

INSTITUUT VOOR TUINBOUWTECHNIEK

Dr. S.L. Mansholtlaan 10, Wageningen (Holland).

TOTAL ENERGY IN DE GLASTUINBOUW

## TOTAL ENERGY IN DE GLASTUINBOUW

Is een eigen elektriciteitsvoorziening voordelig?

The economic feasibility of on-site electric power generation

door

A.F.C. Verschuur

355

52



Publikatie 62

November 1970

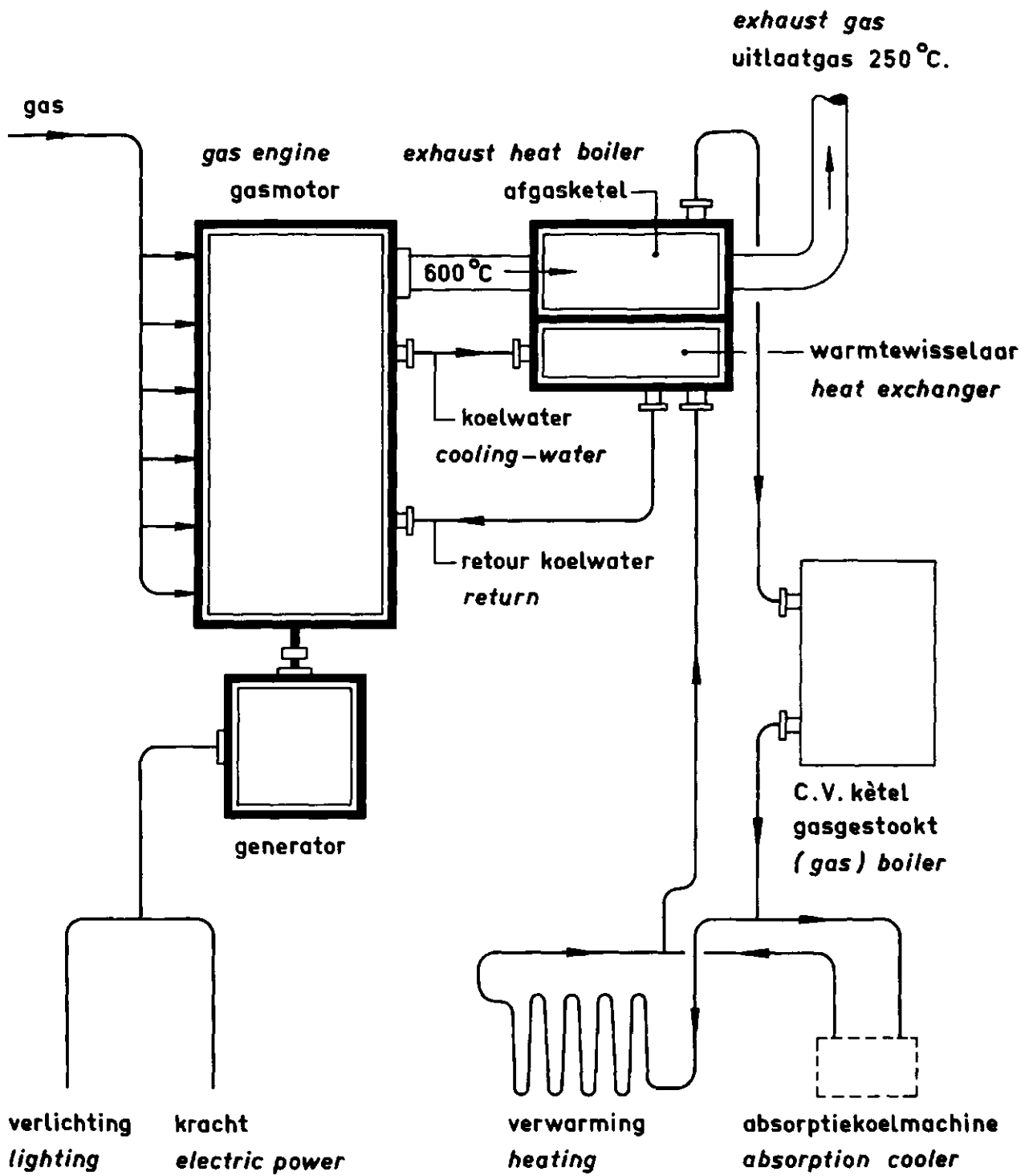
Prijs f 2,50

hm11590,62

405585

# INHOUD

	blz.
1. <u>Het "total energy"-systeem met toepassingsmogelijkheden in de glastuinbouw.</u>	5
1.1. Inleiding	5
1.2. "Total energy"	5
1.3. Glastuinbouw	6
1.4. De installatie	6
1.5. Energieverdeling	6
2. <u>Berekening voor een plantenopkweekbedrijf.</u>	7
2.1. Technische uitgangspunten	8
2.2. Economische facetten	9
2.3. Warmte-overcapaciteit	12
2.4. Besparing op verwarmingskosten	13
2.5. Kostenvergelijking	13
2.6. Opmerkingen	14
3. <u>Summary.</u>	15
4. <u>Literatuur.</u>	16



Principe van een gasmotor „total energy”-installatie  
*Principle of a gas engine total energy installation*

# 1. Het "total energy"-systeem met toepassingsmogelijkheden in de glastuinbouw

## 1.1. Inleiding.

Als energiebron voor verwarmingsdoeleinden is aardgas tegenwoordig zowel op technische als economische gronden zeer aantrekkelijk. Tevens is het een uitstekende en relatief goedkope brandstof voor de explosiemotor. Inhakend op de komst van aardgas op het tuinbouwbedrijf, de toenemende elektriciteitsbehoefte o.a. voor plantenbelichting en een waarschijnlijke verhoging (via de "brandstof-clausule") van de elektriciteitsstarieven i.v.m. de sterk gestegen brandstofkosten, is het nuttig de mogelijkheden van een eigen elektriciteitsvoorziening met aardgasmotoren eens nader te beschouwen.

