

Optimalisering in het energieverbruik

1. Inleiding

Tijdens de jaren 1950-1973 hebben wij kunnen ervaren dat de oxydatiesloot, van oorsprong bedoeld als een robuust betrouwbaar zuiveringssysteem voor betrekkelijk kleine installaties is uitgegroeid tot een installatie type dat geschikt is voor zeer grote capaciteiten. Dit succes is, zoals bekend te danken aan de technische modificaties van de oorspronkelijke Pasveersloot, alsmede aan de filosofie dat bij sterk stijgende bouwkosten en een achterblijvende stijging van de energieprijzen lagere investe-



IR. R. A. PONSEN

Procestechnoloog bij de afdeling Gezondheidstechniek van de Grontmij NV, De Bilt

ringskosten doorslaggevend kunnen zijn voor de keuze van het zuiveringssysteem. Behalve deze financieel-ekonomische aspecten kan het zuiveringsresultaat dat in de oxydatiesloot onder Pasveer condities verkregen wordt onder bepaalde omstandigheden bepalend zijn voor de keuze van dit zuiveringssysteem.

In 1973 is de gehele westerse wereld ontwaakt uit de roes dat een energietekort slechts een probleem zou zijn van een verre en voor sommigen in dit opzicht vage toekomst.

In deze tijd beleefden wij een soort algemene schrikreactie, die echter mede verantwoordelijk is voor de thans, op redelijke argumenten gebaseerde gewijzigde standpunten ten aanzien van het energieverbruik.

Wanneer wij, onder de huidige omstandigheden en met een blik op de naaste toekomst het ontwerp van een zuiveringsinstallatie moeten ontwikkelen dan moet dit voldoen aan het volgende programma van eisen:

1. Het effluent, dat wil zeggen:
 - laag BZV₅-gehalte, 20 mg/l;
 - laag N-gehalte (75 % reductie van Kj-N wordt soms verlangd);
 - laag P-gehalte voor gebieden met een kwetsbare oppervlaktekwaliteit.

2. Laag energieverbruik.

Ten aanzien van de hoge zuiveringsgraad en de noodzaak tot energiebesparing valt een zekere tegenstrijdigheid op, die echter ook opgevat kan worden als een uitdaging naar het zoeken van nieuwe varianten voor laagbelaste zuiveringssystemen. Eén van deze varianten is de tweetraps oxydatiebedaktiefslibinstallatie, die de laatste tijd een ruime mate van belangstelling geniet.

In het hierna volgende wordt getracht de relatie energieverbruik en zuiveringsresultaat met elkaar te vergelijken.

Een praktische moeilijkheid bij dit soort beschouwingen is altijd het vinden van de juiste parameters. De gehanteerde parameters komen voor een belangrijk deel overeen met een recent ontwerp voor een zuiveringsinstallatie waarbij de besparing in het energieverbruik tot in de details is uitgerekend en wat thans voor uitvoering gereed is. Ter ondersteuning van deze gegevens is een praktijkonderzoek verricht naar het specifieke energieverbruik van een zestiental zuiveringsinstallaties.

2. Ontwikkeling van de energieprijzen

De energie, en dan vooral de elektrische energie, is lange tijd als een beperkt veranderlijke faktor gezien die zich kon handhaven temidden van inflatoire omstandigheden. Beschouwingen over de invloed van de energieprijzen op de zuiveringskosten zijn dan ook alleen uit te voeren indien deze gebaseerd zijn op een zo goed mogelijk inzicht in de prijsvorming van de elektriciteitsstarieven, vroeger, thans en in de toekomst.

Tot voor 1973 kenden wij de situatie dat circa 30 % aan de kWh-prijs werd gevormd door de kosten van de primaire energiedragers. De overige kosten werden gevormd door loon- en kapitaalskosten. De stijging van de loon- en kapitaalskosten konden voor een belangrijk deel gecompenseerd worden door schaalvergroting en efficiencyverbetering in de elektriciteitsproductie. Vanaf 1973 tot januari 1975 hebben wij bijna een verdubbeling meegemaakt van de elektriciteitsstarieven veroorzaakt door de prijsstijging van de primaire brandstof.

Het brandstofaandeel in de kWh-prijs bedraagt voor 1975 ca. 4,5 cent, d.w.z. 50 % van de gemiddelde kWh-prijs à 9,0 cent. Hoewel de wereld-olieprijzen thans redelijk stabiel zijn en geen neiging meer vertonen tot excessieve stijgingen is deze matigende invloed nog niet merkbaar in de Nederlandse energieprijzen. Dit komt omdat ca. 90 % van de elektriciteit in Nederland het aardgas als brandstof heeft. Reeds nu is bekend dat in 1976 het brandstofaandeel in de elektriciteitsstarieven 25 % zal stijgen (naijlingseffekt). Wat er in de volgende jaren zal gebeuren kan slechts voorspeld worden op basis van voorzichtige veronderstellingen. Op grond van de huidige ontwikkeling in de wereld-olieprijzen lijkt het reëel te veronderstellen dat de stijging van de primaire energiedragers beperkt zal blijven tot het door de Club van Rome reeds geïndiceerde kumulatieve percentage van 3 % per jaar.

