

1983-07_energie-uit-gistingsgas

stora

Energie uit gistingsgas

Toetsing van ontwerpgrondslagen

stora

postbus 414, 2280 AK Rijswijk Z.H. ☎ 070 - 980.287 stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Energie uit gistingsgas

Toetsing van ontwerpgrondslagen

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

<u>Inhoud</u>	Blz.
Inhoud	I
Ten geleide	II
1 SAMENVATTING	1 - 3
2 INLEIDING	5 - 7
3 INVENTARISATIE VAN DE GISTINGSGASPRODUKTIE	8 - 12
4 VERBRUIK EN SPUI VAN GISTINGSGAS	13 - 15
5 INVENTARISATIE VAN HET KRACHTVERBRUIK EN DE EIGEN KRACHTOPWEKKING	16 - 22
5.1 Algemeen	16
5.2 Krachtverbruik exclusief beluchting	17 - 18
5.3 Krachtverbruik beluchting	18
5.4 Krachtrendement eigen energieopwekkingsinstallatie	18 - 21
5.5 Besparingen op krachtlevering	21 - 22
6 INVENTARISATIE VAN DE WARMTEBEHOEFTE	23 - 27
6.1 Warmtebehoefte slibgisting	23 - 25
6.2 Warmtebehoefte gebouwen	25 - 26
6.3 Totale warmtebehoefte uitgesplitst naar zomer- en wintersituatie	26 - 27
7 OVERZICHT ENERGIEHUISHOUDING	28 - 32
8 ELEKTROMECHANISCHE ASPECTEN, ONDERHOUDS- EN PERSONEELS- KOSTEN	33 - 34
8.1 Elektromechanische aspecten	33
8.2 Onderhouds- en personeelskosten	33 - 34
9 KOSTENMODEL	35 - 36
10 INVESTERINGSKOSTEN VAN DE EIGEN ENERGIEOPWEKKINGS- INSTALLATIES	37 - 40
11 NETTOBESPARINGEN VAN DE EIGEN ENERGIEOPWEKKINGS- INSTALLATIES	41 - 42
12 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	43 - 45
12.1 Conclusies	43 - 44
12.2 Aanbevelingen	44 - 45

Ten geleide

In een eerder STORA-onderzoek naar de rentabiliteit van energie-opwekking uit gistingsgas werden voor de diverse procesparameters waarden gehanteerd die bij het ontwerp van rioolwaterzuiveringsinrichtingen algemeen worden aangehouden.

Ter toetsing van de uitkomsten van bovengenoemd onderzoek - "Gistingsgas als energiebron op rioolwaterzuiveringsinrichtingen" - zijn alle Nederlandse inrichtingen met eigen energie-opwekking doorgelicht. Het thans voorliggende rapport is het resultaat van dit project, dat door het algemeen bestuur van de STORA op advies van de OAC* werd opgedragen aan Witteveen + Bos Raadgevend Ingenieursbureau. Dit bureau werd namens de stichting begeleid door een commissie bestaande uit ir. A.A. van der Koppel (voorzitter), ing. J.Th. Haas, ir. J. Janus en ir. A. Kiestra.

Uit deze terugkoppeling van praktijk naar ontwerpgrondslag blijkt dat de kengetallen, die in eerdere analyses werden gebruikt, een te optimistisch beeld geven van de rentabiliteit van eigen energie-opwekking. Dit beeld is, bovendien, zeer gevoelig voor plaatsgebonden omstandigheden, zoals belastingsgraad en bedrijfsvoering.

Het verdient daarom aanbeveling ieder ontwerp kritisch door te rekenen, waarbij deze studie de herziene kengetallen aanreikt voor het kosten-c.q. besparingsmodel dat al eerder door de STORA werden ontwikkeld. Bovendien lijkt het gewenst belangrijke nieuwere ontwikkelingen, zoals energie-opwekking met teruglevering aan het openbare net, op de voet te blijven volgen.

Rijswijk, januari 1983.

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

* De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:
prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en
dr.ir. H.J. Eggink, prof.dr. P.G. Fohr, ir. R. Karper, ir. C.H. Kuggeleijn, ir. J.S.
Kuyper, ir. Th.G. Martijn, ir. H.A. Meijer, ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte
Ubing, ir. J. van Selm, ir. M. Tleessens, drs. A.A. Wismeijer (leden).

SAMENVATTING

In het rapport "Gistingsgas als energiebron op rioolwaterzuiveringsinrichtingen" (STORA-Rijswijk, 1981) zijn de besparingen berekend die voortvloeien uit het gebruik van gistingsgas voor energie-opwekking.

Uit deze besparingen werd de maximaal toelaatbare investering in eigen energie-opwekking afgeleid. Randvoorwaarde daarbij is dat de investering zich zelf juist terugverdient binnen de levensduur van het geïnvesteerde. De berekeningen werden gebaseerd op algemene ontwerpgrondslagen, gemiddelde waarden uit de praktijk en op verwachtingspatronen van de prijsontwikkeling.

Ter toetsing van de uitkomsten van bovengenoemde studie zijn in 1981 alle Nederlandse rioolwaterzuiveringsinrichtingen - dertien - met eigen energie-opwekking doorgelicht.

De ontwerpcapaciteit van deze inrichtingen varieert van 45.000 tot 450.000 i.e., het aantal bedrijfsjaren van twee tot vierentwintig. De energieopwekking geschiedt bij het "partial energy" (PE)-systeem met gasmotoren die de blowers voor de beluchting direct aandrijven. Bij het "total energy" (TE)-systeem drijven gas- of dual-fuelmotoren generatoren aan die electriciteit opwekken.

Uit dit onderzoek blijkt dat de gasproductie per i.e. bijna een kwart hoger is dan in de eerdere studie werd aangenomen. Dit komt door de - veertig procent - hogere slibproductie; de gasproductie per kilogram organische droge stof is voor beide onderzoeken ongeveer gelijk. Verblijftijden in gistingstanks langer dan circa 25 dagen verhogen de gasopbrengst niet; bij kortere tijden treedt vermindering op.

Spuigasverliezen variëren van 0,5% tot 1,5% voor inrichtingen met een automatische omschakeling van gistingsgas naar aardgas of olie; bij handomschakeling zijn de verliezen meestal groter (1% tot 8%).

Het krachtverbruik per i.e. voor de beluchting ligt 20 tot 50 procent boven hetgeen in de eerdere studie werd aangehouden. Dit, mogelijk door een niet-optimale zuurstofregeling of een te lage slibbelasting (door onderbelasting). De overige onderdelen van de inrichting gebruiken tachtig procent meer kracht per i.e., voornamelijk door onderbelasting, maar ook omdat in- en effluentgemalen en mechanische slibverwerking vaker voorkomen dan in het eerdere onderzoek is aangenomen.

Het krachtrendement van PE-installaties blijkt zeer laag (circa zestig procent) ten opzichte van het mogelijke rendement. Dit wordt veroorzaakt door de grote overcapaciteit in geïnstalleerd vermogen van deze installaties, de lage vuilbelasting en niet-optimale regeling.

De totale warmtebehoefte per i.e. is gemiddeld zestig procent hoger dan in de eerdere studie is vermeld door o.a. de hogere slibproductie, waardoor meer warmte voor de slibverwarming nodig is en door de hogere transmissieverliezen tengevolge van onderbelasting. De belangrijkste oorzaak is echter de verwarming van de gebouwen, die in de winter tot 30% van de totale warmtebehoefte uitmaakt.

Tabel 1 geeft de belangrijkste uitkomsten voor actief-slibinrichtingen.

	dit onderzoek	"gistingsgas als energiebron"
gistingsgasproduktie (l/i.e. d)	21,4	17,0
krachtverbruik beluchting (kJ/i.e. d)		
. hoogbelast; oppervlaktebeluchting	111,0	75,0
. laagbelast; bellenbeluchting	128,6	106,9
krachtverbruik overige onderdelen	102,0	56,2
warmtebehoefte (kJ/i.e. d)		
. zomer	190	125,2
. winter	316	180,5
spuigasverliezen (% van gasproduktie)	2,8	0
krachtrendement e.e.o. (%)		
. TE	25,7	29
. PE	20,6	33

Tabel 1. Energie-kengetallen van actief-slibinrichtingen

Ook de krachtbehoefte van de rwzi's is veel (40 à 60%) groter dan eerder werd verondersteld. Dit leidt tot een hogere besparing op elektriciteitsverbruik. Daartegenover staat echter een veel groter verbruik van aardgas en olie. Vooral door het lage krachrendement van de eigen energieopwekkingsinstallatie is de hogere gistingsgasproduktie niet voldoende om de toename in de energiebehoefte te compenseren.

De grootste invloed op de netto besparingen in primaire energie hebben de gistingsgasproduktie en het krachrendement.

De totale nettobesparing op primaire energie is vooral in de PE-installaties veel geringer dan werd verwacht (tabel 2).

	dit onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"		
		oxydatiebed	hoogbelast actief-slib; oppervlaktebeluchting	laagbelast actief-slib; bellenbeluchting
besparing elektriciteitsverbruik (Wh/i.e.d)				
. volledig TE	50,5	18,4	36,4	45,3
. gedeeltelijk TE	35,5	-	-	-
. PE	34,9	-	-	29,7
extra aardgas/olieverbruik (1 aardgas/i.e.d)				
. volledig TE	10,3	-1,6	1,4	4,9
. gedeeltelijk TE	3,1	-	-	-
. PE	3,9	-	-	-1,0
netto besparing primaire energie (kJ/i.e.d)				
. volledig TE	203	195	342	326
. gedeeltelijk TE	180	-	-	-
. PE	39	-	-	315

Tabel 2. Besparingen op primaire energie

Als gevolg van vorengenoemde verschillen blijken de maximaal toelaatbare investeringen in de praktijk lager dan de studie "Gistingsgas als energiebron" aangaf. Dit geldt vooral voor PE-installaties.

De afwijkingen zijn veelal het gevolg van unieke, niet-extrapoleerbare situaties, zoals lage belasting van de rioolwaterzuiveringsinrichting, lage belastingsgraad van de verbrandingsmotoren, overcapaciteit van de energieopwekkingsinstallatie en spuigasverliezen.

Toch kunnen wel enkele algemene conclusies worden getrokken:

- onder de huidige bedrijfsomstandigheden wordt met eigen energieopwekking op een aantal van de onderzochte rwzi's geen besparing bereikt. Een belangrijke oorzaak hiervan is de lage belasting; onder ontwerpomstandigheden worden in het algemeen wel besparingen bereikt;
- de nettobesparingen op primair energieverbruik zijn het hoogst voor het gedeeltelijk TE-systeem. Dat is een systeem waarbij bepaalde onderdelen - omschakelbaar - zijn aangesloten op een eigen motor-generator en andere onderdelen op het openbare net.

Bij stabilisatie van zuiveringsslib door middel van gisting komt gistingsgas vrij, dat voor circa 67% uit methaan bestaat. Dit gas vormt een belangrijke energiebron voor rioolwaterzuiveringsinrichtingen.

In een eerder STORA-onderzoek "Gistingsgas als energiebron op rioolwaterzuiveringsinrichtingen"^{*} is gebleken, dat de belangrijkste energiebesparing op rwzi's met slibgisting kan worden verkregen door toepassing van eigen energieopwekking.

In bovengenoemd STORA-onderzoek zijn de gistingsgasproductie, het warmteverbruik en het krachtverbruik bepaald voor diverse zuiveringsystemen en ontwerpcapaciteiten.

Aan de hand van literatuurgegevens en bedrijfsresultaten is daarbij tevens nagegaan welke spreiding in deze energiestromen kan optreden. Met behulp van een energiemodel en een kostenmodel is vervolgens bepaald welke energetische en economische gevolgen mogelijk zijn wanneer eigen energieopwekking wordt toegepast.

De invloed van de mogelijke spreiding in de verschillende parameters op de optredende besparingen is met gevoeligheidsanalyses nagegaan. Het onderzoek heeft aangetoond dat voor bepaalde zuiveringssystemen en eigen energieopwekkingssystemen vanaf een capaciteit van 25.000 i.e. kostenbesparingen mogelijk zijn.

Uit de gevoeligheidsanalyses is echter gebleken, dat voor minder gunstige technologische en economische parameters en proceskeuzen pas bij veel hogere capaciteiten kostenbesparingen worden bereikt. Met name de sterk variërende gistingsgasproductie en de elektriciteitsprijzen hebben een grote invloed. De economische aantrekkelijkheid dient dan ook per geval te worden beoordeeld.

Doelstelling van deze studie is de huidige praktijksituatie op de reeds in bedrijf zijnde rwzi's met eigen energieopwekking na te gaan, vanwege de belangrijke invloed van de specifieke omstandigheden, die in het eerdere STORA-onderzoek is geconstateerd.

De belangrijkste parameters die de aantrekkelijkheid van eigen energieopwekking bepalen, zijn voor deze rwzi's nader onderzocht en vergeleken met de technologische en economische uitgangspunten van het STORA-onderzoek "Gistingsgas als energiebron".

De resultaten geven aan of en welke optimalisaties voor bestaande en nieuwe eigen energieopwekkingssystemen mogelijk zijn, en welke parameters in de eerdere STORA-studie opnieuw moeten worden gezien.

De praktijkgegevens van de volgende rwzi's zijn geïnventariseerd (tabel 3):

^{*}

"Gistingsgas als energiebron op rioolwaterzuiveringsinrichtingen"
STORA, Rijswijk, augustus 1981.

stelsysteem	rwzi	ontwerp capaciteit (i.e.)	in bedrijfname (jaar)
tweetraps oxydatiebed- actiefslib met ge- deeltelijk TE*	Utrecht	450.000	1973 (TE-installatie)
	Weert	100.000	1978 (na uitbreiding)
	Arnhem- Nieuwgraaf	330.000	1976
actief-slibinstallatie met gedeeltelijk TE*	Zeist	70.000	1957
actief-slibinstallatie met volledig TE*	Hoek van Holland	80.000	1979
	Doetinchem	65.000	1965
oxydatiebedinstallatie met volledig TE*	Weert	60.000	1965 (voor uitbreiding)
	Hilversum- Oost	120.000	1976
actief-slibinstallatie met PE*	Venray	50.000	1979
	Groningen	300.000	1979
	Dedemsvaart	45.000	1977
	Raalte	51.000	1977
	Holten/ Markelo	54.000	1977

Tabel 3. Geïnterpreteerde rioolwaterzuiveringsinrichtingen

- * PE (partial energy) = directe aandrijving van blower met gasmotor; overige onderdelen aangesloten op openbare net.
- volledig TE (total energy) = volledige elektriciteitsbehoefte rwzi opgewekt met eigen energieopwekkingsinstallatie (motor + generator)
- gedeeltelijk TE = bepaalde onderdelen aangesloten op eigen motor-generator, overige onderdelen op openbare net; eventueel omschakelbaar.

