

Huishoudelijk afvalwater, nu en in de toekomst

To-day affluent societies are also unfortunately „effluent” societies

(D. E. Elrick)

Inleiding

De moeilijkheid van het thema zit — evenals het spreekwoordelijke gif — in de staart, nl. de toekomst. Een planning op lange termijn voor de behandeling van afvalwater steunt op 2 pijlers: de *hoeveelheid* afvalwater in de toekomst en de *hoedanigheid* van het afvalwater in de toekomst. Beide begrippen beginnen met de lettergrepen „hoe”, waarmee alvast de onzekerheid en de vele vraagtekens, die een prognose met zich meebrengt, worden gelymboliseerd.

Er zijn in de afgelopen 10 jaren een legio aantal prognoses over diverse facetten in onze samenleving verschenen. Er is zelfs een speciale wetenschap gevormd: de futurologie of toekomstkunde. Prof. Beerling zegt hierover in „Morgen is vandaag begonnen” (een reeks futurologische verkenningen): „De toekomstkunde is de hedendaagse vorm van de veel oudere voorspelkunde en wij zouden onze tegenwoordige futurologen daarom de verre nazaten kunnen noemen van de priesteressen, die het orakel van Delphi bedienden. Het verschil is natuurlijk, dat zij niet orakelen, maar rekenen, dat zij niet op een driehoek boven een walmende spleet, maar in studeerkamers of laboratoria zitten”.

Het maken van prognoses is een hachelijke zaak. Ir. van der Veen gaf in zijn les „Systematische raming van de toekomstige waterbehoeften” voor de 22e vakantie cursus in drinkwatervoorziening op 15 januari 1970 enige voorbeelden van prognoses, die in het verleden waren opgesteld, toen als onwaarschijnlijk hoog waren gekwalificeerd, maar later nog aanzienlijk beneden de werkelijkheid bleven. Zo gold in 1948 als officiële raming voor de omvang van de bevolking in Nederland ca. 13 miljoen in 1980, een aantal, dat nu in april 1970 al is bereikt. In het in 1940 verschenen rapport van de Commissie Drinkwatervoorziening Westen des Lands werd het waterverbruik voor het gehele land in het jaar 2000 geraamd op rond 700 miljoen m³. In 1968 leverden de waterleidingbedrijven al in totaal voor het gehele land 776 miljoen m³ af. Naar aanleiding van dit alles maakte Van der Veen de ironische opmerking, dat de opstellers van de prognoses tweemaal konden worden uitgelachen, éénmaal vooraf en éénmaal achteraf.

De prognosemethodiek van het uitsluitend statistische extrapoleren van het verleden naar de toekomst heeft een grote kans te falen, omdat vaak nieuwe onverwachte invloeden zich laten gelden, die scherpe knikken in de ontwikkelingstrends veroorzaken. Ir. Bosboom, directeur van de NS, heeft hiervoor de term „mutant” ingevoerd.

Hij geeft het voorbeeld van de man, die in 1900 wist te vertellen, dat er in 1975 in Parijs 100.000 aapjeskoetsiers te verwachten waren. De voorspelling faalde volkomen, omdat men niet had voorzien, dat voor de Parijse fiacre twee mutanten zouden optreden: de aanleg van de Metro en de toepassing van de benzine-motor.

Hoeveelheid van het huishoudelijk afvalwater thans en in de toekomst

Wat nu betreft de prognose van de *hoeveelheid* huishoudelijk afvalwater in het jaar 2000 is dit een vrij eenvoudige zaak, omdat de afvalwaterdeskundige kan aanleunen tegen de recente toekomstschattingen uit de drinkwaterwereld. Het hoofdelijk waterverbruik wordt geschat op ca. 150 l per dag voor 1980 en 200 l per dag voor 2000. Op grond van het feit, dat al het drinkwater afvalwater wordt (op een te verwaarlozen hoeveelheid verdampingsverliezen na), kan worden gesteld, dat de hoeveelheid per persoon en per dag geproduceerd afvalwater, dat nu nog ca. 100 l bedraagt, voor het jaar 2000 zal stijgen tot 200 l. Volgens de meest recente raming van het CBS zal het mensenpakhuis, dat Nederland heet, in het jaar 2000 18 miljoen inwoners tellen. Deze zullen dan een dagelijkse stroom afvalwater afvoeren van 3,6 miljoen m³ of een jaarlijkse stroom van 1,3 miljard m³ of 1,3 km³.

Ter vergelijking met deze enorme afvalwaterstroom: dr. Golterman heeft op de VWN-vergadering van 18 december 1969 vermeld, dat er in Nederland slechts 4 à 5 km³ water aanwezig is!

Hoedanigheid van het huishoudelijk afvalwater thans en in de toekomst

De *kwaliteit* van het huishoudelijk afvalwater in Nederland in de toekomst laat zich moeilijk kwantificeren. Deze zal vermoedelijk niet veel verschillen van de huidige.

Over de kwaliteit van het huishoudelijk afvalwater thans zijn slechts weinig gegevens in de literatuur beschikbaar en deze blijken nogal te variëren. Om niet in een onoverzichtelijke „cijferbrei” te belanden, zal ik mij beperken tot de stikstof en het fosfor, bestanddelen die om hun bemestende werking van lieverlede in een kwade reuk zijn komen te staan. Op het biochemisch zuurstofverbruik van het huishoudelijk afvalwater zal ik straks bij de behandeling van het inwonerequivalentiegetal nader ingaan.

De *stikstof* bevindt zich in huishoudelijk afvalwater in hoofdzaak in organisch gebonden vorm en als ammoniak. De organisch gebonden N is voornamelijk afkomstig van de eiwitverbindingen. Deze bestaan voor ten hoogste 15 % uit N. Het ammoniak ontstaat grotendeels door de zich reeds in de riolering afspelende afbraakprocessen van het in de urine voorkomende ureum en van de eiwitstikstof. Voor de Kjeldahl-N (de som van de organisch gebonden N en de ammonium-N) in het huishoudelijk afvalwater worden in de literatuur waarden opgegeven, die variëren van 8 tot 13 g per inwoner per dag. Bij het opstellen van de formules voor de Rijksaanslagregeling ten behoeve van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren is men ervan uitgegaan, dat door 1 inwoner gemiddeld 10 g Kjeldahl-N wordt geloosd.

De in de literatuur geciteerde gehalten aan *fosfor* in het huishoudelijk afvalwater lopen uiteen van 0,9 tot 3,8 g per inwoner per dag. Hoe recenter de publikaties, des te hoger is het opgegeven gehalte. Dit is te verklaren uit het toenemend gebruik van synthetische detergents in

het huishouden. Immers de aan de wasmiddelen toegevoegde stoffen, de z.g. „builders”, bevatten o.m. polyfosfaten als onthardingsmiddel. Van de totale hoeveelheid fosfaat in huishoudelijk afvalwater wordt wel ca. 1/3 gedeelte geacht afkomstig te zijn van de syndets.

Het is daarom wel verwonderlijk, dat het door Imhoff in de met de regelmaat van de klok verschijnende herdrukken van zijn „Taschenbuch der Stadtentwässerung” opgegeven P-gehalte in het huishoudelijk afvalwater niet omhoog gaat.