Ten aanzien van het aandeel loon- en

kapitaalskosten doet zich echter een ongunstige ontwikkeling voor. De stijging van de loonsom en de kapitaalskosten kunnen minder gemakkelijk opgevangen worden door de vroegere toegepaste schaalvergroting in de produktie. Ook de efficiencyverbetering zal deze kostenstijging niet meer volledig kunnen compenseren. Daarnaast is het niet ondenkbaar dat milieubescherpende maatregelen ten aanzien van de thermische verontreiniging hun invloed zullen hebben op de tarieven. Een stijgingspercentage van dit kostenaandeel is moeilijk vast te stellen. Door informatie uit de Nederlandse elektriciteitswereld is gebleken dat bij een jaarlijkse kumulative stijging van 10 % van de loon- en kapitaalskosten, er rekening mee gehouden wordt dat tenminste 6 % van deze kosten via de tarieven doorberekend zal worden aan de afnemers.

Deze kennis zal voor sommigen een nieuw somber licht werpen op de ontwikkeling van de energieprijzen. Vijftig procent van de huidige kWh-prijs zal vanaf 1976 stijgen met circa 3 %, terwijl de andere vijftig procent onder invloed van de veronderstelde 10 % stijging van de loon- en kapitaalskosten zal stijgen met 6 %. Deze gedachtengang wordt weergegeven door afb. 1. Hieruit blijkt dat de stijgingfaktor beschouwd als gemiddeld lineair tot 1990 ongeveer 0,052 (= 5,2 %) per jaar bedraagt. De vermoedelijke kWh-prijzen worden dan voor:

- 1975 — 9 cent;
- 1976 — 10,5 cent;
- 1985 — 16,0 cent;
- 1990 — 20,2 cent.

3. Energieverbruik in zuiveringsinstallaties

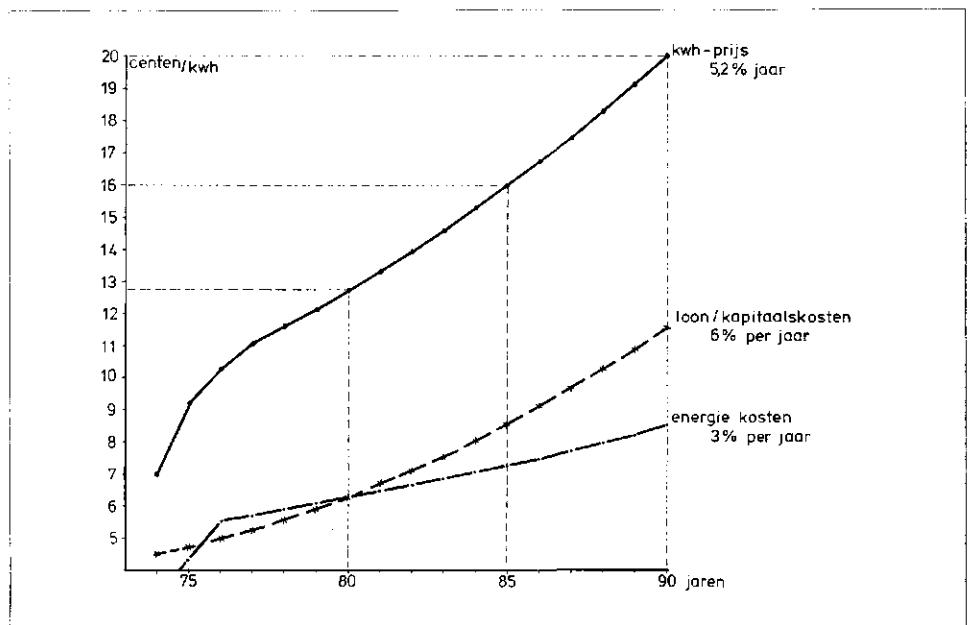
Om een inzicht te verkrijgen in het totaal en specifiek energieverbruik voor rioolwaterzuiveringsinstallaties is door de Grontmij een onderzoek verricht bij een zestiental zuiveringsinstallaties. Hierbij is gelet op het type zuiveringsinstallatie, belasting, energieverbruik van beluchting, gistingstanks en slibontwatering.

Volledigheidshalve dient vermeld te worden dat bij deze enquête uitgegaan is van de volgende uitgangspunten:

- energieverbruikcijfers over het meest recente kalenderjaar;
- een inwonerequivalent is gelijk aan 60 resp. 40 gram BZV₅;
- slibproduktie 17 resp. 25 kg i.e. per jaar.

3.1. Ruimers, pompen en gemalen

Het energieverbruik voor deze categorie is moeilijk exact vast te stellen en is tijdens het onderzoek benaderd door het verschil van totaalenergie minus de som van beluch-



Afb. 1 - Ontwikkeling energiekosten.

ting en slibbehandeling. Uiteindelijk blijkt dat voor deze categorie een energieverbruik geldt van 3 tot 10 kWh/i.e. jaar.

