ONTBINDING, LUCHT VOOR LEVEN

Door Gatze Lettinga

WAGENINGEN UNIVERSITEIT

1. Inleiding

Mijnheer de rector, dames en heren,

Deze titel leek mij bijzonder geschikt voor mijn laatste les, enerzijds omdat 'ontbinding' refereert naar het onderzoeksgebied waaraan ik mijn meeste tijd de laatste 30 jaar heb besteed op deze universiteit, anderzijds omdat ik met dit begrip heel wat kanten op kan. Ik denk dus mijn ei goed kwijt te kunnen.
Ontbinding staat voor rotting, een biologisch gebeuren, waarvoor iedereen om begrijpelijke redenen de neus ophaalt. Ontbinding gaat gepaard met stank en hetgeen in ontbinding verkeert is 'dood', en dat is zielig. Maar dat verrottingsproces, het gros van de mensen weet dat natuurlijk niet, is een buitengewoon fascinerend microbiologisch gebeuren. De 'dode' organische stof, althans het deel daarvan wat biologisch afbreekbaar is, wordt hierbij omgezet in methaan en kooldioxide, met daarbij in de regel ook wat zwavelhoudende stankstoffen. Zodat de levenden ruiken wat daar ergens in hun buurt aan de hand is! De dode materie wordt in feite grotendeels **biologisch vergast.**
Maar de Schepper heeft nog heel wat andere redenen, denk ik, om dode materie grotendeels in gas te doen op gaan!.
Dit anaërobe vergassingsproces is in feite een mineralisatieproces, waarbij allerlei essentiële componenten voor nieuw leven worden vrijgemaakt, derhalve ... het schept *"lucht, ruimte voor leven"*. Prachtig! Het is een komen en gaan in de aardse biosfeer, een stroom van leven en materie, het oude wordt steeds verdrongen door het nieuwe en dat is maar goed ook! De oudjes maken plaats!
Maar het gaat bij het begrip 'ontbinding' niet alleen om

stoffelijke zaken, maar ook immateriële, bijv. maatschappelijke zaken. En ook daarvoor geldt eigenlijk precies hetzelfde, het verouderde dient plaats te maken voor het nieuwe. "Hoe eerder hoe beter!", als je ziet wat er aan de hand is. Ontbinding staat ook voor *bevrijding*, voor *verlossing* van banden, en daarover wil ik in mijn verhaal iets kwijt, vandaar deze titel. Maar eerst iets over de ontwikkelingen op ons vakgebied.

2. Ontwikkeling van het vakgebied AnZu en S-kringloop.

Het vakgebied van de anaërobe zuivering (AnZu) en gisting (AnGi) waarop ik me hier in Wageningen heb gestort was buitengewoon boeiend, van het prille begin af, mag ik wel stellen. Gaande de rit is het meer en meer mijn geloof, hoop, visie geworden.
Het zaad voor mijn bezig zijn op rottingsgebied werd gelegd bij lezing van een van de eerste publicaties van *P.L.McCarty* over AnZu uit de zestiger jaren *(McCarty, 1964)*. Hij stelde daarin *"Anaerobic wastewater treament doesn't enjoy the popularity it truly deserves"*. Een buitengewoon uitdagende uitspraak, althans voor mij! Het was het allereerste artikel dat ik, als absolute leek op dit terrein, bij de start van mijn loopbaan hier in Wageningen over biologische afvalwaterbehandeling onder ogen kreeg. Toeval of voorzienigheid?
Een extra uitdaging om me op de anaërobie te storten was verder, dat vrijwel iedereen zijn/haar neus er voor op trok, letterlijk en figuurlijk, toentertijd zeker in Europa. Men geloofde er hier gewoon niet in, in tegenstelling tot onderzoekers in de VS en Z-Afrika. Daar is wel geprobeerd de

deur voor de toepassing van de AnZu geopend te krijgen, waarbij het in Z-Afrika zelfs tot diverse grootschalige toepassingen is gekomen, t.w. voor de behandeling van betrekkelijk geconcentreerde industriële afvalwaters *(Stander, 1967)*. Er werd hierbij zelfs een proces gebruikt (t.w. de 'reversed flow Dorr Oliver Clarigester') dat aangemerkt zou kunnen worden als de voorloper van het later door ons ontwikkelde Upflow Anaerobic Sludge Bed proces, UASB-proces *(Lettinga e.a., 1980)* en het Expanded Granular Sludge Bed proces, EGSB-proces *(Kato e.a 1999, Lettinga e.a. 1980, 1984, 1995,1996, 1999, Rebac e.a. 1998)*.
Ik vind het eigenlijk moeilijk te begrijpen dat in Z-Afrika niemand voor de grote doorbraak heeft kunnen zorgen, want men had de oplossing voor het oprapen. Bij inspectie van zo'n anaërobe afvalwater zuiveringsinstallatie (AnZu) tijdens mijn rondreis in Zuid-Afrika in 1980, heb ik zelfs kunnen constateren dat het anaërobe slib in die installatie vrijwel volledig bestond uit korrelig materiaal! Korrelslib, waarmee wij later zo veel furore hebben gemaakt (o.a. *Hulshoff Pol e.a. 1983, Visser e.a. 1993*). Dit verbaasde me des te meer omdat juist in de jaren zestig in Z-Afrika goed, weliswaar nogal microbiologisch en biochemisch gericht, onderzoek werd uitgevoerd naar karakterisering van anaëroob slib *(Hattingh, Thiel,.Siebert, 1967; Thiel, 1969; Hattingh, Siebert, 1967; Thiel, Hattingh, 1967; Pretorius, 1972)*. Kennelijk heeft niemand de korrelige structuur van het slib in die AnZu-installaties ooit opgemerkt, of het grote belang daarvan onderkend. Want juist dat korrelslib, het verschijnsel korrelvorming, is van eminent belang voor de praktijk van de anaërobe zuivering (AnZu). Ook de betrokken afvalwaterzuiveringsingenieurs, die juist alle mogelijke moeite deden om maar

zoveel mogelijk slib in de reactoren te houden, hebben het unieke karakter van het slib over het hoofd gezien. Voor hen luidde het devies namelijk *"Hoe meer slib je vast houdt inde reactor hoe beter het is"*. Dus men probeerde in feite in een reeds overvolle reactor nog meer slib te stoppen. Tegen de klippen op, bij wijze van spreken! Zoiets werkt volkomen averechts! Door dit soort vooraannames en allerlei vooroordelen (gebrek aan inzicht en kennis), was de zaak dusdanig dichtgetimmerd, dat men niet of nauwelijks in staat was objectief te observeren en creatief na te denken. Vastgebakken toestanden, dodelijk ... voor creativiteit en voor vooruitgang! Dit soort toestanden is rijp voor *Ontbinding*! Ik kom daar straks op terug. En wat zag je gebeuren in Z-Afrika? Men gaf alle onderzoek naar de ontwikkeling van verbeterde AnZU-systemen op. Einde verhaal, einde duurzame afvalwaterbehandeling, althans daar! Ondanks het feit dat juist ook daar begin jaren zeventig baanbrekend pilot-werk was gestart naar de toepassing van AnZu op rioolwater (*Simpson, 1971; Pretorius 1971)*!

Ik vermoed dat de 'gevestigde orde' in het sanitatiewereldje er een stokje voor heeft gestoken! Waarom?

Waarschijnlijk om dezelfde reden waarom de toepassing van AnZu in de VS ook niet van grond kwam/komt. Het *Establishment*, in dit geval dat op het terrein van de afvalwaterbehandeling (sanitatie), vormt vaak een enorme "sta in de weg" voor maatschappelijk vooruitgang, zoals naar meer duurzaamheid!

In de VS is in de zestiger en zeventiger jaren reeds baanbrekende werk uitgevoerd op allerlei gebieden van de anaërobe gisting (AnGi), zowel procestechnologisch, microbiologisch als (bio)chemisch. Er is met name daar serieus geprobeerd AnZu toegepast te krijgen voor de behandeling van

industrieel afvalwater, en zelfs voor rioolwater, reeds in de vijftiger jaren (*Coulter e.a.,1957).* Vele wetenschappers en procestechnologen geloofden in de VS juist wel in AnZu, en sommigen van hen, ondermeer *Speece (1983)*en *Dague*, zijn hun hele leven stug doorgegaan, ondanks alle scepsis en tegenwerking vanuit gevestigde bedrijfstak'. Zij, met diverse anderen, hebben aanzienlijke bijdragen geleverd aan het vakgebied.
In tegenstelling tot Z-Afrika hadden in die jaren in VS mensen als McCarty en Young, juist wel in de gaten dat **aggregatie, immobilisatie** van anaërobe organismen de sleutel voor de grootschalige toepassing van AnZu zou vormen. In een van hun artikelen werd reeds over sludge granules gesproken (*Young,McCarty, 1969*)! Ze waren met hun anaëroob filter (AF) dicht bij de oplossing. Immobilisatie van actieve biomassa vormde de sleutel tot de oplossing zoals we zelf hebben mogen constateren in het UASB-proces, en dit later ook is onderkend voor andere processen, zoals het AAFEB- proces (Anaerobic Attached Microbial Film Expanded Bed), geintroduceerd door *Jewell en Switzenbaum (1981).* Maar hoewel deze onderzoekers hun geloof in AnZu niet verloren, mocht dit niet baten om in de VS tot een doorbraak in de toepassingvan AnZu te komen! Desalniettemin zijn er door o.a. Europese contractors inmiddels toch een aantal zeer goed functionerende installaties in bedrijf gesteld! *Daar kan niemand omheen, de doorbraak komt!*

Doordat er in VS nauwelijks gelden beschikbaar werden gesteld voor onderzoek op het terrein van AnZu, kregen wij in Wageningen de kans. En die hebben we met beide handen gegrepen, we zijn dank verschuldigd aan het Amerikaanse establishment! Hiermee is overigens niet ge-

zegd dat het in Nederland allemaal zo soepel ging, ook hier vierde m.b.t. AnZu scepsis en ongeloof hoogtij. Je moet dus een sterk geloof hebben in de zaak! Maar aangezien de afvalwaterzuivering in de jaren zeventig in Nederland nog grotendeels van de grond moest komen, viel het in zekere zin nog wel mee, temeer daar de "gevestigde orde' op het terrein van de afvalwaterzuivering nog slechts bestond uit een relatief klein clubje mensen en organisaties. Bovendien kwamen er al spoedig ook mensen die juist wel iets in AnZu zagen, waaronder vele studenten. Belangrijk was voorts vooral ook, dat de industrie zich in die jaren voor de taak zag gesteld om te voldoen aan de nieuwe, begin jaren zeventig ingevoerde, wetgeving m.b.t. verontreiniging oppervlaktewater. Met name de private industrie was natuurlijk uit op zo goedkoop mogelijke oplossingen. Kortom, er lag een gigantisch werkgebied, zowel in de publieke als de private sector. Dankzij dit alles zijn we er in Nederland in geslaagd de zaak goed van de grond te krijgen. We hebben ons in eerste instantie gericht op de behandeling van (agro-)industrieel afvalwater, t.w. van de bietsuiker- en de aardappelverwerkende industrie. Voor de behandeling van bietsuikerafvalwater werd de eerste demonstratieschaal reactor bij een CSM-fabriek in Halfweg geïnstalleerd *(Ned.Chem. Ind., 1977; de Vletter, 1977).*
Rond 1976 hebben we ons geworpen op, wat we als de grote uitdaging beschouwen, de toepassing van AnZu op rioolwater (*Last e.a., 1992, Lettinga e.a., 1983, Lettinga e.a., 1993).* Die uitdaging gold enerzijds de ontwikkeling van de geschikte AnZu-technologie, anderzijds het 'gevecht' tegen de weerbarstige behoudende publieke sanitair sector. Deze 'wereld' overtuigen, tot een ander concept proberen te bewegen, dat was/is boeiend (maar vaak ook frustrerend)!