Over de huidige samenstelling van huishoudelijk afvalwater wil ik tenslotte nog vermelden, dat men daarin onlangs ook *sporen van metalen*, zoals zink, koper, chroom, mangaan, nikkel en lood heeft kunnen aantonen. Welke tendensen zijn er nu te bespeuren, die invloed kunnen hebben op het toekomstige huishoudelijke afvalwater in kwalitatief en/of kwantitatief opzicht? Dat is in de eerste plaats de tendens, dat *diepvriesartikelen en ingevroren kant-en-klaar-maaltijden*, ook wel genoemd de voedselartikelen met het „ingebouwde dienstmeisje”, steeds meer aftrek vinden bij het publiek. De voedselbereiding verplaatst zich hoe langer hoe meer van de gezinskeuken naar de voedingsmiddelenbedrijven. Dit vermindert de hoeveelheid huishoudelijk afvalwater en verlaagt de BOD hiervan. De hoeveelheid afvalwater van de voedselafabrieken neemt daardoor uiteraard toe.

Een soortgelijke invloed heeft het toenemend gebruik van *wegwerp-kleding*.

Naast het weggooitextiel zijn ook *wegwerpserviesgoed* en *wegwerpdrinkbekers* in opkomst; de laatste veelal in combinatie met koffie- en frisdrankenautomaten, waarvan er nu in ons land ruim 14.000 zijn geplaatst.

Anderzijds kan de opmars der *vaatwasmachines* de hoeveelheid afvalwater weer doen toenemen. Een dergelijk apparaat gebruikt ca. 40 l water voor één afwas.

Wanneer men zich bezint over nieuwe ontwikkelingen, is het altijd goed naar een land te kijken, dat wat de milieubescherming betreft aan de kop loopt, nl. *Zweden*. Een land, dat het initiatief heeft genomen tot een mammoeth-congres van de VN over de „Human Environment” in 1972 in Stockholm. Een land, waar op alle universiteiten voor een ieder toegankelijke 10 weken durende cursussen in de bestrijding van de milieuverontreiniging worden gehouden. Een land, waar op de verpakking van een bepaald wasmiddel een zwaan is afgebeeld, die in een heldere vijver naar beneden duikt, met

daarbij de vermelding, dat het gehalte aan fosfaten zo laag mogelijk is, want dit geldt als een verkoopargument voor de milieubewuste Zweedse vrouw. Een land tenslotte, waar reeds uitvoerige discussies worden gehouden over de verontreiniging, die door treintoiletten wordt veroorzaakt.

Tijdens het bijhouden van de Zweedse vakliteratuur stuitte ik op het bericht, dat in de stad Östersund sinds 1962 met groot succes een aantal *hondentoiletten* zijn ingericht. Dit is zeker het navolgen waard voor een land als het onze, waar op elke 23 inwoners één hond staat geregistreerd!

Vermeldenswaard is ook het z.g. *Liljendahl-vacuüm afvoersysteem* voor toiletafvalwater, ontworpen door de Zweedse ingenieur Liljendahl en daar sinds 1959 op praktijkschaal toegepast. Het faecaliëtransport geschiedt daarbij niet met water, doch met lucht. Per toiletbezoeker wordt ca. 1 l water verbruikt voor naspoeling van de closetpot. De stortbak in een conventioneel toilet bevat gemiddeld 7 l water, zodat met dit systeem een niet geringe vermindering van de hoeveelheid afvalwater bereikt wordt.

Het inwoner-equivalentiegetal

Nu wordt ingegaan op het biochemisch zuurstofverbruik (afgekort BZV of in het Engels BOD) van het huishoudelijk afvalwater.

Als maat voor de verontreiniging van afvalwater geldt al sinds de dertiger jaren het *inwoner-equivalentiegetal* (in het Duits „Einwohnerwert” of „Einwohnerlast” genoemd, of betrokken op industrieel afvalwater: „Einwohnergleichwert”). Door Imhoff is in 1936 hiervoor de getalwaarde 54 gegeven, d.w.z. de hoeveelheid verontreinigende stoffen, gemeten aan het biochemisch zuurstofverbruik, die gemiddeld door één inwoner per dag met zijn afvalwater wordt afgevoerd, bedraagt 54 g. In Noord-Amerika, Zwitserland en Zweden is men er na onderzoek toe overgegaan dit Imhoff-getal te vervangen door hogere waarden, nl. resp. 77 g (54 g geldt in Noord-Amerika slechts bij gescheiden riolering), 75 g en 60 g.

Ook in andere landen, vooral in Duitsland is hierover veel onderzoek verricht met nogal uiteenlopende resultaten, zoals op onderstaande tabel is weergegeven. Officieel worden daar de Imhoff-getallen echter nog steeds aangehouden.

Verskillende onderzoekers, waaronder ook het RIZA,

Overzicht van de voorgestelde of proefondervindelijk verkregen waarden voor het inwoner-equivalentiegetal

nr.	jaar	land	auteur	inw. eq.	opmerkingen
1	1966	Tsjecho-slowakije	Pöbis	31	Effluent van een woonblok met 9100 inw.
2	1966	Zweden	OECD	60	Antwoord op een enquête van de OECD
	1966	Zweden	OECD	35	Onderzoek aan enige kleine gemeenten
3	1966	Frankrijk	OECD	55	Antwoord op een enquête van de OECD
4	1966	Japan	OECD	40	Antwoord op een enquête van de OECD
5	1966/67	Engeland	[WPC	59	Onderzoek aan 6 zuiveringsinst. met 1200-90.000 inw.
	1966/67	Engeland	WPRL	51	Onderzoek aan 4 zuiveringsinst. met 37-96000 inw.
6	1968	Nederland	RIZA	38	Onderzoek aan 2 zuiveringsinst. en 3 woongebieden met 530-17.700 inw.
7	1936/69	Duitsland	Imhoff	54	„Taschenbuch der Stadtentwässerung”, 7e t/m 22e druk
8	1955	Duitsland	Lüssem	84	Onderzoek aan 6 zuiveringsinst. met 3900-28.500 inw.
9	1958	Duitsland	Möhle	70-80	Voorstel
10	1964	Duitsland	Noack	75	Voorstel
11	1966	Duitsland	Thiele	62	Onderzoek aan 1 zuiveringsinst. met 2600 inw.
12	1968	Duitsland	Bucksteeg	57	Onderzoek aan 13 zuiveringsinst.
13	1968	Duitsland	Liebmann & Riedmüller	75	Voorstel
14	1969	Duitsland	Klotter & Hantge	34	Onderzoek aan het afvalwater van 1 inwoner
15	1969	Duitsland	Klotter & Hantge	40-54	Onderzoek aan 4 zuiveringsinst. met 2000-48.000 inw.
16	1969	Duitsland	Leschber & Niemitz	60	Onderzoek aan een woonwijk met 78 inw. in N.-Berlijn

hebben gevonden dat de hoeveelheid opgeloste stoffen in het huishoudelijk afvalwater toeneemt t.o.v. de hoeveelheid niet-opgeloste stoffen. Dit verschijnsel wordt door Bucksteeg toegeschreven aan het toenemend gebruik van diepvriesproducten en gedroogde groenten.

Ook zou het grotere waterverbruik en daardoor de grotere verdunning de niet-bezinkbare en de opgeloste stoffen in verhouding tot de bezinkbare stoffen doen toenemen.

Opvallend is, dat in de literatuur over het onderzoek naar het inwoner-equivalentiegetal niet of nauwelijks wordt stilgestaan bij de vele mogelijke foutenbronnen, die het onderzoek kunnen bemoeilijken en waardoor de betrouwbaarheid van de resultaten aanvechtbaar is. Het RIZA noemt enige van deze foutenbronnen in zijn Mededeling nr. 5 in 1968.