De informatie over deze rwzi's werd verkregen uit de bedrijfsgegevens en gesprekken met beheerders en bedrijfsvoerders van de betreffende rwzi's. De resultaten worden in het vervolg anoniem weergegeven en niet per zuiveringsinrichting genoemd.

De geïnterpreteerde rwzi's geven wat zuiveringssysteem en capaciteit betreft een gevarieerd beeld van de mogelijkheden voor toepassing van eigen energieopwekking. Dit maakt het mogelijk inzicht te krijgen in de optredende variaties en de oorzaken ervan. Anderzijds moeten de verschillen voorzichtig worden geïnterpreteerd; ze behoeven zeker niet representatief te zijn voor een bepaald type zuiveringsinrichting. Niet alle benodigde gegevens waren voor iedere rwzi bekend of om welke reden dan ook niet betrouwbaar. De in dit rapport weergegeven resultaten zijn dan ook een selectie uit de beschouwde rwzi's, waarvan de betrouwbaarheid goed is.

Een inventarisatie van de procestechnische parameters zoals gistingsgasproduktie, elektriciteitsbehoefte en warmtebehoefte wordt gegeven. Uit deze gegevens kunnen met behulp van het energiemodel de energiebesparingen in de praktijk worden bepaald. De investeringskosten en bedrijfskosten worden vervolgens weergegeven zodat, met behulp van het kostenmodel de kostenbesparingen kunnen worden bepaald. De resultaten van dit onderzoek zijn vergeleken met het vorige onderzoek, waar mogelijk, opgesplitst naar de diverse typen zuiveringsinrichtingen.

Voorbeelden van nieuwe ontwikkelingen op het gebied van eigen energieopwekking, zoals TE-systemen, in parallelbedrijf met het openbare net, en de zogenaamde TOTEM-installatie (kleine automotoren omgebouwd tot met aard- en/of gistingsgas bedreven eigen energieopwekkingsinstallaties) zijn niet in dit onderzoek opgenomen omdat deze nog niet of tekort in bedrijf zijn.

INVENTARISATIE VAN DE GISTINGSGASPRODUKTIE

De produktie van gistingsgas wordt bepaald door een groot aantal factoren zoals:

- slibproduktie
- organische stofgehalte
- afbreekbaarheid van de organische stof, die afhankelijk is van de
 - . samenstelling van de organische stof
 - . gistingstemperatuur
 - . gistingstijd
 - . pH, alkaliniteit en vluchtige vetzuren
 - . aanwezigheid toxische stoffen
 - . menging in de gistingstank.

Voor de vergelijking van de energieproduktie uit gistingsgas met de energiebehoefte is het noodzakelijk deze factoren uit te drukken per inwonerequivalent (1 i.e. = 54 g BZV/d in het influent van de rwzi).

Voor de gistingsgasproduktie per i.e. zijn de volgende resultaten gevonden (tabel 4).

	gistingsgasproduktie (l/(i.e.d))		
	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"	
		Nederland	buitenland
actief-slibinstallaties	21,4 \pm 21%	17,0 \pm 70%	25,4 \pm 46%
tweetraps OB - AS	17,7 \pm -	-	-
oxydatiebedinstallaties	-	12,4 \pm 73%	18,4 \pm 49%

Tabel 4. Gistingsgasproduktie per i.e.

Uit tabel 4 blijkt dat de gasproduktie van de geïnventariseerde rwzi's hoger is dan in de eerdere studie voor Nederland is gevonden, maar lager dan in het buitenland. De spreiding in de resultaten, uitgedrukt als variantiecoëfficiënten, van de (8) actief-slibinstallaties is geringer dan uit de eerdere studie bleek. Vanwege het geringe aantal (2) is van tweetrapsinstallaties geen zinnige spreiding aan te geven. Van de oxydatiebedinstallaties zijn nog geen betrouwbare gegevens bekend.

De eerder gevonden lagere gasproduktie voor oxydatiebedden wordt onderschreven door de in het praktijkonderzoek gevonden lagere gasproduktie voor tweetraps OB-AS systemen ten opzichte van actief-slibsystemen. De oorzaken hiervoor kunnen velerlei zijn. Een aantal aspecten wordt nader uitgewerkt. Bepaalde andere aspecten die nauwelijks te kwantificeren zijn, spelen echter ook een rol, zoals:

- het geringe aantal rwzi's dat nu ten opzichte van de vorige studie is geïnventariseerd, zodat de resultaten minder representatief kunnen zijn;
- het gistingproces speelt bij de geselecteerde rwzi's een belangrijker rol dan in het algemeen. Een betere regeling en bediening van het gistingproces is daardoor meer voor de hand liggend. Door een optimale gistingstemperatuur en menging van de gistingstank kan de afbreekbaarheid worden beïnvloed; verzuring en aanwezigheid van toxische stoffen kunnen beter worden bewaakt;
- de onderbelasting van deze in het algemeen vrij nieuwe rwzi's waarbij de gistingstijd langer is dan in het ontwerp wordt toegepast.

In tabel 5 worden de factoren, die de gasproductie beïnvloeden, weergegeven.

	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"	
		Nederland	buitenland
versslibproductie (g/(i.e.d))			
. actief-slibinstallaties	81,7 + 30%	57,9 + 35%	-
. tweetraps OB -AS	78,4 + -	-	-
. oxydatiebedinstallaties	-	42,2 + 39%	-
organische stofgehalte versslib (kg o.d.s./kg.d.s)	0,70 + 8 %	0,69 + 10%	-
organische stofgehalte uitgegist slib (kg.o.d.s./kg d.s.)	0,59 + 9 %	0,56 + 11%	0,45
afbraak organische stof (kg.o.d.s.afgeb./kg.o.d.s.)	0,38 + 23%	0,42 + 55%	0,63 + 23%

Tabel 5. Versslibproductie en organische stofafbraak in gistingstanks

Uit tabel 5 blijkt dat de onderzochte rwzi's een hoge slibproductie hebben. De organische stofafbraak is daarentegen vrij gering. De geconstateerde hoge gasproductie per i.e. wordt dus uitsluitend veroorzaakt door de hoge slibproductie per i.e. De veronderstelling dat door een betere procesbewaking en onderbelasting een hogere organische stofafbraak zou kunnen optreden, is in de praktijk niet gebleken. De oorzaak van de gevonden lage organische stofafbraak is niet duidelijk.

De relatie tussen het afbraakpercentage van de organische stof en de verblijftijd van het slib in de gistingstanks is voor de onderzochte rwzi's in figuur 1 weergegeven.

Figuur 2 geeft een inzicht in de afbreekbaarheid van de organische stof als functie van het organische stofgehalte van het versslib. De gevonden relatie wordt vergeleken met de relatie die voor rwzi's in de Verenigde Staten en Engeland door Roediger* is gevonden.

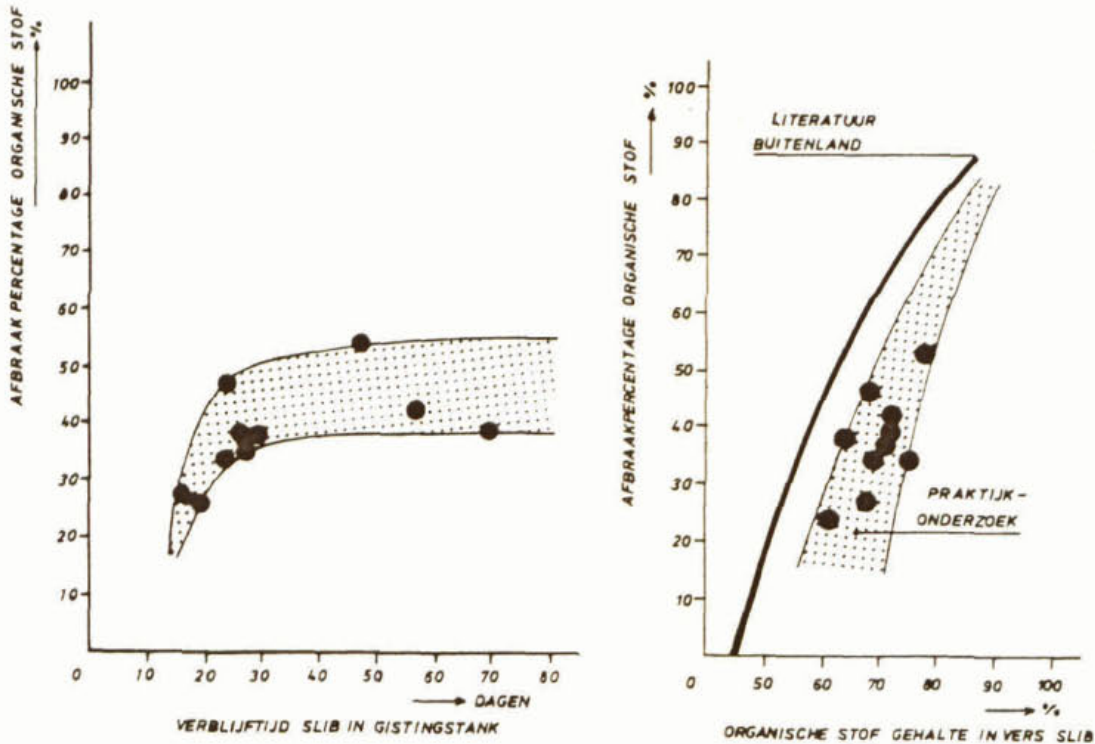


Fig.1. Afbreekbaarheid organische stof in relatie tot verblijftijd in gistingstanks

Fig.2. Afbreekbaarheid organische stof in relatie tot het organische stofgehalte van het versslib

Uit figuur 1 blijkt dat verblijftijden korter dan 25 dagen duidelijk van invloed zijn op de afbreekbaarheid van organische stof. Van de onderzochte rwzi's heeft het grootste deel een verblijftijd groter dan 25 dagen.

Figuur 2 geeft aan dat er een duidelijk verband is tussen het organische stofgehalte in het versslib en het afbraakpercentage. Zoals eerder reeds is geconstateerd liggen de gevonden waarden voor het afbraakpercentage lager dan in de literatuur vermeld.

*

Roediger, H. - Die anaerobe alkalische Schlammfäulung, GWF, Wasser-Abwasser, Heft 1, 3e Dr. München, R. Oldenbourg Verlag, 1967.

Uit tabel 5 is reeds gebleken dat variaties in de gasproductie voor een belangrijk deel worden bepaald door de slibproductie. In figuur 3 wordt dit verband voor de verschillende rwzi's nogmaals geïllustreerd.

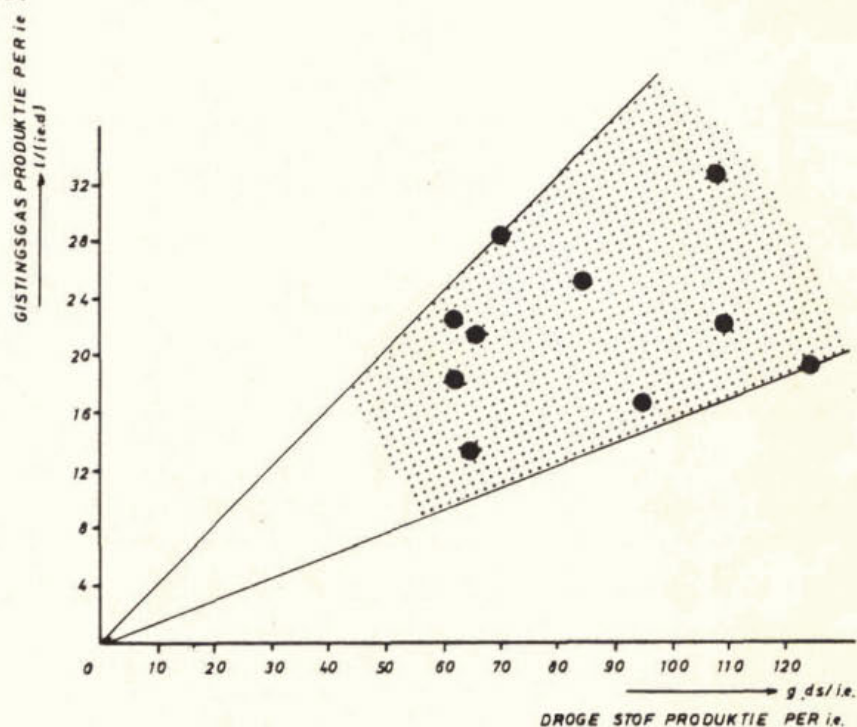


Fig. 3. Gasproductie in relatie tot drogestofproductie.

De gistingsgasproductie van de beschouwde rwzi's, gerelateerd aan diverse procestechnische parameters, wordt in tabel 6 vergeleken met de resultaten van "Gistingsgas als energiebron".

	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"	
		Nederland	buitenland
gasproductie per i.e. . oxydatiebedden . actief-slibinstallaties	20,6 l + 22%	12,4 l + 73% 17,0 l + 70%	18,4 l + 49% 25,4 l + 46%
gasproductie per kg.d.s.	299 l + 29%	293 l + 57%	436 l + 27%
gasproductie per kg.o.d.s.	403 l + 24%	424 l + 50%	632 l + 25%
gasproductie per kg afgebroken o.d.s.	1123 l + 18%	1000 l + 10%	1000 l + 10%

Tabel 6. Gistingsgasproductie.

De resultaten van de gasproduktie stemmen onderling goed overeen. Alleen vanwege een iets lager afbraakpercentage van de organische stof ontstaan kleine verschillen. Door de aanzienlijk hogere slibproductie per i.e. wijkt de gasproduktie per i.e. wel af van de resultaten van het eerdere onderzoek.

Bij de verwerking van de gegevens, met name ten behoeve van de bepaling van de hoeveelheid afgebroken organische stof is geconstateerd, dat:

- bij enkele rwzi's onvoldoende gegevens worden bepaald om een volledig beeld van de diverse slibstromen te verkrijgen;
- de betrouwbaarheid van sommige gegevens twijfelachtig is. De oorzaken hiervan kunnen zijn:
 - . het teruglopen van de slibconcentratie tijdens het verpompen van vooringedikt slib naar de gistingstank kan een onnauwkeurigheid in de d.s.-gehalten van het verslib geven;
 - . de vastestofbalansen over gistingstanks zijn, in het algemeen, vaak niet sluitend, mogelijk door bezinking van zand in de gistingstanks. De onnauwkeurigheid treedt dan vooral op bij de bepaling van het afbraakpercentage van de organische stof;
 - . het afbraakpercentage van de organische stof wordt ondermeer bepaald uit het verschil in gloeiresten van de in- en uitgaande slibstromen. Kleine afwijkingen in deze dicht bij elkaar gelegen waarden kunnen het resultaat sterk beïnvloeden.

De rwzi's waarvan de resultaten onbetrouwbaar waren, zijn bij de berekeningen niet meegenomen.

