

# En water zuiveren èn energie sparen! Kan dat?

Reeds op de lagere school is ons voorgehouden dat koeien en paarden niet bij elkaar mogen worden opgeteld. Toch is dit een van de problemen waarmee zowel bestuurders als technici, die zich met zuiveren van afvalwater bezighouden, regelmatig worden geconfronteerd. Om welke factoren gaat het in dit geval?

## Milieu

Met name oppervlaktewater. Een schaars artikel, dat de neiging vertoont steeds schaarser te worden. Het in stand houden



IR. J. ZEPER  
Ingenieursbureau Dwars,  
Heederik en Verhey BV,  
Amersfoort

van een leefbaar milieu voor deze en komende generaties wordt als een belangrijke zaak gezien en aan het zuiveren van afvalwater wordt dan ook een hoge prioriteit toegekend.

## Energie

Zuiveren van afvalwater kost energie. De Club van Rome en de huidige situatie op de wereldenergiemarkt geven duidelijke signalen dat er zuinig met natuurlijke hulpbronnen moet worden omgesprongen en er dus — waar mogelijk — op energie moet worden bespaard.

## Geld

De vervuiler betaalt, maar zijn capaciteit is niet onuitputtelijk. Bovendien is ook geld nodig voor andere zaken dan milieu. Maar economisch bezien dient het geld te worden uitgegeven aan de meest nodige zaken, liefst met een zo groot mogelijk rendement.

Als het milieu primair wordt gesteld — een politieke keuze overigens — komt men tot systemen van zuiveren, waarmee een hoge graad van zuivering kan worden bereikt, maar die veel energie en veel geld kunnen kosten.

Doet men water bij de wijn — of in dit kader restvervuiling in het effluent — dan kan in het algemeen nog worden gekozen tussen oplossingen die weinig energie en veel geld vragen of omgekeerd. Teneinde een meer genuanceerde keuze te kunnen maken, zal moeten worden nagegaan hoe de relaties tussen milieu, energie en geld nu eigenlijk liggen en hoe daarbij in nationaal verband de factoren milieu, energie en geld zo goed mogelijk in een waarde-oordeel kunnen worden betrokken.



Monstername.

In dit artikel en in een aansluitend artikel zal worden getracht een bijdrage te leveren om zicht op deze problematiek te krijgen.

Afvalwater kan op verschillende manieren worden gezuiverd.

De toegepaste systemen van zuiveren onderscheiden zich o.m. van elkaar qua zuiveringsresultaat, energieverbruik en jaarlijkse exploitatiekosten.

In dit artikel zullen de twee eerstgenoemde facetten, zuiveringsresultaat en energieverbruik, worden behandeld. Daarbij zal worden getracht een waarde-oordeel te geven aan het rendement van zuiveren en zal het energieverbruik voor het zuiveren van afvalwater nader worden geanalyseerd en geplaatst worden in het kader van het totale verbruik van energie in Nederland en de mogelijkheden tot besparing daarop. In een tweede artikel zullen de beschouwingen uit het eerste artikel op exploitatiekosten worden getoetst aan een voorbeeld uit de praktijk.

## Waarde-oordeel over systeem van zuiveren

Een zuiveringssysteem is opgebouwd uit een aantal deelprocessen. Het rendement van de deelprocessen, zowel als dat van het totale zuiveringssysteem, kan alleen worden gewaardeerd in relatie tot hetgeen met het effluent gaat, respectievelijk moet gaan gebeuren. Meestal betekent dit dat de waardering voor een zuiveringssysteem zal moeten worden ontleend aan de eisen, die aan het ontvangende oppervlaktewater worden gesteld.

Deze eisen zijn echter niet voor alle oppervlaktewateren gelijk, zodat het niet mogelijk is om een algemeen geldend programma van eisen op te stellen.

De financiële beoordeling van verschillende zuiveringssystemen wordt tegenwoordig vaak berekend door de heffing op de restvervuiling in de jaarlijkse exploitatiekosten op te nemen. Een kleinere rest-

vervuiling komt dan tot uiting in een lagere heffing. Hierdoor wordt een verdergaande zuivering t.o.v. een minder vergaande zuivering minder negatief en derhalve positief gewaardeerd. Het aantal heffings-equivalenten van een lozing kan daarvoor worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$Q \times \frac{2,5 \times \text{BZV} + 4,57 \times \text{Kj. N}}{180}$$

Hierin is van het geloosde water: Q de hoeveelheid in m<sup>3</sup> per etmaal, BZV het biochemisch zuurstofverbruik (afgeremd) in g per m<sup>3</sup> en Kj. N de hoeveelheid Kjeldahlstikstof in g per m<sup>3</sup>.