## 1.2. "Total energy".

Met een zogenaamde "total energy"-installatie kan onder bepaalde omstandigheden voordeliger in de elektriciteitsbehoefte van het bedrijf voorzien worden dan bij afname via het openbare elektriciteitsnet. De oorzaak hiervan ligt in het te bereiken hoge thermisch rendement (70 - 75%) van de eigen installatie in vergelijking met dat van de centrale (ca. 35%). Door de vrijkomende warmte uit koelwater en uitlaatgassen voor een belangrijk deel terug te winnen is dit hoge rendement haalbaar. Deze warmte kan o.a. 's winters voor ondersteuning van de centrale verwarming benut worden en 's zomers gebruikt worden voor koeling d.m.v. een absorptiekoelaggregaat.

De belangrijkste factoren die de toepassingsmogelijkheden van een "total energy"-systeem bepalen zijn:

- Er dient een gelijktijdige (grote) behoefte aan elektriciteit en warmte te bestaan.
- Het aantal draaiuren per jaar moet groot zijn.
- De belasting mag niet te zeer fluctueren; het grote elektriciteitsverbruik moet gepaard gaan aan een relatief gering totaal vermogen van de installatie.

### 1.3. Glastuinbouw.

Bezien we bovenstaande voorwaarden, dan lijken de mogelijkheden in de glastuinbouw beperkt te zijn. Zelfs in het geval dat op enige schaal plantenbelichting wordt toegepast zal de gelijktijdige grote behoefte aan elektriciteit en warmte niet veel langer dan gedurende 4 maanden per jaar bestaan. Hierin ligt tevens een beperking opgesloten van het aantal draaiuren per jaar met een constante en hoge belasting. Buiten het belichtingsseizoen mag de "total energy"-installatie wel draaien met een lagere belasting, maar alleen als er ook behoefte aan warmte bestaat. De capaciteit moet echter vastgesteld worden op grond van een bepaald vermogen dat vrijwel constant gedurende lange tijd nodig is. Voor de fluctuerende elektriciteitsbehoefte die boven dat constante vermogen nodig is, kan men beter de z.g. huisaansluiting (tot ca. 20 kVA) op het centrale elektriciteitsnet behouden. In een dergelijk geval kan dan niet van een "total energy"-systeem gesproken worden. Uit het voorgaande blijkt dat een eigen elektriciteitsvoorziening voorlopig de beste kans heeft bij een opkweekbedrijf van jonge planten, waar plantenbelichting zich reeds als rendabel heeft gekenmerkt.