Van doorslaggevende invloed zijn aanvoergemalen, slibretourgemalen en effluentgemalen.

Met behulp van de formule $N(kw.) = Q(m^3/u) \times Hman(m)$

$$360$$

is het vermogen en dus ook het energieverbruik globaal vast te stellen.

Bij een waterhoeveelheid van 55 m³/i.e. jaar (inklusief RWA) bedraagt het opgenomen vermogen per m' opvoerhoogte voor het aanvoer resp. effluent gemaal ca. 0,2 kWh/i.e. jaar. Het slibretourgemaal heeft een energieverbruik van 0,3 tot 0,5 kWh/i.e. jaar. Hieruit blijkt dat de besparingen die verkregen kunnen worden door het beperken van het totaal verval veelal niet zal opwegen tegen de te maken kosten. Een goede hydraulische berekening, ten tijde van de ontwerpfase kan echter overdimensionering van de gemalen voorkomen en daardoor bijdragen

tot een optimaal energieverbruik van deze onderdelen.

3.2. Biologische zuivering

Het beluchtingsproces, in welke vorm dan ook, is het proces dat verreweg het grootste aandeel in het totale energieverbruik heeft. Het is logisch, dat energiebesparende maatregelen in eerste instantie alleen voor de beluchting getroffen worden.

Ten aanzien van de verschillen in het energieverbruik voor de onderzochte installaties het volgende:

De persluchtssystemen vertegenwoordigen de oudere generatie persluchtinstallaties. In deze installaties heeft men wel onderzoek verricht naar het zuurstof overdrachtsrendement van de beluchtingssystemen, doch praktisch geen aandacht besteed aan de totale energiebalans van de beluchting. Door de overmaat aan lucht treedt in deze installaties een vergaande nitrifikatie op. Het rendement van de beluchting wordt nadelig beïnvloed door technische gebreken in luchtleidingsssystemen zoals lekkages,

TABEL I - Onderzoekresultaten bestaande installaties.

Soort beluchting	Slibbelasting kg BZV/kg slib	NH ₄ -Red. %	Specifiek energieverbruik kWh/kg BZV	kWh/i.e. jaar	Totaal energieverbruik kWh/i.e. jaar
Perslucht	0,19	72	2,2	31,2	37,8
Inka	0,16—0,22	68—76	1,5—2,9	20,1—42,3	25,6—50,0
Perslucht	0,16	70	2,4	35,8	40,5
Fijne bellen	0,15—0,17	53—86	1,7—3,2	24,8—46,8	29,2—51,9
A.T.	0,48	38	0,8	11,3	16,7
Turbine	0,43—0,52	23—49	0,5—1,1	7,2—14,6	11,4—23,2
A.T.	0,17	42	0,9	12	18,7
Turbine	0,11—0,21	35—49	0,6—1,3	8,2—17,4	14,6—26,3
Oxydatiesloot	0,04	80	1,3	27,0	31
	0,03—0,05	70—90	1,1—1,5	24—31	26—28
Oxydatiebedden	0,87 kg/m ³	—	0,5	5,0	6,9
	0,48—1,4	—	0,4—0,8	3,4—8,0	5,2—9,0

smalle leidingen, lage rendementen kompressoren, 'morsen' van zuurstof door gelijkmatige beluchting in een propstroom reaktor en de praktische onmogelijkheid de zuurstoftoevoer gedurende kortere termijnen te regelen.

Voor het systeem van de fijne bellenbeluchting moet het mogelijk zijn een rendement te bereiken van tenminste 0,75 kWh/kg BZV. Dit resultaat stoelt op de volgende veilige aannamen:

- specifiek O₂-inbreng in afvalwater 8 g O₂/Nm³ lucht · m';
- diepte beluchtingsbassin 4,3 m;
- totale weerstand 5,0 mWk;
- rendement kompressoren 70 %;
- luchtinbreng capaciteit 17 watt/Nm².

Doordat de vermogensrendementen van kompressoren per type sterk kunnen verschillen en ook afhankelijk zijn van de vorm van het leidingssysteem mag het eerder genoemde zuurstofinbreng rendementsgetal niet als een zelfstandige parameter opgevat worden.

Een verband tussen waterdiepte, energieverbruik en zuurstofinbreng wordt aangegeven door afb. 2. De in deze afbeelding aangegeven relaties dienen per type compressor gecorrigeerd te worden.

Bij de oppervlaktebeluchters in laagbelaste actief slibinstallaties blijkt het reeds mogelijk te zijn om bij een rendement van 1,7 kg O₂/kWh en door een regeling van de zuurstofinbreng, hetzij door bufferen van het afvalwater, hetzij door een vorm van zuurstofsturing een rendement te verkrijgen van 0,9 kWh/kg BZV.

