is wegens plaatsgebrek ondergronds gebouwd.

Interessante aspecten zijn:

- compacte installatie ondanks laag belast systeem;
- drievoudig gebruik van de flotatie-eenheid:
  - . mechanische zuivering van het afvalwater;
  - . actief slibafscheider
  - . slibindikker
- kleinere inhoud van de beluchtingsruimte door hoger slibgehalte dan bij toepassing van een conventionele nabezinkinrichting;
- hoger droge stofgehalte van het surplusslib (3%);
- geen aparte slibindikker;
- vermoedelijk een geringere slibaanwas.





Figuur 2: Schema zuiveringsinstallatie Wolff Vlees Nederland B.V.

De resultaten van de installatie zijn overeenkomstig de verwachtingen. De vervuilingswaarde van het water is als volgt:

na de zeef	10.500 i.e.*	(4000-5000 mg CZV/l en ca 400 mg Kjeldahl N/l)
na de flotatie	8.500 i.e.*	(3000-3500 mg CZV/l en ca 300 mg Kjeldahl N/l)
na de aerobe zuivering	1.000 i.e.*	(ca 450 mg CZV/l en 60-70 mg Kjeldahl N/l)

(Lit.16)

## 2.2 Zetmeelindustrie

### 2.2.1 Aardappelzetmeelindustrie

De aardappelzetmeelindustrie is in Nederland een belangrijke bedrijfstak. Bij de winning van zetmeel uit aardappels komt veel afvalwater vrij. De inzet van anaerobe zuivering (volgens UASB-principe; UASB staat voor Upflow Anaerobic Sludge Blanket) staat bij de oplossing van de waterverontreinigingsproblemen centraal.

In 1981 is bij de AVEBE-fabriek te De Krim (Overijssel) een anaerobe zuiveringsinstallatie opgestart. Deze bestaat uit een voorverzuringreactor en een methaanreactor. De totale inhoud is 5500 m<sup>3</sup>.

Als opstartmateriaal is slijkgistingsslib gebruikt. Na een jaar experimenteren moest men tot de conclusie komen dat de zuiveringscapaciteit ver beneden peil bleef. Er was toen veel slib uitgespoeld en de activiteit van het nog aanwezige slib was laag.

Eind 1982 is besloten de reactor te enten met slib van andere, goed werkende, anaerobe zuiveringsinstallaties. Er is toen korrelslib gebruikt van installaties bij de suikerindustrie en gist- en alkoholindustrie. Hierna trad een spectaculaire verbetering van de resultaten op. In een tijdsbestek van enkele maanden steeg de afbraak-capaciteit van de reactor tot ca. 8 kg CZV/m<sup>3</sup>.dag.

\* inwonerekwivalenten berekend volgens Rijksformule.

In onderstaande tabellen staat een aantal gegevens van de installatie in de opstartfase.

Tabel 1

Algemene opstart-gegevens

Hydraulische belasting	300 m <sup>3</sup> /h
Vers influent	200 m <sup>3</sup> /h
Recirculatie	100 m <sup>3</sup> /h
Verblijftijd (hydr.)	17 h
Temperatuur	31° C
pH	7,5
N(Kjeldahl)	600 mg/l
CZV influent	7000-8000 mg O <sub>2</sub> /l

Tabel 2

Resultaten na toevoegen korrelslib

	voor toevoegen	na toevoegen
Slibhoeveelheid (ton VSS)	11	37
Slibactiviteit (kg CZV/kg VSS)	0,85	1,0
Asgehalte (%)	40	28
Sedimentatiegedrag	matig	goed
Slibuitspoeling	veel	weinig
Gasproductie (m <sup>3</sup> /hr)	200	700
Afbraak o.b.v. biogas (kg CZV/m <sup>3</sup> dag)	2	7,5
Volumebelasting (kg CZV/m <sup>3</sup> .dag)	2,6	10

(Lit. 1,17)

2.2.2 Maiszetmeelindustrie

Aet afvalwater van de maiszetmeelindustrie De Bijenkorf te Koog aan de Zaan wordt behandeld in een anaerobe zuiveringsinstallatie (type UASB). De installatie bestaat uit een buffertank van 1000 m<sup>3</sup> en een methaanreactor van 800 m<sup>3</sup>.

