

En water zuiveren en energie sparen! Dat kan, maar wat kost het?

In het eerste artikel over het energiegebruik (7) voor het zuiveren van afvalwater zijn een aantal gegevens uit de studie van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek zodanig omgewerkt, dat ze kunnen worden gebruikt voor de opstelling van een overzicht van het gecumuleerd energieverbruik van zuiveringssystemen die op basis van een kostenvergelijking ten opzichte van elkaar zijn geëvalueerd. De, in het eerste artikel verkregen, resultaten zullen nu worden gebruikt voor het analyseren van een concreet voorbeeld, te



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

weten drie varianten voor het ontwerp van een rioolwaterzuiveringsinrichting ter grootte van 330.000 i.e.

Dit voorbeeld is gekozen omdat:

- drie zuiveringssystemen zijn beschouwd met hoge zuiveringsrendementen;
- de varianten volledig zijn uitgewerkt;
- bij twee varianten veel aandacht is besteed aan besparing op het directe energieverbruik;
- de kostencijfers m.b.t. stichtingskosten hard zijn, omdat ze zijn gebaseerd op bindende turnkey aanbiedingen per 1 juli 1974.

Bij de beschouwde varianten is gerekend met een mechanische slibontwatering (> 35 % droge stofgehalte) en het per vrachtauto afvoeren van het ontwaterde slib.

Drie varianten

Laagbelaste actief slibinstallatie

Na de roostergoedverwijdering en de zandvangens te zijn gepasseerd, komt het afvalwater in een voorbezinktank met een verblijftijd van $1\frac{1}{2}$ h bij d.w.a. Hierbij is een BZV-reductie van 28 % te verwachten. In de aeratietanks is bij een slibgehalte van 3,5 g/l de slibbelasting 0,2 g BZV/g slib/dag, terwijl de verblijftijd gemiddeld 4,3 h bedraagt. Hiermee wordt in de A.T. een BZV-zuiveringsgraad van 91 % bereikt. In totaal een BZV-eliminatie van 93,5 %. Aan een minimaal vereiste 75 % eliminatie van kj.N bij een temperatuur van het ontvangend water > 10°C kan worden voldaan. Het totale zuiveringsrendement, betrokken op BZV en kj.N is dan 88,5 %. De nabezinkingstanks zijn gedimensioneerd bij r.w.a. op verblijftijd van 2h en een opp. bel. van $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Nadat het in slibindickers is ingedikt wordt het slib in een eentrapsgisting met 20 dagen verblijftijd bij 33°C uitgegist. Via een na-indikker wordt het slib — na chemische conditionering — d.m.v. filterpersen tot 45 % droge stofgehalte ontwaterd en worden de filterkoeken afgevoerd.

Het gistingsgas wordt in elektrische energie en warmte omgezet. Hiermee wordt ca. 80 % van de jaarlijkse elektrische energiebehoefte gedekt.

Tweetrapsinstallatie, oxydatiebedden + actiefslib

Na een identieke voorbehandeling (roostergoed, zandvangens) als bij variant 1, komt het afvalwater in een voorbezinktank met een verblijftijd, bij d.w.a. + de recirculatie over de oxydatiebedden, van $1\frac{1}{3}$ h. Hierbij is een BZV-reductie van 24 % te verwachten. De oxydatiebedden zijn hoogbelast met 935 g BZV/m³/dag. Hiermee wordt een BZV-zuiveringsgraad ≥ 75 % bereikt.

Een deel van het humusslib komt met de recirculatie in de voorbezinktanks terecht, de rest van het humusslib komt met het voorgezuiverde water in de 2e trap: een aeratietank met een slibgehalte van 3 g/l, waar de verblijftijd gemiddeld 4 h be-

draagt. Hiermee wordt in de 2e trap ≥ 85 % van de ingekomen BZV (ook van het meegevoerde slib van de oxydatiebedden) verwijderd.