Bij de oppervlaktebeluchter voor oxydatiesloten blijkt het rendement ca. 1,3 kWh/kg BZV te zijn. Doordat wij hier te maken hebben met niet-voorbezonden afvalwater is het energieverbruik per i.e. per jaar hoger, nl. 27 kWh/i.e. jaar.

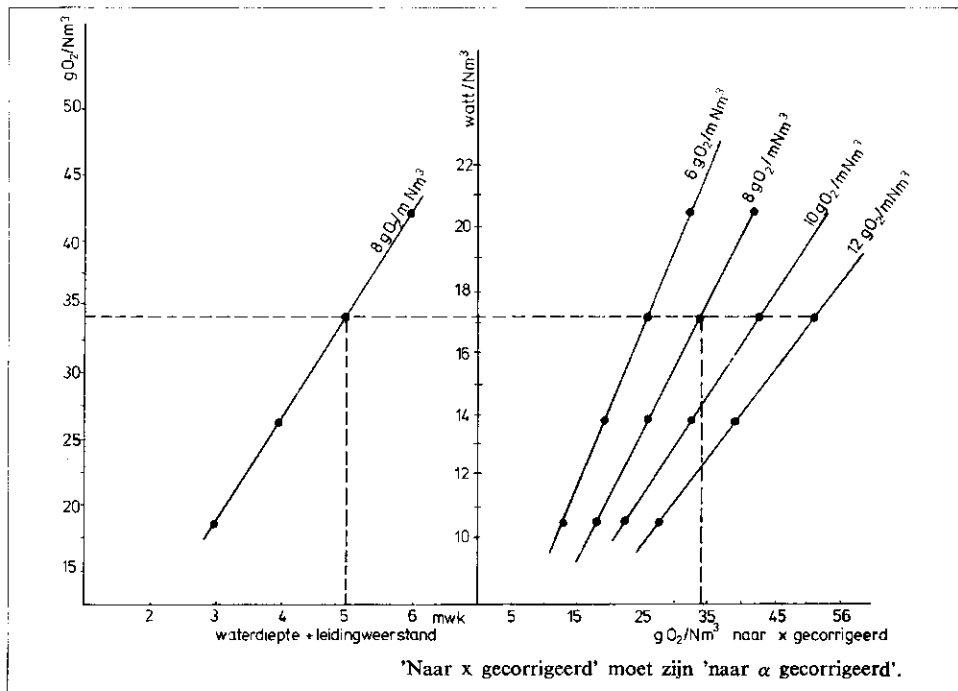
De onderzoekresultaten voor de oxydatiebedden hebben betrekking op één hoogbelaste en twee twee-traps installaties gevuld met lava-kies. Het energieverbruik blijkt gemiddeld 0,5 kWh/kg BZV te zijn, een lager verbruik behoort tot de mogelijkheden.

Tenslotte volgt een overzicht van de energieverbruiken voor de beluchtings-systemen zoals ze in de literatuur worden aangegeven en zoals ze uit het onderzoek naar voren kwamen.

	literatuur	onderzoek
Oxydatiesloten, kWh/i.e. jaar	25	27
Laagbelast actief slib turbine beluchters, kWh/i.e. jaar	15	12
Oxydatiebedden	10	5

3.3. Slibbehandeling

De gegevens zijn afkomstig uit de literatuur



Afb. 2 - Relatie energieverbruik zuurstof voor fijne bellenbeluchting.

en deels uit de praktijk.

Omdat het slibgistingproces een sleutelpositie inneemt om in grote mate op energieverbruik te besparen is door de Grontmij een achttal slibgistinginstallaties nader onderzocht.

Tabel II geeft een overzicht van de verschillende slibbehandelingssystemen met bijbehorende energieverbruik.

Ten aanzien van de slibgisting kan het volgende gezegd worden (zie tabel III).

De gasproductie per i.e. bedraagt gemiddeld 16 l per dag.

De vaak zeer lange verblijftijd in warme

TABEL II.

Systeem slibbehandeling	kWh/ton d.s.	kWh/i.e. jaar
Zeebandpers	20	0,3
Centrifuge	55	0,9
Filterpersen	60	1,0
Thermisch drogen	250	4,2 resp. 6,2
Mcal/m ³ water	800	
Thermisch konditioneren	300	7,5
Mcal/ton d.s.	1000	
Slibgisting	41	0,7
Mcal/ton st.	656	

TABEL III - Onderzoekresultaten slibgisting ('73-'74).

	Eenheid	Gemiddelde	spreiding
Verblijftijd	dag	47	26-75
Temperatuur	°C	31	30-32
Productie ruw slib	kg/i.e. jaar	21	12-30
Productie gegist slib	kg/i.e.	10	5-16
Reduktie	%	52	36-70
Gasproductie	l/i.e. dag	16	12-26
Calorische waarde	Kcal/m ³	5900	5800-6000
Energielevering voor verwarmen voor mengsysteem	Kcal/i.e. jaar	N.V.T.	0-14000
voor mengsysteem	kWh/i.e. jaar	0,7	0,3-1,3
voor mengsysteem	kWh/m ³ jaar	11,4	3,0-19,0

gistingstanks heeft geen merkbare invloed op de gasproductie.