### 1.4. De installatie.

De elektrische energie (draaistroom, 50 Hz) wordt opgewekt door een generator, aangedreven door een aardgasmotor. Aan deze gasmotor is een warmtewisselaar gekoppeld (zie schema) waar het koelwater (max. 120°C) van de motor zijn warmte afstaat aan het retourwater van de verwarmingsinstallatie of aan een absorptiekoelaggregaat. Voor terugwinning van de warmte in de uitlaatgassen is in de afgasleiding van de motor een afgasketel aangebracht. Hiermee wordt de temperatuur van de uitlaatgassen van 600°C tot 250°C teruggebracht.

### 1.5. Energie-verdeling.

In het aardgasaggregaat wordt bij een belasting van 85% ongeveer 28% van de toegevoerde energie in elektriciteit omgezet. Van de totaal toegevoerde energie ziet de verdeling er (naar gegevens uit literatuur en van leveranciers) als volgt uit:

Energieverdeling  
Energy distribution

	<u>v/h totaal</u> produced	<u>waarvan benut</u> utilized
Mechanische energie Mechanical energy	30%	28% (elektrische energie) (electric energy)
Warmte in koelwater Heat radiated from the combustion area	30%	30%
Warmte in uitlaatgassen Heat in engine exhaust gases	30%	15%
Stralings- en wrijvingswarmte Radiated heat and friction losses	10%	-
	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 100%	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 73%

De elektriciteitsproduktie per toegevoerde  $m^3$  aardgas is 2,46 kWh of omgekeerd, om 1 kWh te produceren is bij de calorische onderwaarde van aardgas van  $7.560 \text{ kcal}/m^3$  een hoeveelheid van  $3.070 \text{ kcal} = 0,41 m^3$  aardgas nodig.

Uit de warmtebalans blijkt dat 45% van die  $3.070 \text{ kcal}$  (d.i.  $1.380 \text{ kcal}$ ) voor verwarming e.d. benut kan worden per geproduceerde kWh.

## ***2. Berekening voor een plantenopkweekbedrijf***

Het gebruik van kunstlicht voor plantenbestraling neemt bij opkweekbedrijven steeds grotere vormen aan. Vaak doen zich hierbij moeilijkheden voor, n.l. als het aansluitvermogen verzaamd dient te worden. Dit vereist dan een nieuwe kabel tot het dichtstbijzijnde transformatorstation, ofwel een eigen transformatorstation op het bedrijf. Betreft het een aansluitvermogen van bijvoorbeeld 140 kVA, dan wordt een bedrag variërend van f 8.000,-- tot f 20.000,-- voor aansluitvergoeding door het electriciteitsbedrijf aan de

tuinder in rekening gebracht (afhankelijk van de situatie ter plaatse en van het betrokken elektriciteitsbedrijf). Hiermee is een van de belangrijkste aanleidingen tot de hierna volgende vergelijking van de kosten van "total energy" en centrale elektriciteits-levering aangeduid.

Hoewel het variabel stellen van de belangrijkste kostencomponenten tot een beter gefundeerde conclusie kan leiden, zullen wij ons hier beperken tot de uitwerking van één voorbeeld.

### 2.1. Technische uitgangspunten.

- Het glasoppervlak van het als voorbeeld gebruikte plantenopkweekbedrijf bedraagt  $5.200 \text{ m}^2$ , verwarmd door een centrale (warm water) verwarming.

Als brandstof is reeds aardgas in gebruik.

- Overwogen wordt plantenbelichting voor groeibevordering toe te passen. Aan de hand van de vereiste bestralingssterkte voor de gewassen in dit bedrijf is een belichtingsinstallatie ontworpen met toepassing van een bepaald lamptype en armatuur, met een bruto lampvermogen (lamp + verbruik voorschakelapparaten) van  $40 \text{ Watt/m}^2$ .  
- Van het glasoppervlak wordt  $5.000 \text{ m}^2$  met belichtingsapparatuur uitgerust (hier zijn verschillende praktijkvoorbeelden van). De benutting van het areaal is zodanig, dat gemiddeld 85% van de belichtingscapaciteit aangewend zal worden.