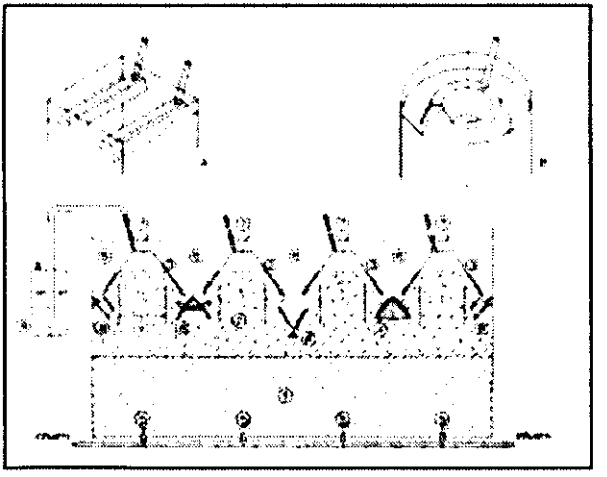
Voor industrieel afvalwater is het betrekkelijk gemakkelijk gelukt, iedereen accepteert thans dat AnZu een "grown-up technology" is! We zijn daarin geslaagd dankzij intensieve samenwerking met de vervuilende industrie, met name met de Centrale Suiker Maatschappij (CSM). En bij de CSM wil ik heel in het bijzonder noemen Rob de Vletter. Zijn geloof in de zaak, daarin ondersteund door de toenmalige directeur van de CSM-fabriek in Breda, de heer Bun, en zijn doorzettingsvermogen zijn van cruciaal belang geweest! Maar daarnaast moet zeker worden genoemd de financiële ondersteuning welke we vanuit de overheid hebben gekregen, toendertijd vooral van VROM, maar later ook van EZ, DGIS, LNV. En uiteraard is het van doorslaggevend belang geweest dat bedrijven als Paques B.V. en Biothane Systems Int. de ontwikkelde processen gingen vermarkten. De Nederlandse overheid, t.w. allerlei financieringsprogramma's (IOP, STW, EET) verdienen een geweldig compliment voor de zeer belangrijke positieve bijdrage die ze al deze jaren hebben geleverd en nog leveren aan de verdere ontwikkeling en ook aan de implementatie van de AnZu- en de S_{biol}-kringloop technologieën.
Het UASB-systeem is technisch gezien buitengewoon eenvoudig. Het ontleent zijn werking aan de vorming van zeer goed bezinkende anaërobe slib, bij voorkeur korrelslib. Dit korrelslib bestaat uit micro-ecosystemen, met daarin aanwezig – als het goed is - alle organismen om de (afbreekbare) organische vervuiling aanwezig in het betreffende afvalwater snel en vrijwel volledig om te zetten in methaan en kooldioxyde. Daarnaast wordt ook een kleine hoeveelheid (althans in vergelijking met de slibaanwas bij aëroob systemen) nieuw bacteriemateriaal gevormd, dat zich bij voorkeur nestelt in het korrelslib. Het mooie van

dit proces is dat er in de regel niets anders behoeft te worden gedaan dan het afvalwater zo goed mogelijk met het slib in contact te brengen, en natuurlijk de condities voor groei e.d. zo optimaal mogelijk te houden. Het proces verloopt dan vanzelf, er wordt gas geproduceerd, en dankzij dat gas wordt het slibbed in de reactor op een efficiënte maar ook heel 'tedere' wijze gemengd, al vrij snel voldoende goed voor het verkrijgen van het noodzakelijke contact. Het zijn in feite volledig zelfvoorzienende zuiveringssystemen, ze ontdoen het afvalwater van de organische vervuiling, genereren energie en laten nutriënten, zoals zouten van ammonium en fosfaat in het water achter als meststof t.b.v. teelt van allerlei landbouwgewassen.
De toepassing van AnZu en AnGi i.p.v. aërobe methoden voor de behandeling van afval en afvalwater zal ook leiden tot vermindering van uitstoot van broeikasgassen (*Lexmond & Zeeman, 1994).* Het mes snijdt aan twee kanten: geen energieverbruik wel energieproductie!
Duurzamer kan het haast niet!
Een schematische weergave van het UASB- proces geeft Fig.1. Het EGSB-systeem ziet er eender uit, maar de reactor is ca 4 keer hoger.
Naast de anaërobe zuivering hebben wij ons in de medio jaren tachtig geworpen op de ontwikkeling van systemen die berusten op de S_{biol}-**kringloop**, t.w.

- het *reductieve deel,* het proces van de sulfaat reductie, waarbij van UASB-achtige systemen wordt gebruik gemaakt,
- het *oxidatieve micro-aërobe* deel, waarbij gereduceerde S-verbindingen worden omgezet in elementair zwavel of – indien gewenst – in zwavelzuur.

Deze S-kringloop processen vormen in feite de logische follow-up van de toepassing van AnZu-methoden. Het re-

ductieve deel vindt namelijk vrijwel altijd al plaats in een anaërobe reactor, vaak in competitie met het proces van de



Figuur 1. Schematische weergave van UASB-reactor (A =rechthoekig; B= cilindrisch, 1=slibbed, 2 vloeistof + gasbellen, 3=gascolletor, 4,8 = diverse typen geleidingsschermen, 5 invoerpijpen met tuiten, 6= slibbezinker, 7 afvoergoten, 9 waterslot t.b.v. gasdruk.

methanogenese. Hierbij worden vluchtige zwavelhoudende stankstoffen gevormd, zoals zwavelwaterstof, mercaptanen en di-sulfiden e.d. Deze zeer giftige stankstoffen zullen op een of andere manier onschadelijk moeten worden gemaakt! Daarvoor leent zich het oxidatieve deel van de S-kringloop heel goed. Het ene past dus prima bij het andere! (*Lens e.a. 1998*) In nauwe samenwerking met de groep van professor Gijs Kuenen van de TUD-Delft, en van professor Gerrit van Straten hebben we zo een micro-aërobe methode ontwikkeld *(Buisman e.a. 1990a,b; Janssen e.a. 1998)*, die voor de praktijk vele zeer interessante toepassingsmogelijkheden biedt .

3. Het ecologische en maatschappelijke belang van

de implementatie van AnZu en S-kringloop technologieën.

De primaire reden om indertijd aan de ontwikkeling van deze technologieën te gaan werken was voor mij natuurlijk het verwachte zeer positieve effect ervan op de bescherming van het leefmilieu, en met name de duurzaamheidpotenties. Dat op zich zelf al vormde een geweldige uitdaging! Maar er was meer!
De implementatie van deze methoden zal, althans naar mijn mening, ook in maatschappelijk opzicht belangrijke positieve effecten hebben. Het zal de samenleving in de richting van duurzaamheid stuwen. Dat laatste was voor mij een belangrijke extra motivatie om op dit gebied te gaan werken. Ik zal proberen dat toe te lichten. Het geldt, daarvan ben ik overtuigd, ook voor andere onderzoekers op dit gebied. Maar eerst het belang van deze methoden voor de hygiëne van het leefmilieu.

3.1. Het ecologische belang van de implementatie.

Het gaat hierbij om het behoud van een hoge kwaliteit van het fysieke leefmilieu m.b.v.

- *Milieutechnologische methoden en concepten* die duurzaamheid paren met robuustheid en preventie, derhalve uiteindelijk zullen leiden tot een toenemende mate van **kringloopsluiting binnen bedrijven en regio's.**
- *Duurzame energie opwekking uit biomassa*, derhalve 'renewable energy', d.w.z. op wijze waarbij een maximale conversie in een bruikbare brandstof plaatsvindt bij een minimale input van grondstof-

fen en bij gebruik van een technisch zo eenvoudig mogelijke technologie die bij voorkeur op iedere schaal toepasbaar is en op elke denkbare locatie.

We willen – zo stellen 'we' – t.b.v. komende generaties meer **duurzaamheid realiseren** in de samenleving. Een lange termijn doelstelling dus! Een zeer nobel streven om ons zelf beperkingen op te leggen ten behoeve van al die 'onbekenden' die na ons komen, *'lucht voor leven te geven'*. Iedereen heeft de mond er van vol, maar het lijkt te 'mooi' om waar te zijn! Want zodra het er om gaat vandaag iets te ondernemen, prevaleren onmiddellijk de eigen economische belangen, persoonlijke of die van de eigen organisatie, gemeenschap of land. Dan speelt de korte termijn, en betrekt vrijwel iedereen de duurzaamheid op een heel eng vakgebiedje, zoals op de kwaliteit van ons Nederlandse (!) oppervlaktewater, om maar wat op het eigen vakgebied te blijven! Om die oppervlaktewaterkwaliteit goed te houden (men spreekt wel over 'natuurlijk') mogen we 'ons', zo lijkt het soms, enorme opofferingen getroosten, dure en grondstoffen en energievretende zuiveringsmethoden toepassen. Zelfs al wordt daarbij slechts een marginale verdere verbetering van die waterkwaliteit nagestreefd. Dit heeft m.i. niets met duurzaamheid te maken. Want ondertussen blijkt Nederland B.V. nauwelijks iets over te hebben voor de verbetering van het zwaar verziekte leefmilieu ergens in een niet te ver buitenland. Terwijl juist dat hout zou snijden. Nog afgezien van het feit dat de kwalijke effecten van zo'n zeer ernstige milieuvervuiling ergens 'ver' weg bij onze landsgrenzen geen halt houden.
Bij **duurzame ontwikkeling** gaat het primair om het in stand houden van voorraden aan minerale grondstoffen en energie, maar daarnaast ook van een goed leefmilieu, alles

primair t.b.v. komende generaties. ***De Commissie Brundtlandt*** ziet als oplossing van de mondiale milieuproblematiek '*een nieuw tijdperk van economische groei, maar dan wel uitgaande van een beleid dat de in de natuur beschikbare hulpbronnen in stand houdt en uitbreidt*'. Ze stelt ook dat er een *waarborg* zou dienen te zijn dat de armen eerlijk delen in een en ander. Ik heb daar zo mijn twijfels over, want wie zou die waarborg moeten geven. *(G.Lettinga, 1989).* Wat is er de afgelopen jaren wat dat betreft gebeurd? Er zijn in Nederland zeer zinnige studies uitgevoerd in het kader van het z.g. DTO-programme (DTO = Duurzame Technologie Ontwikkeling). De uitkomsten hiervan hebben het nodige 'los' gemaakt, her en der het inzicht doen rijpen, dat het anders moet en ook anders kan! Nu de follow-up!
Waarom, vraag je je af, zou er niet eens een einde mogen of moeten komen aan die 'overmatige' groei in de rijke geïndustrialiseerde wereld? Mijns inziens vormt dat een primaire voorwaarde voor het realiseren van een duurzamere samenleving. Maar daar wordt zeer verschillend over gedacht. Hoe dan ook, maatschappelijke veranderingen, die in het algemeen wel noodzakelijk worden geacht, moeten wel op een soepele wijze plaatsvinden, want te 'harde' ingrepen brengen, zoals *Jeroen van der Veer (2001)* onlangs stelde, de economische ontwikkelingen in gevaar. Dat zou volgens hem tot verarming leiden, hetgeen hij aanmerkt als 'het tegendeel van duurzame ontwikkeling'. Waaraan het misschien echt schort in onze samenleving is, dat 'we' niet in staat zijn onze '*economie*' te beheersen. Dat is kennelijk onmogelijk, en dus zijn we min of meer aan de goden overgeleverd. Een negatieve economische groei, waar iedereen als de dood voor is, zou misschien niet zo rampzalig behoeven te zijn, wanneer we er in zouden slagen

allerlei zaken wat rechtvaardiger te verdelen, zoals ondermeer de werkgelegenheid.

In onze geïndustrialiseerde wereld lijken we het te moeten hebben van **continue innovatie**. Het ene is nog niet ontwikkeld of het nieuwe staat al weer te trappelen om het oude (dan soms opeens "inferieur"!) te verdringen. Het is de afgelopen eeuwen trouwens nooit veel anders geweest. Marx had daar zo'n 150 jaar geleden zijn zorgen al over (*Wheen, 2000*). En dat alles gaat maar door, en in een steeds hoger tempo lijkt het wel, resulterend in de alom in onze maatschappij zo geprezen economische groei! Er is niets op innovatie tegen, maar het zou wel moeten resulteren in meer duurzaamheid! Maar m.i. leiden zeer veel van de huidige innovaties tot precies het tegenovergestelde, n.l. tot vernietiging van kapitaal en grondstoffen, oeverloos gesleep met goederen en dieren, een beangstigende voortgaande specialisatie op allerlei terreinen, etc. De mens komt hierdoor, als gevolg van dit soort kapitalistische productiewijzen, althans volgens Marx, steeds verder weg te staan van de basis van zijn bestaan *(Bogaerts Geert Jan, 2001)*.
Innovatie moet geen doel op zich worden! Zo is op milieutechnologisch gebied lang niet alles wat elders in de wereld wordt toegepast, of wat vroeger hier werd toegepast, zo slecht. Enige relativering lijkt wel op zijn plaats. Bovendien kunnen oudere concepten en methoden op basis van inmiddels verkregen betere inzichten en/of nieuwe ontwikkelingen (ook technologische) waarschijnlijk op eenvoudige wijze aanzienlijk worden verbeterd, bijvoorbeeld door de burger zelf. Maar iets 'eenvoudig doen', dat past helaas niet zo best in deze tijd!