Resumerend mag worden gesteld, dat de gasproduktie per i.e. op de onderzochte rwzi's hoger is dan in het eerder onderzoek is gevonden, vanwege de hoge slibproductie. Gerelateerd aan de diverse slibstromen komen de resultaten van de gasproduktie onderling redelijk overeen.

Naast de fluctuaties in de gemiddelde waarden voor de verschillende rwzi's, vermeld in de vorm van de variantiecoëfficiënten, komen ook fluctuaties in de gasproduktie voor per zuiveringsinrichting. Deze laatste fluctuaties zijn vooral van belang, indien deze niet gelijktijdig of in dezelfde mate verlopen als de fluctuaties in de overige van belang zijnde parameters, zoals elektriciteitsbehoefte en warmtebehoefte.

Wanneer deze fluctuaties leiden tot spui van gistingsgas, terwijl externe energie (aardgas of olie) moet worden ingekocht, heeft dit nadelige consequenties voor de eigen energieopwekking.

Wanneer het geproduceerde gistingsgas altijd volledig wordt gebruikt in de eigen energieopwekkingsinstallatie en de fluctuaties in de gasproduktie dus uitsluitend door aanpassingen in de inkoop van energie worden opgevangen, zijn de gemiddelde waarden van deze parameters bepalend voor de economie van de eigen energieopwekking. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op het spuisgasverlies en de oorzaken hiervan.

Het geproduceerde gistingsgas wordt gebruikt in de eigen energieopwekkingsinstallatie en eventueel voor verbranding in verwarmingsketels. Onder bepaalde omstandigheden vindt ook spui van het gistingsgas plaats. In tabel 7 wordt weergegeven op welke wijze het gistingsgas wordt verbruikt.

	% van produktie	variantie-coëfficiënt (%)
motoren	83,3	20%
motoren + ketels	97,2	2%
spuigasverliezen	2,8	84%

Tabel 7. Verbruik gistingsgas.

De keuze tussen het gebruik van gistingsgas in de motoren of in de verwarmingsketels wordt veelal bepaald door de mogelijkheden van de verwarmingsketels. Op de rwzi's met dual-fuel motoren zijn de ketels veelal uitsluitend geschikt om gistingsgas te stoken. Vooral in de winter kan het gistingsgasverbruik in de motoren dan ook relatief gering zijn.

Op enkele andere rwzi's is alleen een aardgasaansluiting op de ketels aanwezig. Het gistingsgas wordt dan uitsluitend in de motoren verbrand. Hierdoor is de spreiding in het verbruik van gistingsgas in de motoren groot. Voor de uiteindelijke resultaten is het echter niet van belang in welk onderdeel het gistingsgas wordt benut. De totale energiebalans zal gelijk blijven.

De variatie in de spuigasverliezen is zeer groot. Een groot deel van de geïnventariseerde rwzi's heeft een gering spuigasverlies (0-1,5%), terwijl andere rwzi's juist aanzienlijke spuigasverliezen hebben (4-8%).

Oorzaken van de spuigasverliezen kunnen zijn:

- de grote fluctuaties in gistingsgasproduktie en -behoefte in de eigen energieopwekkingsinstallatie, alsmede de ongelijktijdigheid van deze fluctuaties. Spuigasverliezen kunnen dan ontstaan wanneer de gistingsgasproduktie groter of ongeveer gelijk is aan de gistingsgasbehoefte. In figuur 4 wordt hiervan een illustratie gegeven.
- beperkte automatisering van eigen energieopwekkingsinstallaties. Bij enkele rwzi's vindt de omschakeling van de motoren van olie/aardgas op gistingsgas en omgekeerd met de hand plaats, afhankelijk van de stand van de gashouder. De omschakeling kan te laat plaatsvinden met als gevolg belangrijke spuigasverliezen.

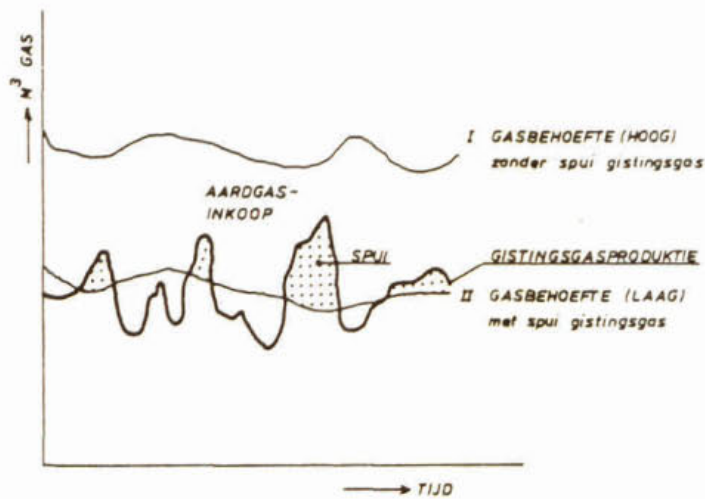


Fig. 4. Gasbehoefte en gistingsgasproduktie.

Situatie I: gasbehoefte groot t.o.v. gistingsgasproduktie; geen spui gistingsgas, aardgasinkoop groot.

Situatie II: gasbehoefte ongeveer gelijk aan gistingsgasproduktie; wel spui gistingsgas, aardgasinkoop klein.

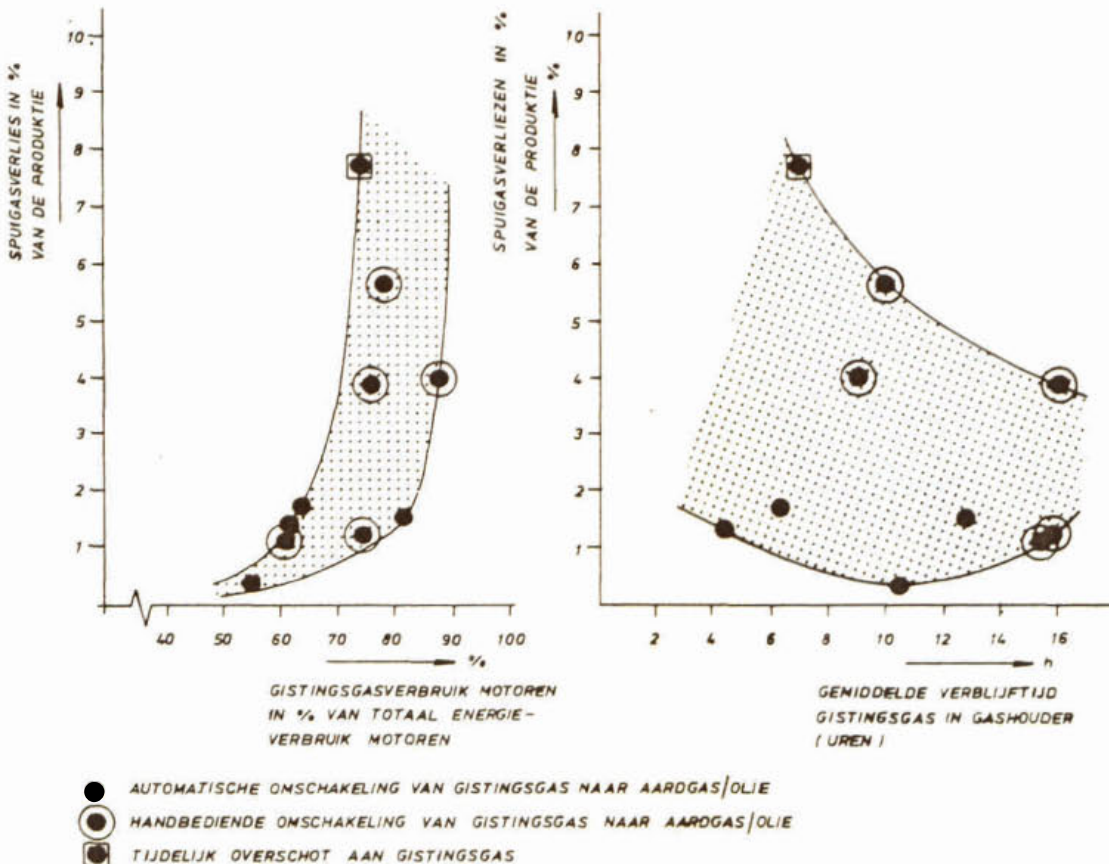


Fig. 5. Spuigasverliezen in relatie tot gistingsgasverbruik in % van totaal energieverbruik motoren.

Fig. 6. Spuigasverliezen in relatie tot verblijftijd in gashouder.

- AUTOMATISCHE OMSCHAKELING VAN GISTINGSGAS NAAR AARDGAS/OLIE
- ⊙ HANDBEDIENDE OMSCHAKELING VAN GISTINGSGAS NAAR AARDGAS/OLIE
- ⊠ TIJDELIJK OVERSCHOT AAN GISTINGSGAS

Uit de figuren 5 en 6 blijkt, dat er geen directe relatie is aan te tonen tussen de spuigasverliezen enerzijds en de fluctuaties in gistingsgasproduktie en energiebehoefte van de eigen energieopwekkingsinstallatie anderzijds. Ook de buffercapaciteit is niet van invloed gebleken op de spuigasverliezen.

Slechts in één onderzochte situatie spelen deze fluctuaties een belangrijke rol bij de spuigasverliezen. In het algemeen ontstaan door de optredende fluctuaties spuigasverliezen van maximaal 1,5% van de totale produktie.

Automatisering van de installatie heeft een belangrijk effect op de spuigasverliezen. In een aantal handbediende installaties treden aanzienlijke spuigasverliezen op die voornamelijk worden veroorzaakt door het niet tijdig omschakelen van aardgas/olie op gistingsgas. Via signalering van de kritische standen van de gashouder of een verdergaande automatisering zijn dus in bepaalde gevallen besparingen op energieïnkop te bereiken.

Vanwege de geringe invloed van deze fluctuaties op de energiebalans van iedere eigen energieopwekkingsinstallatie zijn deze in dit rapport niet nader uitgewerkt. Deze fluctuaties hebben uitsluitend effect op de fluctuaties in het aardgas/olie verbruik. Echter niet op het gemiddelde verbruik.

5 INVENTARISATIE VAN HET KRACHTVERBRUIK EN DE EIGEN KRACHTOPWEKKING.

5.1 Algemeen

Het krachtverbruik van de onderzochte rwzi's wordt in tabel 8 vergeleken met de resultaten van het onderzoek "Gistingsgas als energiebron".

	krachtverbruik (kJ/i.e.d)					
	oxydatiebedden		actief-slibinstallaties		tweetrapsysteem	
	a*	b*	a*	b*	a*	b*
krachtverbruik beluchting	0	0				
- hoog belast						
. bellenbeluchting			-	55,5 + 29%	-	-
. oppervlaktebeluchting			111,0 + -	75,0 + 29%	-	-
- laagbelast						
. bellenbeluchting			128,6 + 20%	106,9 + 27%	-	-
. oppervlaktebeluchting			-	144,5 + 27%	87,9 + -	-
krachtverbruik overige onderdelen	174,8 + -	66,2 + 35%	102,0 + 43%	56,2 + 43%	146,9 + -	-

Tabel 8. Krachtverbruik op rwzi's

* a = praktijkonderzoek
b = "Gistingsgas als energiebron"

Het aantal per zuiveringssysteem bekeken rwzi's is gering. Hierdoor wordt geen representatief beeld van het krachtverbruik verkregen. Alleen van de laagbelaste bellenbeluchtingssystemen zijn voldoende rwzi's onderzocht om een betrouwbare spreiding in de resultaten te kunnen geven. De overige resultaten zijn gemiddelden van een zeer beperkt aantal situaties (2 à 3).

Het krachtverbruik wordt direct bepaald met behulp van kWh-meters, met uitzondering van de beluchting bij PE-installaties.

Voor deze systemen kan uitsluitend via de uit de analysegegevens te berekenen zuurstofbehoefte voor BZV-verwijdering, N-verwijdering en endogene ademhaling een schatting van het krachtverbruik worden gemaakt. De berekeningsmethode voor de O₂-behoefte is weergegeven in bijlage 2 van "Gistingsgas als energiebron".

Voor de omrekening van de O₂-behoefte naar het kWh-verbruik zijn de volgende waarden gebruikt (zie "Gistingsgas als energiebron").

- zuurstofinbrengrendement in zuurstofloos slib-watermengsel (α OC/N) : 2,3 kg O₂/kWh
- O₂ - gehalte in de beluchtingstanks : 1,5 g O₂/m³
- zuurstofinbrengrendement onder praktijkomstandigheden : 1,96 kg O₂/kWh

5.2 Krachtverbruik exclusief beluchting

De in tabel 8 gegeven waarden voor het krachtverbruik van de overige onderdelen geven aanleiding tot de volgende opmerkingen. Zowel voor oxydatiebed- als actief-slibinstallaties geven de onderzochte rwzi's aanzienlijk hogere waarden te zien dan de studie "Gistingsgas als energiebron".

De resultaten van de tweetrapsinstallaties onderschrijven dit beeld. De waarden van de studie "Gistingsgas als energiebron" zijn eveneens uit praktijkresultaten (jaarverslagen) verkregen. Mogelijke oorzaken voor de verschillen, zoals belastingsgraad en zuiveringssystem, worden in figuur 7 nader uitgewerkt.