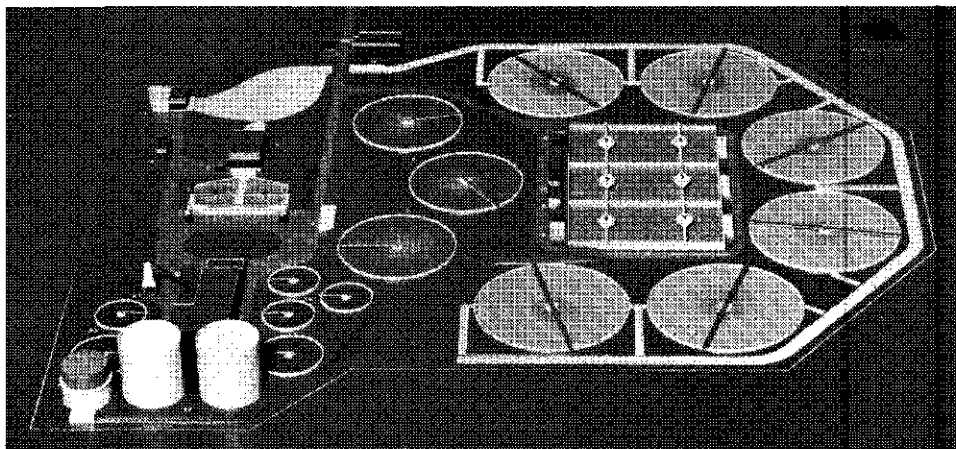
De berekende eliminatie van kj. N is 84 %. Tezamen met een BZV-eliminatie van 96 % is het BZV + kj. N redement van het tweetrapsstelsel 93 %. De nabezinktanks zijn gedimensioneerd bij r.w.a. op 2 h verblijftijd en een opp. bel. van $1 \text{ m}^2/\text{m}^3 \cdot \text{h}$. Nadat het in slibindickers is ingedikt wordt het slib uit de voorbezinktank in een eentrapsgisting met 20 dagen verblijftijd bij 33 °C uitgegist.

Via een na-indikker wordt het slib, tezamen met het slib uit de secundaire slibindickers (waarin het slib uit de nabezinktanks is ingedikt) — na chemische conditionering — d.m.v. filterpersen tot 45 % droge stofgehalte ontwaterd en worden de filterkoeken afgevoerd. Evenals bij variant 1 is een eigen energie-opwekking voorzien die in dit geval voor 75 % in de jaarlijkse energiebehoefte voorziet.

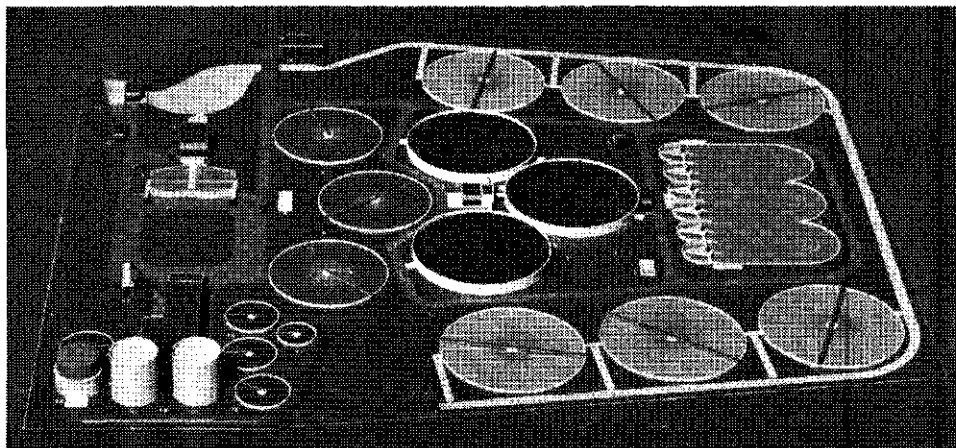
Oxydatiesloot

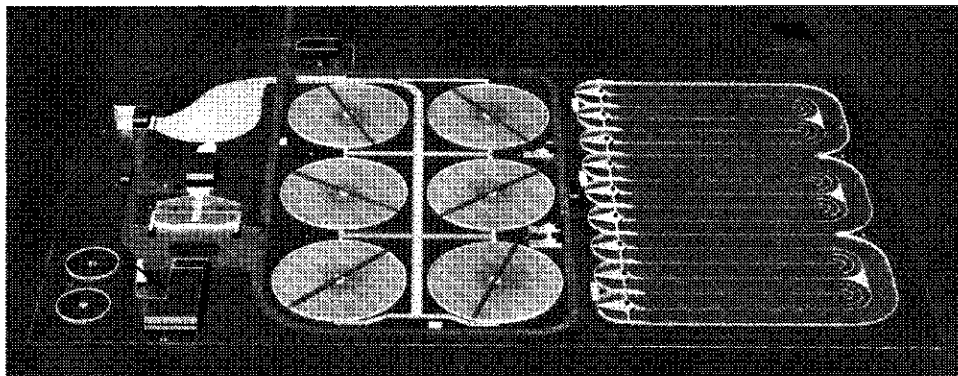
Na een identieke voorbehandeling (roostergoed, zandvangens) als bij de varianten 1 en 2 komt het afvalwater in een aeratieruimte met een slibgehalte van 4 g/l en een

Laagbelaste actiefslib installatie.