3.1.1. Duurzame milieutechnologische methoden en

concepten.
Werkelijk duurzame milieutechnologieën zouden m.i. aan de volgende criteria dienen te voldoen:

- nauwelijks of geen grondstoffen en energie verbruiken,
- de mogelijkheid bieden om energie en grondstoffen te winnen uit afvalstoffen
- een hoge efficiency paren aan een lange levensduur,
- op zo mogelijk iedere schaal en locatie toepasbaar zijn.
- wat betreft constructie en bedrijfsvoering eenvoudig zijn.

Wat betreft de verwijdering van organische vervuiling en de mogelijkheden om deze te benutten als energiebron voldoen AnZu- en AnGi-processen bij uitstek aan deze vijf 'geboden'. In vergaande mate is dit ook het geval voor de processen gebaseerd op de S-kringloop.
Hieronder wil ik een kort overzicht geven hoe de zaken er m.b.t. de implementatie van AnZu- en AnGi-methoden er momenteel voor staan, t.w. in de industrie , de landbouw en veeteelt, en in de publieke sector van de 'sanitatie'.

a) In de industrie.
Anaërobe afvalwaterzuivering (AnZu) heeft inmiddels in Nederland, maar in toenemende mate ook in het buitenland, uitgebreide en succesvolle toepassing gevonden. Dit is met name het geval voor de behandeling van afvalwater van agro-industrieën, met uitzondering van slachterijen en de zuivelindustrie. Daar gaat het , hoewel AnZu goed toepasbaar is, allemaal wat moeizamer (*o.a. Rinzema e.a., 1993, Petruy e.a., 1997, Sayed 1988*)! Ook in de houtpulp en papier(verwerkende) industrie (*Field e.a. 1990 a,b;*

1991; Sierra-Alvarez e.a., 1990; Kortekaas, e.a., 1998) en in toenemende mate in de (petro-)chemische industrie wint AnZu snel aan populariteit. Momenteel zijn UASB-reactoren verreweg de meest gebruikte systemen, maar EGSB-reactoren winnen snel terrein, omdat ze veel compacter en beter regelbaar zijn, terwijl ze veel meer perspectief bieden voor de behandeling van zeer verdunde en koude typen afvalwater. Ook sommige Fluidized Bed (FB) systemen, zoals ontwikkeld door *Iza (1991)* bieden goede perspectieven. Ze lijken qua bedrijfsvoering nogal op EGSB-reactoren.
Door de snel verbeterende inzichten op het gebied van de microbiologie, chemie en procestechnologie, door de veel multidisciplinairdere aanpak van het onderzoek, wordt inmiddels ook meer en meer duidelijk dat de toepassing zich zal gaan uitbreiden tot de categorie 'zeer moeilijke' afvalwaters, d.w.z. zeer moeilijke verbindingen. Toepassing van meertraps AnZu-systemen bieden veel perspectief, systemen bijvoorbeeld bestaande uit UASB, AF, EGSB-modules *(Elmetwally, 1999, Lettinga e.a. 1997)*. Door een geïntegreerde aanwending van aërobe en anaërobe processen, door toepassing van specifieke organische verbindingen als mediator t.b.v. de overdracht van elektronen, door inschakeling van fysisch-chemische methoden, kunnen zeer moeilijke verbindingen (hogere vetzuren, azo-kleurstoffen, aromaten als tolueen, ftaalzuur, Nitro-aromaten, diverse gechloreerde verbindingen etc) worden afgebroken. Het is hier niet de plaats daar verder op in te gaan, ik wil slechts verwijzen naar een aantal publicaties van onze groep (*Field e.a., 1990, 1991; Hwu e.a.1998; Kleerebezem e.a. 1999; Razo-Flores E, e .a. , 1997, 1999; Sierra-Alvarez,1990 1995, Tan N.C.G, 1999).* Veel mag worden verwacht van verbeterd inzicht van het effect van sporen

elementen (*Florencio L e.a.* 1994; *Gonzalez-Gil, e.a. 1999).* Hieraan wordt thans in samenwerking met de secties Microbiologie en Fysisch-Colloïd Chemie uitgebreid onderzoek gedaan.
Mede dankzij de succesvolle toepassing van AnZu, wordt in toenemende mate toegewerkt naar **kringloopsluiting** binnen bedrijven en naar terugwinning en hergebruik van grondstoffen, en ook van het gezuiverde water. Dit betekent dat er een combinatie van allerlei methoden moet worden toegepast, biologische en fysisch-chemische, zo geïntegreerd mogelijk. Chemische precipitatie processen, zoals van calciumcarbonaat en fosfaat en van metaalsulfiden, vinden veelal toch reeds plaats bij AnZu (*Langerak e.a.1999*). Precipitatie van metaalsulfiden is vooral interessant bij toepassing sulfaatreductie.
Maar kringloopsluiting binnen bedrijven blijft vooralsnog nog een tamelijk moeizaam gebeuren, vooral bij de voedingsmiddelenindustrie. Men heeft daar te kampen met een imago-probleem als belangrijk knelpunt, n.l. de onzekerheid dat de klant problemen zou kunnen hebben over de kwaliteit van de voedingsmiddelen. *(Jac van Tuijn).*
Het zal er ooit wel van komen! Bij die kringloopprocessen zullen AnZu-processen mogen worden beschouwd als het hart van het systeem, ze scheppen de juiste voorwaarden voor terugwinning en hergebruik. Bovendien blijkt in toenemende mate dat AnZu-processen ook uitermate flexibele systemen zijn. Ze kunnen worden toegepast bij temperaturen tussen 50 –70 °C (*Lier van e.a.,1996, Wiegant e.a, 1985*) maar ook in het psychrofiele gebied tussen 1 –20 °C (*Koster e.a. 1985, Rebac e.a. 1998*), en zijn vaak bestand tegen hoge zoutconcentraties, zelfs van ammonium (*Van Velsen 1979, Koster e.a. 1988. Zeeman e.a., 1985*).

We verwachten dat er voor de biologische **S-kringloop**

zeer veel toepassingen liggen, zowel voor afvalwaterbehandeling, gasreiniging als voor de behandeling van verontreinigde bodems. De op het oxidatieve deel van de S-kringloop gebaseerde methoden worden inmiddels al met succes toegepast, zoals voor de verwijdering van zwavelwaterstof uit biogas en voor aardgas liggen er wat dat betreft enorme mogelijkheden. Ook voor de verwijdering van sulfide uit waterige oplossingen wordt het in toenemende mate toegepast (o.a. *Buisman e.a. 1990, Janssen e.a. 1998).* Bij dit proces wordt elementair zwavel als bijproduct gevormd, waarvoor er een potentieel interessante markt ligt. De S-kringloop processen bieden daarnaast nog tal van andere mogelijkheden, zoals de verwijdering van sulfaat uit afvalwater en SO_2 uit afgassen. Hierbij wordt dan eerst het reductieve deel van de S-kringloop toegepast *(Lens e.a. 1998)*, en vervolgens de micro-aërobe oxidatie van sulfide naar elementair zwavel. Ook liggen er interessante mogelijkheden voor de verwijdering, c.q. omzetting van diverse zeer stinkende en uiterst giftige organische S-verbindingen uit gassen. Voor de verwijdering en terugwinning van ondermeeer Zn uit vervuilde bodem wordt de S-kringloop reeds succesvol op praktijkschaal toegepast. Hetzelfde zal naar verwachting gebeuren met zware metalen vervuilde waterige oplossingen.
Gezien het feit dat op dit gebied het meeste nog in de kinderschoenen staat mogen in de toekomst nog tal van 'verrassingen' worden verwacht, dus zinnige innovaties. De grote doorbraak m.b.t. de implementatie moet nog komen. Net zoals dit bij AnZu het geval is, moeten ook hier soms grote barrières worden genomen. Deze problemen spelen vooral wanneer ze een alternatief vormen voor een bestaand systeem, zelfs wanneer dat proces duurder en minder duurzaam is.

Gezien de vroege en succesvolle implementatie van de AnZu en reeds geboekte voortgang daarmee van S-kringloop-processen, en dankzij het feit dat twee installatiebedrijven en een aantal bureaus actief zijn op dit marktsegment, loopt Nederland op dit terrein tamelijk voorop. De noodzakelijke infrastructuur is hier inmiddels uitstekend ontwikkeld!

b) In de agrarische sector.

De toepassingsmogelijkheden van AnGi-methoden voor de behandeling van agrarische afvallen t.b.v. de winning en hergebruik van bijproducten zijn zeer groot. Agrarisch afvallen zijn goed vergistbaar, en kunnen alleen al daarom eigenlijk als grondstoffen worden aangemerkt! Dit geldt trouwens ook voor alle huishoudelijk (fecaliën, GFT) en industriële afvallen van natuurlijke oorsprong. Wanneer desalniettemin AnGi in de agrarische sector niet of nauwelijks wordt aangewend, maar de kennis is beschikbaar, dan betekent dit in feite dat er (o.a.) binnen die 'sector' aan een aantal wezenlijke voorwaarden voor duurzaamheid niet voldoende wordt voldaan. En zo zit dat ook!
Of het nu gaat om zeer grootschalige of betrekkelijk kleinschalige bedrijven, uit het oogpunt van het bereiken van meer duurzaamheid, is het in feite een 'must' om tot een zo groot mogelijke benutting van agrarische residuen te komen, n.l. door productie van biogas als brandstof, van meststoffen en van organische bodemverbeteraars,
De technologie voor vergisting van vast semi-vaste (slurries) en vloeibare agrarische residuen is er voor beschikbaar, zoals:

- *Conventionele AnZu-installaties voor de behandeling van afvalwater*, zoals UASB-reactoren of AF-systemen, hybride reactortypen. Ze kunnen, dik-

wijls zelfs op heel simpele wijze, voor de behandeling van allerlei vloeibare afvalwaterstromen die op een boerderij vrijkomen, worden gebruikt,.

- *conventionele slib-gistingsinstallaties*, o.a. van het type zoals aangewend bij de vergisting van rioolwaterslibben. De ontwerpen en bedrijfsvoering van die systemen zijn weliswaar nog grotendeels gebaseerd op die van decennia her, maar inmiddels is aanzienlijk meer inzicht en kennis beschikbaar gekomen op het gebied van AnGi, t.w. over de microbiologie, technologie en procesvoering. In allerlei opzichten is derhalve thans een aanzienlijke optimalere toepassing mogelijk, zowel voor de stabilisatie van het te vergisten materiaal (d.w.z. een zo volledige mogelijke uitrotting) als voor de netto energieproductie er uit.
- *Vergistingsinstallaties van het accumulatie type.* Deze bieden veel perspectief voor de vergisting van allerlei substanties die continu op een locatie (boerderij) vrijkomen, maar waarvan de vergiste residuen slechts periodiek kunnen worden aangewend voor bemestingsdoeleinden. Hetgeen in de regel het geval is! Evenals voor conventionele systemen kunnen ze t.b.v. de gewenste uitrotting en de netto energieproductie worden geoptimaliseerd. In principe kunnen het in aanschaf hele goedkope installaties zijn en qua bedrijfsvoering eenvoudige systemen.
- *Ladingsgewijs bedreven vergistingsinstallaties van 'droge' biomassa.* Gezien het feit dat deze installaties, ondermeer het z.g. Biocell-proces, zowel wat betreft ontwerp als bedrijfsvoering relatief eenvoudig zijn, zijn ze voor de praktijk potentieel heel

interessant. Niettemin is er tot nu toe in Nederland, n.l. in de Flevopolders nog slechts een installatie van dit type geïnstalleerd.

Maar, iedereen beseft dat zo langzamerhand, er zit iets heel grondig mis met onze landbouw. Er is vaak sprake van een ernstig verstoorde regionale nutriënten balans, of van vergiftiging van de afvallen met kwalijke xenobiotica. Hierdoor kan van biologische recyclingprocessen niet optimaal gebruik gemaakt worden. Wat betreft de toepassing van AnGi zijn hieraan overigens ook debet de (veel te) lage energie- en grondstoffenprijzen.
In onze agrarische sector kampen we in feite met een veel te ver doorgevoerde *geïndustrialiseerde* aanpak, waardoor aan primaire duurzaamheidscriteria niet wordt voldaan, of kan worden voldaan. Deze aanpak brengt een aantal voor het (leef)milieu, voor de samenleving en t.a.v. duurzaamheid en robuustheid zeer ongunstige effecten met zich mee:

- monoculturen en uitputting/verschraling van gronden,
- dier-, plant-, grond-, milieuonvriendelijk gedrag
- ondoelmatig gebruik van grondstoffen, zoals agrarische residuen (mest e.d.) en landbouwgronden, vanwege de grote regionale overschotten,
- te overmatig gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen.
- verpaupering van het platteland en vernietiging van mooie Nederlandse landschappen (foeilelijke veestallingen, varkensflats??),
- zeer kwetsbare voedselvoorziening binnen regio's en landen sterke afhankelijkheid van o.a. de trans-

portsector,
- wereldwijde eliminatie van de "echte boeren", d.w.z. mensen die met hart en ziel, met liefde voor plant en dier hun beroep uitoefenen,
- overproductie van voedsel binnen Europa, tekorten elders.
- BSE- en MKZ-achtige toestanden,
- Vervreemding van de mens van de natuur,
- 'Nodeloos' grootschalige transport van basisproducten (veevoer, granen), van agrarische residuën, zoals mest, en van dieren.