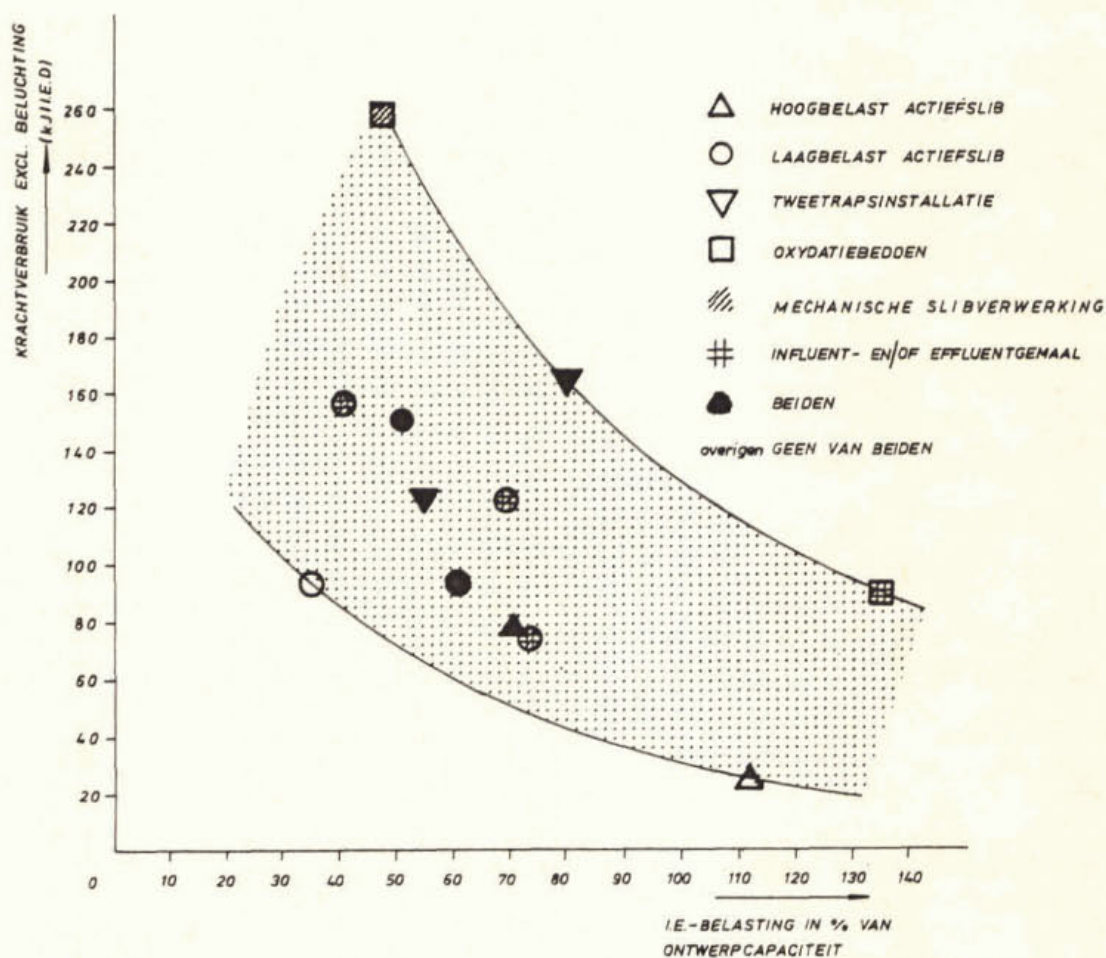


Fig. 7. Krachtverbruik exclusief beluchting als functie van belastingsgraad en zuiveringssystem.

Figuur 7 geeft aan dat het krachtverbruik van de overige onderdelen in belangrijke mate wordt bepaald door de belastingsgraad van de rwzi. Vele onderdelen werken namelijk continu of anderszins onafhankelijk van de i.e.-belasting.

Van de geïnventariseerde rwzi's is de belastingsgraad in het algemeen laag waardoor een hoog krachtverbruik per i.e. optreedt. Daarnaast wordt het krachtverbruik beïnvloed door de systeemkeuze. Oxydatiebedden en tweekrapsinstallaties (OB-AS) hebben een hoger verbruik door de benodigde opvoerhoogte voor de oxydatiebedden. In- en effluentgemalen en in mindere mate de slibverwerking kunnen het krachtverbruik doen toenemen.

Deze onderdelen zijn op de meeste van de onderzochte rwzi's aanwezig, in tegenstelling tot de rwzi's die tijdens de studie "Gistingsgas als energiebron" zijn onderzocht. Omdat de onderzochte rwzi's geen representatief beeld geven van de Nederlandse praktijksituatie zijn er, gezien de oorzaken van de optredende verschillen, nog geen redenen aanwezig om de waarden genoemd in de studie "Gistingsgas als energiebron" aan te passen.

5.3 Krachtverbruik beluchting

Het krachtverbruik van de beluchting is gemiddeld eveneens hoger dan de waarden uit de studie "Gistingsgas als energiebron". De verschillen zijn echter minder groot.

Gezien de spreiding in de resultaten zijn de verschillen niet uitzonderlijk. Een mogelijke oorzaak van de hoge waarden is ook hier de onderbelasting van de rwzi's, waardoor vaak een te hoog O_2 -gehalte in de beluchting en een te lage slibbelasting optreden.

Bij de oudere oppervlaktebeluchtingssystemen is veelal geen zuurstofregeling aanwezig waardoor geen optimaal energieverbruik in de beluchting optreedt.

5.4 Krachtrendement eigen energieopwekkingsinstallatie

De benodigde kracht wordt gedeeltelijk ingekocht en gedeeltelijk zelf opgewekt. Op de PE-installaties wordt 49-59% (gem. 54%) zelf opgewekt (energie t.b.v. beluchting), op gedeeltelijk TE-installaties 33-74% (gem. 58%) en op volledig TE-installaties 99-100%.

Als brandstof voor de zelf opgewekte kracht wordt gistingsgas gebruikt, zonodig aangevuld met aardgas (in gasmotoren) of olie (in dual-fuel motoren). Een eventueel energievoordeel van eigen energieopwekking is afhankelijk van het kracht- en warmterendement van de eigen energieopwekkingsinstallaties alsmede van de benutting van de geproduceerde warmte (hoofdstuk 6).

Het krachtrendement wordt bepaald uit de hoeveelheid geproduceerde kracht (in kJ/s) gedeeld door de hoeveelheid primaire energie (gistingsgas, aardgas, en/of olie) die door de motor wordt verbruikt (ook in kJ/s).

Bij PE-installaties wordt de krachtproduktie niet direct bepaald. Aan de hand van de gegevens over de werking van de beluchtingstank wordt een schatting van het krachtrendement gemaakt (tabel 9).

	krachrendement (%)	
	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"
TE-installaties		
. gemiddeld	25,7	29
. hoogste waarde	31,2	33
. laagste waarde	21,9	25
PE-installaties		
. gemiddeld	20,6	33
. hoogste waarde	26,9	37
. laagste waarde	17,2	29

Tabel 9. Krachrendement eigen energieopwekkingsinstallaties.

Bij gelijke belastingsgraad wordt in het algemeen een hoger krachrendement aangehouden voor PE-installaties, waarbij energieverlies in de generator en de elektromotor niet optreedt. In de praktijk blijkt, dat het krachrendement veelal aanzienlijk lager is dan algemeen werd aangenomen. Bovendien kan het onderscheid tussen PE- en TE-installaties niet direkt uit de resultaten worden bevestigd. Onderlinge verschillen in bouwwijze, capaciteit e.d. tussen de toegepaste motoren en generatoren kunnen rendementsverschillen veroorzaken. De belangrijkste invloed op het rendement wordt echter gevormd door de belastingsgraad.

In figuur 8 wordt dit verband weergegeven. De belastingsgraad voor de verschillende rwzi's is geschat uit het geïnstalleerd vermogen, exclusief stilstandreserve en het gemiddelde werkelijk opgenomen vermogen.

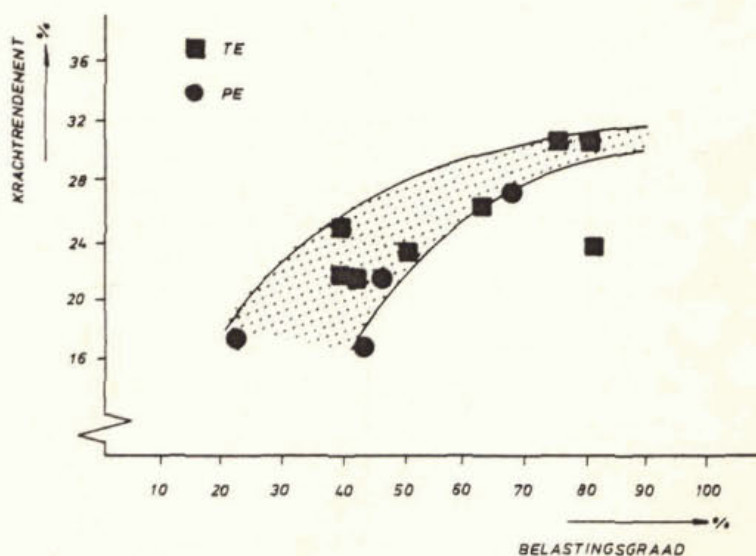


Fig. 8. Relatie krachrendement en belastingsgraad motoren

De relatie tussen krachttrendement en belastingsgraad onder praktijkomstandigheden komt goed overeen met de in "Gistingsgas als energiebron" gehanteerde relatie. Van de TE-installaties wijkt slechts 1 situatie sterk af. De bouwwijze van deze oude dual-fuel motor wijkt af van de overige motoren. Volgens de fabrikant is het gevonden rendement juist.

Ondanks het feit dat voor PE-installaties de krachtproduktie slechts globaal is te bepalen, is het verband tussen krachttrendement en belastingsgraad redelijk aan te geven. Het is echter niet mogelijk uit de gevonden resultaten vast te stellen of het krachttrendement van de PE-installaties vanwege de directe koppeling van motor aan apparaat (geen omzettingsverliezen) hoger ligt dan van TE-installaties zoals is aangenomen in de studie "Gistingsgas als energiebron". Een belangrijk verschil is, dat de belastingsgraad in de praktijk aanzienlijk lager ligt dan is verondersteld. Vele eigen energieopwekkingsinstallaties hebben een belastingsgraad die minder dan 50% is, terwijl een gemiddelde belastingsgraad van 70 à 75% is verondersteld.

Hiervoor zijn de volgende oorzaken aan te geven:

- de werkelijke vuilbelasting van de beschouwde rwzi's ligt in het algemeen aanzienlijk onder de ontwerpcapaciteit. Gemiddeld worden ze voor circa 65% belast;
- het totaal geïnstalleerd vermogen (exclusief reserve) is vaak aanzienlijk groter dan het gemiddeld opgenomen vermogen om pieken hierin te kunnen opvangen;
- om de investeringen in de eigen energieopwekkingsinstallatie te drukken worden vaak slechts twee motoren, waarvan één als reserve dient, geïnstalleerd. De belasting van de in bedrijf zijnde motor is dan vaak laag;
- wanneer meerdere motoren zijn opgesteld, vindt de omschakeling naar meer of minder motoren in bedrijf niet altijd optimaal plaats. De motoren bereiken geen hoge belastingsgraad, waardoor het rendement laag is;
- op enkele rwzi's waar 2 motoren + 1 reserve zijn geïnstalleerd, is de keuze van het geïnstalleerde vermogen zodanig, dat het werkelijk opgenomen vermogen gemiddeld juist boven het omschakelpunt van 1 naar 2 motoren ligt. Hierdoor ligt het rendement op een zeer laag niveau.

Uit het bovenstaande blijkt dat een verbetering van het krachttrendement in de praktijk kan worden bereikt door:

- een verbetering van de regeling van de eigen energieopwekkingsinstallatie. Dit kan ondermeer geschieden door de omschakeling naar meer of minder motoren in bedrijf te laten plaatsvinden bij een hogere belastingsgraad en de periodiek in bedrijf zijnde grote energieverbruikers (effluentgemalen, compressoren voor de gasinblazing in de gistingstanks) in werking te stellen bij een aangepaste schakeling van de motoren;
- een betere afstemming van het geïnstalleerde vermogen op het benodigde vermogen;
- het installeren van meerdere motoren.

Het belangrijke effect van een hoger krachttrendement op de economische aantrekkelijkheid van de eigen energieopwekking kan worden aangetoond aan de hand van de volgende globale berekening:

- een rendementsverbetering van 1% geeft een vermindering aan primair energieverbruik van circa 0,015 m³ aardgasequivalenten per kWh geproduceerd, ofwel een jaarlijkse aardgasbesparing van circa 130 m³ per kW opgenomen vermogen. Bij de huidige aardgasprijs van f 0,55 per m³ vindt dus een besparing plaats van circa f 70,- per kW opgenomen vermogen per jaar bij 1% rendementsverbetering;
- de kapitaalslasten voor de investering in de eigen energieopwekkingsinstallatie zijn ongeveer f 400,- à f 500,- per kW geïnstalleerd vermogen per jaar. Per procent verbetering van het krachtrendement kan dus een extra besparing van circa 8% van de kapitaalslasten plaatsvinden bij een reservecapaciteit van 100%. Deze besparing vindt uiteraard alleen plaats wanneer nog aardgassuppletie optreedt.

Bepaalde maatregelen om een hoger krachtrendement te verkrijgen vergen extra investeringen, waardoor de economische aantrekkelijkheid in ongunstige zin wordt beïnvloed.

5.5 Besparingen op krachtlevering

De besparingen op primair energieverbruik voor de krachtlevering door de beschouwde eigen energieopwekkingsinstallaties zijn in tabel 10 vermeld. Hierbij is uitgegaan van een rendement van de krachtcentrale van 34%.

In tabel 10 is de extra energiebehoefte voor de verwarming nog niet verwerkt.

De werkelijke besparing wordt hierdoor nog nadelig beïnvloed. Hierop wordt in de hoofdstukken 6 en 7 teruggekomen.

	volledig TE	gedeeltelijk TE	PE
totaal krachtverbruik zonder eigen energieopwekking			
. in Wh/(i.e. d)	50,7	64,2	66,9
. in kJ/(i.e. d) primaire energie bij volledige levering uit openbare net	537	681	708
primair energieverbruik t.b.v. krachtbehoefte met eigen energieopwekking in kJ/(i.e.d)			
. levering door openbare net	2 (0%)	305 (47%)	338 (48%)
. aardgas/olieverbruik motoren	324 (60%)	89 (13%)	187 (26%)
. gistinggasverbruik motoren	448 (83%)	401 (59%)	367 (52%)
. totaal	774 (143%)	795 (117%)	892 (126%)
besparing door gebruik gistinggas in e.e.o.-installatie t.o.v. levering door openbare net	211 (39%)	287 (42%)	183 (26%)

Tabel 10. Primair energieverbruik voor krachtlevering.

De in tabel 10 weergegeven resultaten zijn de gemiddelde waarden van de onderzochte rwzi's. Er is een grote spreiding in de resultaten van rwzi's met vergelijkbare eigen energieopwekkingssystemen.

De tussen haakjes vermelde waarden geven het percentage van het betreffende primair energieverbruik ten opzichte van het primair verbruik uit het openbare net zonder eigen energieopwekking.

Door de verschillen in krachttrendement tussen de elektriciteitscentrale en de eigen energieopwekkingsinstallaties is het totale primair energieverbruik (inclusief gistingsgas) voor de krachtlevering hoger dan wanneer geen eigen energieopwekking zou zijn toegepast. Vooral bij volledige TE-systemen is dit extra verbruik aanzienlijk (43%).

Doordat gistingsgas beschikbaar is, worden er toch aanzienlijke besparingen op de hoeveelheid in te kopen energie bereikt. De hoeveelheden liggen voor alle drie de eigen energieopwekkingssystemen in dezelfde orde van grootte (200-300 kJ/(i.e. d)). Zoals reeds is vermeld, dient de energiebehoefte voor verwarming nog te worden verwerkt voor de bepaling van de netto besparingen.

6 INVENTARISATIE VAN DE WARMTEBEHOEFTE

De warmtebehoefte van de beschouwde rwzi's kan worden gesplitst in:
- warmtebehoefte van de slibgisting
- warmtebehoefte van de gebouwen.