- Het totaal geïnstalleerd elektrisch vermogen van de belichtingsinstallatie is  $5.000 \text{ m}^2 \times 40 \text{ W/m}^2 = 200 \text{ kW}$ . Het lijkt verstandig met het oog op het aantal bedrijfsuren van de eventueel aan te schaffen aardgasmotor (of rekening houdend met de aansluitvergoeding aan het elektriciteitsbedrijf), de oppervlakte in twee gedeelten per etmaal te belichten. Het continue vermogen van de generator van de "total energy"-installatie behoeft dan niet meer dan 125 kVA (100 kW bij  $\cos \emptyset 0,8$ ) te zijn; de normale huisaansluiting voor de verwarmingsapparatuur e.d. blijft behouden. Het starten van een installatie met TL- of hogedrukkwiklampen wordt mogelijk gemaakt door het hogere "standby" vermogen van het aggregaat eventueel in combinatie met inschakeling van de lampen in groepen.

- Als gemiddelde belichtingsduur voor het gehele oppervlak is 9

uur/etmaal aangehouden, waarbij rekening is gehouden met gebruik van de installatie tijdens zwaar bewolkte dagen buiten de normale belichtingsuren.

- Het aantal bedrijfsuren per jaar van de "total energy"-installatie komt bij een belichtingsperiode van 4 maanden (november t/m februari) op  $120$  (dagen)  $\times$   $9$  (uur/etmaal)  $\times$   $2$  (kasgedeelten) =  $2.160$  uur.

- Het totaal aan geproduceerde kilowatt-uren per jaar bij een gemiddelde belasting van de aardgasmotor van 85% is  $2.160$  (uur)  $\times$  (85% van 100 kW) =  $183.600$  (kWh).

- Het aardgasverbruik van de gasmotor is  $\frac{183.600}{2,46} = 74.630 \text{ m}_0^3$ .

- Het aanwezige noodstroomaggregaat kan bij aanschaf van een "total energy"-installatie verkocht worden. Bij een storing in de centrale elektriciteitslevering kan n.l. de "total energy"-installatie de verwarmingsapparatuur e.d. van elektriciteit voorzien. Moet hiervoor de belichting geheel of gedeeltelijk gedurende een nacht uitvallen, dan is dit niet zo bezwaarlijk, omdat de planten minder kritisch reageren op aanvullende belichting dan bijvoorbeeld op de temperatuur. Hetzelfde geldt in het geval dat het aardgasaggregaat voor korte duur defekt zou raken.

- De capaciteit van de verwarmingsketel is  $1.300.000$  kcal/h; het brandstofverbruik komt per jaar gemiddeld op  $110 \text{ m}_0^3$  aardgas per  $\text{m}^2$  kasoppervlak.

