

Ex-post evaluatie van een gasmotorwarmtepomp op een glastuinbouwbedrijf

Martijn van Haastert

Projectcode 64365

December 2000

Rapport 3.00.11

LEI, Den Haag

Het LEI beweegt zich op een breed terrein van onderzoek dat in diverse domeinen kan worden opgedeeld. Dit rapport valt binnen het domein:

- Wettelijke en dienstverlenende taken
- Bedrijfsontwikkeling en concurrentiepositie
- Natuurlijke hulpbronnen en milieu
- Ruimte en Economie
- Ketens
- Beleid
- Gamma, instituties, mens en beleving
- Modellen en Data

Ex-post evaluatie van een gasmotorwarmtepomp op een glastuinbouwbedrijf
Haastert, Martijn van
Den Haag, LEI, 2000
Rapport 3.00.11; ISBN 90-5242-629-5; Prijs f 22 (inclusief 6% BTW)
47 p., fig., tab., bijl.

In opdracht van Novem en het Productschap Tuinbouw is een ex-post evaluatie uitgevoerd naar de perspectieven van een gasgestookte warmtepomp in de glastuinbouw. Het onderzoek is gebaseerd op technische gegevens van een warmtepomp die gedurende 13 jaar op een glastuinbouwbedrijf heeft gefunctioneerd. Het onderzoek geeft weer welke terugverdientijden gerealiseerd zijn en wat het perspectief van deze warmtepomp is bij een gewijzigde tariefstelling van aardgas (Commodity Diensten Systeem).

Uit het onderzoek blijkt dat de opbrengsten van de geëvalueerde warmtepomp niet de kosten kunnen dekken. Liberalisering van de aardgasmarkt zal een gasgestookte warmtepomp in de toekomst nog minder snel rendabel maken. Dit laat onverlet dat andere typen warmtepompen in de toekomst rendabel kunnen zijn.

Bestellingen:

Telefoon: 070-3358330

Telefax: 070-3615624

E-mail: publicatie@lei.wag-ur.nl

Informatie:

Telefoon: 070-3358330

Telefax: 070-3615624

E-mail: informatie@lei.wag-ur.nl

© LEI, 2000

Vermenigvuldiging of overname van gegevens:

- toegestaan mits met duidelijke bronvermelding
- niet toegestaan



Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO-NL) van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Midden-Gelderland te Arnhem.

Inhoud

	Blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1. Inleiding	11
1.1 Algemeen	11
1.2 Warmtepomp	12
1.3 Praktijkevaluatie	12
1.4 Doelstellingen	13
1.5 Opbouw rapport	13
2. Materiaal en methoden	14
2.1 Algemene gegevens kwekerij in kwestie	14
2.2 Principe warmtepomp	14
2.3 Algemene gegevens warmtepomp	15
2.4 Berekening vooraf	17
2.5 Methode evaluatie	17
2.6 Aangehouden uitgangspunten	18
3. Evaluatie praktijksituatie	19
3.1 Energiegebruik en energieproductie	19
3.2 Energiebesparing	19
3.3 Equivalentieprijs en terugverdientijd	21
3.4 Gevoeligheden	22
3.5 Storingen	23
4. Warmtepomp en liberalisering	25
4.1 Liberalisering	25
4.2 Rol warmtepomp	25
4.3 Gaskosten bij gebruik warmtepomp na liberalisering	26

	Blz.
5. Nieuwe ontwikkelingen warmtepomp	29
5.1 Praktijkontwikkelingen	29
5.2 Subsidie	29
5.3 Storingsgevoeligheid	30
5.4 Toepassing van een warmtepomp	30
6. Conclusies en aanbevelingen	32
6.1 Conclusies	32
6.2 Aanbevelingen	32
Literatuur	35
Bijlagen	
1 Gegevens gas en elektra	37
2 Besparing gas en elektra	39
3 Gas- en elektriciteitsprijzen	41
4 Berekeningswijze rendementen	42
5 Berekeningswijze equivalentieprijzen	44
6 Berekeningswijze terugverdientijden	46
7 Inpassing warmtepomp	47

Woord vooraf

De Nederlandse overheid heeft in 1993 samen met de glastuinbouwsector de MeerJarenAfspraak - Energie getekend. Hierin staat een doelstelling ten aanzien van het verbeteren van de energie-efficiëntie. In de periode 1980-2000 moet de energie-efficiëntie verbeterd zijn met 50%. In het Convenant Glastuinbouw en Milieu is voor het jaar 2010 de doelstelling 'verbetering van de energie-efficiëntie met 65% ten opzichte van 1980' opgenomen.