Voor 1975 moet worden gerekend op een rijksheffing van f 13,— per h.e. Aangenomen mag worden, dat de heffing zal oplopen tot ca. f 20,— per h.e. Voor het niveau van de door de zuiveringssystemen te hanteren regioheffing ligt een stijging tot ca. f 30,— per h.e., op huidig prijspeil, in de lijn der verwachtingen.

In tabel I is, per aangesloten inwoner-equivalent, voor een aantal zuiveringssystemen de lozingsheffing weergegeven voor een tarief van resp. f 20,— en f 30,— per h.e.

TABEL I - Heffing op restvervuiling.

zuiveringssysteem	gemiddelde verwijdering van		lozingsheffing per aangesloten i.e. bij tarief:	
	BZV	Kj. N	f 20,— per h.e.	f 30,— per h.e.
hoogbelaste oxydatiebedden	80 %	20 %	f 7,—	f 10,50
laagbelaste oxydatiebedden	92 %	50 %	f 3,73	f 5,60
hoogbelast actief-slib	88 %	30 %	f 5,33	f 8,—
laagbelast actief-slib	94 %	75 %	f 2,15	f 3,24
oxydatiesloot	97 %	90 %	f 0,95	f 1,43

Hoewel de cijfers van tabel I een interessant zicht geven op de weging van het resultaat van de verschillende systemen van zuiveren van afvalwater, is de koppeling tussen een — deels aan politieke invloeden onderhevig — heffingstarief enerzijds en een waarderingnorm voor het rendement van een systeem van zuiveren anderzijds, een methode die het zuiveringsrendement niet altijd op juiste wijze in rekening brengt.

Een andere werkwijze, die los staat van heffingstarieven, is uit te rekenen hoe groot de kosten zijn per hoeveelheid verwijderde afvalstoffen en aan de hand van die kosten de restvervuiling een waarde toe te kennen. Een voordeel van deze methode is een directe koppeling van de werkelijke kosten van het zuiveren van het afvalwater in de

beschouwde situatie met de norm voor het waarde-oordeel over de restvervuiling ter plaatse.

Aangezien i.h.a. het verwijderen van de laatste procenten vervuiling per eenheid meer kost dan het verwijderen per eenheid in totaal, wordt op deze wijze zeker niet een te hoge waarde aan de restvervuiling toegerekend.

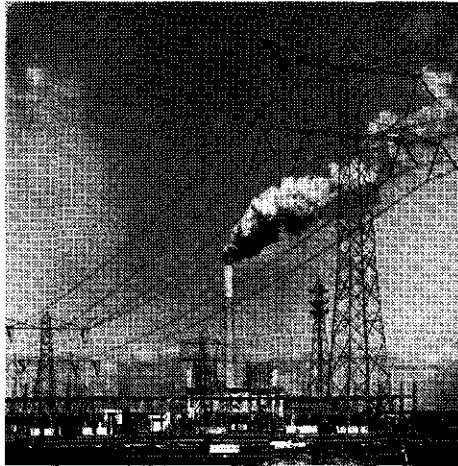
De berekening van de jaarlijkse exploitatiekosten, inclusief een waardering van het rendement volgens de laatstgenoemde methode, houdt in dat de jaarlijkse exploitatiekosten worden gedeeld door het rendement ( $\eta$ ) van het systeem van zuiveren.

In de voorgaande beschouwingen is het zuiveringseffect van een zuiveringssysteem alleen betrokken op de eliminatie van zuurstofbindende stoffen. Niet in alle gevallen is dit de enige relevante factor. Er moet ook rekening mee worden gehouden, dat in de toekomst eisen zullen worden gesteld aan het stikstof- en fosforgehalte in het effluent.

Indien het ontvangende water een recreatieve bestemming heeft, wordt soms nu reeds desinfectie verlangd. Een toekomstige heffing op stikstof- en fosforlozingen zou zeer wel tot de mogelijkheden kunnen behoren. Thans is het reeds zo dat de zware metalen in de verschillende heffingsregelingen zijn of worden opgenomen.