1. *Bemonsteringsapparatuur.* Worden de slijkdelen wel evenredig meebemonsterd?
2. *Debietmeting*
3. *Tijdsduur tussen monsterneming en het onderzoek van de monsters*
4. *Analysemethodiek*
5. *Gemengd rioleringsstelsel met regenoverstorten*
6. *Jaargetijde*
7. *Aantal inwoners*

Een deel van de inwoners kunnen in een andere gemeente werkzaam zijn, terwijl inwoners van andere gemeenten hun werk hebben in de onderzochte gemeente. De lage waarden voor het inwoner-equivalentiegetal, die veelal bij zeer kleine gemeenten zijn gevonden, zouden wel eens het gevolg kunnen zijn van de invloed van „uit-pendelaars”, die zich daar sterker manifesteert dan bij grotere gemeenten, waar eerder te rekenen is op een in-pendelen van elders wonende beroepsbeoefenaren en scholieren.

Het is in dit verband wel interessant een poging te vermelden, die ir. Biemond en prof. Slater, hoogleraar in de biochemie aan de Universiteit van Amsterdam, hebben ondernomen om langs meer theoretische „spijsverterings-technische” weg tot een benadering van het Imhoff-getal te komen. Zij gingen daarbij uit van de voedselsituatie in Nederland in 1958. Het hoofdelijk verbruik van voedingsstoffen was in dat jaar per dag: 366 g koolhydraten, 81 g eiwitten en 123 g vetten. Bij een aftrek van 15 % ten gevolge van afval bij de voedselbereiding, verlies door bederf en weggeworpen restanten blijft over voor de netto voeding: 310 g koolhydraten, 70 g eiwitten en 105 g vetten.

Koolhydraten worden in de weefsels van het menselijk lichaam bijna volledig verbrand door zuurstof tot koolzuur en water.

Het restant van de verschillende koolhydraten bedraagt per hoofd per dag 8,5 g van een stof, die chemisch kan worden gekarakteriseerd als (CH₂O). Voor de totale verbranding van deze 8,5 g is 9,5 g zuurstof nodig. De BOD₅-waarde is $0,684 \times \text{BOD}_{20} = 0,684 \times 9,5 \text{ g} = 6,5 \text{ g}$. Voor de verwerking van de in het menselijke dieet voorkomende eiwitten kan worden berekend, dat per hoofd per dag aan het afvalwater wordt toegevoerd een zuurstofbehoefte van 11,5 g uit restanten van het interne verbrandingsproces.

Dit betekent een BOD₅-waarde van $0,684 \times 11,5 \text{ g} = 8 \text{ gr}$. Voor de verwerking van de geconsumeerde vetten kan worden berekend, dat per hoofd per dag aan het afval-

water wordt toegevoerd een zuurstofbehoefte van 18 g uit spijsverteringsrestanten. In BOD₅-waarde dus $0,684 \times 18 \text{ g} = 12,5 \text{ g}$. In totaal voert de analyse van de spijsvertering van het gemiddelde menselijke dieet tot een BOD₅-waarde van de spijsverteringsslakken, d.w.z. urine en faeces, van $6,5 + 8 + 12,5 = 27 \text{ g}$.

Bij aannahme van 3 g BOD₅ aan toilet papier per hoofd en per dag komt dan voor rekening van de hoofdelijke dagelijkse stoelgang (excuses voor de woordcombinatie!) in het huishoudelijke afvalwater een BOD₅ van 30 g. Biemond en Slater nemen voorts nog aan 7 g BOD₅ per hoofd per dag aan zeepverbruik en 5 g BOD₅ aan door de gootsteen afgevoerde etensresten en komen dan op een inwonerequivalentiegetal van $30 + 7 + 5 = 42$.

In het gemiddelde menselijke voedingsrantsoen in Nederland is de dagelijks opgenomen hoeveelheid eiwit nagenoeg gelijk gebleven aan die in 1958. De koolhydraten zijn afgenomen van 366 g tot 351 g en de vetten zijn toegevoerd van 123 g tot 140 g. Aannemende dat de hoeveelheid door het lichaam afgescheiden vetresten evenredig is aan het kwantum met het voedsel opgenomen vetten zou dan de BOD₅-waarde voor dat onder-

deel worden $\frac{140}{123} \times 0,684 \times 18 \text{ g} = 14,2 \text{ g}$. Het inwoner-

equivalentiegetal zou dan van 42 tot slechts bijna 44 toenemen.

In ieder geval is het goed om voortdurend aandacht te blijven schenken aan de waarde van het inwoner-equivalentiegetal. Het is zeer wel mogelijk, dat in de komende 3 decennia deze waarde in Nederland met het stijgen van de welvaart boven de Imhoffse-waarde van 54 zal komen te liggen. Ook de garbage grinders, die zo dadelijk de revue zullen passeren, verhogen de BOD₅ in het afvalwater met 50 % en kunnen dus uit dien hoofde bij een voor de toekomst aangenomen marktverzadigingsgraad van 30 % het inwoner-equivalentiegetal met 0,3 x 50 % = 15 % verhogen.

De garbage grinders

Sedert enige tijd zijn de z.g. *garbage grinders* in Nederland op de markt gekomen. Voor deze apparaten zijn diverse benamingen in onze taal in zwang gekomen. Ik ben de volgende 11 namen tegengekomen: vuilversnijder, afvalversnijder, vuilverkleiner, vuilverpulvermachine, snijmolen voor keukenafval, keukenafvalverkleiningsmolen, huishoudafvalmolentje, vuilmolentje, keukenmaalmachine, voedselvernietiger en keukenafvalvernietiger. De laatste 2 namen zijn eigenlijk foutief, aangezien er in wezen niets wordt vernietigd, alleen maar wordt fijngemalen. Deze keukenafvalversnijders zijn na de 2e wereldoorlog in Amerika ontwikkeld. Ze kunnen, al of niet voorzien van een z.g. bestekintredebeveiliging, onder de gootsteen worden gemonteerd om groenteresten, koolstronken, vruchtenschillen, eierschalen, visgraten en kleine beenderen zodanig te verpulveren, dat ze in de riolering kunnen worden afgevoerd zonder verstopping te veroorzaken. Voorwerpen uit glas, metaal, leer, rubber, hout, kunststof en textiel kunnen niet als voer voor de garbage grinders dienen en moeten in een vuilnisvat worden afgevoerd.

In 1962 was reeds 11 % van de huishoudens in de VS voorzien van deze keukenmolentjes en in een miljoenenstad als Los Angeles was dit % zelfs gestegen tot 40-45 %. Men verwacht in de VS, dat de verzadigingsgraad in deze markt in de toekomst zal zijn bereikt, als ca.

60 % van alle huishoudens een garbage grinder bezit. Ook in Europa neemt deze markt geleidelijk toe. Hörler in Zwitserland en Bucksteeg in de Duitse Bondsrepubliek nemen voor de „Küchenkehrichterzkleinerungsapparaten”, zoals deze toestellen in de Duitse taal zo kort en krachtig worden genoemd, een uiteindelijke verzuivingsgraad van 30 % aan.

Ook in Nederland zijn deze apparaten in de handel. Het gebruik ervan wordt van overheidswege niet aangemoedigd, omdat men vreest voor een verdere overbelasting van het reeds zo verontreinigde oppervlaktewater. Gezien echter de ontwikkeling op dit gebied in de hoog geïndustrialiseerde landen buiten onze grenzen, dienen we hier toch wel voor de komende decennia ernstig rekening te houden met een toenemend gebruik.