Slechts de grootimporteurs van veevoer, transport- en distributiebedrijven, groothandelsmaatschappijen e.d. lijken uiteindelijk te profiteren van deze aanpak. Ze zitten meer en meer als een spin in het web. Ongetwijfeld heel goed ondernemerschap, dat respect verdiend, maar voor de gemeenschap gevaarlijk! Maar, aan de andere kant is het positieve van deze wijze van landbouw bedrijven dat ons voedsel zeer goedkoop is en Europa zelfvoorzienend! Een grote verworvenheid van de laatste decennia. Echter, Europa mag dan zelfvoorzienend zijn, we realiseren ons ondertussen meer en meer dat dit voor allerlei regio's en landen binnen Europa absoluut niet het geval is, met misschien Nederland voorop! Een onheilspellend vooruitzicht, zo'n groeiende afhankelijkheid van de (in ons land) zo bewierookte transport- en distributiesector en van de voedselverwerkende industrie. Door die grootschaligheid worden we, naast al dat transport, bovendien genoodzaakt voedsel langdurig en grootschalig op te slaan, met alle bijbehorende risico's vandien (*Joost van Kasteren, 2000*). En slaan we met de toenemende manipulatie van ons voedsel niet een gevaarlijke weg in? De z.g. *functional foods*, stelt

men (o.a. onderzoekers), zijn primair bedoeld voor kwaliteitsverbetering van het menselijk leven, o.a. van de 'oudjes'. Echter de toxicologen wijzen dan onmiddellijk op de mogelijke risico's, want daarop hebben zij zich gespecialiseerd. Wat is de zin van wat is de werkelijke drijfveer achter dit alles? Voor de voedingsmiddelenindustrie, die veel onderzoek subsidieert, is dat duidelijk, het gaat primair om de business.

Als milieutechnoloog en boerenzoon, gaat me dit alles aan het hart. Ik ben van mening dat de *"echte boeren"* ten onrechte (alleen) in het beklaagdenbankje worden geplaatst, ook al zijn ze voor deze ontwikkelingen in de landbouwsector in zekere mate medeverantwoordelijk. De hoofdverantwoordelijken vluchten weg. Gezien het feit, dat juist de "boeren"stand in het verleden enorm heeft bijgedragen aan het tot stand komen en in tact houden van de prachtige Nederlandse landschappen, aan behoud van een schoon milieu, en aan een grote diversiteit in de natuur (*Struik, Almekinders, 2000*), is dit niet te accepteren. Bovendien, zijn juist zij, die echte boeren, essentieel voor het realiseren van een stukje regionale zelfvoorziening van voedsel en produceren ze kwalitatief hoogwaardige, d.w.z. goed smakende en gezonde producten.
Deze 'echte boeren' verdienen ons respect. Ik vind, en gelukkig sta ik daarin lang niet alleen, dat er snel een einde moet komen aan de uitstoot van deze beroepsgroep, evenals trouwens van andere ambachten. In feite moeten er juist snel weer zo veel mogelijk bij komen! Dankzij de BSE- en MKZ-affaires zou dat inzicht in de samenleving kunnen groeien.
Die uitstoot van boeren is al een aantal decennia geleden begonnen! Om tot een economische bedrijfsvoering te ko-

men moesten ze, volgens de voorlichters, steeds maar verder de weg op van schaalvergroting en dure mechanisering en robotisering! Investeren, investeren! Nu maken allerlei regelgevers hen een normaal leven onmogelijk, ze moeten maar weer (maar nodig??) investeren, de ARBO loopt voorop met haar zweepje; ze hoeven de rekening niet te betalen. Nooit was/is het genoeg, maar beter kregen ze (de overgebleven boeren) het niet echt!
Er komt pas een definitief einde aan dit kwalijke proces van uitstoot, wanneer de grootindustrie, handelsorganisaties en banken de hele zaak in handen hebben, wanneer de boeren fabrieksarbeider zijn geworden of medewerker op een mammoetbedrijf voor de uitvoering van 'deel'taakjes. De hoog gespecialiseerde wetenschappers, met hun verkokerde visie(s), ...misschien wat te zwart wit, zijn dan de managers. In feite zijn die er op uit, lijkt het wel, om aan allerlei mensen hun beroep/ ambacht te ontnemen, aan mensen, die dat met hart en ziel en met veel deskundigheid eeuwenlang hebben uitgeoefend! Voor de samenleving kan dit nooit goed zijn.
Het is niet voor niets, denk ik, dat zelfs het ministerie van LNV aan een naamswijziging denkt. Bij volgende kabinetsperiode zou het omgedoopt moeten worden in een departement van "*Voedsel en Groen*" (Bogaerts, 2001). Uiteraard met behoud van hetzelfde ambtenarenapparaat en achterban. Wat hiervan te denken? Voor een ontwikkeling, die LNV met haar achterban decennia lang sterk heeft gestimuleerd, wil ze kennelijk geen rekenschap en verantwoording afleggen.

Gezien een en nader zou ik daarom met *Maarten het Hart* (L.C. 17 februari, 2001) willen zeggen "*Boeren grijp toch uw dorsvlegels, uw rieken en uw zeisen. Waar zijn toch al uw*

limousine-tractoren gebleven waarmee jullie indertijd zo effectief de wegen hebben geblokkeerd? Als ze nu ergens aan hersenverweking, ja aan totale hersenloosheid lijden is het op het ministerie van landbouw. Daar worden totaal krankzinnige, op onkunde, onwetendheid en pure angst gebaseerde maatregelen uitgedokterd die kant nog wal raken en alleen maar ingegeven lijken door 't wanhopige verlangen de consument weer aan de gehaktbal te krijgen."

Bij dit alles dringt zich de vraag op of er geen **goede tussenweg** is te vinden, een boervriendelijke en meer holistische aanpak, op basis van huidige wetenschappelijke inzichten en technische mogelijkheden en gestoeld op verworvenheden uit het verleden. We zouden ons moeten richten op het realiseren van een zo groot mogelijk voedselzelfvoorziening, op duurzame bescherming van het leefmilieu, maar dan wel met zoveel mogelijk echte boeren, tuinders en ambachten.
Het heeft m.i. helemaal geen zin dat een boer thans 9000 kg/ha in 9-15 uur werktijd kan produceren (tegen 1500kg/ha in 370 uur voor de oorlog). Om hem wat vrije tijd te geven, zodat hij elders nog wat kan bijverdienen, of kan uitslapen (zoals de melkrobot wordt aangeprezen), of vanwege de grotere vervuiling van de minder intensieve landbouw, zoals Rabbinge stelt (*Joost van Kasteren, 2000*)? Hoe is het nu precies gesteld met de energie-input in die intensieve landbouw, en met het verbruik van grondstoffen in het algemeen? Hoe kun je het verlies van mooie landschappen in geld uitdrukken, en in hoeverre wordt er rekening gehouden met het grondstoffenverbruik in de transportsector? Deze is dan misschien momenteel 'economisch', maar wat gebeurt er als de energieprijzen omhoog schieten?? En hoe zit het met het gebruik van bestrijdings-

middelen? Je kunt wel de bezwerende vinger heffen naar de biologische sector als bron voor allerlei ziektes en plagen, maar ... ziekteverwekkers zijn hoe dan ook nooit uit te roeien met bestrijdingsmiddelen. Ze hebben alle tijd van de wereld, het gevaar dreigt dat door al die (chemische) bestrijding allerlei organismen immuun worden. Het komt er al met al op neer dat de huidige grootschalige landbouw erg kwetsbaar is, getuige de problemen met de varkenspest, BSE en MKZ, en die met Phytophthora bij de bouw van aardappels (Struik, Almekinders, 2000). Waarom zou een fikse productieverlaging niet mogelijk zijn, zodat weer heel veel mensen, met hart voor dier en natuur, een zinnig bestaan binnen de sector vinden? Goed voor de gemeenschap, goed voor heel mensen.
Binnen de Wageningse universiteit wordt over dit soort zaken nog al verschillend gedacht. Er worden wel initiatieven genomen om tot een trendbreuk in de landbouw te komen, maar universiteiten zijn verkokerd en financieel afhankelijk, men kan geen kant uit. Toch zou onze WU, met al haar kennis, veel kunnen doen.

c) In de publieke sanitatie sector.
Er schort m.i. in de welvarende geïndustrialiseerde wereld ook veel aan de duurzaamheid en de robuustheid in de publieke sanitatiesector. Wat betreft hygiëne en woongerief zit het met onze sanitatie wel goed. Maar mijn stelling is, en ik sta hierin lang niet alleen, dat onze huidige sanitairconcepten zijn gebaseerd op een allerminst op duurzaamheid en op preventie (van vervuiling) gericht, derhalve verouderd, paradigma, n.l. *afvoer van ons afval ver vanaf de woonplek m.b.v. peperdure transportsystemen.* Deze transportsystemen gaan bovendien mank aan een beperkte levensduur, en het gebruik ervan gaat vergezeld met

verkwisting van grote hoeveelheden zeer schoon leidingwater. Bovendien impliceert het gebruik van riolering veel overlast voor de burger, zoals we vandaag de dag in vrijwel alle steden en dorpen ondervinden. Graafwerkzaamheden, maar soms is er ook sprake van stankoverlast, met name rondom bergingsbassins. Het huidige – sterk gecentraliseerde - sanitairconcept (CENSA) noodzaakt bovendien tot toepassing van dure en ingewikkelde zuiveringssystemen, die hoogwaardige energie verbruiken terwijl er nauwelijks of geen nuttige grondstoffen worden teruggewonnen. In feite is zelfs sprake van vernietiging van grondstoffen! Goed beschouwd worden er dus veel problemen gecreëerd, problemen die daarna slechts met heel veel moeite en tegen hoge kosten kunnen worden opgelost.
In het licht van het bovenstaande moet men m.i. ook de zo langzamerhand tot absurde proporties aangescherpte regelgeving plaatsen. Als gevolg hiervan moeten keer en keer nieuwe zuiveringstechnologieën worden ontwikkeld, omdat de oudere niet meer aan de eisen kunnen voldoen. Dit bijna continue proces van technologische innovatie, dat vergezeld gaat van een steeds verder doorgevoerde centralisatie, leidt tot kapitaalvernietiging. De ene keer lijken de regels te worden aangepast aan de mogelijkheden van de nieuwe technologie, de andere keer worden de regels aangescherpt op basis van de verwachting dat er wel een geschikte nieuwe technologie zal worden ontwikkeld.
De vraag welke zich opdringt is "In hoeverre is het mogelijk binnen de publieke sanitatie sector, in navolging van er in de industrie de laatste decennia plaats vindt, een veel duurzamere, robuustere en op preventie gerichte oplossing binnen redelijke termijn van de grond te krijgen?" Dat is m.i. heel goed mogelijk!
Zoals hiervoor opgemerkt, was en is voor ons een van de

belangrijkste uitdagingen om AnZu als primaire methode toegepast te krijgen op rioolwater en huishoudelijk afvalwater. Dankzij financiering van DGIS is het gelukt om de toepasbaarheid op rioolwater in de Tropen aan te tonen. Het uitgevoerde onderzoek in Cali, Colombia, (met als Nederlandse partner HASKONING B.V, en de UNIVALLE en EMCALI als Colombiaanse partners) heeft een geweldige impuls gegeven aan de implementatie van AnZu voor rioolwater in de tropen. Zowel in Latijns Amerika als Z-O Azië, met name in India, rijzen de AnZu-installaties voor rioolwaterbehandeling nu als paddestoelen uit de grond.
Ook onder lagere temperatuurcondities, d.w.z. in subtropen en in gematigde klimaten, liggen er goede mogelijkheden om AnZu toe te passen, zij het dat de technologie dan wat complexer wordt en er ook bij langere verblijftijden moet worden gewerkt. Er is op dit gebied de laatste 20 jaar erg veel onderzoek gedaan *(Seghezzo e.a.1998)*.
Toepasbaar is het zeker, maar om dit in de publieke sector van de sanitatie echt optimaal te kunnen realiseren, zal er toch iets wezenlijks in de aanpak moeten veranderen! Men moet een nieuw paradigma gaan volgen, n.l "***Minimalisatie van transport van afval en afvalwater, behandeling op of nabij de woonplek***". De toepassing van methoden en technieken als AnZu wordt dan veel aantrekkelijker, terwijl door zo'n betrekkelijk decentrale aanpak in de sanitatie, DESAH (*Decentrale Sanitatie en Hergebruik),* tot meer hergebruik van gewonnen bijproducten kan worden gekomen *(van Lier e.a. 1999, Buuren van, ea. 1998)*. Vanuit de gevestigde sanitatiewereld, wil men ons echter doen geloven dat dit 'wishful thinking' is, zoals ik wil illustreren met uitspraken van *Harremoës*

