

**SUMMARY****Op weg naar Nova Atlantis**

Sanitary engineering is concerned with the technological aspects of human environment.

The ultimate goal is an optimal health, being the state of perfect physical, social and mental welfare.

Chemical and biochemical unit operations and unit processes are used for that purpose by the chemical sanitary engineer. On the basis of historical data, environmental pollution is shown to be a consequence of industrialisation and urbanisation.

The most extreme case of environmental control is to be found in space ecology.

Mankind can only escape from a threatening deluge of wastes when we accept at short notice the responsibility for our environment.

In future, Advanced Waste Treatment will be necessary in order to recirculate the scanty water in most parts of our world.

## Op weg naar Nova Atlantis\*

### Taakomschrijving en definities

De gezondheidstechniek houdt zich bezig met de technische verzorging van het menselijk milieu in de ruimste zin.

Deze opdracht omvat meer dan uitsluitend de bestrijding van ongewenste milieuverontreinigingen. Zo behoren ook de drinkwatervoorziening en de verzorging van het binnenklimaat tot het arbeidsveld.

Doel van de gezondheidstechniek is het bereiken van een optimale milieuhygiëne; mede noodzakelijk ter bevordering van gezondheid. Zoals bekend wordt door de Wereld Gezondheidsorganisatie (W.H.O.) gezondheid gedefinieerd als de toestand van volmaakt geestelijk, lichamenlijk en sociaal welzijn.

Het zal u duidelijk zijn dat gezondheidstechniek in het huidige tijdsbestel slechts multidisciplinair valt te bedrijven. De chemische gezondheidstechniek verzorgt in dit bestek de technologische aspecten en heeft daarbij een typisch coördinerende taak, die slechts langs de weg van integratie kan worden vervuld. Deze werkzaamheden kunnen zowel betrekking hebben op openbare voorzieningen als op interne maatregelen bij industriële bedrijven e.d.

### Heden en verleden van de milieuverontreiniging

Het zal nauwelijks meer nodig zijn u te overtuigen van het feit, dat er ongewenste beïnvloedingen van het milieu optreden, deels veroorzaakt door op zichzelf nuttige en noodzakelijke uitingen van technisch kunnen.

Ik wil u enkele momentopnamen tonen uit de historie van de milieuhygiëne. Teneinde u te doordringen van de schier explosieve schaalvergroting, zal ik daarbij af en toe, bij wijze van contrapunt, een sprong maken naar de huidige situatie.

In het oude Rome stond de gezondheidstechniek op een relatief hoog peil. De aquaducten en vooral het grote riool: de Cloaca maxima, hebben nog lang na de glorie-tijd van het Romeinse imperium dienst gedaan. Elders trof men echter voor en na, middeleeuwse toestanden aan.

\*) Openbare les, gegeven bij de aanvaarding van het ambt van gewoon lector in de chemische gezondheidstechniek aan de Technische Hogeschool Twente op 25 jan. 1968 (verkorte versie).

Een geval, waarbij de middeleeuwse autoriteiten met de neus op de feiten werden gedrukt, deed zich voor in 1183 [1]. Keizer Frederik I hield in dat jaar Rijksdag te Erfurt. De vloer van de ridderzaal bleek echter niet sterk genoeg om het gewichtige gezelschap te torsen, dat dan ook vrijwel geheel in de er onder liggende beerput verdween; een tafereel, Jeroen Bosch waardig. De keizer zelf wist zich door een sprong in een muurnis te redden; doch meer dan 100 vorsten, graven en ridders kwamen jammerlijk om in de drek. Dit incident leverde indertijd echter noch hygiënische noch theologische problemen op. Lakoniek constateerde men, dat als door een wonder, geen enkele kerkvorst tot de slachtoffers behoorde.

In de Renaissance zien we de eerste tekenen van een hogere *waterbeschaving* [2]. Omstreeks het midden van de zestiende eeuw werd in Windsor Castle een badkamer geïnstalleerd, waarin Koningin Elisabeth eenmaal per maand een bad nam. En onze historicus voegt daar wat schamper aan toe: „... of dat nu nodig was of niet”. Groter nog was de bijdrage van Sir John Harington, een peetzoon van H.M. In zijn boek *The Metamorphosis of Ajax* geeft hij naast vele Rabelaisiaanse anedotes een schema met specificaties voor een watercloset. Dit laatste omstreeks tweehonderd jaar vóór een overeenkomstige inrichting werd gepatenteerd en geleidelijk aan zijn zegetocht over de wereld begon. Sir Johns koninklijke peettante, met haar ongecompliceerde waardering voor het geniale, liet een prototype installeren in Richmond Palace. In het desbetreffende kabinet werd een exemplaar van het boek ter beschikking gelegd; voor welk doel, wordt niet vermeld.