Tweetrapsinstallatie.





Oxydatiesloot type Caroussel.

TABEL VI - Kosten en externe energie van een rwzi van 330.000 i.e.

		variant 1 (AS)	variant 2 (OB + AS)	variant 3 (OS)
Bouwk. investering	x f 10 ⁶	19,2	23,5	17,3
Mech. investering	x f 10 ⁶	11,3	11,3	8,6
Elektr. investering	x f 10 ⁶	2,0	2,1	1,4
Totale investering	x f 10 ⁶	32,5	36,9	27,3
Totale investering per i.e.	f	98,50	111,80	82,75
Jaarkosten chemicaliën	x f 10 ³	374	325	314
Jaarkosten vervoer	x f 10 ³ kW . h	468	426	455
Externe elektriciteit	x f 10 ³ kW . h	2150	1430	8220
Aardgas	x 10 ³ m ³	381	20	89

slibbelasting van 0,05 g BZV/g slib/dag, terwijl de verblijftijd gemiddeld ca. 20 uur bedraagt. Hiermee wordt een BVZ-eliminatie van 97 % bereikt. Hoewel de berekende kj . N eliminatie ook 97 % is, wordt 90 % als veilig getal aangenomen. Hiermee is het rendement van de BZV + kj . N eliminatie 95,25 % (dit getal zou anders ook 97 % zijn geweest). De nabezinktanks zijn gedimensioneerd bij rwa op 1,5 h verblijftijd en een opp. bel. = 1 m³/m² . h. Nadat het in slibindickers is ingedikt wordt het slib — na chemische conditionering — d.m.v. filterpersen tot 35 % droge stofgehalte ontwaterd en worden de filterdoeken afgevoerd.

Gecumuleerd jaarlijks energieverbruik

Uitgaande van de werkelijke aanneemsommen inclusief ontwerpkosten, bijkomende kosten en inclusief BTW en op basis van de berekende dosering van chemicaliën voor de conditionering van het slib en van het afvoeren van de filterkoeken, zijn een aantal kostenfactoren van de drie varianten in tabel I aangegeven. Tevens zijn in deze tabel de hoeveelheden extern te betrekken energie vermeld voor de situatie dat de eigen energie-opwekking bij de varianten 1 en 2 volgens plan verloopt. Uit tabel VI is af te lezen dat de varianten 1 en 2 resp. 20 % en 35 % meer investering vergen dan variant 3. Daar staat tegenover dat het externe energieverbruik van variant 3 resp. ongeveer 2,5 x en 6 x zo groot is als dat van varianten 1 en 2. Behalve dit externe energieverbruik is het

interessant het gecumuleerd jaarlijkse energieverbruik van de drie varianten te berekenen. Hiertoe zijn de cijfers van tabel VI vermenigvuldigd met de relevante cijfers van tabel III uit het eerste deel van dit artikel. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in tabel VII en uit de vergelijking van het totale gecumuleerd jaarlijks energieverbruik van de drie beschouwde varianten blijkt dat variant 3 een resp. ongeveer 2 x en 2,5 x zo groot gecumuleerd jaarlijks energieverbruik heeft, als de varianten 1 en 2.

TABEL VII - Gecumuleerd jaarlijks energieverbruik in 10¹² J van een rwzi van 330.000 i.e.

	variant 1 (AS)	variant 2 (OB + AS)	variant 3 (OS)
Bouwk. investering	4,8	5,9	4,3
Mech. investering	5,7	5,7	4,3
Elektr. investering	0,7	0,7	0,5
Chemicaliën	18,2	15,8	15,3
Vervoer	4,5	4,1	4,4
Elektriciteit	26,3	17,5	100,6
Aardgas	13,4	0,7	3,1
Totaal	73,6	50,4	132,4

TABEL VIII - Rendement van investering met betrekking tot besparing van gecumuleerde energie.