De calorische waarde van het gistingsgas is redelijk konstant en bedraagt minimaal 5800 Kcal/m³.

De energie leveranties door derden ten behoeve van de verwarming komt of niet voor, of bedraagt ca. 16.000 Kcal/i.e. jaar bij volledige verwarming tot 30 °C.

Het energieverbruik voor het mengsysteem is gemiddeld 0,1 kWh/i.e. jaar of 11 kWh/m³ inhoud jaar. Het blijkt dat de energie ten behoeve van de gasinblazing sterk afhankelijk is van de gebruikte tijdsintervallen (10 - 20 kWh/m³ jaar).

4. Mogelijkheden tot energiebesparing

4.1. Pompen, ruimers en gemalen

Door een nauwkeurig hydraulisch ontwerp zullen energiebesparingen mogelijk zijn in de orde van grootte van 0,2 tot 0,5 kWh/i.e. jaar.

4.2. Beluchting

Besparing op het energieverbruik voor de

beluchting van bestaande en nog te ontwerpen aktiefslibinstallaties is mogelijk wanneer de volgende maatregelen genomen kunnen worden:

1. Installeren van een beluchtingssysteem met een voor de omstandigheden optimaal rendement.

De hierbij optredende besparingen in het energieverbruik zullen, uitgedrukt in konstante waarden over de gehele afschrijvingsperiode, de extra investeringen veelal overtreffen.

2. De beluchtingscapaciteit moet regelbaar zijn, zonder te veel in te boeten op het mechanisch rendement.

Deze eis zal vooral voor bestaande persluchtinstallaties niet altijd even gemakkelijk realiseerbaar zijn.

3. Een kontinu registrerende zuurstofmeting zo mogelijk vergezeld van een automatische sturing van de beluchtingsapparatuur.

Vele menen nog ten onrechte dat de beschikbare meetapparatuur nog niet geschikt is voor dit doel. Men moet zich echter realiseren dat een meetfout van enkele procenten voor dit doel nog acceptabel is, daar de grootste energiebesparing niet verkregen wordt door juiste calabriëring van de zuurstofmeting doch door het signaleren en reageren op duidelijke tekorten of overschotten van zuurstof.

4. Een zekere mate van buffering van het afvalwater kan een gelijkmatige zuurstofbehoefte bevorderen waardoor een zuurstofmeting en sturing niet altijd noodzakelijk zal zijn.

De mate van energiebesparing door eerder genoemde maatregelen is onmogelijk aan te geven. Afhankelijk van de uitgangssituatie is een besparing te verwachten van 10 tot 50 %.

De noodzaak tot het nemen van deze maatregelen is echter van essentieel belang indien de energie voor de beluchting afkomstig is van het gistingsgas.

4.2. Slibgisting

De slibgisting is een proces, dat ten onrechte lange tijd gezien is als een riskant bedrijf waarvan de opbrengst van het gistingsgas de moeite niet waard zou zijn.

Een berekening op basis van praktijkwaarden laat zien dat er meerdere, bruikbare toepassingsmogelijkheden zijn van het gistingsgas.

De uitgangspunten voor deze berekening zijn:

- 15 liter gistingsgas per i.e.;
- calorische waarde: 5800 Kcal/m³ of 87 Kcal/i.e. dag;
- rendement gasmotoren 2700 Kcal/kWh;

- energie voor verwarming tot 32 °C: 45 Kcal/i.e. dag;
- omrekeningsfactoren:
1 kWh = 860 Kcal;
1 Nm³ aardgas = 8000 Kcal;
1 Kcal = 4190 J. (S.I. stelsel).

Er zijn een viertal toepassingen voor het hergebruik van het gistingsgas mogelijk.

1. Verwarming slibgistingstank (afb. 3).

Voor deze overbekende oplossing is het rendement voor het hergebruik ca. 52 %.

2. Verwarming slibgistingstank en opwekking van elektrische energie (afb. 4).

De gasmotoren hebben het voordeel dat zij toerenregelbaar kunnen zijn.

Het rendement van gasmotoren bedraagt 2700 Kcal per kWh terwijl de helft van de toegevoerde energie als warmte teruggewonnen kan worden ten behoeve van de verwarming van de gisting. Voor zowel de generator als de motoren van de turbine beluchters wordt een rendement aange-

houden van 80 %. Het zuurstofinbrengvermogen van de turbinebeluchters wordt gesteld op 1,7 kgO₂/kWh opgenomen.

De resultaten van deze toepassing zijn:

- rendement hergebruik gistingsgas 62 %;
- verwarming gisting voor 84 % self-supporting;
- energieopbrengst 9 kWh/i.e. jaar;
- zuurstofopbrengst 44 gO₂/i.e. dag.

Ten aanzien van de energie-opbrengst kan verwezen worden naar de resultaten bij twee zuiveringsinstallaties (Utrecht en Hilversum) waar aan deze vorm van energie-opwekking gedaan wordt en waar de opbrengst ± 8,5 à 9,0 kWh/i.e. jaar blijkt te zijn.