Wat toen voorbehouden was aan vorsten, is thans in onze welvaartsmaatschappij algemeen gebruikelijk. Men kan zich voorstellen, hoe vele malen omvangrijker de afvalwaterstroom sindsdien geworden is. De gevolgen van dit alles bleven niet uit. In het begin van de zeventiende eeuw stelde de schatkist tijdens de regering van Jacobus I een bedrag van £ 100 ter beschikking voor de aanleg van een nieuw riool van St. Martins Lane naar St. Giles, opdat 's konings ritten door het veld aangenamer en geriefelijker zouden zijn. Thans wordt het bedrag, benodigd voor de sanering van de Nederlandse

oppervlaktewateren, geraamd op omstreeks  $f 1\frac{1}{2}$  miljard. Vervuiling wordt niet uitsluitend veroorzaakt door huishoudelijk, doch tevens door industrieel afvalwater. Ook van dergelijke vervuilingen zijn reeds in de zestiende eeuw voorbeelden te vinden. Zo waren er in en om Haarlem vanouds vele bierbrouwerijen, die hun produkt zelfs exporteerden, o.a. naar Friesland. Wanneer het water van het Spaarne, door het inlaten van het IJwater brak was geworden, haalden ze met schuiven water uit de Ruyckbiervaart, die met sluisen van de stadssingel was afgesloten. Nu wilde het geval dat omstreeks 1580 vele Vlamingen zich als blekers gingen vestigen tussen Overveen en Santpoort, omdat het zachte duinwater zo uitstekend geschikt was voor de uitoefening van hun bedrijf. Allengs kwamen ze echter in conflict met de brouwers, omdat ze het vuile bleekwater in de Rampevaart lieten afvloeien en daarmee het door de brouwerijen te gebruiken water bedierven. De blekers beloofden beterschap, o.m. door het vuile water voortaan in kuilen, de zogenaamde „stinkerds” te verzamelen; een praktijk die nog vandaag de dag door sommige grote agrarische industrieën wordt toegepast. Het effect was echter niet bevredigend en op 15 maart 1583 volgde een verbod van burgemeesteren om nog langer aan de zuidzijde van de Zijlweg te Overveen te bleken. Daarmede was het afvalwatervraagstuk dus als punt van overweging betrokken bij de ruimtelijke ordening [3].

In de omgeving van Tilburg werd tegen het einde van de 17e eeuw veel wol verwerkt tot laken. Daarbij werd de wol vermengd met terpentijn, om het wolvet beter emulgeerbaar te maken. Het mengsel werd vervolgens gewassen met zeep en rottende urine. Tenslotte werd gespoeld in de aanwezige poelen en kuilen, een bewerking die werd aangeduid als: „den wol spullen in den spul”. Het water van deze spullen werd dermate vervuild, dat ook het grondwater er door werd verontreinigd, zodat goed drinkwater in de naaste omgeving niet meer verkrijgbaar was.

Zeer merkwaardig is de wijze, waarop men trachtte dit met „animalia imperfecta et corruptabilia” geïnfecteerde water toch voor gebruik geschikt te maken. Men voegde namelijk zuurdeeg en roggemeel toe; kookte en liet het van de lucht afgesloten mengsel gedurende enige tijd gisten. Het produkt werd gedronken onder de naam scherpbier of scharrebier [4].

Tijdens deze anaërobie gisting zullen zich ongetwijfeld melkzuurbacteriën ontwikkeld hebben, die nog steeds worden toegepast in verband met hun milde desinfecterende werking.

Ze komen voor in de darm van de zuigeling en stabiliseren de spijsvertering. Verder spelen ze een rol bij het houdbaar maken van melkprodukten, zuurkool en grasensilage. Ook in het residu van de aardappelmeelfabricage, de zogenaamde vezels, ontwikkelt zich een melkzuur producerende flora, die het mogelijk maakt dit veevoederbestanddeel gedurende enkele maanden in natte toestand te bewaren.

Bij een omstreeks 1960 uitgevoerd onderzoek bleek, dat ook surplus actief-slib van een biologisch-oxidatieve afvalwaterzuivering op analoge wijze tot een aanvaardbaar voederbestanddeel verwerkt zou kunnen worden. Dergelijke produkten hebben bovendien een vrij hoog gehalte aan vitamine B<sub>12</sub>.