(1997), t.w.:

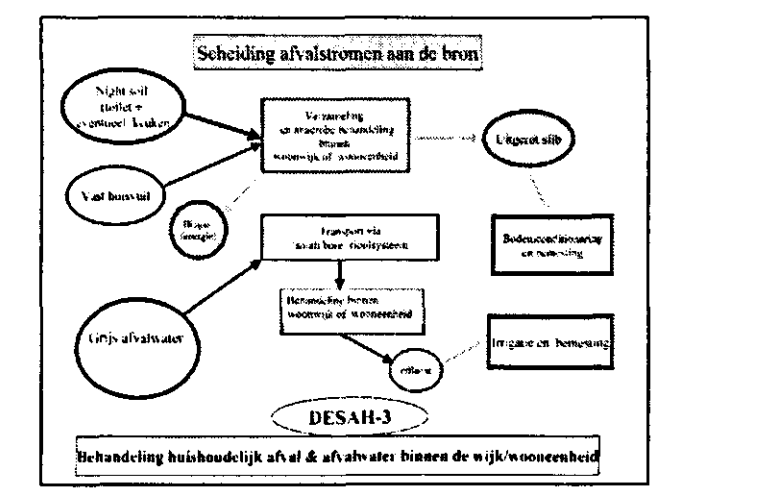
" Local wastewater treatment is not a viable solution in cities, because the approach is either 'low tech', which does not live up to established hygienic requirements and risk assessment, or it is 'high tech', which suffers from energy consumption.",

"The present De-centralized Urban Sanitation systems lack on adaptability into the urban environment, manageability & control (maintenance of standards".

"There is no miracle 'low tech' solution in sight, because it (environmental pollution) is a social rather than technical problem".

Met zo'n voorstelling van zaken slaat Harremoës de plank flink mis. Hij geeft er blijk van over onvoldoende informatie te beschikken t.a.v. de huidige technologische mogelijkheden op dit gebied. DESAH-oplossingen zijn juist wel goed mogelijk, hoewel nog niet echt optimaal! In een vloek en zuch is het niet voor elkaar is te krijgen. We zouden daartoe eerst af moeten zien te komen van bijv. die drastische verdunning van oorspronkelijk geconcentreerd afval (menselijke uitwerpselen)! De implementatie kan en moet heel geleidelijk plaats vinden, alleen al gezien de enorme investeringen welke er zijn gedaan t.b.v. de huidige sterk gecentraliseerde sanitatie. Ter voorkoming van kapitaalvernietiging. Aan de andere kant zouden we in ieder geval moeten proberen onze gemeenschap er voor te behoeden dat opnieuw enorme investeringen op dat gebied worden gedaan, alleen al met het oog op de zo gewenste (?) duurzaamheid, bijvoorbeeld in ontwikkelingslanden, maar ook in onze eigen buitengebieden! Voor het realiseren van een zo groot mogelijke duurzaamheid en robuustheid, en om het risico op verspreiding van pathogene or-

ganismen te minimaliseren ligt het voor de hand te proberen het meest risicovolle, maar gelukkig van oorsprong ook zeer geconcentreerde huishoudelijk afval met de menselijke uitwerpselen (het *zwarte afvalwater*) zo geconcentreerd mogelijk te houden. Dus dit niet op te mengen met de weinig vervuilde afvalwaterstroom (het *grijze afvalwater*), die qua hoeveelheid aanzienlijk groter is dan het zwarte afvalwater. En opmengen met regenwater is, in dit licht bezien, natuurlijk al helemaal uit den boze'. Op deze wijze worden problemen voorkomen, de gevaarlijke pathogenen blijven geconcentreerd, evenals mogelijk in de ontlasting aanwezige restanten van medicijnen. Wat betreft de toe te passen behandelingsmethode moet primair aan AnGi worden gedacht, want die is goedkoop, compact en efficiënt m.b.t. de omzetting van de biologisch afbreekbare organische stof.



Figuur 2. Schema DESAH-oplossing inclusief de inzameling en behandeling van vast huisvuil.

In principe kan de behandeling dicht bij de woning(en) of zelfs op de woonplek, plaatvinden bijv. in de kelderruimte van een flat! Bovendien kan ook het vast organische huisvuil in dezelfde installatie worden behandeld, hetgeen leidt tot vermindering van transport over de weg. In het schema in Fig. 2 is de voorgesteld aanpak geïllustreerd.

Het is voor de optimale implementatie en toepassing van DESAH-concepten erg nodig dat tijdig wordt begonnen met het nog noodzakelijke ontwikkelingswerk. Het gaat hierbij enerzijds om biologische methoden, met een prominente plaats voor AnZu en AnGi, (*Elmetwally e.a., 1999*) anderzijds om de fysisch-chemische methoden die complementair moeten worden aangewend t.b.v. de verwijdering/terugwinning van nutriënten, en de verwijdering van restanten opgeloste organisch vervuiling en pathogenen.
Uiteraard zitten er op dit moment nog al wat haken en ogen aan het DESAH-concept, d.w.z. om tot optimale toepassing daarvan te komen. Zoals m.b.t. het transport van dikkere 'drabben' over een voldoend grote afstand, m.h.o. op een zo economisch mogelijk bedrijf van de vergistingsinstallatie. Dit betekent een uitdaging voor de rioleringswereld! Een andere vraag is hoe het zit met de economie van DESAH-concepten, de betrouwbaarheid en het comfort? In aanleg en bedrijf zullen ze nauwelijks duurder zijn, maar mocht dat niet helemaal zo zijn, dan staan er diverse grote winstpunten tegenover, zoals een grotere duurzaamheid, veel geringere kwetsbaarheid, t.w. een zeer sterk verminderde afhankelijkheid van bijv. elektriciteit en watervoorziening. Wat betreft hygiënische betrouwbaarheid en comfort van het concept, is er nauwelijks reden tot zorg, tenzij het onnodig ingewikkeld wordt

gemaakt. Een vraag is ook hoe de nuttige bijproducten kunnen worden teruggewonnen. Een interessante optie zouden daarvoor membraanprocessen kunnen zijn! Voorts moeten voor de behandeling van het weinig vervuilde grijze water goede oplossingen worden gevonden, ieder situatie is uniek, vraagt haar eigen aanpak. Een waarschijnlijk nog belangrijker punt m.h.o. op het realiseren van meer duurzaamheid is "Waar en hoe gaat de teruggewonnen stoffen worden gebruikt?" Dit is complexe materie, waarschijnlijk ook sterk locatie afhankelijk. Het vergt een geïntegreerde multidisciplinaire aanpak, wat alles er niet eenvoudiger op maakt, derhalve een zaak voor de wat langere termijn! Lastig, maar het biedt veel meer perspectief voor duurzaamheid en robuustheid dan de huidige verkokerde aanpak!

3.1.2. Duurzame energie opwekking uit biomassa,
AnZu- en AnGi-methoden kunnen heel goed worden aangewend (met als primaire doel) de productie van gasvormige brandstof in de vorm van biogas, bijv. uit natte(re) typen biomassa zoals suikerriet. Uit het oogpunt van energie-efficiency is deze wijze van energiegeneratie zelfs aanzienlijk aantrekkelijker dan de processen die momenteel worden toegepast voor de productie van vloeibare alcohol, zoals op grote schaal gebeurt in Brazilië. Enerzijds kan de netto energie opbrengst van 38 % tot 60 % worden verhoogd (*Lettinga & van Haandel, 1993)* anderzijds is de technologie veel eenvoudiger, goedkoper en op vrijwel elke schaal en op vrijwel elke locatie inzetbaar, hetgeen het transport van biomassa aanzienlijk beperkt!
.De conversie van biomassa in methaan i.p.v. in alcohol is niet alleen om reden van netto energieproductie aantrekkelijker. Er zijn nog een aantal redenen waarom de toepas-

sing van de anaërobe conversietechnologie te prefereren is boven de alcohol fermentatie, t.w.:

- een veel eenvoudiger technologie,
- de energiedrager kan geproduceerd worden op het moment dat daaraan behoefte is, hetgeen betekent dat de opslag kan plaats vinden in de vorm van de te convergeren biomassa, dus zeer compact,
- het uitvergiste materiaal is een uitstekende bodem verbeteraar en de vloeistoffase bevat de meststoffen,
- de methode is uitstekend te combineren met andere aanwending van de biomassa, zoals voor suiker-, alcohol- vezel-, houtproductie.

Er zijn echter redenen waarom dit concept in een land als Brazilië (nog) niet populair is, n.l.:

- momenteel is vooral vloeibare brandstof aantrekkelijk, aangezien die voor het wegtransport verre de voorkeur geniet boven gasvormige brandstoffen als methaan,
- men heeft zich voor het transport geheel gericht op het gebruik van auto en vliegtuig. Railvervoer is uiterst beperkt in Brazilië, terwijl daarvoor gasvormige brandstof zich wel goed leent, omdat er gemakkelijk elektriciteit mee kan worden opgewekt.
- De behoefte aan elektriciteit in Brazilië kan kennelijk voorlopig op andere wijze(n) worden gedekt.

Er spelen er te veel andere belangen, van grootgrondbezitters, de auto-industrie, oliemaatschappijen e.d. Van welvarende geïndustrialiseerde landen kan niet veel worden verwacht, ze hebben misschien redenen om het voorlopig maar zo te laten. Het is so wie so de vraag in hoeverre rij-

ke landen zich werkelijk willen inzetten voor een lotsverbetering van de massa's arme in ontwikkelingslanden of voor duurzaamheid. Illustratief is de drukte die men daar maakt over de dreiging van een desastreuze toekomstige *klimaatverandering* als gevolg van de uitstoot van broeikasgassen e.d.. Maar deze zorg is nogal ongeloofwaardig in het licht van de verkwistende levensstijl, waardoor enorme hoeveelheden aan minerale brandstoffen worden geconsumeerd en CO_2, opgaan. Juist dit verbruik aan grondstoffen gaat ten koste van de massa's armen die op dit *moment* proberen te overleven, en natuurlijk ook van het eigen (verre) nageslacht. Maar aangezien niemand van de huidige generatie ooit iemand van dat verre nageslacht in zijn/haar armen kan sluiten, zijn er slechts weinigen die over het lot van die 'onbekenden' echt wakker zullen liggen, laat staan iets van hun huidige weelde daarvoor zouden willen opgeven. Veel illusies hoeven we ons niet te maken. Onze belangrijkste dagelijkse zorg is kennelijk hoe we de economische groe, op basis van de bekende concepten kunnen continueren. Maar dit laat onverlet, dat er toch werkelijk ook mensen zijn, wetenschappers, burgers, politici, en zelfs multinationals als de Shell en de BP, die vinden dat het hard nodig is echt inhoud te geven aan het begrip duurzaamheid! Het zal spoedig blijken wat dat allemaal voorstelt.
Persoonlijk denk ik dat we toch ook wel iets mogen verwachten van de gestaag doorgaande implementatie van duurzame methoden zoals AnZu en processen gebaseerd op de S_{biol}-kringloop!