3. Verwarming slibgistingstank en opwekking mechanische energie (afb. 5).

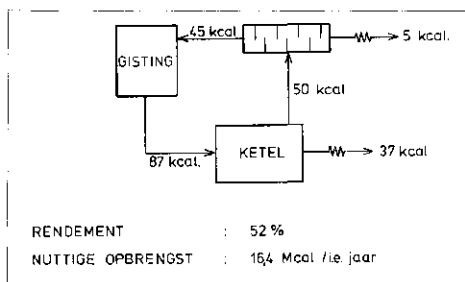
De gasmotoren hebben dezelfde functie als bij de vorige oplossing. Hierbij dient echter aangetekend te worden dat de combinatie toerenregelbare gasmotor met toerenregelbare kompressor belangrijk is voor een optimaal energieverbruik.

Door het ontbreken van de generator als extra stap naar de luchtinbreng is een energiebesparing mogelijk. Het rendement van de kompressor bedraagt 68 - 73 %, gemiddeld 70 %.

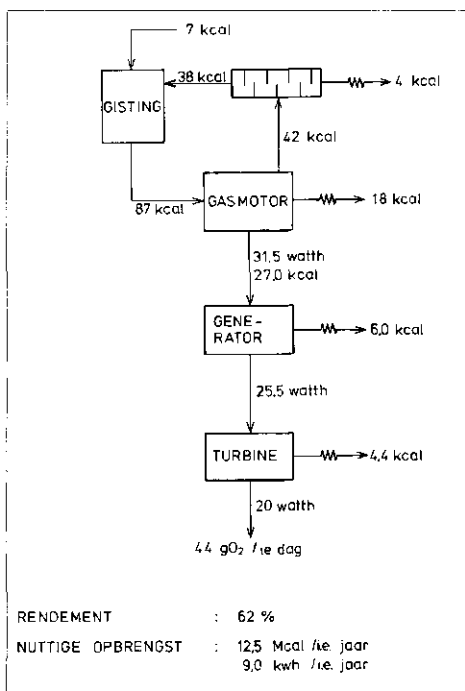
De resultaten van deze toepassing zijn:

- rendement hergebruik gistingsgas 65 %;
- verwarming gisting voor 84 % self-supporting;
- energie-opbrengst t.b.v. compressoren 11 kWh/i.e. jaar;

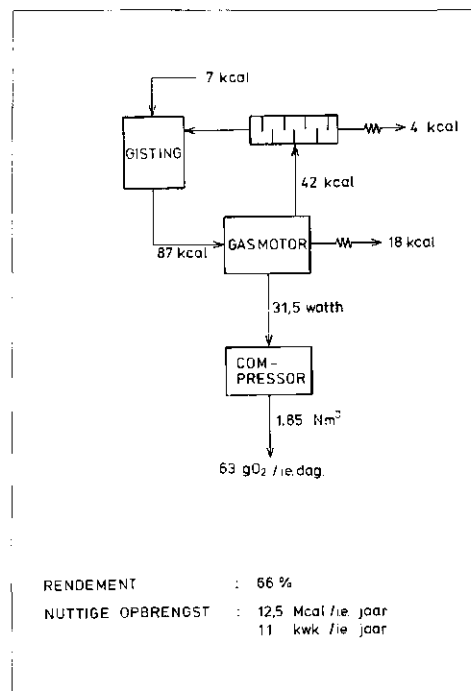
Afb. 3 - Gisting en slibverwarming.



Afb. 4 - Gisting en opwekking elektrische energie.



Afb. 5 - Gisting en opwekking mechanische energie.



— zuurstofopbrengst 63 gO₂/i.e. dag.

4. Verwarming slibgistingstank en opwekking thermische energie

Bij deze oplossing maakt men gebruik van de meest direkte vorm van energie-overdracht.

De toepassingsmogelijkheden liggen vooral bij de thermische conditionering waarbij ca. 1000 Mcal/ton d.s. of 27 Kcal per i.e. dag nodig zijn, terwijl voor thermische droging met een voorontwatering tot 15 % ca. 150 Kcal per i.e. per dag nodig zijn. Het blijkt dat na aftrek van de energie die nodig is voor de verwarming van de gisting er nog ca. 33 Kcal per i.e. dag overblijft ten behoeve van een thermische conditionering.

De resultaten van deze oplossing zijn de volgende:

- rendement hergebruik gistingsgas 80 %;
- verwarming gisting voor 100 % self supporting;
- verwarming thermische conditionering 100 % self supporting.

Deze oplossing vertoont nog een aantal aantrekkelijke aspecten die, zonder tot kwantificering over te gaan, wel waard zijn om genoemd te worden.

- Het warme thermisch gekonditioneerde slib kan misschien een deel van de verwarming verzorgen van de slibgisting.
- De sterk verontreinigde restvloeistof zou in de slibgisting verder behandeld kunnen worden, waardoor de beluchtingscapaciteit niet vergroot hoeft te worden.
- Bij de slibontwatering zijn niet langer chemische toeslagmiddelen noodzakelijk.