In tegenstelling tot de eerdere studie wordt de warmtebehoefte van de gebouwen eveneens in beschouwing genomen, omdat bij dit onderzoek is gebleken dat deze een aanzienlijk deel van de totale behoefte uitmaakt. Thermische slibbehandeling wordt niet toegepast. Deze warmtebehoefte speelt bovendien bij de eigen energieopwekking geen rol, omdat de vereiste temperatuur niet met de eigen energieopwekkingsinstallatie kan worden bereikt.

6.1 Warmtebehoefte slibgisting

De warmtebehoefte voor de slibgisting per i.e. kan worden gesplitst in de warmtebehoefte ten behoeve van het opwarmen van het slib en de warmtebehoefte die optreedt ten gevolge van de transmissieverliezen. De warmtebehoefte per i.e. voor het opwarmen van het slib is afhankelijk van:

- . de slibproduktie in m^3 per i.e.
- . de gemiddelde temperatuur van het aangevoerde slib
- . de gemiddelde procestemperatuur.

De warmtebehoefte per i.e. die nodig is om de transmissieverliezen van de slibgistingstanks te compenseren is afhankelijk van:

- . de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van de gistingstank(s)
- . het buitenoppervlak van de gistingstank(s)
- . de gemiddelde buitentemperatuur
- . de gemiddelde procestemperatuur
- . aantal i.e.'s.

In het rapport "Gistingsgas als energiebron" zijn aan deze uitgangspunten numerieke waarden toegekend. Deze waarden zijn vergeleken met de waarden gevonden in het praktijkonderzoek.

In tabel 11 zijn de uitgangspunten van de warmtebehoefteberekeningen voor het opwarmen van het slib weergegeven.

	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"
slibtemperatuur		
. zomer (mei t/m oktober)	17,5 °C	15,0 °C
. winter (november t/m april)	9,7 °C	8,0 °C
procestemperatuur	32,4 °C	33,0 °C
temperatuursverschil		
. zomer (mei t/m oktober)	15,4 °C	18 °C
. winter (november t/m april)	22,4 °C	25 °C

Tabel 11. Uitgangspunten warmtebehoefteberekening opwarmen slib.

De slibproductie in g/(i.e. d) van de beschouwde rwzi's is groter gebleken dan in de eerdere studie is aangenomen. Voor een gedetailleerde toelichting wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

De slibtemperatuur in de zomer en de winter is hoger gebleken dan verondersteld. Dit weegt echter niet op tegen de grotere slibproductie. De procestemperaturen komen betrekkelijk goed overeen.

In tabel 12 zijn de uitgangspunten van de warmtebehoefteberekening voor de transmissieverliezen van de slibgistingstank(s) weergegeven.

	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"
gemiddelde warmte- doorgangscoefficiënt gistingstanks	0,61 W/m ² .K ± 55%	0,58 W/m ² .K
oppervlak gistingstanks per i.e.		
. 2-traps OB-AS-instal- laties		
- per i.e. aangevoerd	0,019 m ² /i.e.	-
- per i.e. ontwerp	0,011 m ² /i.e.	-
. oxydatiebedinstal- laties	-	0,010 m ³ /i.e. ± 50%
. actief-slibinstal- ties		
- per i.e. aangevoerd	0,028 m ² /i.e. ± 41%	0,016 m ² /i.e. ± 30%
- per i.e. ontwerp	0,017 m ² /i.e. ± 30%	-
buitentemperatuur		
. zomer (mei t/m okt.)	15,3 °C	18,0 °C
. winter (nov.t/m april)	4,3 °C	4,0 °C
procestemperatuur	32,4 °C	33,0 °C
temperatuursverschil		
. zomer (mei t/m okt.)	17,6 °C	15,0 °C ± 60%
. winter (nov.t/m april)	27,8 °C	29,0 °C ± 25%

Tabel 12. Uitgangspunten warmtebehoefteberekening transmissieverliezen slibgistingstank(s).

De gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënten komen betrekkelijk goed overeen. De oppervlakken van de slibgistingstanks per i.e. aangevoerd vertonen grote afwijkingen. De werkelijke belasting van de beschouwde rwzi's ligt immers aanzienlijk onder de ontwerpbelasting.

De buitentemperatuur in de zomer is lager gebleken dan verondersteld. De buitentemperaturen in de winter en de procestemperaturen komen betrekkelijk goed overeen.

De resultaten van de berekeningen van de warmtebehoefte van slibgisting zijn gepresenteerd in tabel 13. De cijfers hebben hoofdzakelijk betrekking op actief-slibinstallaties.

	warmtebehoefte slibgisting (kJ/i.e.d)	
	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"
actief-slibinstallaties en 2-traps OB-AS-instal- laties		
opwarmen slib	161 + 27%	135 + 62%
transmissieverliezen	33 + 65%	18 + 77%
totaal	194 + 22%	153 + 55%

Tabel 13. De warmtebehoefte voor de slibgisting.

Bij de resultaten zijn de variantiecoëfficiënten gepresenteerd. Deze waarden illustreren de spreiding in de gemiddelde resultaten van de rwzi's onderling. Bovendien zal de warmtebehoefte op iedere rwzi eveneens variëren onder andere vanwege de zomer-winter invloeden. In paragraaf 6.3. wordt hierop nader ingegaan.

Uit tabel 13 blijkt dat de warmtebehoefte per i.e. gemiddeld groter is dan in de eerdere studie is gevonden. Voor wat betreft het opwarmen van het slib wordt dit veroorzaakt door de reeds eerder vermelde hogere slibproductie. De grotere transmissieverliezen worden voornamelijk veroorzaakt door een groter gistingstankoppervlak per i.e. aangevoerd.

6.2 Warmtebehoefte gebouwen

De gebouwenverwarming maakt in alle onderzochte installaties deel uit van de eigen energieopwekkingsinstallatie en dient derhalve mede in beschouwing te worden genomen.

De warmtebehoefte voor de gebouwen is afhankelijk van de volgende factoren:

- oppervlak buitenwand
- gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van de buitenwand
- ventilatiedebiet
- gemiddelde binnentemperatuur
- gemiddelde buitentemperatuur.

Omdat meetgegevens ontbreken, is de warmtebehoefte voor de gebouwen geschat. Op basis van de gebouwinhoud, opgesplitst naar ruimten met verschillende binnentemperaturen en een gemiddeld warmteverbruik per m³ gebouw voor verschillende binnentemperaturen is de behoefte globaal vastgesteld.

De op deze wijze geschatte verbruiken zijn getoetst enerzijds door in perioden, waarin geen overschot aan warmte door de motor wordt geproduceerd, uit de energietoevoer en de diverse warmtebehoeften het warmterendement van de motoren te bepalen en te vergelijken met door de fabrikant opgegeven waarden en anderszijds uit warmtemeters die op één installatie zijn toegepast.

Op deze wijze konden redelijk nauwkeurige waarden voor de warmtebehoefte van de gebouwen worden bepaald. Voor de onderzochte rwzi's zijn deze waarden $67 \text{ kJ/i.e.d} \pm 50\%$. Ook hier mag worden aangenomen, dat door de lage vuilbelasting t.o.v. de ontwerpbelasting, hoge waarden voor de warmtebehoefte van de gebouwen worden gevonden. De gevonden waarden geven wel aan dat de gebouwen een niet onaanzienlijk deel van de totale warmtebehoefte vragen.

Toetsing van het in de eerdere studie vermelde warmterendement is niet mogelijk gebleken. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat vooral in de zomer een overschot aan warmte door de motoren wordt geproduceerd, waardoor een onbekend deel van de warmte via de restwarmtekoeling wordt afgevoerd. Bovendien wordt de warmteproductie op één uitzondering na niet gemeten maar via een theoretische benadering berekend. Door de grote gevoeligheid voor afwijkingen in de warmteproductie zijn geen betrouwbare waarden voor het warmterendement te bepalen.

6.3 Totale warmtebehoefte uitgesplitst naar zomer- en wintersituatie

In deze studie geldt als zomerperiode de maanden mei t/m oktober en als winterperiode november t/m april. Het totale overzicht van de berekende warmtebehoeften is weergegeven in tabel 14.

	warmtebehoefte (kJ/i.e. dag)			
	praktijkonderzoek		"Gistingsgas als energiebron"	
	zomer	winter	zomer	winter
slibgisting actiefslib en 2-traps oxydatiebed-actiefslib				
- opwarmen slib	128 \pm 23%	177 \pm 41%	113,1 \pm 44%	157,1 \pm 42%
- transmissieverliezen	30 \pm 85%	37 \pm 82%	12,1 \pm 74%	23,4 \pm 45%
sub-totaal	158 \pm 20%	214 \pm 32%	125,2 \pm 41%	180,5 \pm 37%
gebouwverwarming	32 \pm 53%	102 \pm 50%	-	-
totale warmtebehoefte	190 \pm 19%	316 \pm 27%	-	-

Tabel 14. De berekende warmtebehoefte uitgesplitst naar zomer en winter.

Omdat niet voor alle geïnventariseerde rwzi's de opsplitsing naar zomer- en wintersituatie kon worden gemaakt, ontstaan er tussen tabel 13 en tabel 14 verschillen.

Uit tabel 14 blijkt, dat vooral door de warmtebehoefte van de gebouwen, de totale warmtebehoefte aanzienlijk groter is dan in de eerdere studie is aangenomen. In de winter wordt circa 30% van de totale warmtebehoefte gebruikt voor de gebouwverwarming.

De in de voorgaande hoofdstukken bepaalde energie-parameters voor de in Nederland in bedrijf zijnde rwzi's met eigen energieopwekking worden in tabel 15 in een overzicht weergegeven en vergeleken met de resultaten van de studie "Gistingsgas als energiebron".

	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"
gistingsgasproduktie (l/(i.e.d))		
. actief-slibinstallaties	21,4 + 21%	17,0 + 70%
. tweetraps OB-AS	17,7 + -	-
. oxydatiebedinstallaties	-	12,4 + 73%
energieproduktie uit gistingsgas (kJ/(i.e.d))		
. actief-slibinstallaties	511 + 22%	408 + 70%
. tweetraps OB-AS	423 + -	-
. oxydatiebedinstallaties	-	298 + 73%
krachtverbruik beluchting (kJ/(i.e.d))		
. hoogbelast bellenbeluchting	-	55,5 + 29%
. hoogbelast opp.beluchting	111,0 + -	75,0 + 29%
. laagbelast bellenbeluchting	128,6 + 20%	106,9 + 27%
. laagbelast opp.beluchting	-	144,5 + 27%
. tweetraps OB-AS	87,9 + -	-
krachtverbruik overige onderdelen (kJ/(i.e.d))		
. actief-slibinstallaties	102,0 + 43%	56,2 + 43%
. tweetraps OB-AS	146,9 + -	-
. oxydatiebedinstallaties	174,8 + -	66,2 + 35%
warmtebehoefte (kJ/(i.e.d))		
. actief-slibinstallaties		
- zomer	190 + 19%	125,2 + 41%
- winter	316 + 27%	180,5 + 37%
. tweetraps OB-AS		
- zomer	190 + 19%	-
- winter	316 + 27%	-
. oxydatiebedinstallaties		
- zomer	-	78,2 + 44%
- winter	-	112,7 + 41%
spuigasverliezen (% van gasproduktie)		
. gemiddeld	2,8	0
. laagste waarde	0,3	0
. hoogste waarde	7,7	20
krachtrendement e.e.o.(%)		
- TE-installaties		
. gemiddeld	25,7	29
. laagste waarde	21,9	25
. hoogste waarde	31,3	33
- PE-installaties		
. gemiddeld	20,6	33
. laagste waarde	17,2	29
. hoogste waarde	26,9	37
warmterendement e.e.o.(%)		
. gemiddelde	-	35
. laagste waarde	-	31
. hoogste waarde	-	39

Tabel 15. Overzicht van de energie-parameters

Met de resultaten van tabel 15 zijn de besparingen in elektriciteit, het extra aardgas en de netto besparing aan primaire energie te bepalen (zie tabel 16). Hierbij wordt aangenomen dat indien geen eigen energieopwekking zou zijn toegepast, er geen aardgas/olie inkoop nodig zou zijn voor de verwarming van de gistingstanks en de gebouwen. De energie voor thermische slibbehandeling wordt wel ingekocht. In de studie "Gistingsgas als energiebron" zijn deze parameters bepaald met behulp van het daarvoor ontwikkelde energiemodel.

	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"
<u>besparing in elektriciteitsverbruik</u> in kJ/(i.e. d) (Wh/i.e. d)		
- volledig TE		
. oxydatiebed		195 (18,4)
. hoogbelast actiefslib met opp. beluchting	535 (50,5)	386 (36,4)
. laagbelast actiefslib met bellenbeluchting		480 (45,3)
- gedeeltelijk TE		
. hoogbelast actiefslib met opp. beluchting	376 (35,5)	- (-)
. tweetraps OB-AS		- (-)
- PE, laagbelast actiefslib met bellenbeluchting	370 (34,9)	315 (29,7)
<u>extra aardgas/olieverbruik</u> in kJ/(i.e.d)(1 aardgas equiv./(i.e.d.))		
- volledig TE		
. oxydatiebed		51 (-1,6)
. hoogbelast actiefslib met oppervlaktebeluchting	332 (10,3)	44 (1,4)
. laagbelast actiefslib met bellenbeluchting		154 (4,9)
- gedeeltelijk TE		
. hoogbelast actiefslib met oppervlaktebeluchting	96 (3,1)	- (-)
. tweetraps OB-AS		- (-)
- PE, laagbelast actiefslib met bellenbeluchting	281 (8,9)	- 32 (-1,0)
<u>netto besparing primair energie- verbruik (kJ/(i.e.d))</u>		
- volledig TE		
. oxydatiebed		195
. hoogbelast actiefslib met opp. beluchting	203	342
. laagbelast actiefslib met bellenbeluchting		326
- gedeeltelijk TE		
. hoogbelast actiefslib met opp. beluchting	280	-
. tweetraps OB-AS		-
- PE, laagbelast actiefslib met bellenbeluchting	89	315

Tabel 16. Besparing elektriciteitsverbruik, extra aardgasinkoop en netto energiebesparing.

Voor de resultaten in tabel 14 is het niet mogelijk gebleken, zowel een opsplitsing naar zuiveringssysteem als naar eigen energieopwekkingssysteem te maken. Voor een zodanig vergaande opsplitsing is het aantal onderzochte rwzi's te gering om een enigszins representatieve waarde voor de huidige Nederlandse praktijksituatie te geven. Vanwege de samenvoeging van de zuiveringssystemen is geen spreiding in de resultaten aan te geven.