3.2. De maatschappelijke implicaties van de implementatie van AnZu en S-kringloop methoden.

Beschavingen gaan en komen, iets wat zijn tijd heeft gehad, zich op een dood lopende weg bevindt, komt tot ontbinding, lucht gevend voor nieuw leven, en daarmee ruimte voor nieuwe ontwikkelingen. Willen we voorkomen dat onze geïndustrialiseerde en vercommercialiseerde, in toenemende mate gerobotiseerde, en daardoor uiterst kwetsbare, samenleving 'voortijdig' in een afgrond valt, dan zal er snel iets moeten gebeuren. Er dreigt een gevaarlijke discrepantie te ontstaan tussen de enorme technologisch ontwikkeling, en de sociale en morele implicaties daarvan. We hebben wezenlijke impulsen nodig die de noodzakelijke maatschappelijke veranderingen tot stand kunnen brengen. Op een Apocalyps zit niemand te wachten en daarom zou het heel goed zijn wanneer we zelf in staat zouden zijn tijdig voor een soepel verlopende transformatie te zorgen. Velen zij zeer sceptisch over de 'maakbaarheid' van de samenleving of over het werkelijk inhoud kunnen geven aan het realiseren van meer 'duurzaamheid'. Verworven privileges en verstarde structuren vormen een enorme hindernis.
Het is een hele lange moeizame weg die we als mensheid hebben te gaan. Maar volgens Teilhard de Jardin (P.Teilhard de Jardin, Het verschijnsel mens, Aulaboeken, nr. 35) hebben we " *Voor een fundamenteel deel de evolutie in eigen hand, zijn we door haar verleden verplicht ten opzichte van haar toekomst*". Volgens hem ontdekt de mens als het ware dat hij niets anders is dan de evolutie die zich zelf bewust aan het worden is. Een boeiende visie! We zitten als mensheid op die weg, maar wel beschouwd is het ook van toepassing van ieder afzonderlijk mensenleven. Elk stapje is er een, het gaat primair om het volgen van 'de weg', niet eens zo zeer, lijkt me, om de eindbestem-

ming te bereiken.
Hoe dan ook, we mogen toch wel enige hoop hebben. Ik verwacht bijvoorbeeld, om een beetje op eigen terrein te blijven, dat de implementatie van werkelijk duurzame biologische methoden zoals AnZu/AnGi en de S-kringloopprocessen zullen fungeren als een soort **breekijzer** in het doorbreken van bepaalde **verstarde maatschappelijke structuren**. Het brengt – de praktijk leert dat, noodzakelijkerwijs positieve maatschappelijke veranderingen met zich mee. In feite gaan die er zelfs aan vooraf, aangezien het anders al niet eens tot implementatie zou komen.
De implementatie van deze methoden leidt tot meer duurzaamheid, omdat dit er inherent aan is, en daarmede tot een samenleving die meer geschoeid zal zijn op zelfvoorziening en preventie van problemen. Ik ontleen mijn optimisme aan het feit dat, ondanks de enorme tegenwerking, anaërobe methoden toch worden geïmplementeerd, en dat geleidelijk aan ook mensen en instanties, waaronder zeer sceptische, over de streep worden getrokken. Het is zaaks mensen goed te informeren, te overtuigen door te demonstreren.

Een primaire voorwaarde voor het realiseren van soepele **maatschappelijke aanpassingen** is m.i. dat de burgers zich bewust worden van "hoe de vork in de steel zit". Dit impliceert nog al wat, goed onderwijs, goede objectieve voorlichting, goede toegankelijkheid tot informatie, en wat minder .... 'brood en spelen'.
Het is moeilijk te kwantificeren, maar de burgers lijken duidelijk kritischer te worden, waarschijnlijk mede doordat ze dankzij de IT op alle mogelijk gebied gemakkelijk en snel over allerlei informatie kunnen beschikken, en elkaar ook gemakkelijker weten te bereiken.

Er lijkt sprake van te zijn dat de mensen zich realiseren dat op het gebied van regelgeving de zaken hier en daar geheel uit hun verband worden getrokken, soms leidend tot een soort hysterie (*Rozendaal, 1989*). Steeds strengere regels op allerlei gebieden. Een reden hiervoor zou kunnen zijn dat we steeds gevoeliger en nauwkeuriger de concentraties van allerlei kwalijke stofjes kunnen meten. En als dat technisch mogelijk is, de apparatuur op de markt is, dan gebeurt het. Het wordt bijvoorbeeld gebruikt voor het najagen van een 'natuurlijke' oppervaktewaterkwaliteit. Maar welke 'natuurlijke' toestanden wil de overheid bereiken, of de specialisten die zich daarmee bezig houden, en derhalve direct of indirect ook met het opstellen van de regels? Of met betrekking tot de kwaliteit van de bodem? Er klopt hier iets niet! Aan de ene kant wordt met veel ophef gestreefd naar een z.g. ongerepte (??) natuur met daarin alle mogelijke diversiteit, aan de andere kant staat men vanuit dezelfde ministeries toe dat in een noodvaart mooie typische Nederlandse landschappen en kostbare ruimte, rust en natuur, worden opgeofferd aan alles overwoekerende nieuwbouw en foeilelijke industrie'parken', en aan de op transport en mobiliteit gerichte infrastructuur. Allemaal verkondigd door dezelfde minister, maar vanuit een geheel verkokerd ambtenarenapparaat, waar kennelijk iedere afdeling zijn eigen agenda heeft. De vraag is of m.h.o. op duurzaamheid, behoud van natuur en landschap, het realiseren van meer zelfvoorziening, we niet veel beter zouden kunnen proberen al dat transport wat af te remmen. Op het terrein van de publieke sanitatie kan dat door implementatie van de juiste DESAH-concepten, zoals ik hiervoor heb uiteengezet.
T.b.v. de volksgezondheid wordt de mensen aangepraat

dat alles vrijwel bacterievrij dient te zijn, hoeveel chloor of andere kwalijke chemicaliën dat ook moge kosten. Maar men richt er het immuunsysteem van de mens mee ten gronde. En m.b.t. de veiligheid op de 'werkvloer' worden situaties gecreëerd die het werken in bestaande, m.i. prima geoutilleerde laboratoria (in vergelijking met vrijwel alles in het buitenland) onmogelijk maakt. Deze vaak zeer overdreven regelgeving resulteert in allerlei nieuwbouwactiviteiten, peperdure bouwtechnische renovaties en sluiting van laboratoria omdat een asbestnorm net iets overschreden is (de asbesthysterie). Allemaal business voor de bouwwereld, maar ook een enorme kapitaalvernietiging. Welke rol speelt een instantie als de ARBO hierbij?
Het lijkt er ook op dat de gewone mens bijna alles uit handen wordt genomen, voor alles en nog wat zijn gespecialiseerde bureaus, alles wordt geregeld, de ambtenarij is er om er uitvoering aan te geven volgens eigen kennis en inzicht. Zij bepalen of een woning in het buitengebied op een peperduur persriool wordt aangesloten of niet, waarbij de wet en de regel heilig zijn verklaard. Het milieu-effect van de maatregel doet er niet of nauwelijks toe.
Zelfwerkzaamheid wordt de burger vrijwel geheel ontnomen, doordat men slechts toestaat dat gecertificeerde systemen worden geïmplementeerd. Alsof de burger, of een niet kapitaalkrachtige maar wel deskundige particuliere organisatie (bijv. een stichting) niet zelf een goed afvalwaterbehandelingssysteem zou kunnen ontwikkelen (*Leeflang* 2000)

De burgers gaan zich realiseren dat er ten koste van zorg en onderwijs, gemeenschapsgelden vooral worden besteed aan allerlei onnodige bouwactiviteiten in de publieke sector. De uitslag van een recent referendum over de voorge-

stelde nieuwbouw in de stad Groningen is bemoedigend, men vindt het kennelijk welletjes.

"Establishment" ontbinden.
Establishment, gevestigde orde, in het voorgaande is het al diverse keren aan de orde geweest. De maatschappij is doortrokken van allerlei - meer of minder - gevestigde structuren. Daarzonder kan ze niet goed functioneren. Maar lang niet alle "gevestigde orde' is goed! Bijvoorbeeld om tijdig tot essentiële maatschappelijke aanpassingen te kunnen komen, is het erg nodig dat 'we' ons weten te verlossen van *verouderd "establishment"*, aangezien het daarvoor dikwijls een enorme 'sta in de weg' vormt . Deze verouderde establishments, waaruit ze ook bestaan, instituten, exclusieve clubs, overheidsbijstellingen, bedrijven, de bureaucratische top, ze zijn er allemaal primair op (het behouden van) eigen voordeel uit, of op die van de groep die ze vertegenwoordigen! Maar niet op het welzijn van de gemeenschap! *Ontbinden dus, t.b.v. nieuw leven.* Zo gaat het in de natuur ook, maar daar wel veel gemakkelijker! Wat betreft de gewenste mate van ontbinding kan misschien iets worden geleerd van hoe dat met anaëroob korrelslib in zijn werk gaat (of moet gaan). In EGSB-reactoren, die uitsluitend gebruik maken van korrelslib, is het noodzakelijk dat zo'n korrel niet te groot wordt, want het kan dan zijn functies niet meer goed vervullen. Het kan dan bijvoorbeeld het geproduceerde biogas niet voldoende snel kwijt, waardoor het gaat opdrijven i.p.v. bezinken. Maar ook de bacteriën helemaal binnen in de korrel zouden geen substraat (voedsel) meer kunnen krijgen, want dat moet vanuit de oplossing (het te zuiveren afvalwater) komen, en wordt op weg naar de kern van de korrel al weggepikt door de bacteriën aan de buitenkant er van. Een

groot deel van de organismen draagt dan niet meer bij aan het afbraakproces. Zowel voor het een als het andere moet de korrel dus tijdig in brokjes uiteen vallen, hoewel ook weer niet in te kleine, want die zouden uit de reactor spoelen. Uiteenvallen en aangroeien, dat is wat we wensen. Op deze wijze kan men in de praktijk veel van dit hoogwaardige slib produceren. Vele goede kernen dus, laat ze zich maar vermenigvuldigen, aan 'goeds' is nooit genoeg.
Maar soms is het echter toch nodig dat zo'n korrel veel verder uiteen valt, hoewel liefst ook weer niet tot op bacterieel niveau, want die zo nuttige – reeds bestaande - micro-ecosystemen moeten, denken we, altijd zo veel mogelijk in takt blijven. Zo'n situatie doet zich voor wanneer een nog niet aanwezig, maar voor de afbraak van bepaalde vervuilende stoffen wel noodzakelijk micro-organisme, in het aggregaat moet worden ingebouwd! Dit is in feite een hernieuwde 'primaire opstart' van een installatie, de vorming van een korrelslib waarin de micro-ecosystemen alle noodzakelijke organismen bevatten. Misschien is het soms zelfs nodig om het oude korrelslib tot op bacterieel niveau te desintegreren, dat moet nog worden bekeken.
En zoals het met het korrelslib moet gaan, zo moet dat in feite vaak ook met allerlei 'aggregaatjes in de maatschappij. Soms zouden ze zeer vergaand uiteen moeten vallen, hun identiteit geheel verliezen, maar in andere gevallen zouden ze zich mogen vermenigvuldigen zoals korrelslib, bijv. wanneer ze buitengewoon nuttige maatschappelijk activiteit verrichten, zoals bijv. op het terrein van de industrieel afvalwaterbehandeling het geval is met de ontwikkeling en implementatie van werkelijk duurzame milieutechnologieën als AnZu- en S-kringloopprocessen. En wat betreft AnZu gebeurt dit alles in toenemende mate voor toepassing op rioolwater, met name in Latijns-Amerika en India.

Ongelooflijk! Op grond van die ontwikkelingen kunnen we stellen dat de implementatie van deze methoden onherroepelijk zal gaan plaatsvinden, of de gevestigde wereld van de sanitatie dat nu leuk vindt of niet! En daar houdt het niet mee op, het zal er ook toe leiden dat op het gebied van de publieke sanitatie, het is hiervoor opgemerkt, een heel ander paradigma zal gaan worden aangehangen. Hierdoor zullen de veel duurzamere DESAH-concepten van de grond kunnen komen. Het is zeer verheugend dat instanties als de STOWA en RIONED, die toch vooral nog het oude paradigma aanhangen, hieraan willen gaan meewerken, en dat via EET-financiering inderdaad binnenkort op dit gebied het noodzakelijke ontwikkelingswerk kan worden gestart.

Verstarde gevestigde structuren worden vooral ook aangetroffen binnen allerlei **overheidsinstellingen**, lagere zowel als hogere. Dit geldt ondermeer m.b.t. de bezetting van topfuncties. **Universiteiten** scoren wat dit betreft helaas ook heel hoog met hun aanstellingen voor het leven, o.a. in hoogleraarsfuncties! Het voeren van slagvaardig vernieuwend beleid wordt daardoor enorm gefrustreerd, hetgeen natuurlijk zeer schadelijk is voor de universiteit. En eigenlijk is het ook volkomen uit de tijd. Het zou zeer goed zijn wanneer eens in de zes jaar het functioneren van de leerstoelhouders grondig zou worden geëvalueerd, en de zin van het bewerkte vakgebied doorgelicht. Wat is er op tegen om delen van de functie van de leerstoelhouder(s) tijdig af te staan aan bewezen jong talent binnen of buiten de groep? Kortom, dynamiek!
Het zou voor de samenleving ook niet slecht zijn (maar ik ga nu ver buiten mijn boekje) wanneer geprobeerd zou worden het aantal ambtenaren werkzaam bij ministeries, gemeentes e.d. eens drastisch te verminderen. Met gesloten beurzen (??)

zouden binnen departementen dan veel problemen kunnen worden opgelost, in het onderwijs, de wetenschapsbeoefening, de zorg. En het is best mogelijk dat diverse ministeries een taakverlichting zouden kunnen krijgen (opgelegd). Ontbinding dus van allerlei overbodige toko's en functies! Helaas, ontbindingsprocessen lijken in de samenleving vaak heel wat moeizamer te verlopen in de natuur.