Bij de beoordeling van het zuiveringsresultaat dient ook rekening te worden gehouden met de eventuele gevolgen van de soms zeer onregelmatige aanvoer van het afvalwater, zowel in kwaliteit als kwantiteit. De kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater wordt immers bepaald door verschillende drempelwaarden. Bij overschrijding, respectievelijk overschrijding, van deze drempelwaarden kunnen zich calamiteiten voordoen. Dit facet speelt onder meer een rol tijdens en na zware regenval. Dan kan het ontvangende water reeds zwaar belast zijn door het overstortwater uit de gemengde rioolstelsels en/of met water uit het regenwatersysteem van de gescheiden rioolstelsels. Het is van belang dat — ondanks een soms driemaal zo grote aanvoer van water, slib én BZV dan bij droog weer — de restvervuiling van de rioolwaterzuiveringsinrichting, juist onder deze omstandigheden bepaalde drempelwaarden niet overschrijdt.

Het in geld waarderen van de toekomstwaarde van een systeem van zuiveren in licht van o.m. desinfectie en het verwijderen van stikstof, fosfor en zware metalen, alsmede het in waarde uitdrukken van het vermogen dat een systeem van zuiveren heeft tegen stootbelastingen, is in dit artikel buiten beschouwing gelaten.



*De rookpluimen van de industrie kunnen duiden op milieu-vervuiling, maar ook op werkverschaffing en economische bloei.*

### Gecumuleerd verbruik van energie

Wanneer over het verbruik van energie wordt gesproken en gedacht, betreft dat meestal alleen het directe energieverbruik, d.w.z. de energie (kolen-olie-gas-elektriciteit) die van derden wordt betrokken.

Toch is dat slechts een deel van het totale energieverbruik.

Dit is één van de punten die aan de orde kwamen op een symposium over energiebesparing, gehouden d.d. 12 juni 1974 door de Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, aan de hand van een studie (STT 19) getiteld 'Energy Conservation: Ways and Means' [1]. Een verslag van dit symposium is te vinden in de Ingenieur van 22 augustus 1974 [2].

In de STT-studie is o.a. een begin gemaakt met na te gaan wat het zgn. gecumuleerde energieverbruik is in bepaalde sectoren van de Nederlandse industrie.

Dit gecumuleerde energieverbruik is niet alleen het eigen primair energieverbruik (kolen-olie-gas) maar ook bijv. de primaire energie die nodig is geweest:

- om de halfprodukten te maken die worden verwerkt;
- voor gebruikte transportmiddelen van derden;
- voor aanvoer en winning van verwerkte grondstoffen;

en zeker niet in de laatste plaats de primaire energie die nodig is voor het

opwekken van de verbruikte elektrische energie (= secundaire energie).

Hoewel uitdrukkelijk in de STT-studie wordt gesteld dat de cijfers van de gecumuleerde energie voor de in de studie beschouwde 23 sectoren van de Nederlandse industrie nog een voorlopig karakter hebben, lijkt het toch interessant om voor het bouwen en bedrijven van zuiveringsinrichtingen enkele relevante cijfers uit de STT-studie te vermelden, met name van die sectoren die een rol spelen bij het bouwen en bedrijven van rioolwaterzuiveringsinrichtingen.

In tabel II zijn enkele cijfers vermeld [3]. De in tabel II genoemde cijfers zijn gewogen gemiddelden van alle activiteiten binnen elke sector.

Bij berekeningen, die op deze cijfers worden gebaseerd, wordt dus geen rekening gehouden met het feit, dat niet alle chemicaliën dezelfde hoeveelheid gecumuleerde energie vertegenwoordigen, en dat niet voor alle apparaten, die in werkplaatsen worden gemaakt, dezelfde hoeveelheid energie per gulden produktie zal worden verbruikt. De cijfers dienen dan ook vooral om een orde van grootte aan te geven en dit geldt dan uiteraard ook voor de resultaten van berekeningen, die er op zijn gebaseerd.

### Gecumuleerd energieverbruik in afvalwaterzuiveringsinrichtingen

Behalve het directe verbruik van primaire energie (meestal gas en/of olie), zal ook elektrische energie worden verbruikt bij het zuiveren van afvalwater. Daarnaast is echter ook gecumuleerde energie aanwezig in de bouw van de inrichting zelf en worden in het algemeen chemicaliën verbruikt en is er een factor transport over land in het spel.

Teneinde een indruk te krijgen van het totale energieverbruik bij het zuiveren van afvalwater, kan het jaarlijks energieverbruik worden berekend als de som van de gecumuleerde energie betrokken op:

- a. de in de bouw van inrichting geïnvesteerde bedragen, waarbij rekening wordt gehouden met de jaarlijkse afschrijvingstermijnen. Dus *niet* de rente. Immers de in de bouw geïnvesteerde gecumuleerde energie wordt in de afschrijvingstermijn tot nul gereduceerd en dus als het ware verbruikt;

TABEL II - Gecumuleerd verbruik van energie voor enige sectoren van de Nederlandse industrie (1972).