Uit de tabellen 15 en 16 kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- de gistingsgasproduktie van de onderzochte rwzi's ligt gemiddeld hoger dan in de studie "Gistingsgas als energiebron" is aangehouden. De variantiecoëfficiënt van deze laatste waarde geeft reeds aan dat grote afwijkingen mogelijk zijn. De oorzaak van de afwijking ligt vooral in de hogere slibproduktie. Overige factoren, zoals de verblijftijd in de gistingstank, de afbreekbaarheid en het organische drogestofgehalte, hebben slechts een geringe invloed op de geconstateerde afwijking;
- het krachtverbruik voor de beluchting van actief-slib- en tweetrapsinstallaties ligt gemiddeld hoger dan in de studie "Gistingsgas als energiebron" is aangegeven. De oorzaak hiervan moet vooral worden gezocht in de lage i.e.-belasting (hoog O₂-gehalte en lage slibbelasting) en in enkele gevallen in het ontbreken van een zuurstofregeling;
- het gemiddeld krachtverbruik voor de overige onderdelen is aanmerkelijk (factor 2 à 2,5) hoger dan in de eerdere studie. Nadere uitwerking van de resultaten heeft duidelijk aangetoond dat de belangrijkste oorzaak hiervan is de lage i.e.-belasting, aangezien veel onderdelen onafhankelijk van de aanvoer in bedrijf zijn. Bovendien kunnen ook in- en effluentgemalen en in mindere mate mechanische slibontwateringsinstallaties een belangrijke invloed hebben op het overige krachtverbruik. Ook de grote spreiding in de resultaten wordt hierdoor veroorzaakt;
- de warmtebehoefte van de rwzi's ligt aanzienlijk hoger dan in de eerdere studie is vermeld. De hogere slibproduktie en de grotere transmissieverliezen zijn belangrijke oorzaken. Maar vooral verwarming van de gebouwen vormt in de winter een aanzienlijk deel van de totale warmtebehoefte, waarmee in de eerdere studie geen rekening is gehouden. Hierdoor ontstaan ook grote verschillen in warmtebehoefte tussen zomer en winter ;
- de spuigasverliezen worden vooral geconstateerd bij handbediende omschakeling van aardgas/olie naar gistingsgas. Ongelijktijdigheid van produktie en behoefte, gecombineerd met een kleine buffercapaciteit speelt slechts een geringe rol;
- het krachtrendement van de onderzochte eigen energieopwekkingsinstallaties is zeer laag vergeleken met het haalbare rendement. Dit is vooral bij de PE-installaties het geval. Belangrijke oorzaak hiervan is de zeer lage belastingsgraad van de motoren;

- de afwijkingen in de energie-parameters worden voor een belangrijk deel bepaald door procestechnische omstandigheden in de specifieke situaties (hoge slibproductie, onderbelasting etc.);
- afwijkingen ten opzichte van de studie "Gistingsgas als energiebron" hebben voor de energiebesparingen de volgende consequenties:
 - . de besparing op het elektriciteitsverbruik is enigszins groter
 - . het extra aardgas- of olieverbruik is aanzienlijk groter. Dit geldt vooral voor de PE-installaties
 - . de netto besparingen voor PE-installaties zijn hierdoor gemiddeld veel lager dan zou mogen worden verwacht;
- gemiddeld worden in de praktijk netto primaire energiebesparingen bereikt van 203 kJ/(i.e.d) (= 38% van totaal verbruik zonder e.e.o.) voor volledige TE-installaties, 280 kJ/(i.e.d) (= 41%) voor gedeeltelijke TE-installaties en 89 kJ/(i.e.d) (= 13%) voor PE-installaties.

Uit de inventarisatie is gebleken dat de netto energie besparing in de praktijk in belangrijke mate bepaald wordt door de gasproductie en het krachttrendement.

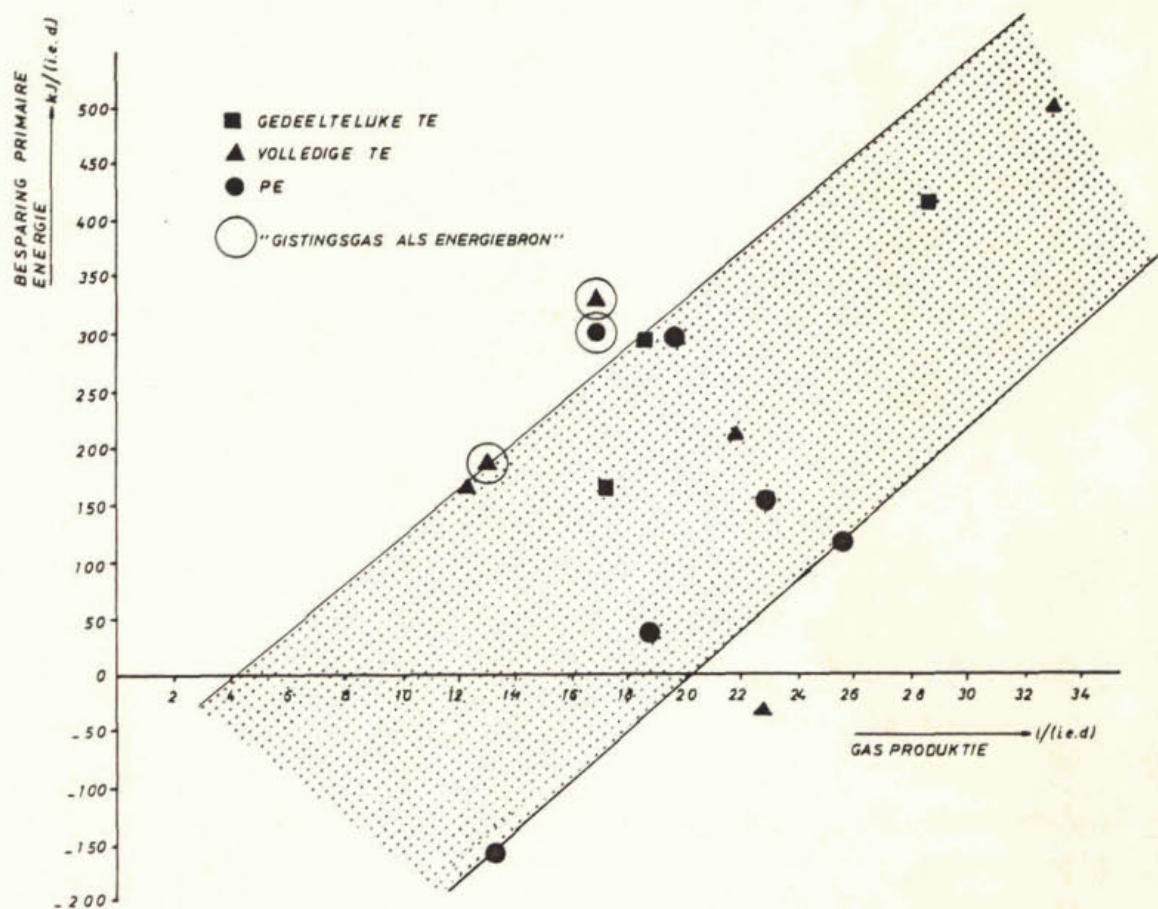


Fig. 9. Besparing primaire energie versus gasproductie.

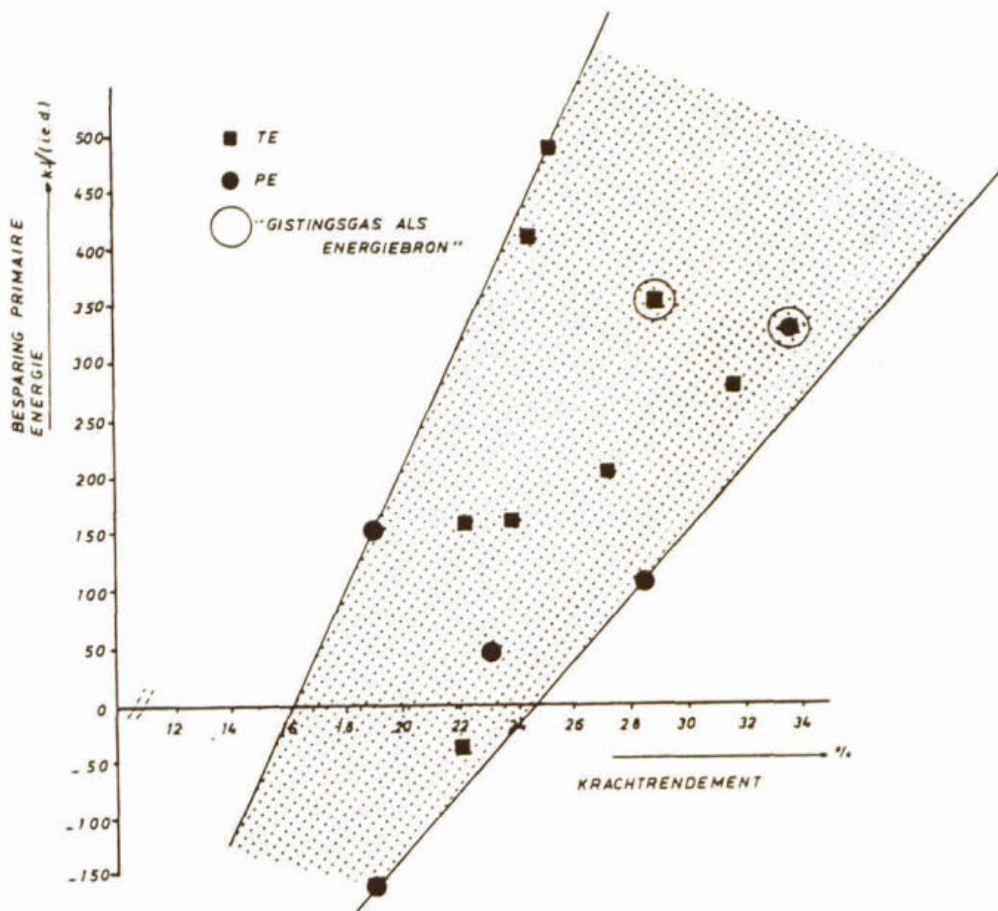


Fig. 10. Besparing primaire energie versus krachtrendement.

In figure 9 en 10 zijn deze relaties weergegeven, evenals de gegevens uit de studie "Gistingsgas als energiebron" (gemiddelde situatie). De spreiding in de resultaten is aanzienlijk. Zelfs negatieve besparingen kunnen zich onder bepaalde omstandigheden voordoen.

8 ELEKTROMECHANISCHE ASPECTEN, ONDERHOUDS- EN PERSONEELSKOSTEN

8.1 Elektromechanische aspecten

De onderzochte rwzi's met eigen energieopwekking kunnen worden onderscheiden in de volgende typen:

<u>aantal</u>	<u>type</u>
4	TE-installaties met dual-fuel motoren, alle met rookgaskoeling
3	TE-installaties met gasmotoren; geen van deze installaties heeft rookgaskoeling
5	PE-installaties met gasmotoren; hiervan heeft 1 installatie een rookgaskoeling.

De dual-fuel motoren zijn reeds geruime tijd in bedrijf (9 tot 25 jaar). De installaties met gasmotoren (TE en PE) zijn nog maar 3 tot 6 jaar in werking. Enige installaties hebben gedurende de eerste 1 à 2 jaar aanloopproblemen gehad. De eigen energieopwekkingsinstallaties geven na deze periode op elektromechanisch gebied in het algemeen weinig problemen. De dual-fuel motoren functioneren ook na vele jaren nog naar wens.

Problemen kunnen optreden door:

- een te krappe capaciteit van de gasmotoren ten opzichte van de hieraan gekoppelde blower;
- niet optimale afstemming van de capaciteit van het aggregaat op het benodigde vermogen van de aangesloten groepen;
- te hoge H_2S -gehalten in het gistingsgas waardoor onderhoud, smeeroilieverbruik en slijtage sterk toenemen. Een juiste keuze van het type smeerolie kan de problemen verminderen. Er zijn echter ook installaties (met dual-fuel motoren) die al jaren probleemloos met een hoog H_2S -gehalte draaien;
- de beperkte regelmogelijkheid van de dual-fuel motoren. De bediening geschiedt geheel of gedeeltelijk met de hand. De moderne gasmotorinstallaties zijn in het algemeen volledig geautomatiseerd;
- de nauwkeurigheid van de meet- en regelapparatuur bij volledig TE-installaties is geringer door kleine frequentiewisselingen in de geleverde elektriciteit. De voorkeur gaat veelal uit naar het aansluiten van het meet-en regelsysteem op het openbare net.

8.2 Onderhouds- en personeelskosten

Het onderhoud van de eigen energieopwekkingsinstallaties geschiedt in het algemeen in eigen beheer, veelal ook het groot onderhoud. Soms wordt het groot onderhoud op contractbasis door de leverancier uitgevoerd. Het bedienend personeel dient dan ook wat opleiding en/of ervaring betreft bekend te zijn met de gebruikte apparatuur. De gevolgen hiervan voor de personeelsbezetting en -kosten worden door de verschillende beheerders niet gelijk beoordeeld.

Sommigen hebben extra personeel, anderen evenveel maar beter geschoold en betaald.

Ook komen gevallen voor waar geen extra personeel aanwezig is en het gespecialiseerde werk niet extra wordt gehonoreerd. Hierdoor treden er aanzienlijke verschillen in de opgegeven kosten voor onderhoud en personeel op.

De kosten voor onderhoud en personeel worden gevormd door:

- toezicht, bediening;
- onderhoud in eigen beheer of via een onderhoudscontract, inclusief materialen;
- smeerolieverbruik.

De uitsplitsing van de kosten voor onderhoud en personeel als percentage van de elektromechanische investeringen, inclusief B.T.W. en bijkomende kosten, is weergegeven in tabel 17.

	onderhouds- en personeelskosten (% van de elektromechanische investeringen)	
	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"
TE toezicht	2,8	6,5 + 40%
onderhoud	3,9	
smeerolie	2,7	
totaal	9,4	
PE toezicht	2,2	6,5 + 40%
onderhoud	1,4	
smeerolie	0,3	
totaal	3,9	

Tabel 17. Onderhouds- en personeelskosten van eigen energieopwekkingsinstallatie.

Voor de TE-installaties geldt dat de onderhouds- en personeelskosten hoger liggen dan in de eerdere studie is aangehouden. Voor de PE-installaties liggen deze kosten lager. De verschillen worden vooral veroorzaakt door het onderhoud en smeerolieverbruik. De hoge waarde voor de TE-installaties kan worden verklaard uit het feit dat het hier vooral de oude dual-fuel motoren betreft, en uit de geringe mate van automatisering (lagere investeringskosten, meer onderhoud en bediening).

De lage waarde voor PE-installaties heeft als oorzaak de korte bedrijfsduur, de vergaande automatisering en de veelal lage belastingsgraad.

KOSTENMODEL

In de studie "Gistingsgas als energiebron" is met behulp van een kostenmodel bepaald welke investeringen maximaal mogen worden gedaan om nog een economisch rendabele toepassing van eigen energieopwekking te krijgen.

Belangrijke invoergegevens voor dit model wijken voor de onderzochte rwzi's af van de in de studie "Gistingsgas als energiebron" gehanteerde waarden. Tevens zijn in de tussentijd aanzienlijke wijzigingen opgetreden in een aantal economische factoren, zoals aardgas- en elektriciteitsprijzen en verwachtingen ten aanzien van rentevoet en inflatie.