Het afvalwater (1000 m<sup>3</sup>/dag) is als volgt te karakteriseren:

CZV (min/max)	1.500 - 11.000 mg/l
Stikstof (gem.)	50 mg/l
PO <sub>4</sub> <sup>-P</sup> (gem.)	75 mg/l
temperatuur	33-39 °C

De installatie is in 1981 opgestart. De methaanreactor is geënt met 500 m<sup>3</sup> slib van een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

De totale opstart duurde 1 jaar. Deze lange periode was vooral het gevolg van de problemen die optraden door de grote fluctuaties in afvalwatersamenstelling.

De ontwerpcapaciteit van de installatie is 8500 kg CZV belasting/dag. Dit komt overeen met 50.000 i.e. De ontwerp-CZV belasting is 10,6 kg/m<sup>3</sup>. dag (5-15 kg/m. dag).

De praktijkresultaten laten het volgende beeld zien:

- CZV belasting 6,0-12,8 kg/m<sup>3</sup>.dag
- afbraak efficiëncy ca. 90 %
- hydraulische belasting 900 - 1300 m<sup>3</sup>/dag
- biogas met 60-80 volume % methaan

De investeringskosten voor installaties van 100.000 - 200.000 i.e. variëren van 20-30 gulden per i.e. De investeringskosten liggen derhalve op 20-30 % van de kosten van een vergelijkbare aerobe zuiveringsinstallatie.

(Lit. 18)

2.3

Gist- en alcoholindustrie

Het bedrijf Gist-Brocades in Delft heeft voor het eigen afvalwater met financiële steun van de overheid een nieuwe methode van anaerobe afvalwaterzuivering ontwikkeld. Kenmerkend hierbij is dat de micro-organismen zich aan een zwaar dragermateriaal, in dit geval zandkorrels van een bepaalde grootte, hechten. Deze hechting is zo stabiel dat hoge turbulentieniveaus kunnen worden toegepast zonder dat het slib losraakt van het dragermateriaal. Hierdoor kunnen in systemen met gefluïdiseerde bedden hoge opwaartse snelheden worden toegepast.

Het systeem is tot nu toe op laboratorium- en pilotschaal succesvol toegepast voor zowel verzuring, methaanvorming, denitrificatie en nitrificatie van het afvalwater uit de bakkersgist- en alcoholfabricage. Ook aerobe zuivering van (matig geconcentreerd) afvalwater is met deze techniek mogelijk. De proeven zijn uitgevoerd in reactoren van 25 l tot 3500 l netto inhoud.

De praktijkreactoren zullen een inhoud krijgen van 80 resp. 300 m<sup>3</sup> netto inhoud voor voorverzuring resp. methaanvorming.

Bereikte capaciteiten:

- Verzuring: Belasting tot 100 kg CZV/m<sup>3</sup>. dag  
Omzetting naar methaan 20 kg CZV/m<sup>3</sup>. dag  
Omzetting naar vetzuren 40 à 50 kg CZV/m<sup>3</sup>. dag  
1 à 1,5 uur verblijftijd.
- Methaangisting: Omzetting 40 - 60 kg CZV/m<sup>3</sup>. dag  
1 à 2 uur verblijftijd.
- Denitrificatie: Omzetting 2,5 kg NO<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>. dag  
1,5 uur verblijftijd.
- Nitrificatie: Omzetting 2,5 kg NH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>. dag  
2 uur verblijftijd  
O<sub>2</sub>-voorziening m.b.v. lucht

Een totaal zuiveringsproces voor verwijdering van C- en N-componenten zal bestaan uit de vier voornoemde processtappen.

Eind maart 1983 is een begin gemaakt met de bouw van de praktijkinstallatie. De opstart is gepland begin 1984.

(Lit. 19, 20, 21, 22, 23).