vergeleken varianten	energiebesparing in 10 ¹² J	extra investering in 10 ⁶ gulden	'rendement' in 10 ⁶ J/j per gulden extra investering
var. 1 vs. var. 3 (AS) — (OS)	58,8	5,2	11,3
var. 2 vs. var. 3 (OB + AS) — (OS)	82,0	9,6	8,5
var. 2 vs. var. 1 (OB + AS) — (AS)	23,0	4,4	5,3

Ten gevolge van het mee in beschouwing nemen van het element gecumuleerde energie is de factor van het energieverbruik — in vergelijking met het externe energieverbruik — van variant 3 t.o.v. de varianten 1 en 2 dus aanzienlijk gereduceerd (van 2½ à 6 x tot 2 à 2½ x). Ook kan worden geconcludeerd dat bij de varianten 1 en 2, met eigen energie-opwekking het gecumuleerde energieverbruik t.g.v. de afschrijving op de investering, de chemicaliëndosering en het afvoeren van de filterkoeken groter is dan het verbruik van de directe energie. Ook als men oog heeft voor het feit dat de gecumuleerde energie van FeCl₃ en Ca(OH)₂ wellicht iets lager is dan het gemiddelde voor chemicaliën, blijft de genoemde conclusie in zijn algemeenheid geldig.

Uit de berekeningen zoals uitgevoerd in tabel VII volgt dat voor het beschouwde voorbeeld geldt:

— variant 1 (AS) verbruikt 32,2 x 10¹² J/j meer gecumuleerde energie dan variant 2 (OB + AS);

— variant 3 (OS) verbruikt resp. 58,8 x 10¹² J/j en 82,0 x 10¹² J/j meer gecumuleerde energie dan de varianten 1 en 2 (resp. AS en OB + AS).

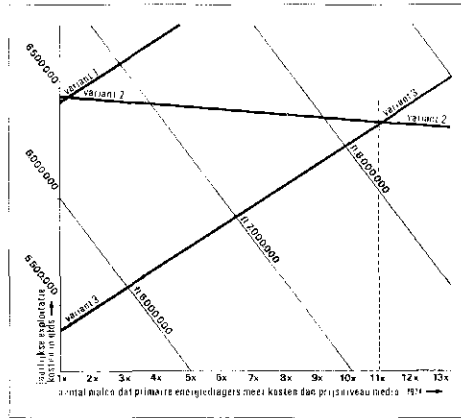
Rendement van de investering m.b.t. besparing van gecumuleerde energie

Uit de getallen van de voorgaande paragraaf is af te leiden dat de varianten met hoge investeringskosten een relatief laag gecumuleerd gebruik van energie hebben. Het lijkt aangewezen om na te gaan welke investering m.b.t. energiebesparing het meeste rendement heeft. Gerangschikt naar grootte van het 'rendement' per gulden extra investering met betrekking tot de energiebesparing ontstaat het volgende beeld (zie tabel VIII). Als alleen naar het rendement m.b.t. energiebesparing wordt gekeken heeft — in vergelijking met variant 3 — variant 1 de voorkeur boven variant 2. Teneinde het cijfer 11,3 x 10⁶ J/j besparing aan energie per gulden investering enig reliëf te geven, wordt een vergelijking gemaakt met het rendement van het isoleren van woningen. In de reeds eerder

geciteerde publicatie STT 19 wordt berekend [8] dat bij een goede aanpak van adequate isolatie van nieuw te bouwen woningen, voor een extra investering van f 2.200,— een besparing van 2.375 m³ aardgas per jaar kan worden verkregen. D.w.z. 2.375 x 35,2 x 10⁶ J/j besparing per f 2.200,— investering. Dat is 38 x 10⁶ J/j besparing per f 2.200,— investering. Dat is 38 x 10⁶ J/j per gulden. In dezelfde publicatie staat te lezen dat met het vullen van spouwmuuren met schuim in bestaande woningwetwoningen à raison van f 400,— per huis ongeveer 25 x 10⁶ J/j zou zijn te besparen. D.w.z. een besparing van ongeveer 62 x 10⁶ J/j gulden investering. Er is dus blijkbaar niet alleen 250 keer zoveel energie te besparen door betere isolatie van huizen, dan door eigen energie-opwekking in zuiveringsinrichtingen (5 % besparing versus 0,02 % besparing), ook is het rendement van de besparing per gulden investering bij goede isolatie van huizen vele malen (minstens 3 à 5 x) groter dan bij eigen energie-opwekking in rioolwater-zuiveringsinrichtingen.