## 2.2. Economische facetten.

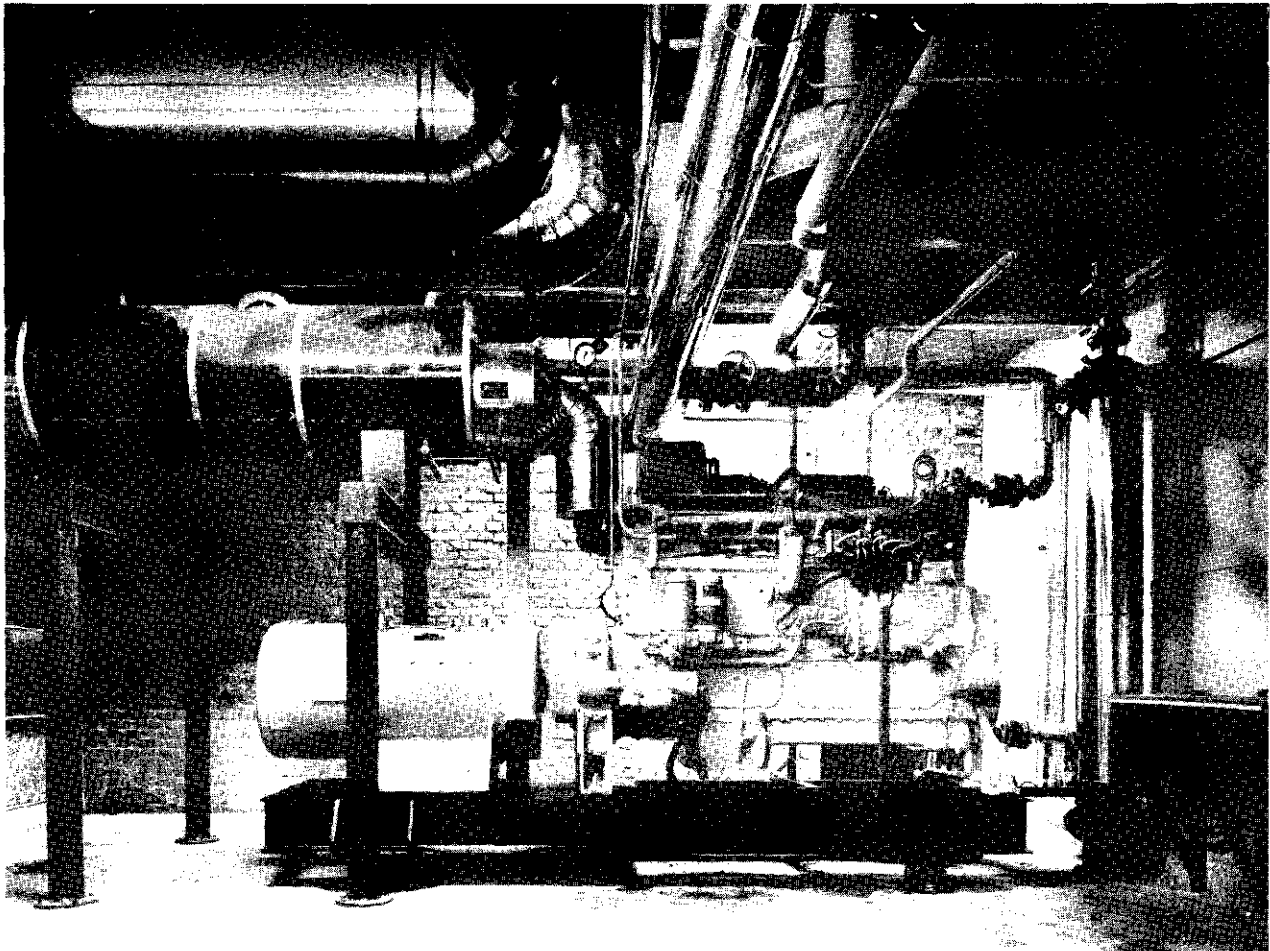
- Om een redelijke indruk te krijgen van de aanschaffingsprijs van een "total energy"-installatie, is bij enige leveranciers informatie ingewonnen, waaruit blijkt dat voor een installatie van 125 kVA, als gemiddelde, een investering van f 55.000,-- (excl. B.T.W.) aangehouden kan worden. Dit betreft de prijs voor een installatie compleet met startapparatuur, warmtewisselaar, afgasketel, schakelpaneel, gasstraat, isolatie, opstelling en montage.

- Bouwkundige voorzieningen: I.v.m. de ruimte die nodig is voor de installatie (plus werkruimte eromheen), ca.  $15 \text{ m}^2$ , waarop het ketelhuis niet was berekend, projecteren we naast het ketelhuis een apart gebouwtje van dezelfde constructie. De investering hiervoor is te stellen op f 3.000,-- (excl. B.T.W.). De ruimte moet vol-



Aardgasmotor en generator (200 kVA) met linksboven de afgasketel en rechts de warmtewisselaar.

Natural gas engine with generator (200 kVA) and heat recovery equipment.



doende geventileerd worden in verband met de benodigde luchtaanvoer voor de gasmotor en voor de afvoer van de stralingswarmte.

- Kosten van afschrijving. Als technische levensduur voor de "total energy"-installatie wordt 70.000 gebruiksuren of 20 jaar opgegeven. Aangezien er echter een (on-)zekere mate van economische slijtage zal optreden, stellen we de gebruiksduur op 10 jaar.