#### 2.4

#### Zuivelindustrie

Van de zuivelindustrie in Nederland maakt de productie van kaas een belangrijk onderdeel uit. De geschatte jaarlijkse kaasproductie bedraagt ca. 430.000 ton. Er zijn op dit moment 60-70 kaasfabrieken. De laatste stap in de kaasbereiding is het pekelen van de kaas. De kaas wordt hiertoe in een pekelpot gebracht.

Het pekelen is noodzakelijk om de houdbaarheid van de kaas te verhogen. Met het opnemen van zout uit het pekelpot geeft de kaas vocht af. De concentratie zout in het pot loopt daarom in de tijd terug. Bij lagere zoutgehalten in het pot neemt de groei van, voor de kwaliteit van de kaas, schadelijke bacteriën toe. Het zoutgehalte wordt op peil gehouden door een deel van de pekelpot te vervangen. De lozing van de pekelpot is voor het meeste oppervlaktewater in Nederland ongewenst. Er is daarom gezocht naar mogelijkheden deze zoutlozingen terug te dringen.

Een mogelijkheid is het gebruik van minder geconcentreerde pekelpot. Minder geconcentreerde pekelpot is bruikbaar indien het gehalte aan (schadelijke) lactobacillen, gisten en eiwitsplitsende bacteriën in de pekelpot laag blijft.

Onderzoek heeft aangetoond dat behandeling van de kaaspekelpot met UV-straling een afdoende doding van de microorganismen geeft. Een cruciaal punt bij het gebruik van deze apparatuur is de laagdikte van de pekelpot die wordt behandeld.

In dit geval bleek een laagdikte van 1,5-2 mm het maximaal haalbare. De lozing van pekelpot wordt bij gebruikmaking van de UV-apparatuur tot ca. 30% teruggebracht. Op praktijkschaal is thans één UV-apparaat in gebruik. De verwachting is dat andere kaasfabrieken zullen volgen.

(Lit. 24 )

## 2.5 Papierindustrie

De papierindustrie heeft de afgelopen jaren veel inspanningen geleverd om de waterverontreiniging terug te dringen. Belangrijke maatregelen zijn geweest de gehele of gedeeltelijke kringloopsluiting en de inzet van aerobe zuiveringsinstallaties als eindzuivering.

In 1981 is door Papierfabriek Roermond BV onderzoek gestart naar de mogelijkheden om het afvalwater anaeroob voor te zuiveren. Hiertoe zijn proeven gedaan op 30 l schaal en, bij een vergelijkbaar bedrijf, op 80 m<sup>3</sup> schaal.

Het bleek dat zich na verloop van tijd korrelslib ontwikkelde. Het voordeel van korrelslib is de veelal goede bezinkbaarheid en hoge activiteit. Hierdoor is een hoge afvalwaterbelasting mogelijk.

De succesvolle afloop van de proeven heeft geleid tot bouwplannen voor een praktijkinstallatie. Deze installatie is ontworpen op een belasting van ca. 12 kg CZV/m<sup>3</sup>.d.

De methaanreactor heeft een inhoud van ca. 1000 m<sup>3</sup> en een voorgeschakelde buffer van ca. 400 m<sup>3</sup>. Er wordt een biogasproductie verwacht van 3600 m<sup>3</sup> per dag (biogassamenstelling ca. 79% CH<sub>4</sub> en ca. 20% CO<sub>2</sub>).

In 1983 zal met de bouw worden begonnen.

(Lit. 25, 26)

## 2.6 Chemische industrie

### 2.6.1 Kunstmeststoffen-industrie

#### Afvalgips

Bij de productie van fosforzuur, grondstof voor fosfaatkunstmeststoffen, ontstaat ca twee miljoen ton afvalgips per jaar. Tot op heden wordt dit gips op oppervlaktewater geloosd.