Een niet te verwaarlozen nadeel is de combinatie van continue gistinggasproductie en diskontinue afname ten behoeve van de conditionering (weekends, storings). Hierdoor zal onder praktijkomstandigheden de thermische conditionering niet altijd volledig self-supporting zijn.

De verschillende resultaten die met de vier besproken methoden bereikt kunnen worden staan weergegeven in tabel IV.

Uit dit overzicht blijkt dat de gunstigste situaties optreden bij het hergebruik van het gistingsgas ten behoeve van de verwarming van de gisting tezamen met de opwekking van mechanische of thermische energie.

5. De betekenis van energiebesparing voor de praktijk

Ter illustratie van de relatie kWh/i.e. jaar

TABEL IV.

	% hergebruik	Nuttige opbrengst in		
		warmte Mcal/i.e. jaar	energie kWh i.e. jaar	zuurstof gO ₂ /i.e. dag
1. Verwarming gisting	52 %	16,4	—	—
2. Verwarming gisting + elektrische energie	62 %	12,5	9	44
3. Verwarming gisting + mechanische energie	66 %	12,5	11	63
4. Verwarming gisting + thermische energie	80 %	28,5	—	—

en guldens/i.e. jaar is een toepassing voor de praktijk doorgerekend.

Hiervoor hebben wij een installatie van 200.000 i.e. gekozen waarvan recente, objectieve investeringsbedragen bekend zijn.

Voor een goede vergelijking zijn vier varianten noodzakelijk, te weten:

- A. Oxydatiesloot, type Carrousel.
- B. Aktiefslib met turbinebeluchting en eigen elektriciteitsopwekking.
- C. Aktiefslib met persluchtbeluchting en opwekking mechanische energie.
- D. Tweetraps oxydatiebed-oxydatiesloot met eigen opwekking van elektriciteit.

Voor het vaststellen van de energiebehoefte van de verschillende zuiveringssystemen is uitgegaan van de gegevens verkregen uit het praktijkonderzoek.

Hierbij realiseren wij ons dat deze gekonstateerde energiebehoefte nog verder gereduceerd kan worden door het toepassen van de reeds eerder genoemde maatregelen.

TABEL V - Energieverbruik van een viertal zuiveringssystemen.

200.000 i.e. à 60 g BZV resp. 40 g BZV	Oxydatiesloot Carrousel	Aeratie tanks + gisting + elektr. prod.	Aeratie tanks + gisting + mech. energ. prod. + bellen bel.	Twee traps oxydatiebed/ oxydatiesloot + gisting
Zuiveringspercentage				
BZV	98 %	95 %	95 %	98 %
Kj-N	80 %	45 %	45 %	80 %
Te verwijderen BZV per dag	11.400 kg	7.200 kg	7.200 kg	7.600 kg
Specifiek energieverbruik kWh/kg BZV	1,30	0,90	0,75	0,5/1,3
Energieverbruik				
Biologische zuivering	570.10 ⁴ kWh	262.10 ⁴ kWh	200.10 ⁴ kWh	210.10 ⁴ kWh
Energieopbrengst	—	180.10 ⁴ kWh	220.10 ⁴ kWh	180.10 ⁴ kWh
Energietekort beluchting	570.10 ⁴ kWh	82.10 ⁴ kWh	—	30.10 ⁴ kWh
Energietekort gisting	—	10 ⁵ Nm ³ gas	10 ⁵ Nm ³ gas	10 ⁵ Nm ³ gas
Jaarlijkse kosten				
elektriciteit	f 513.000,—	f 73.800,—	—	f 27.000,—
gas	—	f 14.000,—	f 14.000,—	f 14.000,—
Totaal	f 513.000,—	f 87.800,—	f 14.000,—	f 41.000,—

In tabel V wordt een overzicht gegeven van het aandeel van de energiekosten in de totale exploitatiekosten van de vier typen zuiveringsinstallaties.

Uit dit overzicht blijkt dat de totale, vergelijkbare energiekosten voor de vier systemen als volgt zijn:

- A. Oxydatiesloot f 513.000,—.
- B. A.T. + gisting opp. bel. f 87.800,—.
- C. A.T. + gisting perslucht f 14.000,—.
- D. Tweetraps f 41.000,—.

Deze kosten mogen echter alleen gezien worden in samenhang met de investeringsbedragen.

De investeringsbedragen zijn vastgesteld door de meest recente RIZA gegevens te vermeerderen met 10 % voor prijsstijgingen en meer-investering ten behoeve van het hergebruik van het gistingsgas.

De jaarlijkse energiekosten zijn beschouwd over de afschrijvingsperiode van 15 jaar en gekorrigeerd met een cumulatief stijgingspercentage van 5,2 %.

Tevens zijn in de kostenbeschouwing opgenomen de extra onderhoudskosten voor de gasmotoren. De rijksheffing op het gezuiverde effluent is als een aparte variant opgenomen.