Chemie	48,65 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden produktie
Vervoer te land	9,68 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden produktie
Utiliteitsbouw	6,69 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden produktie
Werkplaatsbouw	6,24 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden produktie
Elektr. inst. bouw	4,31 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden produktie
Opwekking elektriciteit	3,4	Joule/Joule elektrische energie

- b. de jaarlijkse onderhoudskosten, waarbij is aangenomen dat deze kosten voor ca. 2/3 deel uit materialen bestaan;
- c. de jaarlijkse toe te voegen chemicaliën;
- d. de jaarlijkse transportkosten;
- e. de opwekking van de jaarlijkse benodigde hoeveelheid elektrische energie;
- f. de direct per jaar verbruikte primaire energie, zoals kolen, gas en olie.

Bij afschrijving over 30 jaar en 0,5 % onderhoud per jaar voor de bouwkundige werken resp. 15 jaar en 2% voor het mechanisch en elektrische deel van de werken, kan met behulp van de cijfers van tabel II het jaarlijks gecumuleerd energieverbruik van afschrijving en onderhoud worden bepaald.

#### Bouwkundige werken:

$$\frac{100}{30} + 0,67 \times 0,5 \% \times 6,69 \times 10^6 = 0,25 \times 10^6 \text{ Joule/gulden investering}$$

#### Mechanische werken:

$$\frac{100}{15} + 0,67 \times 2 \% \times 6,24 \times 10^6 = 0,50 \times 10^6 \text{ Joule gulden/investering}$$

#### Elektrische werken:

$$\frac{100}{15} + 0,67 \times 2 \% \times 4,31 \times 10^6 = 0,35 \times 10^6 \text{ Joule/gulden investering}$$

Met het gegeven dat 1 Kw . h = 3,6 x 10<sup>6</sup> J secundaire energie = 3,4 x 3,6 x 10<sup>6</sup> J = 12,24 x 10<sup>6</sup> J primaire energie en 1 m<sup>3</sup> aardgas = 35,2 x 10<sup>6</sup> J primaire energie, kunnen de factoren die het jaarlijks gecumuleerd energieverbruik in een rwzi bepalen worden berekend (tabel III).

Uit tabel III is af te leiden dat dosering van chemicaliën en extern betrokken elektriciteit relatief de meeste gecumuleerde energie in zich bergen, maar dat ook de geïnvesteerde bedragen wat dat betreft een niet te verwaarlozen rol spelen. Zo is het gecumuleerde jaarlijkse energieverbruik van een investering in een zuiveringsinrichting van bijv. f 150,— per i.e. equivalent aan ongeveer 4 kW . h/jaar elektrische (secundaire) energie.

De in tabel III weergegeven cijfers zullen in een tweede artikel worden gebruikt voor de berekening van het jaarlijkse verbruik

TABEL III - Gecumuleerd jaarlijks energieverbruik in rwzi's.

Bouwk. werken	0,25 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden	investering bouw. werken
Mech. werken	0,50 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden	investering mech. werken
Elektr. werken	0,35 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden	investering elektr. werken
Chemicaliën	48,65 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden	jaarlijkse kosten chemicaliën
Vervoer	9,68 x 10 <sup>6</sup>	Joule/gulden	jaarlijkse vervoerskosten
Externe elektriciteit	12,24 x 10 <sup>6</sup>	Joule/kW . h	jaarlijks betrokken elektriciteit
Aardgas	35,2 x 10 <sup>6</sup>	Joule/m <sup>3</sup>	jaarlijks betrokken aardgas

aan primaire energie van de drie bestudeerde systemen van zuiveren.

#### Effect van kostenstijging van primaire energie op de gecumuleerde energiekosten

In het voorgaande is reeds geconstateerd, dat het vrijwel onmogelijk is om over energie en schoon water te praten zonder een derde element van schaarste — geld — in de beschouwing te betrekken.

Ook bij beschouwingen over energie blijft vergelijken op basis van financiële kosten nodig, omdat het kostenaspect bij het nemen van beslissingen ten aanzien van een te kiezen systeem altijd een belangrijk punt van overweging is.

Een van de factoren, die daarbij vaak ter sprake komt, is de invloed van een verhoging van de prijs van primaire energie op de jaarlijkse exploitatiekosten van verschillende zuiveringssystemen.

Om inzicht te verkrijgen in de relatie tussen deze twee grootheden kan gebruik worden gemaakt van in de STT-studie vermelde gegevens, betreffende het aandeel van de gecumuleerde energiekosten in de totale produktiekosten voor een aantal sectoren in de Nederlandse industrie [4].