Aangezien fosforzuurgips verontreinigd is met zware metalen, waaronder de zwarte lijststoffen cadmium en kwik, is het beleid van de overheid erop gericht om deze gipslozingen te beëindigen. Het is evenwel nog niet mogelijk gebleken om geschikte verwerkings- en afzetmogelijkheden voor het fosforzuurgips te vinden. Door de overheid, de industrie en onderzoeksinstellingen wordt binnen de Werkgroep Fosforzuurgips, ingesteld door de Commissie Milieu en Industrie, gezocht naar deze mogelijkheden door onder meer onderzoeksprojecten te entameren.

Onlangs is een project afgesloten waarbij fosforzuurgips werd gebruikt in combinatie met vliegias en cement voor de stabilisatie van een parkeerterrein. Uit onderzoek is gebleken dat uit wegenbouwkundig oogpunt een mengsel fosforzuur/vliegias/cement goede perspectieven biedt als stabilisatiemateriaal. Het onderzoek zal met praktijkproeven worden voortgezet. Ofschoon gebleken is dat het stabiliseren van fosforzuur een zekere immobilisatie van zware metalen inhoudt, dient milieuhygiënisch gezien het stabiliseren boven de grondwaterspiegel plaats vinden.

De volgende projecten zijn in uitvoering genomen:

1. De ontwikkeling van een nieuw fosforzuurproces, waarbij schoon fosforzuur wordt gemaakt en waarbij minder verontreinigd gips wordt gevormd. Dit onderzoek verkeert in de laboratoriumfase.
2. Het waterresistent maken van afvalgips t.b.v. toepassing in de bouw (blokken, stenen e.d.), daar waar eventuele radio-actieve straling geen rol speelt.
3. De vervaardiging van een zgn. alpha-hemihydraat. Het afvalgips wordt omgezet in een zeer verhardende gipssoort die een zeer hoge druksterkte ontwikkelt (groter dan beton). Belangrijke toepassingsgebieden zijn gipsvezelplaten en vloermortels.
4. Bereiding van granulaat, uit fosforzuurgips, vliegias en cement als ophoogmateriaal op semi-technische schaal. Na een geslaagd laboratoriumonderzoek zal een vervolgstudie worden verricht naar de technische en economische haalbaarheid, waarbij ook aan de milieuhygiënische aspecten voldoende aandacht zal worden besteed.
5. Uitlooggedrag onder praktijkomstandigheden.

In voorbereiding is een project waarbij een provinciale weg van een stabilisatie met o.a. afvalgips wordt voorzien.

#### Kunstmestfabriek Esso Chemie

In begin van dit jaar heeft de kunstmestfabriek van Esso Chemie in Rozenburg een nieuwe afvalwaterzuiveringsinstallatie in gebruik



genomen. In april 1982 is na uitgebreide voorstudies met de bouw van de installatie begonnen. De kosten van de installatie bedragen totaal 10,5 miljoen gulden. Hiervan heeft Rijkswaterstaat 80% voor haar rekening genomen.

Door de ingebruikneming van de installatie, die is uitgerust met twee strippers, is de belasting voor het milieu door de kunstmestfabriek vrijwel gehalveerd tot 45.000 i.e. Het rendement van de installatie bedraagt 95%.

De installatie haalt per dag 4 ton ammoniak en kooldioxyde uit het afvalwater. De stoffen worden weer in het productieproces gebruikt. Het afvalwater wordt met behulp van drie condensoren geconcentreerd, waarna in een eerste kolom het concentraat van het vrije ammoniak en kooldioxyde wordt ontdaan. Vervolgens wordt in een volgende kolom, het ureum gekraakt, waarna een laatste stripping plaatsvindt.

(Lit. 27, 28, 29)