Om een indruk te geven van de economische aantrekkelijkheid zijn voor de geïnventariseerde rwzi's berekeningen met het genoemde kostenmodel uitgevoerd. De gegevens van de energiefactoren (besparing elektriciteitsverbruik en extra aardgas/olieverbruik) zijn vermeld in tabel 16. Ten aanzien van de onderhouds- en personeelskosten worden de resultaten uit hoofdstuk 8 aangehouden.

De gehanteerde economische parameters (inclusief B.T.W.) zijn als volgt (gemiddelde situatie):

- elektriciteitsprijs (prijspeil 1982) (f/kWh)	
. brandstoftoeslag	0,155
. overige kosten	0,105
- aardgasprijs (prijspeil 1982) (f/m ³)	0,555
- algemene inflatie (%)	6
- inflatie primaire energie (aardgas- en brandstof- toeslag elektriciteit (%))	10
- rentevoet (%)	9
- looptijd (jaren)	15

De te verwachten inflatie en rentevoet op langere termijn zijn onzeker. Het verschil van 3% tussen beide mag over langere perioden wel redelijk betrouwbaar worden geacht.

Bij de toegepaste berekeningsmethode (contante waardemethode) speelt alleen dit verschil een rol. De gevoeligheid voor fluctuaties in de bovengenoemde factoren is vergelijkbaar met die genoemd in het rapport "Gistingsgas als energiebron". In de onderhavige studie wordt hierop niet nader ingegaan.

Het olieconsumptie wordt bij de berekeningen omgerekend in aardgasequivalenten. De kosten voor olie liggen op dit moment hoger dan voor aardgas. In dit praktijkonderzoek wordt hiermee geen rekening gehouden.

De resultaten van deze berekeningen zijn in tabel 18 weergegeven en vergeleken met de aan de huidige energieprijzen aangepaste waarden uit de studie "Gistingsgas als energiebron". De berekeningsmethode op basis van de contante waardemethode is weergegeven in de bovengenoemde studie.

	maximaal toegestane investering (f/i.e.)	
	praktijk- onderzoek	"Gistingsgas als energiebron"
volledig TE		
. oxydatiebed	} 19,3	15,9
. hoogbelast actiefslib met opp. beluchting		28,7
. laagbelast actiefslib met bellenbeluchting		29,2
gedeeltelijk TE		
. hoogbelast actiefslib met opp. beluchting	} 20,9	-
. tweetraps OB-AS		-
PE, laagbelast actiefslib met bellenbeluchting	14,0	25,7

Tabel 18. Maximaal toegestane investering in eigen energieopwek-
kingsinstallaties (prijspeil 1982).

Uit tabel 18 blijkt dat de aan prijspeil 1982 aangepaste waarden uit de studie "Gistingsgas als energiebron" aanzienlijk zijn toegenomen door de zeer sterke stijging in energieprijzen in de afgelopen drie jaar (elektriciteit circa 20% per jaar, gas 23% per jaar).

Op de beschouwde rwzi's worden in het algemeen iets hogere besparingen op elektriciteitsverbruik bereikt. Daar staat echter een sterke toename van het aardgasverbruik tegenover. Vanwege dit laatste aspect zijn de resultaten lager dan uit de studie "Gistingsgas als energiebron" volgt.

Het negatieve effect van de hoge aardgasinkoop speelt vooral een belangrijke rol bij de PE-installaties. Het lage krachttrendement en de hogere warmtebehoefte zijn hiervan de belangrijkste oorzaken.

De hoge personeels- en onderhoudskosten van de TE-installaties hebben een belangrijke invloed op het resultaat voor deze installaties. Het verschil in personeels- en onderhoudskosten tussen dit praktijkonderzoek en de eerdere studie van respectievelijk 9,4 en 6,5% van de elektromechanische investeringen resulteert in een verschil van 30% in de maximaal toegestane investeringen.

De investeringskosten van de beschouwde eigen energieopwekkingsinstallaties zijn voor een deel verkregen uit de eindafrekening van de rwzi's en voor een deel uit de begrotingen. In een aantal gevallen was het niet mogelijk exact aan te geven welke onderdelen in de bedragen waren opgenomen. Bepaalde bijkomende voorzieningen, zoals regeling en signalering, leidingwerk, eventueel extra volume gashouder, zijn niet altijd in de opgegeven bedragen opgenomen. In andere situaties zijn uitsluitend bedragen bekend waarin ook niet direkt tot de eigen energieopwekkingsinstallatie behorende onderdelen zijn opgenomen zoals blowers bij PE-installaties. Besparingen door bijvoorbeeld een kleinere capaciteit van verwarmingsketels, het niet installeren van elektromotoren voor de aandrijving van de blowers of van een gasaffakkelinstallatie zijn niet altijd bekend. De invloed van bovengenoemde factoren is daarom zo goed mogelijk geschat. De kosten van extra bouwkundige voorzieningen zijn veelal alleen via schattingen aan de hand van extra benodigde ruimte te bepalen. De gepresenteerde investeringskosten zijn omgerekend naar prijspeil 1982 door een inflatiecorrectie toe te passen van 6% per jaar. Deze correctie is eveneens toegepast voor de uit het rapport "Gistingsgas als energiebron" overgenomen kosten. De bedragen zijn alle inclusief B.T.W. en advieskosten.

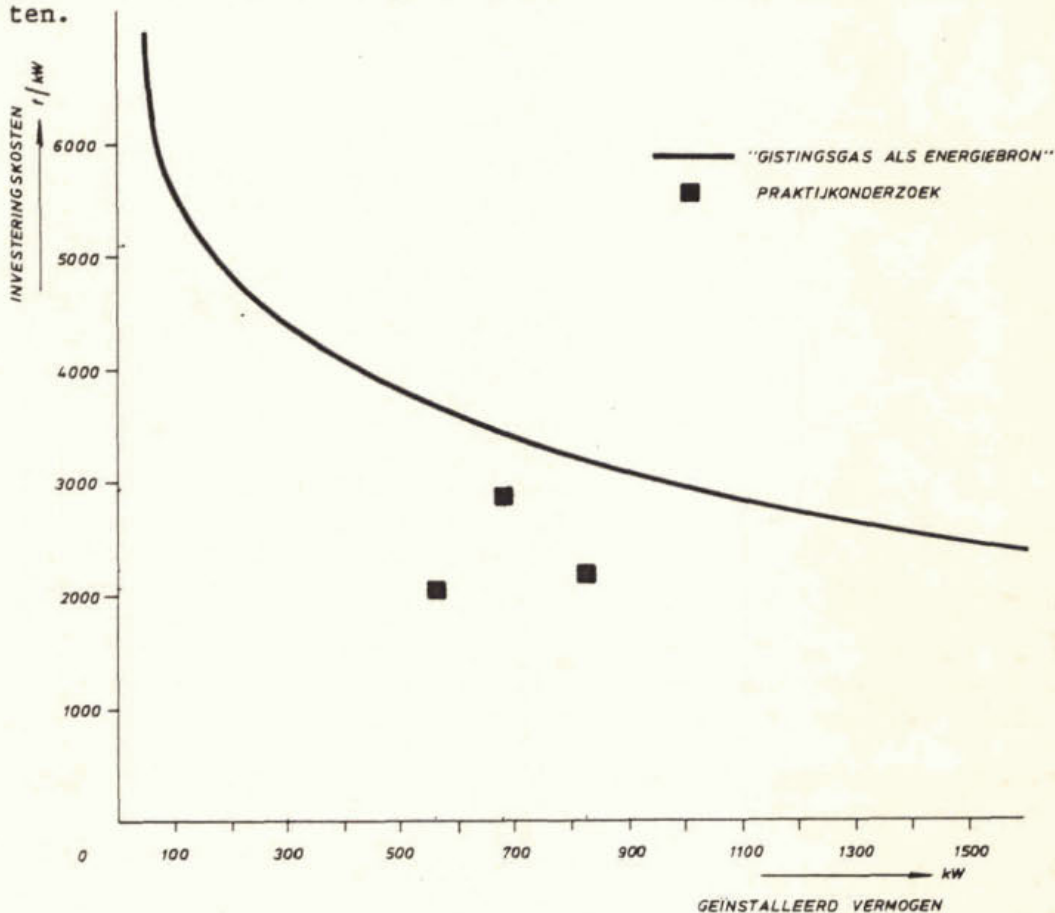


Fig. 11. Investeringskosten ("all in") voor TE-installaties per kW als functie van het geïnstalleerd vermogen. (prijspeil 1982)

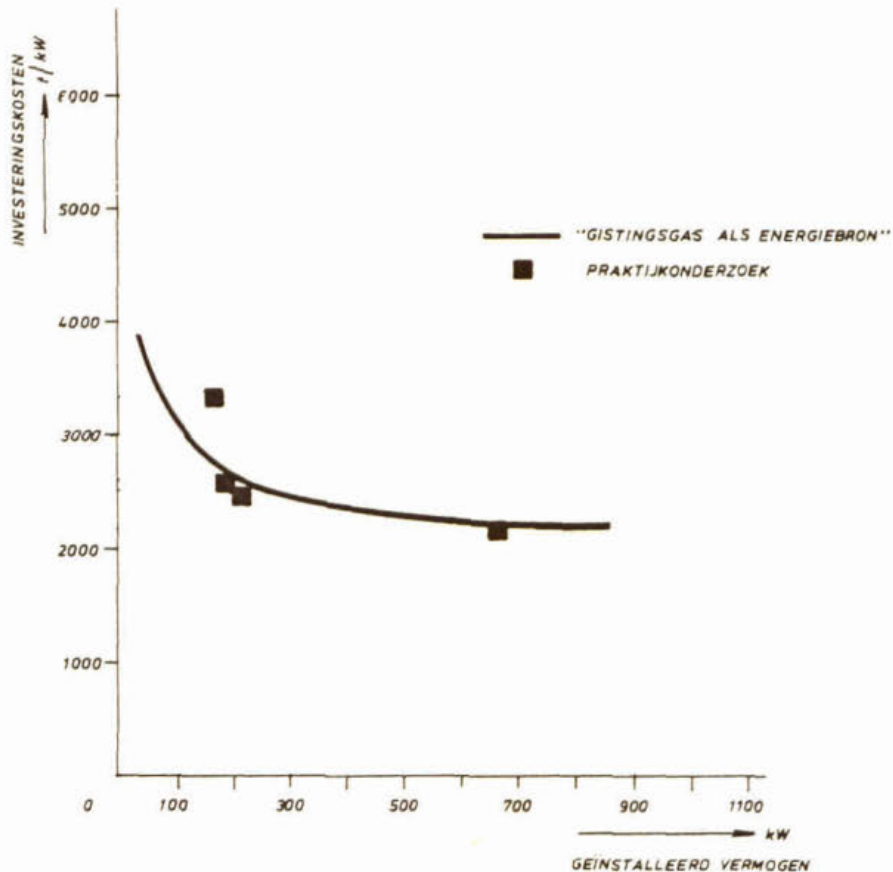


Fig. 12. Investeringskosten ("all in") voor PE-installaties per kW als functie van het geïnstalleerd vermogen. (prijspeil 1982)

In figuur 11 zijn de totale investeringskosten per kW geïnstalleerd vermogen weergegeven als functie van het geïnstalleerd vermogen (inclusief reserve) voor de TE-installaties. Op dezelfde wijze zijn de kosten voor PE-installaties in figuur 12 gegeven.

Uit deze figuren blijken de kosten voor PE-installaties redelijk overeen te komen met de resultaten van de studie "Gistingsgas als energiebron".

De lage waarden voor TE-installaties zijn te verklaren uit het feit dat het veelal oudere installaties betreft, met een minder vergaande regeling en automatisering.

De investeringskosten per i.e. zijn voor volledig TE- en PE-installaties in de figuren 13 en 14 weergegeven.

Voor gedeeltelijk TE-installaties heeft deze parameter weinig waarde omdat elk willekeurig vermogen kan worden gekozen.

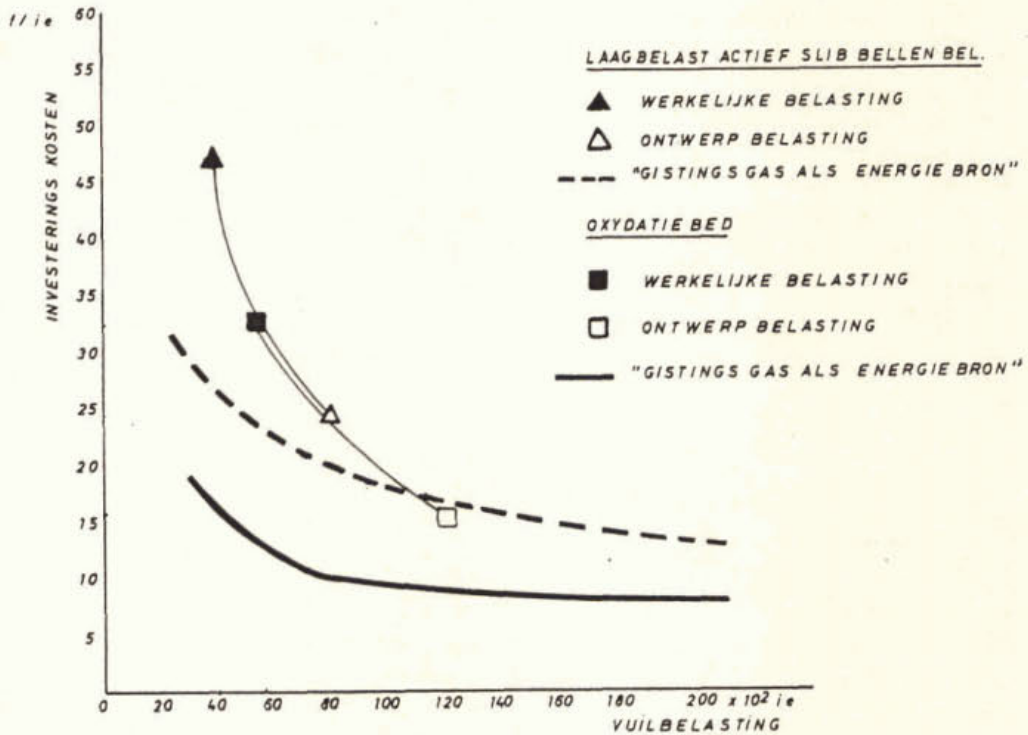


Fig. 13. Investeringskosten van TE-installaties per i.e. (prijspeil 1982)