Factoren die invloed kunnen hebben op de gebruiksduur zijn: het aardgastarief, de elektriciteitstarieven, de investering en het rendement van toekomstige "total energy"-systemen, de ontwikkeling in het elektriciteitsverbruik en tenslotte de opbrengstwaarde van de installatie (of een deel daarvan) buiten het bedrijf.

De restwaarde na 10 gebruiksjaren stellen we op 15% van de aanschaffingsprijs; de onderdelen zijn immers in of buiten de tuinbouw goed aanwendbaar als noodstroomaggregaat of krachtmotor (eventueel na ombouw op LPG of dieselolie).

- De technische prestaties zullen gedurende de gebruiksduur vrijwel constant zijn (in kW en kcal); het onderhoud kan ruimschoots vóór het belichtingsseizoen plaatsvinden, zodat de bedrijfszekerheid groot is.

- De kosten van rente. Een nominale rentevoet van 8% wordt gehanteerd bij de berekening.

- Onderhoud. De kosten van onderhoud, service en toezicht zijn betrekkelijk gering. Als gemiddelde wordt in dit geval 0,7 cent per kWh genomen.

De kosten zijn samengesteld uit:

- smeerolie verversen, smeeroliefilters en olieverbriuk;
- ontsteking, periodiek vervangen van de bougies;
- luchtfilters, periodiek vervangen van elementen;
- toezicht.

Verder:

- na ruim 5.000 bedrijfsuren een controle-beurt;

- na 30.000 bedrijfsuren revisie; hier komt de tuinder in het geheel niet aan toe met ruim 2.000 bedrijfsuren/jaar.

- Stalling. De kosten hiervan (afschrijving, rente en onderhoud) worden geraamd op 12% van de aanschaffingsprijs. Aangenomen is dat het bouwsel bij het eventueel afstoten van de "total energy"-

installatie een alternatieve aanwending heeft.

- Aardgastarief. Al eerder heeft de kweker gekozen voor aardgas als brandstof voor de verwarmingsinstallatie. Het vastrecht en de kosten van aansluiting komen volledig op rekening van de verwarming.

De aardgasafname voor de verwarming (excl. warmteterugwinning gasmotor) bedraagt in ons voorbeeld gemiddeld  $5.200 \times 110 \text{ m}_0^3/\text{m}^2 = 572.000 \text{ m}_0^3$  per jaar.

Voor de gasmotor geldt een brandstofprijs, rekening houdend met de reductie van  $0,45 \text{ ct}/\text{m}_0^3$  (boven  $380.000 \text{ m}_0^3$  afname) en tarief I van de Gasunie, van  $5,88 - 0,45 = 5,43 \text{ ct}/\text{m}_0^3$ .

- Elektriciteitstarief en kosten van aansluitrecht. De tarieven voor grootverbruikers lopen in de praktijk nogal uiteen, zodat de berekening opgezet wordt met kWh-kosten, inclusief vastrecht, van 5 ct, 7 ct en 9 ct. Hierbij dient bedacht te worden dat de belichting in twee opeenvolgende perioden per etmaal plaatsvindt (waarvoor halvering van het vermogen), zodat zowel in de goedkope nachturen als tijdens de duurdere daguren elektriciteit wordt afgenomen.

Een aansluitvergoeding, voor 140 kVA, van f 12.000,-- is een aanvaardbaar gemiddelde; meestal is dit slechts een deel van de investering die door de elektriciteitsmij. wordt gedaan.

Verband houdend met de economische slijtage is de gebruiksduur van de aansluiting op 10 jaar gesteld.

- Noodstroomaggregaat. Zoals opgemerkt kan het noodstroomaggregaat (in dit geval van 15 kVA) verkocht worden. De exploitatiekosten van deze apparatuur moeten bij de kosten van de centrale elektriciteitslevering opgeteld worden. Deze kosten (afschrijving, rente, onderhoud en stalling) zijn op f 750,--/jaar te stellen.