Wat zijn de consequenties voor riolering, zuiveringsinstallatie en oppervlaktewater? Uit de literatuur is het volgende hierover bekend geworden.

A. Gevolgen voor de riolering:

De meningen hierover lopen in de vakwereld nogal uiteen. In ieder geval mag men wel aannemen, dat in een modern rioolstelsel, waarin de stroomsnelheid van het afvalwater meer dan 0,6 m/sec. bedraagt, geen vrees behoeft te bestaan voor een verhoogde afzetting van bezinkbare stoffen. Wel is in Los Angeles bekend geworden, dat zich in stijgende mate aan de wanden van de riolen een aankoeking van vet heeft gevormd, hetgeen de kans op verstoppingen heeft doen toenemen.

B. Gevolgen voor het oppervlaktewater:

Bij afvoer zonder zuivering in het oppervlaktewater zal de verontreiniging van het ontvangende water uiteraard toenemen. De noodzaak van zuivering zal zich dan des te sterker doen gevoelen.

C. Gevolgen voor de zuiveringsinstallatie:

Volgens de literatuur zijn deze gevolgen:

1. Het waterverbruik bij een vuilversnijder voor een vierhoofdig gezin is $\pm 8-10$ l/min. gedurende 4-5 min. per dag, dus de hoeveelheid afvalwater neemt toe met ca. 8-10 l. per inwoner per dag.
2. De hoeveelheid keukenafval bedraagt 100-400 g per inwoner per dag, met een watergehalte van 75-85 %, sterk afhankelijk van het seizoen (in de zomer meer dan in de winter).
3. Het drooggewicht van het afval bedraagt 20-130 g per inwoner per dag.
4. Het gehalte aan zand van het afvalwater neemt toe met 20-40 %.
5. Het gehalte aan bezinkbare stoffen neemt toe met 15-50 %.
6. De hoeveelheid slijk neemt toe met 15-50 %.
7. De BOD₅ van het afvalwater neemt toe met 30-50 %.
8. Het bezinkingseffect van de voorbezinktank neemt toe met 2-5 %.
9. De gasproductie neemt toe met 100 %.

De genoemde percentages gelden natuurlijk voor een verzuivingsgraad van 100 % van deze keukenmolentjes. De laatste 2 aspecten t.w. een toenemend bezinkings-effect en een verhoogde gasproductie kunnen als voordelen worden beschouwd.

Nog 2 andere voordelen zijn het hygiënische voordeel (men raakt niet meer in contact met dit afval) en voorts

een zekere ontlasting bij de inzameling van huisvuil. Alle overige aspecten zijn als nadelen te beschouwen.

Als men ook in Nederland een toekomstige verzuivingsgraad der garbage grinders van 30 % aanneemt, zou dit voor een rioolwaterzuiveringsinstallatie betekenen, dat het naar waterhoeveelheid te dimensionneren gedeelte

van de installatie met $0,3 \times \frac{100}{100} = 3\%$ toeneemt of

bij een toekomstig hoofdelijk waterverbruik van 200 l per dag met 1,5 % toeneemt. Het naar waterverontreiniging te bemeten gedeelte (oxydatiebed, aërietank, slijkgistingstank) zou toenemen met $0,3 \times 50\% = \text{ca. } 15\%$ en de totale kosten voor de installatie zouden toenemen met $0,3 \times 30\% = \text{ca. } 10\%$. Deze meerkosten zouden moeten worden gedragen door diegenen, die de voordelen van het gebruik van de afvalversnijders genieten.

Milieuhygiëne

Bij de behandeling van het onderwerp huishoudelijk afvalwater nu en in de toekomst in het dichtst bevolkte en snelst groeiende land van Europa lijken mij enige zinnen gewijd aan het probleem van de *bevolkingsaanwas* wel op hun plaats.

Nederland heeft thans 13 miljoen inwoners met een gemiddelde dichtheid van 385 inw./km², in het jaar 2000 18 miljoen inwoners met een gemiddelde dichtheid van 529 inw./km². De wereldbevolking telt thans ruim 3 miljard mensen, in het jaar 2000 6 miljard en aan het einde van de volgende eeuw 50 miljard met een gemiddelde dichtheid van 385/km², dus een even grote dichtheid als nu in Nederland. Angstwekkende cijfers! Vooral van de zijde van de biologen gaan waarschuwend stemmen op tegen deze „bevolkingsoverlast”. Prof. Waddington, oud-president van de IUBS (International Union of Biological Sciences) gaf op het IBP (International Biological Programme)-symposium van 29-30 sept. 1969 in Londen de volgende kernachtige formulering: „The greatest pollution on earth is man himself”. Het onder controle krijgen van de bevolkingstoename wordt als wereldprobleem nr. 1 beschouwd. Bij de ontwikkeling van bacteriën in een voedingsbodem kent men de zg. groeicurve, die stijgt tot het moment, waarop de bacteriën uit voedselgebrek en door de ophoping van geproduceerde afvalstoffen weer te gronde gaan.

Voedselgebrek en accumulatie van afvalstoffen dreigen de mensheid ook te gronde te richten. Op het IBP-symposium werd dan ook gewezen op de noodzaak van een drastische inperking van de menselijke bevolkingsgroei. Prof. Muntendam gaf op 18 april jl. in een vraaggesprek voor de TV de raad de bevolking „population-minded” (bevolkingsbewust) te maken en over het bevolkingsvraagstuk te leren denken.

Een aangenaam leefbaar milieu wordt zo langzamerhand een schaarste-artikel, een economisch goed, waarvoor men dient te betalen. Waddington drukte het aldus uit: „Pay for the environment you live in”, d.w.z. voor de lucht die U inademt, het water dat U drinkt, het afvalwater dat U kwijt wil, de zonneschijn op Uw tuin en in Uw huis, de bodem waarop U loopt, voor iedere minuut stilte en voor elk streepje horizon.

Nu 1970 door de Raad van Europa is uitgeroepen tot het *Europees Natuurbeschermingsjaar* zou ik het mijzelf kwalijk nemen, als ik niet even enige aandacht besteedde aan de natuur, die tot dusver in het spanningsveld tussen

industrie en verstedelijking enerzijds en de natuur anderzijds meestal het onderspit moest delven. Een paar voorbeelden ter illustratie van de achteruitgang van de natuur: Van de landflora werden bij ons aan het begin van deze eeuw 1400 soorten hogere planten aangetroffen. Hiervan zijn er thans 50 geheel verdwenen en 120 teruggedrongen tot minder dan 5 vindplaatsen. Daarnaast zijn er nog 250 soorten zeldzaam geworden. Op het vogeleiland de Griend en in Texel en Rottumeroog had men vroeger talrijke kolonies van grote sterns (35.000 à 40.000 paar). In de laatste jaren daalde het bestand tot 700 paar. Uit de brochure „Welvaart, Welzijn, Nietzijn N70”, uitgegeven door het Comité ter voorbereiding van het Europese Natuurbeschermingsjaar 1970, ontleen ik het volgende citaat: „Het gaat bij natuurbescherming om iets anders dan het noteren van de piepfrequentie van het rietpiepertje of het verbaasd gadeslaan van de bloeiwijze van het oude vrouwenbedstro. Als wij doorgaan met de natuur te vermoorden, zal er niets meer bloeien of piepen. Ook wij niet”.