Invloed kostenstijging primaire energie

Tot nu toe zijn de berekeningen gemaakt met de huidige kosten voor energie. Wanneer systemen die veel en systemen die weinig energie verbruiken met elkaar worden vergeleken is het aangewezen ook de



Afb. 4.

invloed van een eventuele verdere prijsstijging van de primaire energie in beschouwing te nemen. Daarbij is uitgegaan van de situatie dat nu een beslissing wordt genomen over een te bouwen rioolwater-zuiveringsinrichting en dat de bouwsom (afgezien van inflatoire invloeden) niet door een hogere energieprijs wordt verhoogd. Als er dan na voltooiing van de bouw een hogere energieprijs komt, heeft dat alleen zijn weerslag op de exploitatiekosten en daarbij kunnen rente en afschrijving op de bouwsom buiten beschouwing blijven. Voordat echter de invloed van een eventuele kostenstijging op de exploitatiekosten kan worden besproken dienen eerst de

exploitatie-overzichten van de drie varianten aan de orde te komen (tabel IX). In deze tabel is niet een heffingsbedrag ingevuld — dat deels politiek wordt beïnvloed — maar is in de tweede in het eerste artikel genoemde methode gekozen om het verschil in rendement van BZV en kj . N-eliminatie in de exploitatiekosten tot uitdrukking te doen komen. Zoals reeds werd betoogd, leidt deze wijze van berekening tot een zekere onderwaardering van de factor restvervuiling.

Voor de situatie van prijsstijging in de energiesector na het gereedkomen van de zuiveringsinstallatie kan aan de hand van de gegevens, zoals vermeld in het eerste artikel, worden nagegaan — op basis van de getallen van tabel V — wat de toename van de exploitatiekosten is van de drie beschouwde varianten als de primaire energie 100 % in kosten stijgt, d.w.z. verdubbelt t.o.v. het huidige prijsniveau. De onderhoudskosten — reeds eerder aangenomen op 2/3 materiaal en 1/3 loon — zullen op basis van de cijfers van tabel V bij bouwkundige werken met ca. 4 % van de 0,5 % van de bouwkundige investering en bij mech./elektr. werken met ca. 3,5 % van de 2 % van de mech. elektr.-investering stijgen per 100 % stijging van de kosten van primaire energie. Voor de andere posten van de exploitatiekosten zijn de percentages rechtstreeks in tabel V af te lezen. In tabel X is aangegeven hoe groot de op deze basis berekende toename van de diverse posten van de jaarlijkse exploitatiebegroting zal zijn t.g.v. een 100 % stijging van de kosten van alle primaire energiedragers. Hierbij kan worden opgemerkt dat een macro-economisch rekenmodel is toegepast voor een micro-economisch praktijkvoorbeeld. In lokale situaties kunnen zich afwijkingen voordoen t.o.v. de in tabel V genoemde percentages. De conclusies die uit tabel X zijn getrokken worden echter hierdoor niet wezenlijk beïnvloed.

In afb. 4 worden de verschillen van de jaarlijkse exploitatiekosten van de drie varianten met elkaar vergeleken, evenals de verandering van deze verschillen t.g.v. een stijging van de kosten van primaire energie. Daaruit is af te leiden met hoeveel % de kosten van de primaire energie moeten stijgen om de exploitatiekosten van de vergeleken varianten aan elkaar gelijk te doen zijn.

De conclusie die uit afb. 4 kan worden getrokken is dat variant 1 bij een kleine verhoging van de prijs van primaire energie reeds hogere exploitatiekosten zal hebben dan variant 2 en dat variant 1 altijd minimaal een miljoen gulden per jaar duurder is om te exploiteren dan variant 3 — ongeacht de hoogte van de energieprijzen.