### 2.3. Warmte-overcapaciteit.

Als de "total energy"-installatie met een gemiddelde belasting van 85% in bedrijf is, komt er  $85 \text{ (kW)} \times 1.380 \text{ kcal}$  netto te benutten restwarmte vrij. Dit zou de indruk kunnen wekken dat de verwarmingsketel dus  $117.000 \text{ kcal/h}$  minder capaciteit zou behoeven te hebben. Dit is echter alleen juist als de motor ook buiten de belichtingsuren zou draaien; het zou dan ook nog mogelijk zijn om de

elektriciteit in warmte om te zetten.

Aangezien het rendement van een aardgasketel beduidend hoger ligt dan het thermisch rendement van de gasmotor, dient het doel elektriciteitsproduktie voor verlichting (en eventueel kracht) te zijn met als nevenprodukt warmte. Er is dus in het algemeen geen reden de teruggewonnen warmte als overcapaciteit van de verwarmingsinstallatie te zien.

#### 2.4. Besparing op verwarmingskosten.

Het aardgasequivalent van de totaal te benutten warmte is:

The equivalent in natural gas of totally recovered heat is:

$$\frac{183.600 \text{ kWh} \times 1380 \text{ kcal}}{90\% \text{ (ketelrendement) van } 7560 \text{ kcal/m}_0^3 \text{ (onderwaarde) (efficiency of boiler) (caloric value of gas)}} = 37.240 \text{ m}_0^3$$

#### 2.5. Kostenvergelijking.

De exploitatiekosten van de "total energy"-installatie zijn als volgt samengesteld:

The cost of operation of the total energy installation are composed as follows:

Afschrijving 10% (van f 55.000,-- minus restwaarde)	f 4.680,=
Depreciation 10% (of f 55.000,-- minus residual value)	
Rente 8% van $(\frac{100 + 15}{2})\%$ van f 55.000,--	- 2.530,=
interest 8% of $(\frac{100 + 15}{2})\%$ of f 55.000,--	
Onderhoud (183.600 kWh à 0,7 ct)	- 1.290,=
Maintenance (183.600 kWh à 0,7 ct)	
Stalling (afschrijving, rente, onderhoud) 12% v. f3000,=	- 360,=
Housing (depreciation, interest, maintenance) 12% of f 3.000,=	
Totaal brandstofverbruik (74.630 m <sub>0</sub> <sup>3</sup> à 5,43 ct)	- 4.050,=
Total fuel consumption ( " " " )	
Totale kosten (total costs)	f 12.910,=
Besparing op verwarmingskosten (37.240 m <sub>0</sub> <sup>3</sup> à 5,43 ct)	- 2.020,=
Savings on heating cost ( " " " )	
Uiteindelijke exploitatiekosten (Balance, cost of operation)	f 10.890,= =====

Als het aardgastarief met 0,5 ct/m<sup>3</sup> wordt gewijzigd, dient er een correctie van slechts f 190,-- op de uiteindelijke exploitatiekosten te worden toegepast.

Bij afname van de energie van een elektriciteitsbedrijf zijn de totale kosten bij een energieprijs, inclusief vastrecht, van:  
 Total costs of electricity, obtained from the public power network, per annum for different prices per k.-hour (incl. fixed charge):

	<u>5 ct/kWh</u>	<u>7 ct/kWh</u>	<u>9 ct/kWh</u>
Afname 183.600 kWh	f 9.180,=	f 12.850,=	f 16.520,=
Consumption 183.600 k.-hours			
Afschrijving en rente v/d aansluitvergoeding	- 1.680,=	- 1.680,=	- 1.680,=
Depreciation and interest of the charge of installation			
Exploitatiekosten noodstroom-aggregaat	- 750,=	- 750,=	- 750,=
Operation cost of the standby generator			
Totale kosten (total costs)	<u>f 11.610,=</u>	<u>f 15.280,=</u>	<u>f 18.950,=</u>
Af:			
Subtract:			
Exploitatiekosten v.d. total energy-installatie	- 10.890,=	- 10.890,=	- 10.890,=
Operation cost of the total energy installation			
Jaarlijks voordelig saldo van "total energy"	<u>f 720,=</u>	<u>f 4.390,=</u>	<u>f 8.060,=</u>
Annual savings for "total energy"	=====	=====	=====

## 2.6. Opmerkingen.

Met een relatief gering aantal bedrijfsuren blijkt "total energy" toch reeds in vergelijking met een kWh-prijs (incl. vastrecht) vanaf 5 ct in het voordeel te zijn.