#### 2.6.2 Aardolie-industrie

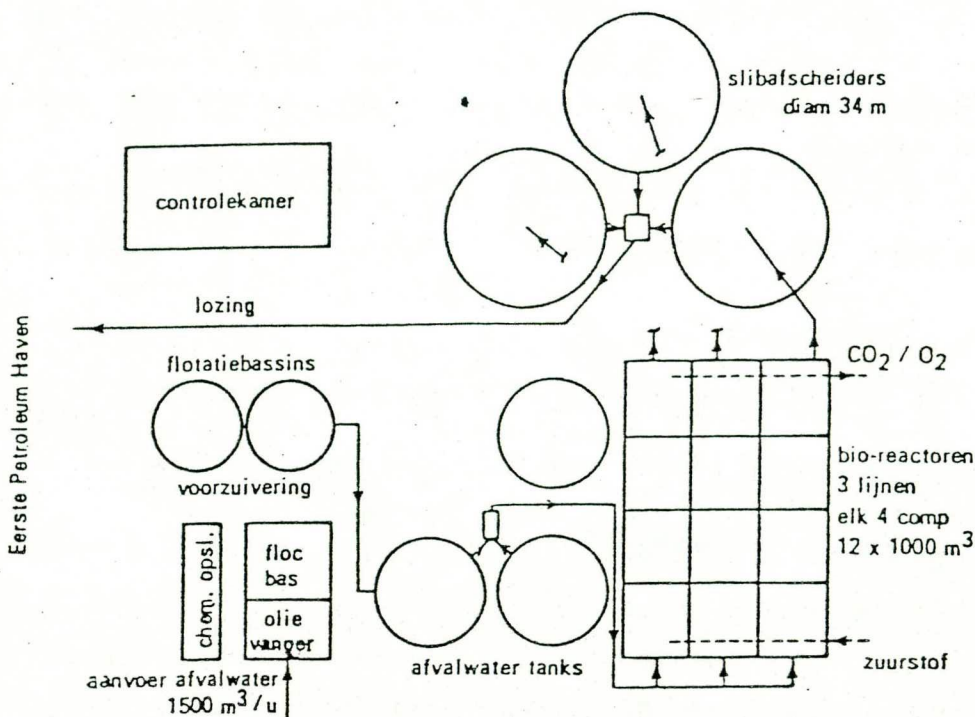
In juni van dit jaar is de biologische zuiveringsinstallatie van Shell Nederland Chemie te Pernis in bedrijf gesteld.

In de installatie, die een capaciteit heeft van 500.000 i.e., wordt het afvalwater van achttien chemische fabrieken van Shell Nederland Chemie en het procesafvalwater van Shell Nederland Raffinaderij gezuiverd. Met dit zuiveringsproject is een investering gemoeid van 125 miljoen gulden.

Het gemiddelde afvalwaterdebiet bedraagt ca. 1500 m<sup>3</sup>/h met een zuurstofbehoefte van ongeveer 1,65 ton per uur. Voor de beluchting wordt zuivere zuurstof gebruikt.

De installatie is ontworpen om een reductie van zuurstofbindende stoffen (uitgedrukt in BZV<sub>5</sub>) van tenminste 90% te realiseren.

De zuiveringsinstallatie is opgebouwd uit drie onderdelen (zie figuur 3).



Figuur 3 Plattegrond van de biologische afvalwater zuiveringsinstallatie.

- voorzuiivering in twee parallele flocculatie/flotatie-eenheden. Er is gekozen voor de Dissolved Air Flotation (DAF)-methode.
- egalisatie van het afvalwater in drie buffertanks.  
In deze stap wordt ook het procesafvalwater van de raffinaderij betrokken. Het procesafvalwater, dat een laag oliegehalte bevat en in vergelijking daarmee een hoog gehalte organische stoffen en Kjeldahl stikstof wordt vooraf gezuiverd in een afzonderlijke flocculatie/flotatie-installatie.
- secundaire zuivering volgens het Unox-aktiefslibsysteem in drie parallele straten, ieder bestaande uit vier compartimenten en gevolgd door slibafscidders. Het Unox-systeem is onder meer gekozen vanwege het hoge verwijderingsrendement, de beperkt benodigde oppervlakte, het afgesloten systeem (geen stankoverlast) en de lage slibproductie.  
Het geproduceerde slib zal worden verbrand.

Hoewel de methode van zuiveren volgens het Unox-systeem zeker niet als nieuw kan worden beschouwd, is het Perniscomplex door de aard van het te behandelen afvalwater, afkomstig van zoveel verschillende fabrieken met geen enkele situatie ter wereld vergelijkbaar.