De uitdunning van het aantal grote sterns is waarschijnlijk te wijten aan een ongeluk op Pernis, toen aldrin en andere vergiften in zeer grote verdunning bij de wadden zijn gekomen. En dit is weer een teken aan de wand!

Het aantal bestrijdingsmiddelen neemt gestadig toe: insecticiden, herbiciden (tegen onkruid), fungiciden (tegen schimmel), bactericiden, acariciden (tegen mijten), rodenticiden (tegen ratten en andere knaagdieren), mollusciciden (tegen slakken), nematociden (tegen aaltjes), oviden (tegen insecteneieren) en larviciden (tegen larven). Het aanvankelijke optimisme over de resultaten van de *pesticiden* als plaagbestrijders is bij sommigen omgeslagen in pessimisme, toen deze pesticiden veeleer als „plaagbe-reiders” bleken te fungeren, doordat men enerzijds te kampen had met het optreden van *resistentie* bij de te bestrijden organismen, anderzijds de *persistentie* (slechte afbreekbaarheid) van deze gifstoffen ten gevolge van de onnatuurlijke molecuulopbouw bleek te leiden tot ophoping van residuen in de consumptieproducten. Vele van deze gifstoffen, vooral de gechlloreerde koolwaterstoffen, zoals DDT (dichloordifenyiltrichloorethaan) zijn beter oplosbaar in vet dan in water. Daardoor worden zij opgeslagen in de vetweefsels der levende wezens en kunnen daarin een veel hogere concentratie verkrijgen, vooral in de loop van een voedselketen, dan de concentratie in het water zou doen vermoeden. En de mens heeft het twijfelachtige voorrecht als topcarnivoor — of in het geval van een vegetariër: topherbivoor — aan het einde van de voedselketen te staan!

Het is een verontrustend feit, dat het assortiment van giftige stoffen of het vergiftenpakket — om dit mode-woord te gebruiken — hand over hand toeneemt. Een goed functionerend waarschuwings- en controlesysteem voor toxische verontreinigingen is dan ook dringend noodzakelijk.

Als voorbeeld van een ernstige vergiftiging kan worden genoemd de z.g. **Minimataziekte**. In de vijftiger jaren stierven in de vissersdorpen rondom de Minimatabaai in Japan een vrij groot aantal mensen en katten aan een onbekende ziekte. De oorzaak bleek te zijn het eten van vis, die besmet was met organische kwikverbindingen, afkomstig van een aldaar gevestigde chemische industrie. Deze gebruikte katalysatoren, die uit kwikverbindingen waren opgebouwd. Er werden 111 vergiftigingsgevallen geregistreerd, waarvan 40 met dodelijke afloop.

Een ander probleem, waarmee wij in de toekomst steeds meer te maken krijgen, is de *eutrofiëring* of *hypertrofiëring* van meren en recreatiewateren door een overmaat van voedingszouten (nitraten en fosfaten) voor algen en waterplanten, hetgeen kan leiden tot de z.g. waterbloei, waarbij het water een erwtensoepgroene kleur aanneemt en bij hydrobiologen, waterrecreanten en waterkwaliteitsbewakers het sein op rood gaat staan. Justus von Liebig heeft eens gezegd: „Von der Lösung der Kloakenfrage hängt das Wohl der Staaten ab”. Ik zou hieraan willen toevoegen: „Und auch von der Lösung der Phosphatefrage hängt das Wohl der Staaten ab”! Over het probleem van het „vruchtbare water”, zoals de nota van de Waterhuishouding het uitdrukt, zal ik nu niet verder uitweiden, want prof. Koot zal dit nog uitvoerig behandelen. Ik geef U alleen 2 voorbeelden van de voortdurende stijging van het fosfaatniveau in het openbare water.

1. In de Zürichsee bedroeg het gemiddelde PO₄-gehalte omstreeks 1950 ca. 0,04 mg/l, in 1962 0,20 mg/l en in 1970 0,48 mg/l, dus in 20 jaar tijds is dit gehalte 12 x zo hoog geworden!
2. In de Rijn bij Lobith steeg de fosfaatlast (orthofosfaat + hydrolyseerbaar fosfaat) gemiddeld van 0,39 kg/sec. in 1959, 0,71 (1960), 0,85 (1961), 0,73 (1962), 0,83 (1963), 0,85 (1964), 1,54 (1965), 1,68 (1966), 1,49 (1967), 2,06 (1968), tot 2,23 kg/sec. in 1969, dat is 0,07 miljoen ton per jaar. De NaCl-vracht, die de Rijn de laatste jaren bij Lobith afvoert, bedraagt ca. 17,7 miljoen ton per jaar.

Volgens het CBS vervoerde de scheepvaart op de Rijn stroomafwaarts in 1968 3,1 miljoen ton meststoffen en 7,7 miljoen ton metalen. Hieruit blijkt dus, dat de scheepvaart van de Rijn en — wat ik zou willen aanduiden met de „watervaart” van de Rijn — elkaar quantitatief al dicht beginnen te naderen!

Hergebruik van afvalwater

Het vraagstuk van het hergebruik van afvalwater is thans nog niet actueel in Nederland, maar het is zeer goed denkbaar, dat dit hergebruik in de toekomst wel een rol gaat spelen. Dus is het nuttig om alvast in de literatuur na te zoeken wat hierover bekend is in die gevallen, waar dit hergebruik al in de praktijk wordt toegepast. Eigenlijk vindt in ons land op enige plaatsen al wel in zekere mate een méérvoudig gebruik van het afvalwater plaats, nl. waar de grondstof voor de drinkwaterbereiding wordt onttrokken aan rivierwater, waarin bovenstrooms gelegen steden hun afvalwater al of niet na zuivering, lozen. Men zou hier al kunnen spreken van *indirect* hergebruik van afvalwater volgens de kringloop rivierwater - drinkwater - afvalwater - rivierwater, waarbij het doorlopen traject van het rivierwater met zijn verdunnend en zelfreinigend vermogen als tussenschakel dient tussen het eindpunt van de afvalwaterzuivering en het beginpunt van drinkwaterbereiding. De tendens bestaat, dat deze tussenschakel in de toekomst steeds smaller gaat worden, totdat men kan spreken van *direct* hergebruik van afvalwater, wanneer het afvalwater zulk een extreme zuivering ondergaat, dat het effluent geschikt geworden is als drinkwater. Naar mijn weten bestaat er thans in de wereld nog nergens een in de praktijk toegepast voorbeeld van een dergelijk rechtstreeks hergebruik, dus van een straffe cyclus drinkwater - afvalwater - drinkwater.

Bij het meerdere malen gebruiken van afvalwater kan

men al naar het toepassingsgebied onderscheid maken in:

1. Hergebruik van afvalwater voor industriële doeleinden, waarbij men het afvalwater hetzij van elders, hetzij van het eigen industriebedrijf betreft.
2. Hergebruik van afvalwater voor agrarische doeleinden (bevloeiing, irrigatie).
3. Hergebruik van afvalwater voor recreatieve doeleinden.
4. Hergebruik van afvalwater voor de openbare drinkwatervoorziening.

Hergebruik van afvalwater binnen het eigen industriebedrijf vindt reeds onder de naam „recirculatie” met het oog op water- en afvalwaterbesparing in vele bedrijfstakken met succes plaats.