Een betere benutting van de installatie levert grotere voordelen op. Als het aggregaat bijvoorbeeld, met een redelijke belasting, 50.000 kWh méér per jaar zou leveren, wordt het totaal voordeel voor "total energy" (met 5 ct, 7 ct en 9 ct/kWh vergeleken) resp. f 2.320,--. f 6.990,-- en f 11.660,--. Bij een verbruik van

183.600 kWh zijn de kWh-kosten voor de "total energy"-installatie  $\frac{f\ 10.890,--}{183.600} = 5,93$  ct; bij 50.000 kWh méér komen de (extra) kosten op slechts 1,8 ct/kWh.

Gebleken is dat de aardgasprijs van weinig invloed is op de resulterende kosten van het "total energy"-systeem.

De totale méér-investering voor de installatie is: f 55.000,-- (installatie) + f 3.000,-- (bouwkundige voorzieningen) - f 12.000,-- (aansluitvergoeding) = f 46.000,--, waarop de opbrengstwaarde van het noodstroomaggregaat nog in mindering gebracht moet worden.

"Total energy" blijkt uit exploitatiekosten-overwegingen een aantrekkelijk alternatief te kunnen zijn voor de elektriciteitsvoorziening. Althans bij een flink verbruik, hetgeen impliceert dat de toepassingsmogelijkheden in de glastuinbouw vooralsnog beperkt zijn.

### 3. Summary

#### Total energy in glasshouse horticulture.

The economic feasibility of on-site electric power generation.

Recent price changes made natural gas the most economic fuel for heating purposes in glasshouse horticulture. This, and the fact that plant irradiation with artificial light is on the increase (mainly on specialised young-plant nurseries), and with it the consumption of electric energy, led to a study of the economics of total energy systems for use on plant nurseries.

The principle of total energy is on-site generation of electric power by means of an engine with generator whereby the emitted heat of the engine is recovered to a large extent. Although this may be realised with several fuels only natural gas is considered, because the price is relatively low, provided it is also used for heating. It is technically possible to recover  $\pm 75\%$  of the heat in engine exhaust gases and heat radiated from the combustion area, using a heat exchanger (overall efficiency of a total energy installation 70 - 75%).

Important conditions are:

- a simultaneous demand for heat and electricity,
- a large number of operation hours,
- the total consumption of electric energy must be large in relation to the installed power.

The economics of a total energy installation of 125 kVA are compared with the cost of public supply of electricity. This capacity is adequate for a young-plant nursery with an installation for plant irradiation covering 5000 m<sup>2</sup> at 40 Watt/m<sup>2</sup> and a total number of operation hours of  $\pm$  2000 per year.

It appears that total energy is competitive at a public supply price of f 0,05/k.-hour (including fixed charge) and more. It is interesting that the (extra) cost for an additional consumption of 50.000 k.-hours is only f 0,018/k.-hour.

Capital outlay for this total energy installation is about f 58.000,--. Extra investments in comparison with public supply are smaller as for this capacity a charge of installation of f 12.000,-- is quite normal and a standby generator is necessary for the heating installation.

It is concluded that a total energy installation can be economically attractive for certain young-plant nurseries, but the number of holdings for which this is the case is not very large yet.

#### 4. Literatuur

1. Balk, L.H., "Total Energy", Gas april 1969.
2. Egberts, J.V., Verbrandingsmotoren voor aardgas, De Ingenieur nr. 14, 1964.
3. Leyendeckers, P.H.H., Liebeek, A. en Peters, L.J.M., Total energy, Gas, april 1970.
4. Overdijkink, G., Total energy in de praktijk, Gas, februari 1970.
5. Someren Gréve, E.H. van, "Total energy in de praktijk", Gas, mei 1970.
6. Spee, G., Totale energievoorziening met behulp van aardgas, Het Gas, sept. 1964.
7. Vissia, R. en Verschuur, A.F.C., De kosten van kunstlicht voor plantenbestraling, publikatie 32 I.T.T. Wageningen, aug. 1968.