Enkele voor zuiveringssystemen relevante cijfers zijn vermeld in tabel IV.

TABEL IV - Aandeel (in %) van de gecumuleerde kosten van energie in de totale produktiekosten (1972).

	kolen	olie	gas	elektr.	totaal
Chemie	0,51	5,47	3,54	2,42	11,94
Vervoer te land	0,21	6,46	0,49	1,10	8,26
Utiliteitsbouw	0,26	1,62	0,35	0,70	2,93
Werkplaatsbouw	0,55	1,06	0,39	0,70	2,70
Elektr. inst. bouw	0,26	0,82	0,30	0,51	1,89
Elektriciteit	2,08	8,06	19,37	3,86	33,37
Kolenproduktie	15,31	0,32	6,07	0,13	21,83
Olieproduktie	0,03	4,54	0,20	0,66	5,43
Gasproduktie	0,11	0,29	0,09	0,12	0,61

De in tabel IV weergegeven cijfers kunnen niet zonder meer worden gebruikt voor de berekening van de invloed van een prijsverhoging van één der primaire energiedragers op de prijs van allerlei producten uit de diverse sectoren.

Een prijsverhoging van één van de primaire energiedragers met bijv. 100 % kan de verdeling tussen het verbruik van olie, kolen en gas ingrijpend veranderen.

In het onderstaande is er van uitgegaan,

dat de produktiekosten van de drie primaire energiedragers steeds met hetzelfde percentage zullen veranderen en dat op grond daarvan de onderlinge verdeling in het verbruik van deze energiedragers niet zal wijzigen.

Daarvan uitgaande is de invloed van een prijsstijging van de primaire energie op de kosten voor opwekking van elektriciteit als volgt te berekenen.

Als bij een prijsstijging van 100 % van de primaire energie de kostenverhoging voor de opwekking van elektriciteit wordt gesteld op A %, dan is:

$$A = 2,08 + 8,06 + 19,37 + A \% \times 3,86$$

of

$$A = 30,69 \%$$

Nu dit cijfer bekend is, kan de invloed van een verdubbeling van de kostprijs van primaire energie op de produktiekosten van de in tabel IV genoemde sectoren van de Nederlandse industrie worden berekend. Indien de verhoging voor bijv. de chemische industrie wordt gesteld op B %, dan is:

$$B = 0,51 + 5,47 + 3,54 + 0,3069 \times 2,42 = 10,26 \%$$

In tabel V zijn de resultaten van soortgelijke berekeningen voor de in tabel IV genoemde sectoren weergegeven.

Bovendien is in tabel V een cijfer voor de invloed van een verhoging van de prijzen van primaire energie op de consumptie in de privésector opgenomen [5]. Dit cijfer zal worden gebruikt om de invloed van een verhoging van de energieprijzen op de loonkosten te berekenen. De aanname daarbij is, dat de kostenstijgingen in de energiesector volledig in het inkomen zullen worden gecompenseerd.

De in tabel V genoemde cijfers zullen in een tweede artikel worden gebruikt om de invloed van een verhoging van de kosten voor primaire energie op de kostenvergelijking van een drietal zuiveringssystemen te berekenen.

TABEL V - Kostenstijgingen (in %) t.g.v. 100 % stijging van de produktiekosten van de drie primaire energiedragers.

sector	kostenverhoging
kolenproduktie	100 *
olieproduktie	100 *
gasproduktie	100 *
elektriciteitsproduktie	30,69
chemie	10,26
vervoer te land	7,50
utiliteitsbouw	2,45
werkplaatsbouw	2,22
elektr. inst. bouw	1,54
privéconsumptie	7,15
zuiveren van afvalwater in een rwzi van 330.000 i.e. (zie tweede artikel):	
varianten met eigen energie-opwekking	3 à 4,5
variant met hoog direct energieverbruik	ca. 5,5

\* = uitgangspunt

### Om hoeveel energie gaat het bij het zuiveren van afvalwater?

Om een inzicht te verkrijgen in het directe verbruik van energie, kan worden uitgegaan van de STT-studie verzamelde gegevens. In deze studie gaat men er van uit dat voor het beluchtingsproces, dat als belangrijkste factor voor het energieverbruik wordt beschouwd, per inwonerequivalent per jaar  $54 \times 10^6$  J aan elektrische energie zou worden verbruikt, hetgeen zou overeenkomen met  $15 \text{ kW} \cdot \text{h/i.e. jaar}$ .