Hoe dan ook, mijn punt is, dat ons dagelijkse leven een stuk gemakkelijker zou zijn, wanneer we het maatschappelijk allemaal wat verstandiger zouden aanpakken, er bijvoorbeeld geen problemen zouden worden gecreëerd, zoals thans vaak het geval. Goed beschouwd zou veel van het werk dat momenteel heel hijgerig wordt uitgevoerd, maar beter niet kunnen worden uitgevoerd, of hooguit – wanneer het toch wel zinvol is, in drastisch lager tempo. Alleen al uit het oogpunt van duurzaamheid en milieubescherming zou het goed zijn om van allerlei 'werken' af te zien. We zouden het met elkaar weliswaar materieel wat minder luxueus krijgen, maar daar staat tegenover dat we wel over veel meer vrije tijd zouden beschikken, dus over tijd en energie om aan verdere zelfontplooiing te werken. Daar ligt een grote uitdaging voor universiteiten 'nieuwe stijl'! Waarom zou de universiteit zich vnl. moeten blijven richten op het opleiden van allerlei superspecialisten? Deze mensen weten alles van een heel eng gebiedje, maar in de regel veel te weinig over het 'totaal'. Dat kan voor de maatschappij heel gevaarlijk zijn, want door de verkokering hebben deze mensen toch vaak een belangrijke vinger in de pap in belangrijke beslissingen.

Hoe sceptisch je ook mag aan kijken tegen het 'schepsel mens' en tegen onze maatschappij, er is wel 'vuur en ook

hier en daar licht', dus hoop. Er is in zekere mate toch duidelijk wel sprake van iets maakbaars. Het is zoals **Teilhard de Chardin** het zegt: *"Een waarheid eenmaal gezien, al is het maar door een geest, zal zich tenslotte altijd dwingend aan de totaliteit van het menselijk bewustzijn opleggen."* Aan de totaliteit van het menselijk bewustzijn, waaraan we allemaal bouwen.
Iets "heel moois", prachtige muziek bijvoorbeeld, gaat niet verloren! Iets "goeds", zoals AnZu, eenmaal geïntroduceerd, zal onherroepelijk zijn weg vinden! Sinds de jaren tachtig en negentig is er m.b.t. de implementatie van AnZu geen houden meer aan. En hetzelfde gaat gebeuren met processen gebaseerd op de S-kringloop. Overal zijn uitstekende onderzoekers van diverse achtergrond, waaronder vooral ook microbiologen, aan de slag gegaan en met allerlei veelbelovende doorbraken gekomen, zowel puur wetenschappelijke als procestechnologische. Binnen de WU wil ik met name noemen de groep van **Fons Stams**, vroeger **Zehnder & Stams**, we hebben daarmee jarenlang samengewerkt, zeer inspirerend. Al die groepen mogen, moeten zich vermenigvuldigen als korrelslib!

4. Slotwoord

Mijnheer de rector, dames en heren, ik ben bijna aan het eind van mijn verhaal.
Ik hoop er in geslaagd te zijn duidelijk te maken dat het buitengewoon boeiende gebied waarop ik heb mogen werken, veel meer is dan alleen maar milieutechnologie. Er zitten vele maatschappelijke kanten aan, maar ook tal van links naar typische agrarische disciplines, en andere technologiegebieden

Het is een gebied dat geknipt is voor een universiteit, die zich primair wijdt aan de "*ontwikkeling van de talenten van de mens*', aan het vorm en inhoud geven aan het begrip 'duurzaamheid', zich dus richt op milieu-, landschap- en natuurbehoud, op een goed leefmilieu voor mens en dier, op het behouden van veel echte boeren, op voedsel zelfvoorziening, ... overal in de wereld waar ze bezig is. Dus in feite is het geknipt voor een Wageningse Universiteit, een universiteit van vrije wetenschapsbeoefening, waar alles mag worden bestudeerd, die snel kan inspelen op nieuwe ontwikkelingen en inzichten, die kritisch is m.b.t. de implementatie van technische innovaties, en die investeert in hoog gekwalificeerde mensen.

Het is zeer verheugend dat de RvB heeft besloten – al was het dan na enig aandringen - gelden vrij te maken voor de instelling van een vernieuwingsleerstoel "**Biologische kringlooptechnologie**" als voortzetting en uitbouw van mijn bijzondere leerstoel. En dat in weerwil van het al vastgestelde leerstoelenplan, er zit kennelijk toch wat 'rek' hier en daar. Toegezegd is ook dat er gelden uit eigen middelen zullen worden gevonden voor de noodzakelijke stafondersteuning van deze leerstoel. Dat is erg bemoedigend, maar natuurlijk ook heel hard nodig!
Op dit brede uitdagende vakgebied kunnen allerlei disciplines binnen de WU, zoals irrigatiekunde, bemestingsleer, natuurbeheer, teeltrichtingen, huishoudstudies, meetregel & systeemkunde, proceskunde, levensmiddelen technologie, economie en sociologie, en uiteraard de fundamenteel disciplines zoals microbiologie, fysische & colloïd chemie. In feite werken we met meerdere hiervan al jarenlang intensief samen. En wat betreft disciplines buiten de WU kan worden gedacht aan stedenbouw, architectuur,

civiele gezondheidstechniek, biotechnologie, chemische technologie en, natuurlijk, microbiologie.

Met behulp van de stichting **EP&RC** (Environmental Protection & Resource Preservation), die wij een paar jaar geleden hebben opgericht, proberen we hier vorm en inhoud aan te geven. En dat begint, onder de inspirerende leiding van **Dr. Jules van Lier**, steeds beter te lukken. Met deze stichting hebben we in de wereld reeds een eigen gezicht veroverd, men weet wat we doen, en waarvoor we staan.
Dit gebied zal de WU – ik ben daarvan overtuigd – vele nieuwe mogelijkheden en perspectieven gaan bieden. Wij zouden zo tot een meer geïntegreerde, (broodnodige) vooral ook op landbouw gerichte, milieubescherming kunnen komen. Wij, d.w.z. onze sectie MT, ons departement A&V, het nieuw op te richten Instituut van Duurzame Productiemethoden, WIMEK en al die andere groepen op de WU, die er aan zouden willen meehelpen. En tezamen ook met een binnen kort op te richten **Milieu Top Instituut** in het nog steeds ruime, mooie en groene Friesland, en natuurlijk in blijvende nauwe samenwerking met het **IHE**, Delft , dat net als de WAU wereldwijd zeer bekend is.
Dit alles zal voor vele jonge mensen aantrekkelijk zijn, en hun bewegen om aan de universiteit in Wageningen te gaan studeren.

Ik ben natuurlijk de **NETFo** buitengewoon dankbaar, dat ze indertijd het initiatief heeft genomen tot het instellen van mijn bijzondere leerstoel op dit gebied, voor de ontvangen additionele financiering en voor haar zeer positieve, gelukkig af en toe ook wel kritische, inbreng al die ja-

ren. Zonder de NETFo was dit gebied – ondanks haar grote maatschappelijk belang en enorme potenties - binnen de LUW nog steeds niet op leerstoelniveau gekomen. Daarvan ben ik na ruim 30 jaar ervaring over het reilen en zeilen op 'universiteiten' wel overtuigd. De zaken zijn daarvoor te verkokerd en dichtgetimmerd, op allerlei niveaus. En wat je mist is een gedeelde totaal visie, waar staan we voor, waar zou het naar toe moeten, wat stelt die duurzaamheid voor, waaraan we beweren te willen werken.
De NETFo heeft haar taak volbracht, ze heeft zich ontbonden, we vieren vandaag haar begrafenis. Zo hoort dat.

Ook voor mijzelf, althans wat mijn werk betreft, is het grotendeels afgelopen. Het was geweldig boeiend hier op de LH/LUW/WU, met name al dat onderzoek dat ik heb mogen doen met studenten, promovendi en collega's. Dat geldt overigens niet alleen voor mijn Wageningse periode, maar voor de tijd die ik heb doorgebracht op het IRI (Interuniversitair Reactor Instituut) en THD/TUD voor de uitvoering van mijn promotieonderzoek *(Lettinga 1972)* onder begeleiding van prof. Houtman en prof. Heertjes. Ik vond dat onderzoek naar de behandeling van radioactief afvalwater heel zinnig en boeiend en heb daar in mijn Wageningse tijd nog veel aan gehad. Ik weet, dat ik het soms mensen niet al te gemakkelijk heb gemaakt, maar ja, .. sommige mensen mij ook niet. Er zal wel een soort balans zijn. Hoe dan ook, ik wil Iedereen bedanken voor het vele goede dat ik heb mogen ervaren.

Ik zal me de komende jaren nog bezig houden met de afronding van het onderzoek van een groot aantal promovendi. Dat werk heb ik altijd zeer boeiend en belangrijk

gevonden! Voor wetenschapsbeoefening, en daarvoor hebben we universiteiten, is onderzoek van cruciaal belang. Daarmee kun je in de wereld een achtenswaardige positie veroveren, zinnige maatschappelijke ontwikkelingen initiëren, en hopelijk de implementatie van minder zinnige tegenhouden. En met hoogwaardig onderzoek levert een universitaire groep ook de best mogelijke bijdrage aan de opleiding en vorming van studenten, komende generatie wetenschappers. Het hangt allemaal sterk af van de keuzes van je onderwerpen, derhalve van de visie van de groep. Zonder duidelijke intrigerende visie, kun je het naar mijn gevoel wel vergeten. De jongelui keren je de rug toe, zullen dan terecht hun heil elders gaan zoeken. Wat ik dus de sectie milieutechnologie, de twee geïntegreerde leerstoelgroepen die we daar binnenkort zullen hebben, ons departement A&V, the Instituut van Duurzame Productiemethoden, het WIMEK, SENSE en eigenlijk alle relevante groepen op deze universiteit – en dat zijn er vele – toewens is visie en inspiratie, zonder dat heeft het allemaal weinig zin.
Er kan derhalve dan ook nooit voldoende prioriteit worden gegeven aan het vasthouden en aantrekken van hoogwaardig personeel, en ... het tijdig afstoten van minder gekwalificeerden en .....de oudjes.
Lucht voor leven, ik ga dus, ... voel me verlost!

Referenties

Alphenaar, P.A., R. Sleyster, P. de Reuver, G.J. Ligthart, G.Lettinga. *Phosphorus Requirement in High Rate Anaerobic Wastewater Treatment. Water Res., 27, no.5, 749-756,1993.*

Buisman, C.J.N.; Geraats, B.G.; IJspeert, P.; Lettinga, G. *Optimization of sulphur production in a biotechnological sulphide-removal reactor.Biotechnology and Bioengineering 35, p.50-56, 1990a*

Buisman, C.J.; Lettinga, G. *Sulphide removal from anaerobic wastetreatment effluent of a papermill. Water Research, 24, no 3, 313-319, 1990 b*

Van Buuren JCL, Abusam A, Zeeman G, Lettinga G. *Primary effluent filtration in small-scale installations. Water Sci. Technol. 39: 195-202 (1999).*

Coulter J.B,S.Soneda, M.B.Ettinger,Anaerobic contact process for sewage disposal, Sew. Ind. Wastes, 29, 468, 1957.

Elmitwally TA, Zandvoort MH, Zeeman G, Bruning H, Lettinga G. *Low temperature treatment of domestic sewage in upflow anaerobic sludge blanket and anaerobic hybrid reactor. Water Sci. Technol. 39: 177-185(1999)* .

Field, J. A. and G. Lettinga. *Treatment and detoxification of aqueous spruce bark extracts by Aspergillus niger. Wat. Sci. Tech. 24(3/4),127-137, 1991.*

Field J.A., G. Lettinga.*Oxidative Detoxification of Aqueous bark extracts, part 1: autoxidation .J. Chem. Tech. Biotechnol., 49, 15-33,1990.a*

Field J.A., R Sierra-Alvarez, G. Lettinga. *Oxidative Detoxification of Aqueous bark extracts, part 2: alternative methods.J. Chem. Tech. Biotechnol., 49, 35-33,1990.b*

Florencio L., Field J.A., Lettinga G. *The role of cobalt on individual trophic groups in an anaerobic methanol degrading consortium. Appl. Environ. Microbiol., 60, pp 227- 234, 1994.*

Gonzalez-Gil G, Kleerebezem R, Lettinga G. *Effects of nickel and cobalt*

on kinetics of methanol conversion by methanogenic sludge as assessed by on-line CH_4 monitoring. Appl. Environ. Microbiol. 65: 1789-1793, 1999..