(Lit. 30)

## 2.7

### Electriciteitscentrales

Bij een toenemend gebruik van kolen zal ter beperking van de SO<sub>2</sub>-emissie naar de lucht op grote schaal rookgasontzwaveling moeten worden toegepast.

Hierbij kan worden gekozen uit natte en droge processen, waarbij afhankelijk van het eindproduct onderscheid kan worden gemaakt in regeneratie-, wegwerp- en gipsproducerende processen.

Bij een bestaande grote koleneenheid, te weten Gelderland-13 van de PGEM te Nijmegen is een installatie gebouwd op basis van een gipsproducerende proces. Voor de centrales, die naar verwachting omgebouwd zullen worden op kolen, zijn op dit moment nog geen definitieve keuzen gemaakt voor de te installeren ontzwavelingsprocessen.

Naast kalksteen/gips-processen zijn nog twee rookgasontzwavelingsprocessen commercieel beschikbaar. Deze laatste processen zijn gebaseerd op:

- de productie van ammoniumsulfaat,
- absorptie sproeidrogen met als eindproduct calciumsulfiethemihydraat (CaSO<sub>3</sub> · H<sub>2</sub>O) en/of anhydriet (CaSO<sub>4</sub>).

In samenwerking met de KEMA<sup>1)</sup> is door het RIZA een aanvang gemaakt met een studie naar de samenstelling van het afvalwater dat ontstaat bij natte rookgasontzwavelingsprocessen alsmede de mogelijkheden tot zuiveren van het afvalwater. Het afvalwater kan worden gekarakteriseerd door een relatief hoog gehalte aan zwevende stof en chloride. Tevens bevat het afvalwater zware metalen in concentraties die afhankelijk van de verstookte kolensoort kunnen oplopen tot enige tientallen milligrammen per liter.

Mede op basis van een enkele ervaring in het buitenland is de verwachting dat door toepassing van flocculatie/sedimentatie de gehalten aan zware metalen tot een aanvaardbaar niveau kunnen worden teruggebracht, mede als gevolg van een verregaande verwijdering van zwevende stof.

1) KEMA staat voor: NV tot Keuring van Electrotechnische Materialen.

Processen als co-precipitatie spelen hierbij waarschijnlijk een belangrijke rol.

De uitkomsten van de studie zullen binnenkort beschikbaar komen.

(Lit. 31)

3.

### OVERIG ONDERZOEK

Op het gebied van de afvalwaterzuivering en/of de ontwikkeling van schone productieprocessen en technologieën zijn een aantal onderzoeken gaande. Tevens zullen een aantal onderzoeken op korte termijn worden gestart. De belangrijkste hiervan zijn:

- De zuivering van huishoudelijk afvalwater met behulp van biorotoren wordt onderzocht.

Het doel is te onderzoeken of een effluentkwaliteit haalbaar is met een BZV 20-25 mg/l en een Kjeldahl-stikstofgehalte 20 mg/l (bij temperaturen hoger dan 10°C) (Lit.32).

- De anaerobe vergisting van vet- en eiwithoudend afvalwater. Doel van het project is de bestudering van de afbraak van vetten, hogere vetzuren en eiwit/vet conglomeraten met betrekking tot:

- het effect van de temperatuur,
- mogelijkheden van slibadaptatie,
- het optreden van remming.

De resultaten van dit onderzoek kunnen leiden tot een aanpassing van de zuiveringsinstallatie om te komen tot een snellere en effectievere afbraak van deze bestanddelen. (Lit. 33).

- De biologische defosfatering van afvalwater op bestaande actiefslibinstallaties.

In de praktijk zal worden getoetst in hoeverre in de Nederlandse situatie (waterverdunding, watertemperatuur) de biologische defosfatering een bruikbare methode is om de fosfaatbelasting door effluenten te verminderen. (Lit. 34).

- De vervanging van cadmium door tin-zinklegeringen in de vliegtuigindustrie (Lit. 35).
- De verwerking van fotografische en gelijksoortige afvalvloeistoffen met behulp van ultrafiltratie (lit. 36).