In een tweede artikel zal blijken, dat voor een zuiveringstelsel met een hoog energieverbruik moet worden gerekend op een direct gebruik van  $25 \text{ kW} \cdot \text{h/i.e. jaar}$  aan elektrische energie plus  $0,3 \text{ m}^3$  aardgas/i.e. jaar.

Indien van deze laatste cijfers wordt uitgegaan en bovendien wordt aangenomen, dat in het jaar 1985 13,9 miljoen inwonerequivalenten aan huishoudelijk afvalwater en evenveel inwonerequivalenten aan industrieel afvalwater moet worden gezuiverd, dan moet voor dat jaar worden gerekend op een totaal verbruik aan primaire energie van:

$$2 \times 13,9 \times 10^6 \text{ i.e.} \times (25 \times 12,24 \times 10^6 \text{ J/i.e.} + 0,3 \times 35,2 \times 10^6 \text{ J/i.e.}) = 8,8 \times 10^{15} \text{ J.}$$

Indien in 1985 het afvalwater met een vervuilingkracht van 27,8 miljoen inwonerequivalenten zou worden gezuiverd met behulp van een zuiveringstelsel met een hoog energieverbruik, dan zou het totale directe energieverbruik voor het zuiveren van afvalwater dus  $8,8 \times 10^{15}$  J bedragen. Dit komt overeen met ca. 0,2 % van het totale geraamde directe energieverbruik in dat jaar. Bij deze cijfers dient te worden opgemerkt, dat het zgn. veenkoloniale afvalwater buiten beschouwing is gelaten, omdat voor dit specifieke probleem een aparte oplossing zal moeten worden gezocht. Het directe energieverbruik voor het zuiveren van afvalwater is, zelfs bij een hoge aanname voor het energieverbruik, als relatief gering te bestempelen. In de STT-studie wordt aan de mogelijkheden tot energiebesparing in deze sector dan ook geen enkele aandacht besteed.

Integendeel, één van de aanbevelingen aan het eind van het betreffende hoofdstuk luidt als volgt:

*'Het feit, dat een doeltreffende bestrijding van de waterverontreiniging relatief slechts geringe hoeveelheden energie behoeft te kosten, is een extra argument voor de hoge prioriteit die hieraan op grond van andere overwegingen, reeds werd gegeven'.*

Hoewel het directe energieverbruik voor het zuiveren van afvalwater dus nogal meevalt, mag dit uiteraard op zichzelf nooit een reden zijn om af te zien van een bestudering van de mogelijkheden tot energiebesparing



*Bankgebouwen herinneren ons er voortdurend aan, hoezeer de beschikbare financiën mede bepalend zijn voor de mate waarin we ons milieu zuiver kunnen houden.*

in deze sector. Wel dient van te voren nog het volgende te worden opgemerkt.

Van de genoemde zuiveringscapaciteit van 27,8 miljoen inwonerequivalenten is nu reeds 70 % gerealiseerd of in aanbouw [7]. Als van de nog te bouwen zuiveringsinrichtingen de helft er zich voor leent om ca. 2/3 van de directe energie te besparen, dan is de mogelijke besparing in 1985  $0,5 \times 0,67 \times 30 \% \times 0,2 \% = 0,02 \%$  van het totale directe energieverbruik in Nederland. Deze te sparen hoeveelheid energie is niet alleen klein ten opzichte van het totale energieverbruik, maar ook ten opzichte van de mogelijke besparingen in de andere energieverbruikende sectoren in onze maatschappij. Deze besparing bedraagt nl. ca. 15 % van het totale directe energieverbruik.

Een derde deel van deze besparing van 15 % kan worden verkregen door de bestaande en nieuw te bouwen woningen beter tegen warmteverlies te isoleren. Met andere woorden, de potentiële besparing aan energie door het beter isoleren van woningen is ca.  $5/0,02 = \text{ca. } 250$  maal zo groot als die door het toepassen van energie-arme systemen voor zuiveren van afvalwater.

Bovengenoemde relativiserende beschouwing is enerzijds bedoeld om al te grote verwachtingen met betrekking tot het effect van energiebesparing bij het zuiveren van afvalwater te temperen, en is anderzijds aanleiding geweest om in het tweede artikel de besteding van meerkosten voor het realiseren van mogelijke energiebesparing nader in beschouwing te nemen.

### Besparing op het energieverbruik voor het zuiveren van afvalwater

De grootste besparing op het directe energieverbruik kan worden verkregen door gebruik te maken van Total-Energy-Systemen. Met name bij het zuiveren van afvalwater kunnen met deze systemen grote besparingen worden verkregen, als ze worden gecombineerd met het slibgistingings-procédé.