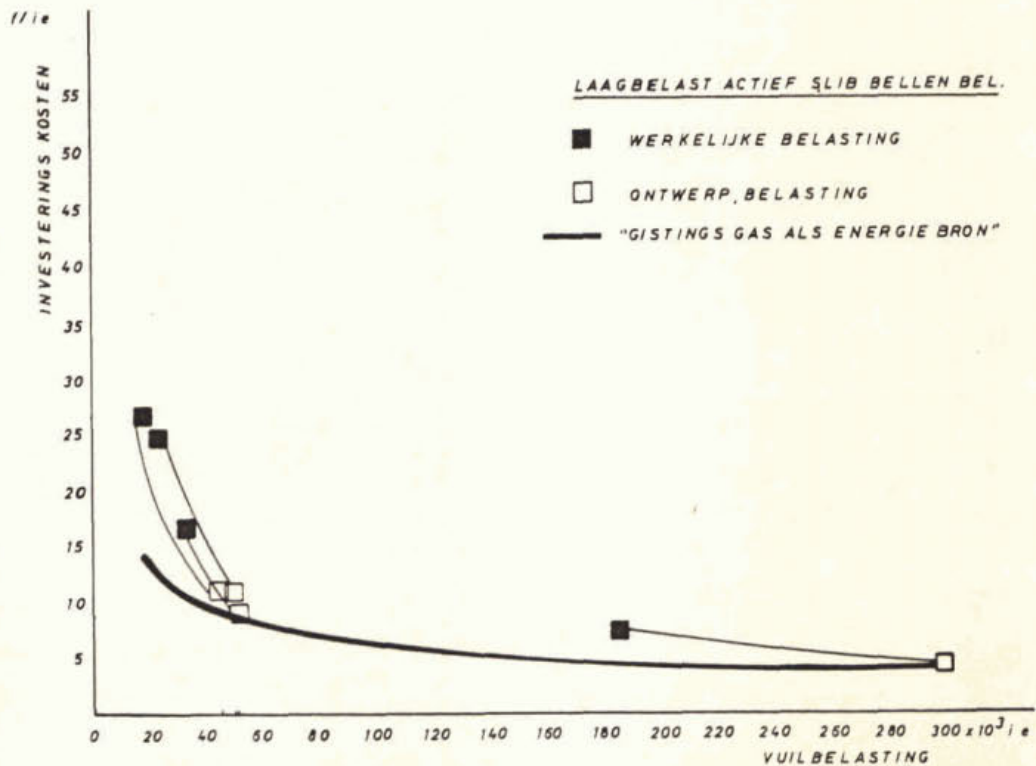


Fig. 14. Investeringskosten van PE-installaties per i.e. (prijspeil 1982)

De figuren 13 en 14 tonen aan dat de investeringskosten per i.e. werkelijke belasting hoger liggen dan de kostenraming in de studie "Gistingsgas als energiebron". Het verschil wordt aanzienlijk minder wanneer de kosten worden gerelateerd aan de ontwerpbelasting. Onderbelasting van de rwzi's is dus een belangrijke oorzaak van deze relatief hoge investeringskosten.

Een andere oorzaak van de hoge kosten per i.e. is een groot geïnstalleerd vermogen nodig voor de optredende specifieke omstandigheden op bepaalde rwzi's, zoals influent- of effluentgemalen, en/of andere grote energieverbruikers. Ook kan een grote reservecapaciteit in de krachtproductie zijn geïnstalleerd.

NETTOBESPARINGEN VAN DE EIGEN ENERGIEOPWEKKINGSINSTALLATIES

Uit de vergelijking van de investeringskosten van eigen energieopwekkingsinstallaties (figuren 13 en 14) en de maximale extra investeringen die mogen worden verricht, waarbij de totale kosten niet groter zijn dan de totale baten tijdens de looptijd van het project (tabel 18), kan een indruk worden verkregen van de nettobesparingen of extra kosten ten opzichte van de situatie zonder eigen energieopwekking. In de figuren 15 en 16 is deze vergelijking weergegeven.

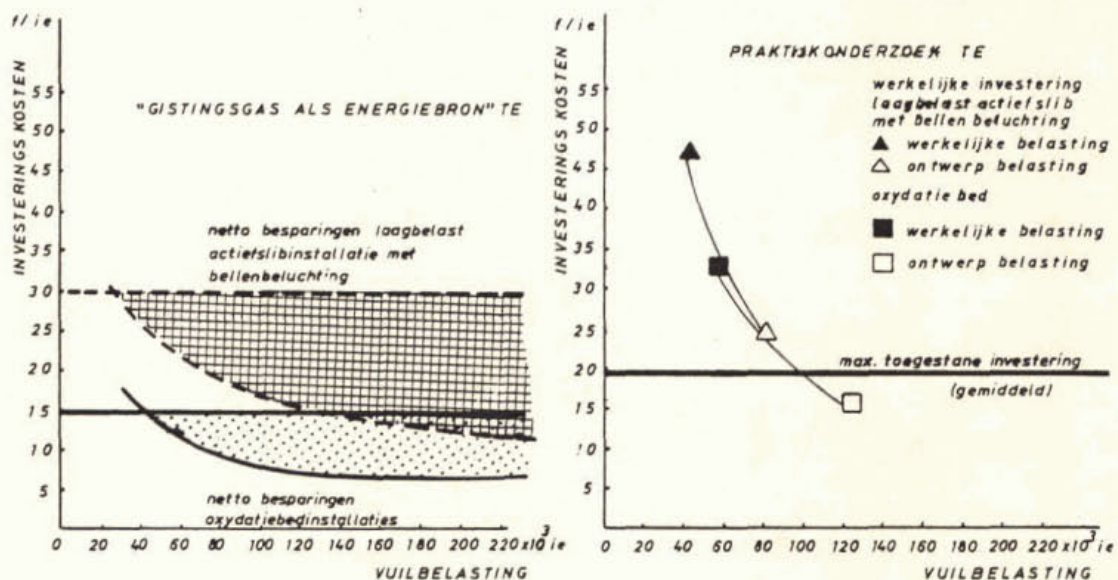


Fig. 15. Maximaal toegestane en werkelijke investeringskosten van TE-installaties (prijspeil 1982)

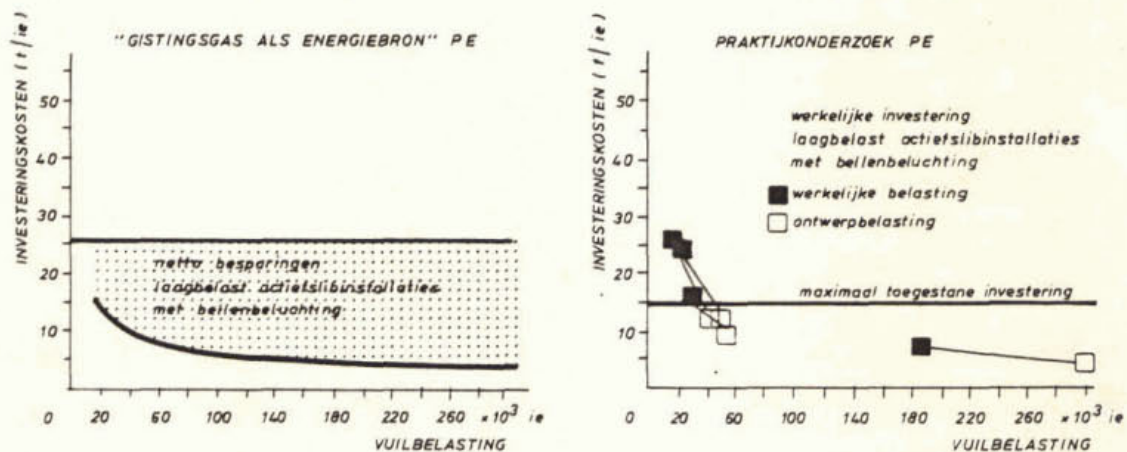


Fig. 16. Maximaal toegestane en werkelijke investeringskosten van PE-installaties (prijspeil 1982)

De werkelijke investeringskosten in eigen energieopwekkingsinstallaties zijn slechts van een beperkt aantal situaties bekend.

Toch kunnen uit de figuren 15 en 16 enkele conclusies worden afgeleid:

- onder de huidige bedrijfsomstandigheden wordt met de eigen energieopwekkingsinstallatie op een aantal van de onderzochte rwzi's geen besparing bereikt;
- een belangrijke oorzaak hiervan is de lage belastingsgraad. Onder ontwerpomstandigheden worden in het algemeen wel besparingen bereikt;
- de investeringskosten van de gedeeltelijk TE-installaties zullen vergelijkbaar zijn met de PE-installaties omdat de eigen krachtopwekking van beide systemen in dezelfde orde van grootte ligt. Door de aanzienlijk hogere nettobesparingen voor deze systemen zullen de resultaten gunstiger zijn.

12 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

12.1 Conclusies

Uit het verrichte praktijkonderzoek naar de technologische en economische aspecten van eigen energieopwekking op een aantal onderzochte rioolwaterzuiveringsinrichtingen kan in het algemeen worden gesteld, dat dit weliswaar een goede methode voor energiebesparing is, die ook tot financiële besparingen kan leiden, maar dat in de praktijk vaak situaties kunnen optreden die een ongunstige invloed hebben, zoals onderbelasting van de rwzi, lage belastingsgraad van de motoren en hoge warmtebehoefte voor gebouwen. Hierdoor zijn de resultaten in veel gevallen aanzienlijk ongunstiger dan in de eerdere studie is aangegeven. Een goede analyse van iedere specifieke situatie blijkt daarom zeer nuttig. De onderlinge verschillen in de vele factoren die bij eigen energieopwekking een rol spelen zijn groot, zodat moeilijk een algemeen beeld te geven is van de huidige Nederlandse praktijk-situatie.

De geïnterpreteerde praktijkgegevens mogen niet als representatieve waarden voor de Nederlandse situatie worden gebruikt. Ze geven echter wel goede mogelijkheden aan voor optimalisatie van eigen energieopwekking.

De conclusies uit het onderzoek naar de verschillende deelfacetten van de eigen energieopwekking zijn:

- productie en verbruik van gistingsgas

De gistingsgasproductie is evenredig met de slibproductie. Bij het praktijkonderzoek waren de waarden voor de slibproductie voor Nederlandse begrippen relatief hoog, waardoor de gistingsgasproductie op de onderzochte installaties aan de hoge kant is. De optredende spuisgasverliezen zijn aan de lage kant (kleiner dan 3%). De verliezen worden in hoofdzaak veroorzaakt door het niet tijdig omschakelen van olie/aardgas op gistingsgas. De grootte van de gas-houder heeft geen significante invloed op de spuisgasverliezen.

- energiehuishouding

Het krachtverbruik, uitgedrukt per i.e. op de onderzochte inrichtingen is hoog, onder andere vanwege onderbelasting.

Het krachttrendement van de praktijkinstallaties is dikwijls lager dan verwacht. Dit wordt met name veroorzaakt door de lage belastingsgraad van de motoren (dikwijls lager dan 50%).

De warmtebehoefte van de slibgisting is iets hoger dan in de basisstudie is aangenomen. Een zeer belangrijke post in de warmtebalans is echter de warmtebehoefte van de gebouwen.

De energiehuishouding levert door het bovengenoemde een ander beeld op dan in de studie "Gistingsgas als energiebron". De netto besparing aan primaire energie voor TE-systemen is hier 203 kJ/i.e.d (ten opzichte van ca. 300 kJ/i.e.d) en voor PE-systemen slechts 89 kJ/i.e.d (ten opzichte van 315 kJ/i.e.d). De spreiding in de besparingen wordt sterk beïnvloed door de gasproductie en het krachttrendement.

- kosten

De gevonden praktijkwaarden resulteren in lagere waarden van de maximaal toegestane investeringen dan in de eerdere studie werden berekend. Voor TE-installaties is gemiddeld een maximaal toegestane investering bepaald van circa f 20,- per i.e. In de eerdere studie zijn hiervoor waarden bepaald van f 16,--/i.e. voor oxydatiebedden en f 29,--/i.e. voor actief-slibinstallaties. Voor PE-installaties zijn deze waarden respectievelijk f 14,--/i.e. voor het praktijkonderzoek en f 25,70/i.e. voor de studie "Gistingsgas als energiebron".

De investeringskosten per i.e. worden sterk beïnvloed door de belasting van de rwzi. Doordat vaak onderbelasting is geconstateerd liggen deze waarden dus aanzienlijk hoger dan in de eerdere studie. Door de lagere maximaal toegestane investeringen en de hogere werkelijke investeringskosten worden op de onderzochte TE-installaties in de meeste gevallen geen financiële besparingen bereikt, tenzij de werkelijke belasting gelijk of hoger is dan de ontwerpbelasting.

Bij PE-systemen is de besparing ook dikwijls niet aantoonbaar. Slechts in één grote installatie is duidelijk voordeel aanwezig.

12.2 Aanbevelingen

Ten aanzien van deze problematiek kunnen nog enkele aanbevelingen worden geformuleerd.

- de nieuwe ontwikkeling van (gedeeltelijke) elektriciteitsopwekking parallel aan het openbare net biedt de mogelijkheid tot een aanzienlijke beperking van de investeringskosten (geen eigen reserves) en het laten functioneren van de motoren op een hogere belastingsgraad ook bij ongunstiger omstandigheden; de besparingen zijn dien-tengevolge groter;
- te grote installaties leiden veelal niet tot besparingen. Zoveel mogelijk moet het installeren van (te veel) reservevermogen worden vermeden. Bij PE-installaties moet hierbij de rol van het reserveapparaat ten behoeve van beluchting zeer kritisch worden bekeken.
- Bij een combinatie gasmotor-blower kan het energetische voordeel van directe koppeling volledig verloren gaan door het lage krachtrendement van de gasmotor. Dit krachtrendement wordt des te lager naarmate de luchthoeveelheid door zuurstofsturing wordt teruggeregeld. Een nauwgezette analyse van deze karakteristieken is zeker nodig. Optimalisatie van het krachtrendement van gasmotoren is mogelijk door toepassing van meerdere eenheden, een discontinu bedrijf van de TE-installatie en een betere regeling.
- Verhoging van het warmterendement kan o.a. geschieden door rookgaskoeling toe te passen. Omdat de warmteproductie van de eigen energieopwekkingsinstallatie direct gekoppeld is aan de krachtproductie kan het zinvol zijn de warmtebehoefte te beperken, ondermeer door isolatie van gebouwen, betere temperatuurregeling of verlaging van de gistingstemperatuur, onder voorwaarde dat hierdoor de gistingsgasproductie niet wordt beïnvloed.

- een van de belangrijkste parameters in de afweging rond de toepassing van eigen energieopwekking is de gistingsgasproduktie. Vergroting van de gasproduktie moet vooral gezocht worden in een verdergaande afbraak van de organische stof. Mogelijkheden hiervoor, zoals optimalisatie van de indikkingsgraad, de gistings-temperatuur en -tijd, toevoeging van enzymen, beperking rotting in aanvoerleidingen dienen te worden onderzocht. Een beter inzicht in het gistingsproces kan leiden tot een verhoging van de gistingsgasproduktie en een rendabeler toepassing van eigen energieopwekking.