Het bekendste voorbeeld van *hergebruik van afvalwater van elders door een industriebedrijf* is in Amerika de *staalfabriek van Bethlehem Steel Company in Baltimore, Maryland*, die al sinds 1942 het effluent van de zuiveringsinstallatie „Bak river” van Baltimore gebruikt. Dit bedrijf had een dagelijks koelwaterverbruik van meer dan 2 miljoen m³, dat voor het grootste deel onttrokken werd aan het zoute water van de Chesapeake Bay. Het water was echter te zout om als koelwater te dienen. Toen besloot het bedrijf het effluent van de zuiveringsinstallatie van Baltimore te kopen en na chloring te gebruiken.

In 1960 werd ruim 400.000 m³ afvalwater van de zuiveringsinstallatie per dag betrokken. Een recenter voorbeeld is de *olieraffinaderij van de Texaco Inc. te Amarillo, Texas*, waar het gezuiverde afvalwater van de stad Amarillo wordt gebruikt. Contractueel werd daarbij overeengekomen, dat het stedelijke afvalwater volgens het belucht-slibstelsel wordt gezuiverd en daarna gedurende 3 dagen wordt bewaard, voordat het in een hoeveelheid van 17.000 m³ per dag aan de olieraffinaderij wordt geleverd, waarbij nog aan een aantal kwaliteitsparameters van het effluent grensvoorwaarden zijn gesteld. In de raffinaderij wordt het afvalwater nogmaals enige dagen lang in een reservoir opgeslagen om daarna als koelwater en ketelvoedingswater te dienen. Ook in Engeland zijn een aantal gevallen bekend, dat effluënten van zuiveringsinstallaties als koelwater werden gebruikt.

Voorbeelden van hergebruik van afvalwater voor *agrarische* doeleinden zijn te vinden in droge streken, zoals Israël, waar plannen worden uitgewerkt om het afvalwater van Haifa tot een zodanige zuiveringsgraad te behandelen, dat het zonder enige restrictie weer kan dienen voor de irrigatie van alle landbouwgewassen.

Als een voorbeeld van hergebruik van afvalwater voor *recreatieve* doeleinden kan sinds een tiental jaren worden genoemd het *Santee recreatie project* in Californië. Santee is gelegen in de nabijheid van San Diego en heeft een bevolking van 13.000 zielen. Het effluent van de zuiveringsinstallatie dient hier in dit droge gebied — na een verblijftijd van 30 dagen in een biologische vijver en na intermitterende zandfiltratie — als voeding voor 3 kunstmatig aangebrachte recreatiemeren met een totale wateroppervlakte van ruim 12 ha. Het gehele recreatiegebied heeft een omvang van ruim 18 ha en kan worden uitgebreid tot 122 ha voor een uiteindelijke bevolking van 100.000 zielen. Een diepgaand bacteriologisch onderzoek is uitgevoerd en heeft tot gunstige resultaten geleid. De toenemende eutrofiëring kan echter op den duur een belemmering gaan vormen in dit project. De conclusie

uit het onderzoek, waaraan 7 instanties, waaronder de USPHS, hebben deelgenomen, werd als volgt geformuleerd: „The Santee Project has evolved a reasonably well-balanced ecological system utilizing the water wastes of the community as the productive source of a central aquatic environment that is socially accepted as a recreational oasis in an arid community. The Santee recreational lakes nevertheless must live with the process of eutrophication”.

Van het hergebruik van afvalwater voor de openbare *drinkvoorziening* tenslotte zijn ook enige voorbeelden te noemen. Het oudste voorbeeld dateert uit 1942 in *Grand Canyon Village* in Amerika. Het water wordt hier echter niet als drinkwater benut, maar voor het doorspoelen van de toiletten en voor de besproeiing van tuinen. Voorts wordt in *Whittier Narrows in Los Angeles County* het afvalwater van de zuiveringsinstallatie tot een hoeveelheid van 45.000 m³ per dag gezuiverd en voor grondwateraanvulling gebruikt. Interessant in dit opzicht is zeker geweest de 5 maanden lang van oktober 1956 tot maart 1957 geduurd hebbende recirculatie van gezuiverd afvalwater, met tussenschakeling van een bergbassin voor ca. 17 dagen verblijftijd, tot toebereid drinkwater in *Chanute, Kansas*. Dit geschiedde uit een noodsituatie, toen tijdens een extreme droogteperiode de Neosho River, waaruit Chanute zijn drinkwater betrok, volkomen was opgedroogd. Na 5 maanden hergebruik kon men uit het toegenomen chloridegehalte opmaken, dat het water ongeveer 10 x de kringloop had doorlopen. Het drinkwater vertoonde toen een zwak gele kleur, had een onaangename muffe reuk en smaak en schuimde bij schudden. Toch lagen deze klachten van de zijde van de consument slechts in het esthetische vlak en ziekten of andere nadelige gevolgen konden niet worden aangetoond. Wel voelde men na deze 5 maanden hergebruik, dat de grens zowat bereikt was en dat men met deze werkwijze niet veel langer meer kon doorgaan. Gelukkig brak de regentijd toen weer aan. Het opmerkelijke van dit project was vooral gelegen in het feit, dat het mogelijk bleek te zijn het effluent zo'n tien maal te recirculeren, voordat het water onaanvaardbaar werd, terwijl toch met uitzondering van een extra chloring, werd volstaan met een traditionele biologische afvalwaterzuiveringsinstallatie (met oxydatiebedden) en een traditionele drinkwaterbereidingsinstallatie.

Het bestaan van een dergelijke kringloop werd voor 't eerst door Imhoff waargenomen, die al in 1931 vermeldde, dat een groot gedeelte van het water van de *Ruhr*, dat voor de watervoorziening van het industriegebied van Nordrhein-Westfalen werd gebruikt, tijdens de droge zomer van 1929, de kringloop 3 x doorliep zonder enig merkbare nadelige invloed op de watervoorziening en de volksgezondheid in dat gebied. Een dergelijke kringloop werd later weer geconstateerd, bv. in de droge zomer van 1959, maar toen werd de kwaliteit van het drinkwater merkbaar slechter en traden smaakbezwaren op, terwijl het gehalte aan niet-afbreekbare detergenten opliep tot 1,7 mg/l.

Een voorbeeld van het opnieuw gebruiken van afvalwater voor drinkwaterdoeleinden, dat nog 't meest een direct hergebruik nabijkomt, is te zien in *Windhoek*, in *Zuid-West Afrika*, een gebied met weinig het gehele jaar door stromende rivieren. Hier waren de onderzoekresultaten van het drinkbaar maken van gezuiverd afvalwater zo gunstig, dat in november 1968 een demonstratie-installa-

tie in gebruik werd genomen met een capaciteit van 216 m³/h, die in 1/3 van de waterbehoefte van de stad voorziet. Het water ondergaat een veeltrappige behandeling (met o.a. een N en P-eliminatie, een verwijdering van synthetische detergents door schuimfractionering en een adsorptie aan actieve kool). Slechts een verblijftijd van 14 dagen in een biologische vijver scheidt het systeem nog van een direct hergebruik van afvalwater als drinkwater zonder enige tussenschakel.

Ondertussen hebben omvangrijke onderzoeken van het *Robert Taft Sanitary Engineering Centre* in Cincinnati, Ohio over de z.g. Advanced Waste Treatment aangetoond, dat in deskundig ontworpen en doelmatig bedreven installaties een direct hergebruik technisch haalbaar is. Er moeten echter wel strenge voorzorgsmaatregelen worden genomen, zoals het inbouwen van zeer ruime veiligheidsmarges in de zuiveringsprocessen, ten einde ten alle tijde een betrouwbaar effluent van constante samenstelling te garanderen en kortsluiting te voorkomen.