Het gas, dat met behulp van het slibgistingingsproces wordt verkregen, wordt dan gebruikt als brandstof voor gasmotoren, waarmee elektriciteitsgeneratoren, of andere werktuigen zoals compressoren, pompen e.d. worden aangedreven.

De vrijkomende restwarmte kan worden gebruikt voor de verwarming van de slibgistingstanks en de gebouwen.

In afb. 1 is in een diagram aangegeven hoe het energieverbruik is bij een gasmotoreninstallatie voor de opwekking van elektriciteit. Hierbij is er van uitgegaan dat voor de eigen energie-opwekking geen primaire energie wordt verbruikt (behalve bij het inbedrijfstellen — als er nog geen gistinggas is). Omdat de werkelijke behoefte aan elektriciteit en/of warmte meestal groter is dan door het gistinggas kan worden gedekt, is in hetzelfde diagram ook de aanvoer van externe energie aangegeven. Nu is het diagram in afb. 1 het ideaal beeld van een 'Total-Energy' systeem en wel om de volgende redenen:

a. De belastingsgraad van de generator is aangenomen op 100 %. Praktisch zal dit maximaal ca. 80 % zijn o.a. omdat er een zekere overcapaciteit moet zijn om

elektromotoren te kunnen starten (startstroom > continuustroom).

Ook zal het afhangen van de op eigen stroomvoorziening aangesloten motoren in hoeverre zelfs een belastingsgraad van 80 % kan worden gerealiseerd. Dit hangt o.m. af van het aantal aangesloten continu belaste bedrijfsonderdelen.

b. Uitgaande van een maximaal gebruik van het gistingsgas om elektriciteit op te wekken, is het niet altijd zo dat alle restwarmte die terug te winnen is ook werkelijk het gehele jaar door kan worden benut. Daarnaast gaat een gedeelte verloren door straling etc.

c. Als er minder elektriciteit wordt opgewekt zal er minder restwarmte aan de warmtewisselaars kunnen worden onttrokken, en zal er een vervangende warmtebron (gasketel) van voldoende capaciteit aanwezig moeten zijn.

Bij het inbedrijfstellen, bij onderhoud of bij storingen in het gistingbedrijf of in de eigen energie-opwekking zal een beroep moeten worden gedaan op levering van gas en elektriciteit. Dit leidt tot extra investe-

ringen en extra vastrechtkosten.

Hoewel er dus op zichzelf energie te sparen is, zijn er — om zeker te zijn van voldoende elektriciteit en warmte — een aantal extra voorzieningen nodig die niet steeds in gebruik zijn, en wordt er in zekere mate ook een beroep gedaan op capaciteit van de openbare gas- en elektriciteitsvoorzieningen.

### Samenvatting

— Het in geld uitdrukken van een waardeoordeel over een systeem van zuiveren kan geschieden door de jaarlijkse exploitatiekosten te verhogen met een heffing op de restvervuiling. Een goede, situatie-gebonden methode om een dergelijke beoordeling te berekenen is om de jaarlijkse exploitatiekosten te delen door het rendement ( $\eta$ ) van het systeem van zuiveren.