TABEL IX - Jaarlijkse exploitatiekosten 3 varianten voor een rwzi van 330.000 i.e.

	variant 1 (AS)	variant 2 (OB + AS)	variant 3 (OS)
Bouwkundige werken			
0,5 % onderhoud + 10,62 % annuïteit	f 2.135.000	f 2.613.000	f 1.924.000
Mech./Elektr. werken			
2 % onderhoud + 13,16 % annuïteit	f 2.016.000	f 2.032.000	f 1.516.000
Aankoop elektriciteit	f 228.000	f 201.000	f 485.000
Aankoop aardgas	f 69.000	f 8.000	f 20.000
Personeelskosten	f 406.000	f 406.000	f 397.000
Aankoop chemicaliën	f 374.000	f 325.000	f 314.000
Afvoer filterkoecken	f 468.000	f 426.000	f 455.000
Drinkwater	f 6.000	f 6.000	f 6.000
Exploitatiekosten K	f 5.702.000	f 6.017.000	f 5.117.000
Zuiveringsrendement η (BZV + kj . N)	88,5 %	93 %	95,25 %
Exploitatiekosten incl. milieufactor = K/ η	f 6.443.000	f 6.470.000	f 5.372.000
% van variant 3	120 %	120 %	100 %
per i.e. (bij vollast)	f 19,52	f 19,61	f 16,28

TABEL X - Toename exploitatiekosten van rwzi van 330.000 i.e. t.g.v. 100 % stijging van de kosten van primaire energie.

	variant 1 (AS)	variant 2 (OB + AS)	variant 3 (OS)
Onderhoud bouwkundige werken	+ f 3.800	+ f 4.700	+ f 3.500
Onderhoud M/E werken	+ f 9.300	+ f 9.400	+ f 7.000
Elektriciteit	+ f 70.000	+ f 61.700	+ f 148.900
Aardgas	+ f 69.000	+ f 8.000	+ f 20.000
Personeel	+ f 29.000	+ f 29.000	+ f 28.400
Chemicaliën	+ f 38.400	+ f 33.400	+ f 32.200
Afvoer filterkoecken	+ f 35.100	+ f 31.900	+ f 34.100
	+ f 254.600	+ f 178.100	+ f 274.100
na delen door η (BZV + kj . N)	+ f 288.000	+ f 192.000	+ f 288.000

Verder blijkt dat variant 3 zijn voorsprong op variant 2 pas heeft verloren wanneer de prijs van de primaire energie elf maal zo hoog is als die van medio 1974.

Dat wil zeggen bij een prijsniveau van meer dan \$ 100 per barrel crude oil of ca. f 1,80 per m³ aardgas.

Tenslotte kan, met de cijfers die de toename van de jaarlijkse exploitatiekosten aangeven t.g.v. 100 % stijging van de kosten van primaire energie, worden berekend hoeveel % dit is van de jaarlijkse exploitatiekosten, zoals die zijn aangegeven in tabel IX. Deze percentages die voor de varianten 1, 2 en 3 resp. 4,47 %, 2,97 % en 5,36 % zijn, horen dus thuis in tabel V onder het hoofdje 'zuiveren van afvalwater':

Rwzi van 330.000 i.e.

— varianten met eigen energie-opwekking 3 à 4,5 %;

— variant met hoog direct energieverbruik ca. 5,5 %.

Invloed van stijging variabele kosten

In het voorgaande is steeds uitgegaan van het huidige prijsniveau. Als men na het realiseren van de bouw van de installatie wordt geconfronteerd met prijsstijgingen van lonen, materialen en energie t.g.v. inflatoire invloeden, zullen de jaarlijkse lasten van een installatie met relatief hoge investeringskosten en relatief lage variabele kosten minder snel stijgen dan die van een installatie met relatief lage investeringskosten en relatief hoge variabele kosten.

Een methode om deze factoren onder één noemer te brengen is de berekening van de jaarlijkse kosten op contante waarde uit te voeren.

Dit laatste is een maat voor het totale bedrag dat bij de bouw van een installatie zou moeten worden opzij gelegd om over een periode van bijv. 30 jaar de vaste en de variabele kosten te kunnen betalen — bij een bepaalde stijging van de variabele kosten per jaar.

In het hierna uitgewerkte voorbeeld wordt uitgegaan van een algemene kostenstijging die gemiddeld over de beschouwde 30 jaar op 7 % per jaar is gesteld en een bijzondere kostenstijging van de primaire energie, die over dezelfde periode op 12 % per jaar is gesteld. Deze aanname houdt in dat over ca. 10 jaar het algemene prijsniveau verdubbeld en de kosten van primaire energie verdrievoudigen. Met betrekking tot elektrische energie houdt deze aanname in dat de kW · h-prijs over 10 jaar ca. 2,5 x zo hoog is als thans.

Bij de hier aangenomen sterke kostenverhoging moet ook rekening worden gehouden met een relatief hoge rentevoet van ca. 10 %.