In onze gang door de historie zijn we nog ver verwijderd van de systematische uitbouw van industrie en chemische

technologie. Een dergelijke ontwikkeling werd reeds aan het begin van de zeventiende eeuw voorzien door de Engelse empirist Francis Bacon, die zelfs een splitsing van de wetenschap beschrijft in wat we nu plegen te noemen zuiver wetenschappelijk en toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek.

Het eerste bedreven ter ere van de schepper („*For the glory of the Creator*”) en het tweede ter verbetering van 's mensen welzijn („*The relief of man's estate*”). De chemische omwenteling werd echter pas geïntroduceerd door de Franse scheikundige Lavoisier, hoewel de vaak aan hem toegeschreven wet niet van hem zelf afkomstig is [6].

In een van zijn eerste rapporten aan de Academie des Sciences, ondersteunde de 25-jarige Lavoisier krachtig de pogingen om verbetering te brengen in de treurige toestand van de Parijse watervoorziening. Het hiervoor gebruikte Seine-water werd namelijk sterk verontreinigd door de ongelimiteerde lozingen van fabrieken, riolen en hospitalen.

### Milieubeheersing

De chemische gezondheidsingenieur heeft als voornaamste taak: het betrekken van de nieuwste ontwikkelingen op het gebied van de fysische, chemische en biochemische proceskunde en procestechniek bij de bestrijding van de milieuverontreiniging.

Ik wil trachten u dit nader duidelijk te maken aan de hand van een beschouwing over de waterhuishouding.

De mens dient per etmaal met zijn spijsen en dranken gemiddeld ten minste 1,9 l water tot zich te nemen.

Een veel grotere hoeveelheid wordt gebruikt voor allerlei huishoudelijke doeleinden. In ons land ligt het dagverbruik per hoofd van de bevolking in kleine agrarische gemeenschappen op minder dan 50 l en in de grote steden op ruim 100 l. In de Verenigde Staten van Amerika heeft het dagelijkse waterverbruik een hoeveelheid van 500 l per inwoner reeds overschreden. De Romeinse aquaducten hadden overigens aan het begin van onze jaartelling dezelfde relatieve capaciteit.

Wanneer we ook de voor agrarische doeleinden benodigde hoeveelheden bij onze berekening betrekken, blijkt per hoofd van de wereldbevolking, inclusief de dampingsverliezen, gemiddeld 9,5 m<sup>3</sup> water per etmaal nodig te zijn. Voor het jaar 2000 wil dat zeggen dat een hoeveelheid water, overeenkomende met het totale volume van alle rivieren en andere oppervlaktewateren, eens per 4 dagen gebruikt wordt en dus weer in circulatie moet komen.

Wanneer men deze problematiek overdenkt, herinnert men zich onwillekeurig het door Ellul geschetste en door Berkhof [6] in zijn afscheidsrede aangehaalde beeld: Een jongeman, die in de ochtend van zijn leven uitvaart in een zeilboot, in slaap valt en bij het ontwaken tot zijn schrik bemerkt, samen met vele andere passagiers te vertoeven op een oceaanschip, dat met toenemende snelheid voor eeuwig op weg is naar een onbekende bestemming.

Mag ik het tableau nogmaals wijzigen: zo groot is de snelheid geworden, dat we ons met een schok realiseren ons te bevinden op een ruimteschip, dat met zijn 3 miljard astronauten aan boord is afgesneden van elke toe- en afvoer van grondstoffen en afvalprodukten. Er komen nog regelmatig nieuwe passagiers bij, terwijl de

afmetingen om een of andere reden steeds kleiner schijnen te worden.

In de toekomstige astronautische techniek zal de technische beheersing van het menselijk milieu in zijn meest extreme vorm plaats vinden. Tijdens lange ruimtereizen zal geen molecuul water, zuurstof of voedsel aan de circulatie mogen worden onttrokken.

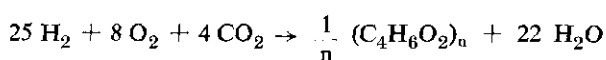
Het ontwikkelen van hiertoe geschikte technieken is reeds geruime tijd in studie bij het Amerikaanse NASA-Ames Research Center. Het zal nauwelijks verwondering wekken, dat dit onderzoek en de normale gezondheids-techniek nauw samengaan en wederzijds bevruchtend werken [7].

In eerste instantie is men er in geslaagd water, zuurstof en voedsel te regenereren met tussenschakeling van een belicht aquarium, waarin eencellige groene algen de sleutelpositie innemen [8].