Bij het onderzoek naar Advanced Waste Treatment-methoden zijn al zo'n 60 verschillende procédés op hun technische en economische mérites beproefd, waarbij al een kwart gedeelte tijdens de ontwikkelingsfase werd uitgeweid. Als meest belovende methoden kunnen worden genoemd: filters voor adsorptie aan actieve kool, ionenwisseling, ultrafiltratie, omgekeerde osmose, mikrozeven, schuimscheiding met behulp van polyelektrolyten, ozonering, desinfectie door ultrageluidstrillingen en verschillende soorten destillatie-processen. Kortom, hier is nog genoeg voer voor technologen aanwezig.

De problemen, waarmee men op dit terrein te maken heeft, zijn van microbiologische, chemische en psychologische aard.

Microbiologische problemen:

De identificatietechnieken voor virussen zijn thans nog onvoldoende ontwikkeld. Verscheidene studies hebben aangetoond, dat het aantal organismen van de Coli-groep vaak een onvoldoende maatstaf is voor de beoordeling van het gehalte aan virussen in drinkwater, aangezien coliforme organismen in 't algemeen gevoeliger zijn voor de gewoonlijk toegepaste zuiveringsprocessen dan bepaalde resistente enterovirusstammen. (Enterovirus is een groep virussen, opgebouwd uit DNA = desoxyribonucleïnezuur, die zich selectief hechten aan de cellen van het slijmvlies van het darmkanaal. De belangrijkste enterovirussen zijn het poliomyelitis-virus, het coxsackie en de ECHO-virussen).

Onderzoekers aan de Hebreeuwse universiteit in Jerusalem hebben aangetoond, dat het *poliovirus* onder bepaalde omstandigheden resistent kan zijn tegen hoge chloordoseringen. Ook het *virus*, dat de besmettelijke leverontsteking (*hepatitis infectiosa*) verwekt, is waarschijnlijk bijzonder resistent tegen de zuiveringsmethoden voor afvalwater en drinkwater. Toch zijn de microbiologische problemen voor de toekomst waarschijnlijk niet zo groot, ook al omdat volgens de meeste medici ten gevolge van de succesvolle bestrijding van vele besmettelijke ziekten de frequentie ervan voortdurend afneemt.

Minder gunstig lijkt de zaak wat betreft de *chemische* problemen. De toenemende *chemificatie* van onze maatschappij en het steeds algemener wordende gebruik van zeer giftige stoffen, die vaak moeilijk of nauwelijks afbreekbaar zijn, alsmede de toepassing van steeds weer nieuwe moeilijk opspoorbare toxisch werkende produk-

ten en cancerogene stoffen is een verontrustende ontwikkelingstendens.

De ophoping van minerale zouten bij de recirculatie van afvalwater is een vraagstuk van geringer formaat. Een dergelijke ophoping kan voldoende in toom worden gehouden door demineralisatie-procédés toe te passen. Onderstaande tabel geeft een indruk van de mate van aanrijking van anorganische bestanddelen tijdens de metamorfose van drinkwater tot afvalwater en is bepaald als gemiddelde van analyses van het afvalwater van 75 steden en dorpen in Israël.

Gemiddelde toeneming van het gehalte aan minerale bestanddelen van stedelijk afvalwater in Israël

N toeneming	40,0 mg/l	5,00 g per hoofd per dag (bij een
K	20,0	2,50 verbruik van 120
P	7,0	1,0 l.p.h.p.d.)
Cl	80,0	10,0
B	0,4	0,05
Na	80,0	10,0
Totale hardheid (als CaCO ₃)	25,0	3,00
Totale hoeveelheid opgeloste stoffen	370,0	45,0

Een *psychologisch* probleem zal zijn gelegen in de bij de mens ingewortelde psychische aversie tegen het nuttigen van een vloeistof, die door zijn wordingsgeschiedenis nog tezeer aan zijn herkomst uit afvalwater doet denken. Bij een volledige verwijdering van alle eventuele smaakbezwaren zal deze psychische weerstand van de bevolking waarschijnlijk wel overwonnen kunnen worden.

Het zal duidelijk zijn dat bij de nauwe cyclus afvalwater-drinkwater de kosten van het leidingwater zeer hoog zullen zijn. In dit verband zou men dan wellicht kunnen denken aan een dubbel waterleidingnet (dual system of potable and non-potable supplies). In een rapport van de ECOSOC (United Nations Economic and Social Council) in 1958 werd de stelregel geponeerd: „No higher quality water, unless there is a surplus of it, should be used for a purpose that can tolerate a lower grade”. Men zou het water met de beste kwaliteit kunnen reserveren voor consumptie, spijsbereiding, het wassen van de vaat en van het eigen lichaam, hetgeen tesamen slechts ruim 1/3 gedeelte van de dagelijkse waterbehoefte per persoon uitmaakt. Biemond vermeldt in zijn boek „Water”, dat moderne mensen in een moderne woning de volgende hoeveelheden water per persoon per dag gebruiken, in percentages van het totale watergebruik uitgedrukt: voor drinken en koken 4 %, voor vaatwas en schoonmaak 11 %, voor wasbehandeling 11 %, voor lichaamswas en bad 33 %, voor toiletspoeling 30 %, voor autowas 2 % en voor tuinsproeien en recreatie 4 %.

Bezwaren tegen een dubbel leidingnet kunnen zijn hoge kosten, kans op wanverbandingen (cross-connections) en kans op wantap (het tappen uit de verkeerde kraan). Zoals U ziet heb ik vrij veel aandacht aan het hergebruik besteed. Immers door onze drinkwaterdeskundigen wordt de behoefte aan oppervlaktewater voor 't jaar 2000 geraamd op een hoeveelheid, die 7 x zo hoog is als in 1968 (van 425 miljoen m³ tot 3 miljard m³). En er doemt het schrikbeeld op van steeds meer mensen, die steeds meer afvalwater in steeds vuilere rivieren lozen, waaraan steeds meer water voor drinkwaterdoeleinden wordt onttrokken. Reeds nu is de Rijn, die ca. 68 % van de totale bruto-zoetwateraanvoer naar Nederland levert,

te beschouwen als een verdunde afvalwaterstroom tijdens lage afvoeren. Er er zal heel wat inspanning van de Internationale Rijncommissie nodig zijn en grote financiële offers, om de Rijn niet te laten escaleren tot een rivier, gevuld met lauw, zout, stinkend en giftig water, waarin een eventuele drenkeling als het ware al is vergiftigd voordat hij kan verdrinken.

De algemene kwaliteitsvermindering van het oppervlaktewater en de plaatselijk of tijdelijk optredende waterkorten enerzijds en de toenemende technologie van de afvalwaterbehandeling anderzijds, zouden wel eens kunnen maken, dat een grotere pressie op de samenleving wordt uitgeoefend om behandeld afvalwater direct te gebruiken.

Aan het einde van deze les gekomen kan ik zeggen, dat ik, waar mogelijk, ontwikkelingstendenzen op het gebied van afvalwatersituatie heb trachten te signaleren, waarbij ik natuurlijk vele vraagtekens moest plaatsen, ook wel eens een uitroepeten — zo kunnen we er bv. zeker van zijn, dat gedurende de tijd, dat ik hier voor U heb gesproken, er op deze wereld weer bijna 6.000 mensen zijn bijgekomen. Maar de vraag, wat de toekomst voor ons en onze nakomelingen in petto heeft, kan ik naar mijn gevoel het beste beantwoorden met een opschrift op een cafeetje in Maastricht (met mijn excuses voor mijn abominabele uitspraak van het mooie Limburgs): „Geinen eine dee ut wet, geinen eine“!