Het resultaat van de berekeningen van de

jaarlijkse kosten over een periode van 30 jaar op basis van contante waarde van de drie beschouwde varianten is weergegeven in tabel XI.

TABEL XI - Contante waarde van de jaarlijkse kosten over 30 jaar bij een rentevoet = 10 %, een kostenstijging van 7 %/j. en een prijsstijging van de primaire energie van 12 %/j.

Variant 1 (AS)	f 95,2 x 10 ⁶
Variant 2 (OB + AS)	f 91,9 x 10 ⁶
Variant 3 (OS)	f 84,2 x 10 ⁶

Uit deze beschouwingen blijkt dat van de varianten met eigen energie-opwekking variant 1 een ca. 3½ % hogere contante waarde van de jaarlijkse kosten heeft dan variant 2. Verder blijkt bij de gegeven uitgangspunten de contante waarde van de jaarlijkse lasten van variant 2 ca. 9 % hoger te zijn dan die van de oxydatiesloot.

Samenvatting

— De investeringen voor een rwzi van 330.000 i.e. zijn voor variant 1 (actief-slib) en variant 2 (2-traps: oxydatiebedden-actief slib) — beiden met eigen energie-opwekking — respectievelijk 20 % en 35 % hoger dan die voor variant 3 (oxydatiesloot).

— Hoewel het directe energieverbruik van variant 3 (hoog energieverbruik) 2,5 à 6 maal zo groot is als dat van de varianten 1 en 2 met eigen energieopwekking, wordt bij het in beschouwing nemen van de gecumuleerde energie, deze factor teruggebracht tot ongeveer 2 à 2,5 maal.

— Het rendement m.b.t. besparing op energie van investeringen in betere isolatie van woningen is minstens 3 à 5 x zo groot als dat van investeringen in de varianten met eigen energie-opwekking.

— De 20 % hogere jaarlijkse exploitatiekosten van de variant 2 met eigen energie-opwekking t.o.v. die van variant 3 met hoog energieverbruik vallen pas op nul % terug bij een elfvoudige prijs van de primaire energie ten opzichte van het niveau van medio 1974.

— Bij berekeningen van de contante waarde van de jaarlijkse lasten over een periode van 30 jaar, bij een gemiddelde prijsstijging van 7 % per jaar en een gemiddelde toename van de kosten van primaire energie van 12 % per jaar, ligt de uitkomst voor de beide beschouwde varianten met eigen energie-opwekking (varianten 1 en 2) op nagenoeg hetzelfde niveau en ligt de uitkomst voor de oxydatiesloot ca. 10 % lager dan die van varianten 1 en 2.

Conclusie

En water zuiveren én energie sparen!
Dat kan, maar de combinatie van beiden

kost méér geld dan water zuiveren alleen. Als een extra accent wordt gegeven aan energiebesparing, dan komt een tweetrapsinstallatie (oxydatiebedden + actief slib) met eigen energie-opwekking als de beste van de beschouwde oplossingen naar voren. Hierbij moet echter wel de kanttekening worden gemaakt dat het rendement m.b.t. energiebesparing van de extra investering ca. 5 x lager is dan dat van het isoleren van woningen.

Als daarentegen de factoren milieu en geld de doorslag geven, valt de keuze op de oxydatiesloot met een hoog energieverbruik. Dit alles ten koste van maximaal 0,02 % van het totale directe energieverbruik in Nederland (1985).

Het laat zich derhalve aanzien dat de ontwerpers, bouwers en beheerders van zuiveringsinrichtingen bij het nemen van beslissingen over toe te passen systemen van zuiveren, ernstig moeten overwegen dat wij het schaarse middel 'geld' in eerste instantie zo goed mogelijk moeten gebruiken voor de bescherming van de schaarse functie 'milieu'. De daarvoor benodigde schaarse grondstof 'energie' speelt daarbij, naar het zich laat aanzien, slechts een ondergeschikte rol.

Aan het einde van deze beschouwing wil de schrijver nog graag zijn dank betuigen aan ir. J. Louwe Kooijmans en dr. ir. W. C. Witvoet voor de medewerking bij het tot stand komen van dit artikel en aan ir. F. B. Veldkamp voor zijn kritisch-analytische opmerkingen tijdens het proces van het schrijven.

Literatuur

7. Zeper, J. En water zuiveren en energie besparen! Kan dat? H₂O (8) 1975, nr. 7, blz. 137.
8. STT19, Hoofdstuk 5, blz. 91.