Per persoon is een volume van slechts enkele tientallen liters noodzakelijk. Hiermede is tevens een antwoord gegeven aan de profeten, die een massale hongersnood voor de toekomst onvermijdelijk achten.

Het is echter te begrijpen, dat men de groene algen een te kwetsbaar hulpmiddel vindt voor lange ruimte-reizen.

Een ander projekt regeneert dan ook de zuurstof door middel van electrolyse van water, waarbij tevens waterstof ontstaat. Het bij de ademhaling vrijkomende kool-dioxide en de waterstof worden nu, samen met een gedeelte van de zuurstof, geleid in een biologische reactor. Hierin dienen facultatief-autotrofe bacteriën van het genus *Hydrogenomonas* alle vaste, vloeibare en gas-vormige afvalstoffen in principe weer om te zetten in bruikbaar voedsel. De autotrofe omzetting verloopt volgens de globale reactievergelijking



Hierbij ontstaat in hoofdzaak poly- $\beta$ -hydroxyboterzuur; een vrij algemeen bij bacteriën voorkomende reservestof, die onder toevoeging van ammoniumzouten kan worden omgezet in celeiwit.

In laatste instantie tracht men de cyclus te sluiten geheel zonder levende organismen, dus langs zuiver chemische weg. Hiertoe wordt het kooldioxide via koolmonoxide in reactie gebracht met waterstof, waarbij formaldehyde ontstaat. Als energiebron bij deze in principe reeds lang bekende synthese (Löw, 1886) wordt gebruik gemaakt van donkere gasontladingen.

Door condensatie van de waterige formaldehydeoplossing ontstaat een mengsel van sacchariden, dat in principe tot voedsel te verwerken zou zijn.

Een andere, voor sommigen misschien meer aantrekkelijke route, loopt via ethanol.

*Geachte toehoorders,*

U vindt dit alles vermoedelijk geen aanlokkelijk perspectief. We zullen daarom de gedachten weer op onze aardse sferen richten en daarbij de regels van F. S. Eliot ter harte nemen, die als volgt luiden:

We shall not cease from exploring  
And the end of all our exploring  
Will be to arrive where we started  
And know the place for the first time.

Laten we ons verheugen dat we in een wereld mogen leven, die nog steeds kan bloeien en vrucht dragen; zolang er geen atomaire, bacteriologische, chemische of andere oorlogen op uitgevochten worden en mits we de verantwoordelijkheid voor ons aller milieu op korte termijn aanvaarden.

De zorg voor het milieu dient in een leefbare maatschappij meer te omvatten, dan het uitsluitend corrigeren van vervuiling of andere uitwassen van industrialisering en urbanisatie.

Milieubeheersing moet in laatste instantie een creatief proces zijn, dat het verloren evenwicht herstelt tussen mens en natuur.

Niemand minder dan de president van de Verenigde Staten van Amerika introduceerde in 1965 een oorlog, die geen slachtoffers zal eisen doch leven moet redden. Het doel van de *Water Quality Act of 1965* en de *Clean Water Restoration Act of 1966*, is de sanering van de Amerikaanse rivieren die thans vrijwel alle fungeren als open riolen [9].

Deze taak lijkt eenvoudiger dan hij in werkelijkheid is. Ogenschoijnlijk beschikken we immers reeds over adequate technieken voor de zuivering van afvalwater: de mechanische voorzuivering en de biologisch-oxidatieve zuivering bieden in de meeste gevallen de natuurlijke zelfreiniging de gelegenheid af te rekenen met de 5 à 10 % resterende vervuiling in het effluent van een goed werkende zuiveringsinstallatie. In sommige gevallen kunnen bovendien aanvullende interne maatregelen bij bepaalde fabrieken noodzakelijk blijken.

Een prognose omtrent de in de komende decennia op de Amerikaanse rivieren te lozen verontreinigingen, leert echter anders [10]. Inderdaad buigt de van 1900 tot 1960 regelmatige gestegen curve nu in benedenwaartse richting. Zodra echter alle rioleringsgebieden zullen zijn voorzien van primaire en secundaire zuiveringsinstallaties, zal de totale verontreiniging weer gaan stijgen. Deze zal naar schatting omstreeks het jaar 2010 het oude peil overschrijden ten gevolge van de regelmatige bevolkingsgroei en de ontwikkeling van de industrie. Het is duidelijk dat voor Europa soortgelijke beschouwingen kunnen worden gehouden. Alom worden dan ook aanvullende maatregelen overwogen. In een zogenaamde derde zuiveringstrap zullen de resterende organische stoffen en vooral de fosfaten uit het effluent van de zuiveringsinstallaties moeten worden verwijderd. Slechts daardoor kan men op de duur ongewenste eutrofiëring van de oppervlaktewateren voorkomen en het te recirculeren water voldoende zuiver houden.