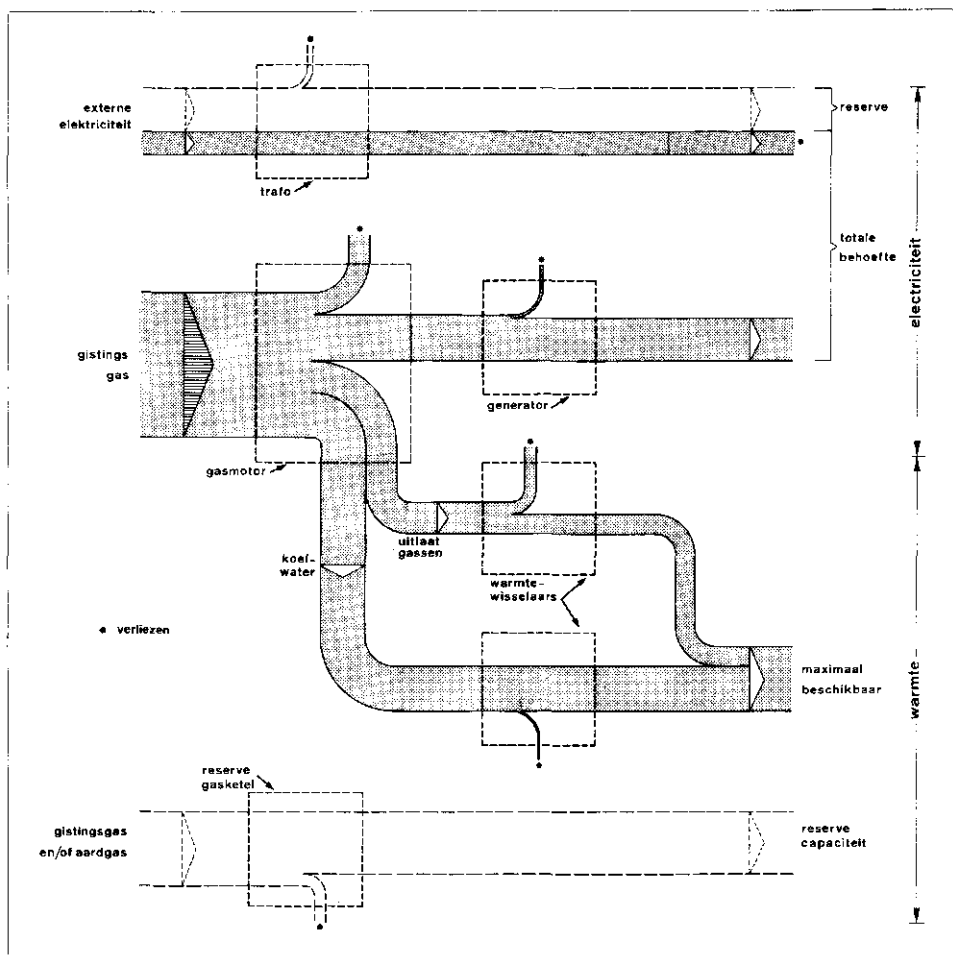
— Indien primaire energiedragers worden beschouwd als onvervangbare grondstoffen, dan dient een vergelijking van het energieverbruik voor verschillende zuiveringsystemen te worden gebaseerd op het gecumuleerde energieverbruik. De in de

STT-studie verzamelde gegevens kunnen zo worden omgewerkt, dat ze zowel kunnen worden gebruikt voor berekening van het gecumuleerde energieverbruik van verschillende zuiveringsystemen als voor het nagaan van het effect van een verhoging van de kostprijs van primaire energie op de exploitatiekosten van verschillende zuiveringsystemen.

— Het directe energieverbruik voor de zuivering van afvalwater bedraagt in 1985 maximaal ca. 0,2 % van het totale directe energieverbruik in Nederland. De hoeveelheid energie die nog kan worden bespaard door bij het bouwen van zuiveringsinrichtingen methoden van energiebesparing toe te passen is slechts 0,02 % van het totale energieverbruik in Nederland in 1985, d.w.z. slechts ca. 1/750e deel van de in totaal mogelijk geachte energiebesparingen in Nederland van ca. 15 %.

— Eigen energie-opwekking in rioolwaterzuiveringsinrichtingen is goed mogelijk. Men moet zich echter wel bewust zijn van de beperkingen van dergelijke systemen en rekening houden met extra kosten voor reservevoorzieningen en voor stand-by aansluitingen op het openbare net van elektriciteits- en gasvoorzieningen.

Afb. 1.



### Vervolg

In een tweede artikel dat bij wijze van antwoord op de titel van het eerste deel 'En water zuiveren én energie sparen! Dat kan, maar wat kost het?' als titel zal hebben, zullen de beschouwingen van dit eerste artikel worden getoetst aan een voorbeeld uit de praktijk, nl. aan de turnkey aanbiedingen van drie varianten voorbeeld uit de praktijk, nl. van drie varianten voor het ontwerp van een rioolwaterzuiveringsinrichting ter grootte van 330.000 i.e., waarvan de kosten zijn bepaald op basis van bindende turnkey prijsaandelingen per 1 april 1974, uitgebracht door de Nederlandse Aannemingsmaatschappij Nedam B.V. te Amstelveen voor het bouwkundige deel en door de Machinefabriek W. Hubert & Co. te Sneek voor het mechanisch-elektrische deel.

### Literatuur

1. Energy Conservation: Ways and Means, publicatie no. 19 van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (STT19).
2. Ingenieur (85) 1974, nr. 34.
3. SST19, Tabel 2, Hoofdstuk 8, blz. 144.
4. STT19, Tabel 3, Hoofdstuk 8, blz. 145.
5. STT19, Tabel 4, Hoofdstuk 8, blz. 145.
6. Heyn, J. P. H<sub>2</sub>O (7) 1974, nr. 16. Afvalwaterzuiveringsinstallaties in Nederland.