Literatuur

Garbage grinders

Bowerman, F. R. and Dryden, F. D., *Garbage, detergents and sewers*. Journal WPCF 34 (1962) (5) 475.

Bucksteeg, W. and Imhoff, K. R., *Ueber die Auswirkungen der Küchenabfallzerkleinerer auf Kanalisation, Kläranlage und Vorfluter*. GWF 105 (1964) (44) 1226.

Haseltine, T. R., *Addition of garbage to sewage*. Water and Sewage Works 97 (1950) (11) 467.

Hörlner, A., *Zur Frage der Zulassung von Küchenabfallzerkleinerungsapparaten*. Schweiz. Zeitschr. f. Hydrologie 17 (1955) (2) 348.

Sumner, J., *Regional approach to integrated wastes management planning*. In „Problems in community wastes management“, Public Health Paper no. 38 (1969) 47.

Inwonerequivalent als eenheid van vervuilingswaarde van afvalwater

Von Ammon, F., *Untersuchungen über den Einwohnergleichwert bei kleineren Gemeinden*. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Fluszbiologie, Bd 10 (1963) 48.

Anon., *Domestic Sewage, load per person per day*, Institute of water pollution control. Water pollution control 66 (1967) (2) 193.

Bucksteeg, W., *Untersuchungen zur Korrektur des Einwohnerwertes*. Berichte der ATV no. 20 (1968) 9.

Dirkzwager, A. H., *Onderzoek naar het verontreinigend vermogen van huishoudelijk afvalwater*. Mededelingen van het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, no. 5 (1968).

Klotter, H. and Hantge, E., *Korrektur des Einwohnerwertes und des Einwohnergleichwertes?* Die Wasserwirtschaft 59 (1969) (4) 89.

Leschber, R. and Niemitz, W., *Zur Frage der Einwohnerlast*. Ges. Ing. 90 (1969) (8) 229.

Liebmann, H. and Riedmüller, S., *Ergebnisse von biochemischen Untersuchungen zur Neufestsetzung des Einwohnerlastwertes*. Zeitschr. f. Wasser und Abwasserforschung 1 (1968) (2) 47.

Lüssem, H., *Kritische Untersuchungen über den biochemischen Sauerstoffwert häuslichen Abwassers*. Vom Wasser 22 (1955) 275.

Watson, K. S., Farrel, R. P. and Anderson, I. S., *The contribution from the individual home to the sewer system*. Journal WPCF 39 (1967) (12) 2039.

Hergebruik van afvalwater

Borneff, J., *Die Wiederverwendung von Abwasser aus hygienischer Sicht*. GWF 110 (1969) (36) 994.

Bunch, R. L. and Ettinger, M. B., *Water quality depreciation by municipal use*. Journal WPCF 36 (1964) (11) 1411.

Cecil, L. K., *Sewage treatment plant effluent for water reuse*. Water and Sewage Works 111 (1964) (9) 421.

Evans, L. R., *Addition of common ions from domestic use of water*. JAWWA 60 (1968) (3) 315.

Galagher, E., *Water reuse as a method of water supply and pollution reduction*. Water and Sewage Works 115 (1968) (8) 356.

Haney, P. D. and Hamann, C. L., *Dual water systems*. JAWWA 57 (1965) (9) 1073.

Ippolito, G., *Arricchimento di Sostanze in Soluzione per effetto di ricircolazione*. In „Selected topics in sanitary engineering“ (1964) 189 (vertaald in Water 49 (1965) (25) 369.

Märki, E., *Möglichkeiten und Grenzen der Abwasserreinigung im Hinblick auf die Trinkwassergewinnung*. Gas, Wasser, Abwasser (1969) (1) 13.

Merrell, J. C. and Katko, A., *Reclaimed wastewater for Santee recreational lakes*. Journal WPCF 38 (1966) (8) 1310.

Metzler, D., *Emergency use of reclaimed water for potable supply at Chanute, Kansas*. JAWWA 50 (1958) 1021.

Middleton, F. M., *Waste water treatment for return to natural cycle reuse*. Water and Wastes Eng. 5 (1968) (9) 61.

Müller, W. J., *Die Wiederverwendung von Abwasser*. GWF 109 (1968) (2) 33.

Okun, D. A., *Tomorrow's methods to provide Tomorrow's service*. JAWWA 58 (1966) (8) 938.

Okun, D. A., *Advanced treatment of waste water: research needs*. In „Problems in Community wastes management“. Public Health Paper no. 38 (1962) 61.

Schaeffer, C. O., *Gevaren van wanverbandingen*. H₂O 2 (1969) (3) 5.

Shuval, H. I., *Health factors in the re-use of waste water for agricultural, industrial and municipal purposes*. In „Problems in community wastes management“, Public Health Paper no. 38 (1969) 76.

Stanbridge, H. H., *From pollution prevention to effluent re-use*. Journal Inst. of Sewage Pur. 64 (1965) (1).

Stander, G. J. and Van Vuuren, L. R. J., *The reclamation of potable water from wastewater*. Journal WPCF 41 (1969) (3) 355.

Stone, R. and Merrel, J. C., *Significance of minerals in wastewater*. Sewage and Industrial Wastes 30 (1958) (7) 928.

Tebbutt, T. H. Y., *Sewage effluents as a source of water*. Effluent and Water Treatment Journal 9 (1965) (11) 56.

Samenstelling van huishoudelijk afvalwater

Ahl, T., Karlgren, L., Olsson, E. und Tullander, V., *Hushällsavloppsvattnet — en undersökning av sammansättning och egenskaper*. Vatten 23 (1967) (3) 179.

Biamond, C., *Water; reeks Moderne medische inzichten*, Amsterdam, 1968.

Painter, H. A. and Viney, M., *Composition of a domestic sewage*. Journal of Biochemical and Microbiological. Technology and Engineering 1 (1959) (2) 143.

Futurologische literatuur

Centrale Commissie voor Drinkwatervoorziening 1965: *De toekomstige drinkwatervoorziening van Nederland; 's-Gravenhage 1967*.

Clodius, S., *Wasser für Bevölkerung und Wirtschaft in der Bundesrepublik in den nächsten 30 Jahren*. GWF 110 (1969) (48) 1335.

Fourastié, J., *Les 4000 heures*. Paris 1965.

Gabor, D., *Inventing the future*. London 1963.

Kahn, H. and Wiener, A., *The year 2000*. New York/London 1967.

— *Man and his future*. London 1963.

— *Morgen is vandaag begonnen* (futurologische verkenningen): Nauta-reeks 1967.

Polak, F. L. en Van Loon, H. F., *Gesprek met morgen*. Teleboek, Bussum 1968.

Polak, F. L., *De toekomst doorzichtig verpakt* (fantasiebeelden over het dagelijks levenspakket in 2000 +). Deventer 1970.

Rijkswaterstaatsnota, *De waterhuishouding van Nederland*. 's-Gravenhage 1968.

Tweede nota over de ruimtelijke ordening in Nederland. 's-Gravenhage 1967.

Verschuure, J., *Nederland en de wereld op weg naar het jaar 2000*. Eurosboekje 1968.

Bevolkingsvraagstuk

Jacobi, C., *Die menschliche Springflut*. Frankfurt/M.-Berlin 1969.