Afgewacht moet worden in hoeverre voor streken nabij de zee, afvoerleidingen op de duur een aanvaardbaar alternatief zullen blijken.

Bepaald indrukwekkend is het researchprogramma, dat momenteel wordt uitgevoerd door de Amerikaanse *Federal Water Pollution Control Administration*. Het omvat de systematische evaluatie van ongeveer dertig in principe bruikbare processen voor *Advanced Waste Treatment (A.W.T.)*. Deze reeks omvat zowel biologische methoden voor de verwijdering van stikstof en fosfor als fysisch-chemische scheidingsmethoden, zoals adsorptie en omgekeerde osmose. Ook de chemische oxidatie van onbekende organische verontreinigingen met waterstofperoxide, ozon of zelfs vrije hydroxylradicalen wordt overwogen.

Het noemen van deze Amerikaanse research houdt overigens niet in, dat er in Europa niets op dit gebied zou gebeuren: tenslotte fabriceert het Rotterdamse drinkwaterbedrijf reeds geruime tijd drinkwater uit het afvalwater van de bovenstreams gelegen gebieden!

(Uit de peroratie)

*Dames en heren, leden van de Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering,*

Met velen van u heb ik in het verleden reeds prettige contacten onderhouden in en buiten de werksfeer. Zeer stel ik het op prijs, dat mede in de boezem van uw vereniging — zij het dan met gemengde gevoelens — besloten is naast het reeds bestaande tijdschrift *Water* een nieuw orgaan te gaan uitgeven, genaamd  $H_2O$ . Ongetwijfeld een hommage aan de Chemische Gezondheidstechniek. Laat ons echter hopen, dat de befaamde John O-Mill geen al te vooruitziende blik heeft gehad, toen hij zijn gedicht *H<sub>2</sub>O Jé* besloot met de woorden:

„Nog jaren later  
dronk Oom 't water  
uitsluitend door 'n zeefje.”

Waar zal de beklemmende, door Ellul geschreven reis een einde nemen? Het eerste Atlantis is, volgens de oude legende, verzonken in een watervloed. Zal het nieuwe Atlantis ten ondergaan in een tweede oceaan, niet van water, doch van afvalstoffen? Zal de mensheid, als een bacteriekolonie op de top van de groeicurve omkomen in de eigen afscheidingsprodukten? Of zal datgene, waardoor de mens zich van andere levende wezens onderscheidt: het vermogen tot het bewuste en vooruit-

ziende ingrijpen in de gebeurtenissen rondom hem, het mogelijk maken een optimale toestand te bereiken en te handhaven?

Francis Bacon [11] schilderde in 1627 een ander Nova Atlantis: een utopische samenleving van geleerden, in onderlinge samenwerking op zoek naar het wezen der dingen en naar de middelen, om het lot der mensheid te verzachten.

Het zal mede van ons aller krachtsinspanning afhangen, of onze wereld een bewoonbare zal blijven.

#### Literatuur

1. H. Erhard, *Aus der Geschichte der Städtereinigung*, Stuttgart, 1954.
2. M. R. V. Daviss, *Sir Edwin Chadwick*, J. Proc. Int. Sew. Purif. 1966, 503 - 512.
3. Nieuwe Rotterdamse Courant, 8 februari 1963.
4. C. Robben, *Bijdrage tot de geschiedenis der watervoorziening van Tilburg*, Brabants Heem 19, 45 - 49 (1967).
5. R. Hooykaas, *De chemische omwenteling*, Arnhem 1952.
6. G. Berkhoff, *Jaarrede 1967, De lotgevallen van de Technische Hogeschool Twente*, Enschede 1967.
7. M. G. Del Duca and J. M. Fuscoe, *Application of advance in space technology to water resources management*, J. Water Poll. Contr. Fed. 38, 976 - 89 (1966).
8. L. v. d. Wal, *Sanitation in space*, Sewage and Ind. Wasser 32, 333 - 43 (1960).
9. U.S. Dept. of the Interior, Federal Water Pollution Control Administration, *A new era for America's waters*, Washington, D.C. 1967.
10. L. W. Weinberger, D. G. Stephan, F. M. Middleton, *Solving our water problems - water renovation and reuse*, Annals of the New York Academy of Sciences, 136, 131 - 54 (1966).
11. Francis Bacon, *Essays and New Atlantis*, New York 1942.