Haandel van AC, G.Lettinga. *Anaerobic sewage treatment. A practical guide for regions with a hot climate, John Wiley & sons Ltd, Chichester, 1994.*

Harremoës, P. Integrated water and waste management, Wat.Sci.Techn., 35, no. 9,11-20. 1997

Hattingh W.H.J, M.L.Siebert, *Determination of deoxyribonucleic acid content of anaerobic sludge, Water Research, 3, 197-203, 1967.*

Hulshoff Pol, L.W.; W.J. de Zeeuw; C.T.M. Velzeboer; G. Lettinga. *Granulation in UASB-reactors. Wat. Sci. Techn. vol. 15, Copenhagen, p.291-304, 1981.*

Hwu CS, van Lier JB, Lettinga G *Physicochemical and biological performance of expanded granular sludge bed reactors treating long-chain fatty acids. Process Biochem. 33: 75-81,1998.*

Iza, J. Fluidized reactors for anaerobic wastewater treatment, Water Sci. & Techn. 24, (8), 109-132, 1991.

Janssen AJH, Meijer S., Bontsema J, Lettinga G . *Application of the redox potential for controling a sulfide oxidizing bioreactor. Biotechnol. Bioengin. 60: 147-155, 1998.*

Jewell W.J., M.S.Switzenbaum, J.W.Morris, Municipal wastewater treatment with the Anaerobic attached microbial film expanded bed process, Journal WPCF, 53, (4), 482-490, 1981.

Kasteren J, 'Tussen biologische landbouw en functional foods, Spil, 169-170, 5-7, december 2000.

Kato MT, Rebac S, Lettinga G. *The anaerobic treatment of low-strength brewery wastewater in expanded granular sludge bed. Appl. Biochem. Biotechnol. 76: 15-32,1999.*

Kleerebezem R, Hulshoff Pol LW, Lettinga G *The role of benzoate in anaerobic degradation of terephtalate. Appl. Environ. Microbiol. 65: 1161-1167, 1999 .*

Kortekaas S, Wijngaarde R, Klomp J-W, Lettinga G, Field JA. *Anaerobic*

treatment of hemp thermomechanical pulping wastewater. Water Res. 32: 3362-3370, 1998.

Koster, I.W., G. Lettinga . *Application of the Upflow Anaerobic Sludge Blanket UASB) process for treatment of complex waste waters at low temperatures. Biotechnology and Bioengineering 27, 1411-1417, 1985.*

Koster, I.W.; Lettinga, G. *Anaerobic digestion at extreme ammonia concentrations. Biological Wastes, 25, 1, 51-59, 1988.*

Langerak van E.P.A, Beekmans MMH, Beun JJ, Hamelers HVM, Lettinga G., *Influence of phosphate and iron on the extent of calcium carbonate precipitation during anaerobic digestion. J. Chem. Technol. Biotechnol 74: 1030-1036, 1999*

Last, A.R.M. van der, G. Lettinga. *Anaerobic Treatment of domestic sewage under moderate climatic (Dutch) conditions using Upflow Reactors at increased superficial velocities. Water Science Technology, Vol 25, 7, 167-178, 1992.*

Leeflang S, *" Keurmerken bedreigend voor de mens en de milieuvriendelijke sector" Periodiek van de stichting "De tuaalf Ambachten", no 103 december 2000*

Lens P.N.L, A.Visser, A.J.H Janssen, L.W. Hulshoff Pol, G.Lettinga. *Biotechnological treatment of sulfate-rich wastewaters. Critical Reviews in Env. Sci. and Techn., 28 (1), 41-88, 1998.*

Lettinga, G. *Radioactivity and Water supplies. Ph.D thesis Technical University, Delft, 1972. (also published as EUROTOM-report, contract 026-66-10 PST N))*

Lettinga, G., A.F.M. van Velsen, S.W. Hobma, W.J. de Zeeuw, A. Klapwijk. *Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) reactor. Biotechn. & Bioeng., 22, 699-734, 1980.*

Lettinga, G., R.E. Roersma, P.C. Grin. Anaerobic treatment of raw domestic *sewage at ambient temperatures using a granular bed UASB-reactor. Biotechn. & Bioeng. 35, 1701-1723, 1983.*

Lettinga, G., L.W. Hulshoff Pol, I.W. Koster, W. Wiegant, W.J. de Zeeuw, A. Rinzema, P.C. Grin, R.E. Roersma, S.W. Hobma. *High Rate Anaerobic Waste Water Treatment using the UASB-reactor under a wide*

range of temperature conditions. Biotechnology & Genetic Engineering Vol. 2, 253-284, 1984.

Lettinga, G,'*Met zuiver denken naar een gezonder leefmilieu', Landbouwkundig tijdschrift, 101, 12, 5-8, 1989;* ' *'Zuiver denken, ecologisch zuiveren, oratie LUW, 1989*

Lettinga, G., A. de Man, A.R.M. van der Last, W. Wiegant, K. Knippenburg, J. Frijns, J.C.L. van Buuren. *Anaerobic treatment of domestic sewage and*

wastewater. Water Science Technology, vol. 27, no 9, 67-73, 1993.

Lettinga, G., Van Haandel A.C. *"Anaerobic Treatment for Energy Production and Environmental Protection" Chapter 19 in "Renewable Energy", T. B. Johansson,* H.Kelly, A.M.K.Reddy *(eds). Island Press, Washington D.C., Covelo, California, 817-839, 1993.*

Lettinga, G. *Anaerobic digestion and wastewater treatment systems.*

A.Leeuwenhoek 67, 3-28, 1995.

Lettinga G. *Sustainable integrated biological wastewater treatment. Water Sci. Technol. 33: 85-98,1996.*

Lettinga G, Field JA, van Lier JB, Zeeman G, Hulshoff Pol LW. *Advanced anaerobic wastewater treatment in the near future. Water Sci. Technol. 35: 5-12 1997.*

Lettinga G, Rebac S, van Lier JB, Zeeman G. *The potentials of sub-mesophilic and/or psychrophilic anaerobic treatment of low strength wastewaters. In: Biotechnological applications of cold-adapted organisms (R Margesin, F Schinner, eds.) Springer-Verlag, Berlin, pp. 221-234, 1999 .*

Leeflang S., *Keurmerken bedreigend voor mens en milieuvriendelijke sector, De Twaalf Ambachten, no 103, 2000.*

Lexmond M.J., G. Zeeman. *Potential of controlled anaerobic wastewater treatment in order to reduce the global emissions of methane and carbon dioxide. J. van Ham etal. (eds), Non-CO_2 Greenhouse Gases, 411-419, 1994. Kluwer Academic Publishers.*

Lier van J.B., *Limitations of thermophilic anaerobic wastewater treatment and the consequences for process design, Anthonie van Leeuwenhoek 69,*

1-14, 1996

Lier van JB, Lettinga G *Appropriate technologies for effective management of industrial and domestic waste waters : The decentralised approach. Water Sci. Technol. 40: 171-183,1999.*

McCarty, P.L, *"Anaerobic Waste Treatment fundamentals." Public Works, September, 107-112, October, 123-126, November 91-94, December, 95-99 1964.*

Bogaerts Geert Jan, "Eten met beleid", De Volkskrant, Reflex 27 januari (2001)

Ned.Chem. Ind. 19, 458-459, 1977, Eerste anaërobe zuivering in gebruik bij CSM,

Petruy R, Lettinga G *(1997) Digestion of a milk-fat emulsion. Biores. Technol. 61: 141-149.*

Pretorius W.A., Anaerobic treatment of raw sewage, Water Research 5., 681-687, 1971.

Pretorius W.A., The effect of formate on the growth of acetate utilizing methanogenic bacteria, Water research, 6,1213-1217, 1972.

Rebac S, van Lier JB, Lens P, van Capellen J, Vermeulen M, Stams AJM, Dekkers F, Swinkels KThM, Lettinga G *Psychrophilic (6-15∞C) high-rate anaerobic treatment of malting wastewater in two-module expanded granular sludge bed. Biotechnol. Prog. 14: 856-864, 1998.*

Razo-Flores E, Smulders P, Prenefeta-Boldu F, Lettinga G, Field JA. *Treatment of anthranilic acid in an anaerobic expanded granular sludge bed reactor at low concentrations. Water Sci. Technol. 40: 187-194, 1999.*

Razo Flores E, Luijten M, Donlon B, Lettinga G, Field JA *Biodegradation of selected azo dyes under anaerobic conditions. Water Sci. Technol. 36: 65-72, 1997.*

Rinzema, A., A. Alphenaar, G. Lettinga. *Anaerobic digestion of long chain fatty acids in UASB-reactors and Expanded Granular Sludge Bed reactors. Process Biochemistry, 28, 527-537 1993.*

Rozendaal S., De Milieuhysterie, Elsevier, 45, nr 39, 162-169, 30 september 1989,

Sayed, S., J.van der Zande, R. Wijffels, G. Lettinga. *Anaerobic Degradation of the Various Fractions of Slaughterhouse Wastewater. Biological Wastes, 23, 117-142,1988.*

Seghezzo L, Zeeman G, van Lier JB, Hamelers HVM, Lettinga G. *A review: The anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. Biores. Technol. 65: 175-190.,1998.*

Siebert M.L., *Determination of protein content of anaerobic digesting sludge, Water Research, 3, 185-189, 1967*

Sierra-Alvarez, R., S. Kortekaas, M. van Eekert and G. Lettinga. *The anaerobic biodegradability and methanogenic toxicity of pulping wastewaters. Wat.Sci.Technology 23, (3/4): 113-125, 1990.*

Sierra R., Field J.A., Kortekaas S., Lettinga G. *Overview of the anaerobic toxicity caused by organic forest industry wastewater pollutants. Wat. Sci. Tech., 29, 353-363, 1994.*

Simpson, D.E., *Investigations on a pilot plant contact digester for the treatment of dilute urban waste, Water Research 5, 523- 532, 1971;*

Speece R.E., *Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment, Env. Sci. technology. 17, (9), 416A-427A, 1983*

Stander G.J., 'Treatment of Wine distillery wastes by anaerobic digestion, Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 22, 892-907,1967)

Struik P, C Almekinders, Diversiteit als voorwaarde voor stabiele, duurzame landbouwproductie, Spil, 167-168, 3336, 2000

Tan, N.C.G, Prenefeta-Boldú FX, Opsteeg JL, Lettinga G, Field JA *(1999) Biodegradation of azo dyes in cocultures of anaerobic granular sludge with aerobic aromatic amine degrading enrichment cultures. Appl. Microbiol. Biotechnol. 51: 865-871*

Thiel P.G., W.H.J Hattingh, *Determination of hydrolytic enzyme activities in anaerobic digesting sludge, Water Research, 3, 191-196, 1967;*

Thiel P.G., The effect of methane analogues on methanogenesis in anaerobic digestion, Water Research, 3, 215-223, 1969

Tuijn J van, *'Kringloopsluiting: een kwestie van imago', H_2O, 31, 13, 6-7, 2000.*

Velsen A.F.M, *Water Resaerch, Adaptation of methanogenic sludge to high*

ammonia-N concentrations, 13, 995-999, 1979.

Veer, J van der, *Sturen naar groei, Shell Venster januari/februari, 4-0, 2001.*

Visser A, Alphenaar PA, Gao Y, Lettinga G. *Granulation and immobilisation of methanogenic and sulfate-reducing bacteria in high rate anaerobic res. Appl. Microbiol. Biotechnol. 40 : 575-581. 1993.*

Vletter R. de, *De ontwikkleing van het anaerobe zuiveringsproces bij de Centrale Suiker Maatschappij, H.O, 10, 531-533, 1977.*

Wheen Francis, *"Marx, een biografie", uitgave van De Bezige Bij, (2000).*

Wiegant, W.M., G. Lettinga *Thermophilic anaerobic digestion of sugars in upflow sludge blanket reactors. Biotechnology and Bioengineering, 27, 1603-1607, 1985.*

Young J.C., P.L.McCarty, *'The anaerobic filter for wastewater treatment',Journal WPCF, 41, no 5, R160-R173, 1969.*

Zeeman, G., W.M. Wiegant, M.E. Koster-Treffers, G. Lettinga . *The influence of the total ammonia concentration of the thermophilic digestion of cow manure. Agricultural wastes, 14, 19-35, 1985.*