Alle variabele kosten (energie, extra onderhoud, rijksheffing) zijn over de beschouwde periode van 15 jaar kontant gemaakt, aannemende dat het rentepercentage 9 % zal bedragen en de loonsom 10 % per jaar zal stijgen.

Hiermede hebben wij bereikt dat de investering van vandaag vergeleken kan worden met de vergelijkbare variabele kosten over een periode van 15 jaar.

De resultaten van deze berekening worden weergegeven door tabel VI.

TABEL VI - *Energiekosten in kontante waarden.*

	Oxydatiesloot	Aktief slib Turbines	Aktief slib perslucht	Twee traps
Investering incl. extra voorzieningen	21.340.000	23.600.000	23.700.000	25.700.000
Kontante waarde energie- kosten, extra onderhoud bij:				
Stijging energiekosten 0 %	4.135.139	1.353.709	758.829	976.468
Totale kontante waarde	25.475.139	24.953.709	24.548.829	26.676.468
Stijging energie 5,2 %	5.861.538	1.649.150	805.906	1.114.410
Totale kontante waarde	27.201.538	25.249.150	24.505.906	26.814.410
Stijging energie 5,2 % + Rijksheffing	7.502.310	5.399.486	4.556.242	2.755.182
Totale kontante waarde	28.842.310	28.999.486	28.256.242	28.455.182

van de onder hun beheer staande rioolwaterzuiveringsinstallaties. Zonder deze gegevens zou deze publikatie een groot deel van zijn noodzakelijke nauwkeurigheid missen.



6. Samenvatting

Er bestaat, op het eerste gezicht, een zekere tegenstrijdigheid tussen de eisen ten aanzien van de hoge zuiveringsgraad en de alom aanwezige drang tot energiebesparing.

Een voorzichtige prognose van de ontwikkeling van de energieprijzen resulteert in een stijgingspercentage van 5,2 %, berekend over een periode van 15 jaar. Voor 1990 komt dit neer op een bedrag van 20,2 cents per kWh.

Uit het onderzoek naar 16 bestaande installaties zijn de volgende energieverbruiken naar voren gekomen.

	kWh/i.e. jaar
Ruimers, pompen en gemalen	3 -10
Biologische zuivering:	
laag belast actief slib	9 -15
oxydatiesloot	24 -31
oxydatiebedden	3 - 8
Slibbehandeling:	
persen, centrifuges	0,3- 1,0
thermisch drogen	4 - 6
thermisch konditioneren	5 - 7
gisting	0,5- 1,0

Het bepalen van het zuurstofinbrengrendement van een bellenbeluchtingsstelsel kan alleen gebeuren wanneer de condities zoals waterdiepte, mechanisch rendement kompressoren en α faktor bekend zijn. Hergebruik van gistinggas levert de volgende mogelijkheden:

- Verwarming:
opbrengst 16,4 Mcal/i.e. jaar.
- Verwarmen + elektrische energie:
opbrengst 12,5 Mcal/i.e. jaar +
9 kWh/i.e. jaar.
- Verwarmen + mechanische energie:
opbrengst 12,5 Mcal/i.e. jaar +
11 kWh/i.e. jaar.
- Verwarmen + thermische energie:
opbrengst 28,5 Mcal/i.e. jaar.

Het doorrekenen van een viertal zuiveringstypen voor 200.000 i.e. levert het volgende resultaat op:

	Energie- kosten	Kontante waarde investering en jaarlijkse kosten * in mln gulden
Oxydatiesloot	513.000	27,20
A.T. + gisting + turbine beluchting	87.800	25,25
A.T. + gisting + perslucht	14.000	24,50
Tweetraps	41.000	26,81

* Jaarlijkse kosten zijn beperkt tot energiekosten bij 5,2 % stijging en extra bedieningskosten t.b.v. energie-opwekking.

7. Conclusie

Wanneer de kwaliteit van het oppervlaktewater het toelaat om gebruik te maken van het laagbelast actief slibproces dan is de toepassing van slibgisting met het oog op het hergebruik van het gistingsgas een, ook economisch gezien, haalbare zaak. Het blijkt dat het zuiveringssysteem met behulp van aktiefslib en persbeluchting de voorkeur verdient.

Er is met dit onderzoek geen inzicht verkregen in wat de minimale grootte van de zuiveringsinstallaties moet zijn met het oog op een rendabele eigen energie-opwekking. Het toepassen van de Rijksheffing heeft een nivellerende werking op de verschillen in kontante waarde.

De rol van de rijksheffing is in de eerste plaats een makro-economische en zal als zodanig nog geruime tijd gehandhaafd blijven. In hoeverre een betere kwaliteit effluent (stikstofreduktie) ook in de toekomst gehonoreerd moet worden met het huidige heffingenstelsel is een kwestie die buiten het kader van het hier behandelde onderwerp valt.

Een woord van dank is verschuldigd aan de verschillende instanties die zeer consciëntieus onze vragen beantwoordden ten aanzien van het werkelijke energieverbruik