- De verwijdering van methyleenchloride en zware metalen uit het afvalwater van houtreinigingsbedrijven (Lit. 37).
- De verwijdering van olie, vuil en emulsies uit het afvalwater van garages en aanverwante bedrijven, dat ontstaat bij het reinigen van auto-onderdelen (Lit. 38).
- Het verwijderen c.q. terugwinnen van ammoniak uit anaeroob gezuiverd afvalwater. Er wordt onderzoek gedaan naar de bruikbaarheid van
  - strippen met lucht of stoom (gevolgd door absorptie van de ammoniak)
  - biologische stikstof verwijdering (lit.39)
- De zuivering van varkensdrijfmest met technieken als:
  - . vaste deeltjes afscheiding
  - . hydrolyse
  - . thermofiele vergisting
  - . omgekeerde osmose

(Lit. 40)

In opdracht van het RIZA zullen naar verwachting in de tweede helft van dit jaar de volgende studies op het gebied van afvalwaterzuivering en de schadelijkheid van stoffen worden aangevangen:

- Onderzoek naar de mogelijkheden om tegen redelijke kosten een verdere verlaging te realiseren van het oliegehalte van het effluent van inzamelstations (annex bunkerschepen) voor afgewerkte olie en bilgewater van de binnenscheepvaart.
- Onderzoek naar de acute toxiciteit van ca. 80 stoffen, die verwerkt, opgeslagen en getransporteerd worden in het Rotterdamse havengebied. (Literatuur- en laboratoriumonderzoek)
- Onderzoek naar de afbreekbaarheid van dithiocarbamaten

(Lit. 41)

LITERATUUR

1. Rulkens W.H., van Voorneburg F, van Luin A.B., van Starckenburg W.  
Ontwikkeling op het gebied van de afvalwaterzuivering in Nederland  
NATO/CCMS, Bari, 1982
2. Poederkooldosering in actief slibsystemen.  
Mededeling Norit.  
Amersfoort, 18 april 1983.
3. Trentelman C.C.H., Oomen J.H.C.M., van Dijk J.C.  
Fosfaatverwijdering in een gefluïdiseerd bed.  
H<sub>2</sub>O (14) 1981, nr. 17, p. 372-376, vervolg p. 379.
4. Fosfaatverwijdering in een gefluïdiseerd bed.  
Mededeling DHV.  
Amersfoort, 15 maart 1983
5. Van 't Hof, O., Nieuwstad Th., Pöpel, H.J.,  
Verwijdering van Nitrilotriazijnzuur (NTA) in het achtiefslibproces  
bij relatief lage slibbelasting.  
H<sub>2</sub>O (16) 1983 Nr. 11, p. 253 t/m 256.
6. Eggers, E, Terlouw, T.  
Biological denitrification in a fluidized bed with sand as carrier  
material.  
Water Res. (13), 1979 p. 1077-1090
7. Nieuwstad, T.J., van Barneveld, G.  
Ervaringen met denitrificatie in een gefluïdiseerd bed op laborato-  
riumschaal,  
H<sub>2</sub>O (12) 1979 nr. 19 p. 430-436
8. van der Mark, H.; Havelaar, A.H., van Kranen, H.J.  
Het effect van desinfectie van afvalwater; een vooronderzoek.  
H<sub>2</sub>O, (15) 1982 nr. 15 p. 420-422
9. Research Activities Department of Civil Engineering,  
Delft University of Technology, period 1977-1978, p. 103-105.

10. Idem, period 1978-1979, p. 118-120
11. Idem, period 1980-1981, p. 130-131
12. Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib.  
Mededeling TNO.  
Juni 1983
13. Meijer, H.A., van der Vlies, A.W., Werumeus Buning, W.G.  
Het technologisch ontwerp van de afvalwaterzuiveringsinrichting  
Dokhaven (Rotterdam).  
H<sub>2</sub>O (15) 1982, nr. 16, p. 423-426.
14. Meskers, A.M.  
De planvorming rond de afvalwaterzuiveringsinrichting Dokhaven te  
Rotterdam  
H<sub>2</sub>O (15) 1982, nr. 16, p. 427-432.
15. Veevoeder uit slib in afvalwater van slachthuizen.  
Rom, magazine over ruimtelijke ordening en milieubeheer  
2 maart 1983.  
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en  
Milieubeheer.
16. A.Rispens.  
Afvalwaterzuivering Wolff Vlees Nederland BV.  
Mededeling Rijks Agrarische Afvalwater Dienst.  
Arnhem, mei 1983.
17. Anaerobe zuivering aardapelzetmeelindustrie  
Mededeling AVEBE  
Veendam, mei 1983
18. Anaerobe zuivering in de maiszetmeelindustrie.  
Mededeling Heidemij Adviesbureau.  
Arnhem, 7 juni 1983.

19. Zandkorrels met bacteriën gaan afvalwater bij Gist-Brocades zuiveren.  
Ned. Chem. Industrie, 10 maart 1982, p. 10-12
20. Process for preparing biomass attached to a carrier.  
Gist-Brocades N.V. - Delft.  
European patent application publ. nr. 0.028.846.
21. An oxidative biological purification process for waste water.  
Gist-Brocades N.V. - Delft.  
European patent application publ. nr. 0.024.758.
22. Process for purification of waste water and/or waste water sludge.  
Gist-Brocades N.V. - Delft.  
European patent application publ. nr. 0.051.888.
23. Gist-Brocades start bouw eigen zuiveringsinstallatie voor afvalwater.  
H<sub>2</sub>O (16) 1983 nr. 8 p. N 30.
24. Project Vermindering zoutlozing door desinfectie van kaaspekkel.  
Mededeling Bond van Coöperatieve Zuivelfabrieken in Friesland.  
Leeuwarden, 30 mei 1983.
25. Papierfabriek zuivert afvalwater anaeroob.  
Chemisch Weekblad, 10 juni 1983 nr. 2, p.1.
26. Anaerobe zuivering papierindustrie.  
Mededeling Papierfabriek Roermond BV.  
Roermond, mei 1983.
27. Verwerking van fosforzuurgips, vlieg-as en cement als funderingsmateriaal in de wegenbouw.  
Min. van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,  
augustus 1982.



28. Fosfaatkunstmestindustrie.  
Mededeling RIZA,  
Lelystad, mei 1983
29. Stripper Esso Chemie.  
Technisch Weekblad, 7 januari 1983
30. Biologische zuiveringsinstallatie Shell Chemie Nederland.  
Ned. Chem. Industrie (NCI), 9 februari 1983, p. 20-21
31. Rookgasontzwaveling.  
Mededeling RIZA,  
Lelystad, mei 1983
32. Biotoren Elburg  
Mededeling RIZA.  
Lelystad, april 1983.
33. Project Anaerobe zuivering/vergisting van vet en vet/eiwithoudend  
afvalwater.  
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu-  
beheer.  
Leidschendam, juni 1983.
34. Biologisch defosfateren  
Mededeling RIZA  
Lelystad, mei 1983.
35. Project Vervanging van Cadmiumlagen door een tin-zink legering.  
Mededeling Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.  
Leidschendam, mei 1983.
36. Project Verwerking fotografisch en gelijksoortig afvalwater met  
behulp van ultrafiltratie.  
Mededeling Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,  
Leidschendam, mei 1983.

37. Project Verwijdering methyleenchloride en zware metalen uit afvalwater.  
Mededeling Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,  
Leidschendam, mei 1983.
  
38. Project Zuivering afvalwater garages.  
Mededeling Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,  
Leidschendam, mei 1983.
  
39. Project Stikstofverwijdering uit anaerobe effluenten.  
Mededelingen Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,  
Leidschendam, december 1980, maart 1981, september 1981, april 1982.
  
40. Onderzoek Zuivering Varkensdrijfmest.  
Mededeling TNO.  
Apeldoorn, juni 1983.
  
41. Projecten Onderzoek 1983-1984.  
Mededeling RIZA.  
Lelystad, mei 1983.