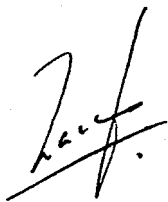
In de Derde Energienota (1995) wordt ten aanzien van de inzet van duurzame energie een doelstelling beoogd van 10% van het nationaal energiegebruik in 2020. Voor de glastuinbouw is in het Convenant Glastuinbouw en Milieu uitgegaan van 4%. Het Actieprogramma Energiebesparing van 1999 noemt een warmtepomp als één van de belangrijkste opties deze doelstellingen met betrekking tot duurzame energie te bereiken.

In opdracht van de Novem heeft het LEI onderzoek gedaan naar de perspectieven van een gasgestookte warmtepomp in de glastuinbouw. Hierbij is een warmtepomp, die gedurende 13 jaar op een glastuinbouwbedrijf heeft gefunctioneerd, als uitgangspunt gebruikt. Er is gekeken met behulp van de resultaten van deze warmtepomp en eventuele nieuwe ontwikkelingen naar de mogelijkheden voor de toepassing van een warmtepomp in de toekomst. De tuinder, eigenaar van de geëvalueerde gasmotorcompressiewarmtepomp, wordt dan ook van harte bedankt voor zijn medewerking aan dit onderzoek.

Naast de in dit rapport geëvalueerde gasmotorcompressiewarmtepomp zijn er andere soorten warmtepompen, zoals absorptiewarmtepompen. Uit verschillende bronnen blijkt dat deze warmtepompen potenties hebben voor een bredere toepassing in de glastuinbouw. Dit verdient dan ook nader onderzoek.

Het onderzoek is uitgevoerd door M.J.C. van Haastert, met inhoudelijke ondersteuning van A.P. Verhaegh, W.H.M. Baltussen en O. Hietbrink. Het onderzoek is vanuit de opdrachtgevers begeleid door C.H.M.G. Custers (Novem) en M. Stallen (Productschap Tuinbouw).

De directeur,



Prof.dr.ir. L.C. Zachariasse

Samenvatting

In de periode 1985 - 1998 heeft op een komkommerbedrijf een goed ingepaste gasgestookte warmtepomp gefunctioneerd. Deze warmtepomp heeft in deze periode ruim 2,1 miljoen m³ gas bespaard (dit komt neer op ongeveer 170.000 m³ per jaar oftewel 9% van het totale jaarverbruik). Omdat er op de warmtepomp ook een generator was aangesloten, bespaarde de warmtepomp ook elektriciteit: ruim 1,3 miljoen kilowattuur (110.000 kWh, oftewel 34% per jaar). Deze cijfers kennende is het dan ook geen verrassing dat de overheid de warmtepomp als één van de mogelijkheden ziet om de doelstelling met betrekking tot duurzame energie te behalen. Deze doelstelling is voor de glastuinbouw vastgesteld op een inzet van duurzame energie van 4% van het totale energiegebruik in 2010.

Ondanks de genoemde besparingen van energie wordt de warmtepomp in de glastuinbouw nog steeds weinig toegepast. Reden hiervoor is de mislukking van de introductie van een goed functionerende warmtepomp in de jaren 80. In die jaren waren de werkelijke prestaties van de warmtepomp lager dan de verwachte prestaties. De bedrijfseconomische kosten van de warmtepomp waren in veel gevallen hoger dan de werkelijke opbrengsten. De vraag rijst waarom de bovengenoemde warmtepomp gedurende 13 jaar heeft gedraaid. Omdat de warmtepomp toch moest worden afgeschreven heeft de tuinder besloten de warmtepomp te laten draaien zolang de jaarlijkse onderhoudskosten lager waren dan de jaarlijkse besparingen op energiekosten. De uitgaven aan onderhoud waren lager dan de besparingen. Achteraf blijkt dat de warmtepomp in 10,5 jaar is terugverdiend. In 1998 de warmtepomp buiten gebruik gesteld vanwege te veel technische storingen.

Interessant is na te gaan welke factoren de rentabiliteit van de warmtepomp beïnvloeden. De betreffende warmtepomp kende een onderhoud ter grootte van 8% van het investeringsbedrag. Dit is een vrij hoog percentage. Bij een vermindering van de onderhoudskosten met 10%, zou de warmtepomp in 9,4 jaar zijn terugverdiend. Daarnaast is de investering in een warmtepomp erg groot. Wanneer deze 10% lager zou zijn, zou de warmtepomp in 9,2 jaar zijn terugverdiend. Een prestatieverhoging van 10% zou betekenen dat de warmtepomp in 8,6 jaar zou zijn terugverdiend.

Door de liberalisering van de energiemarkt komen energiebesparende opties als de warmtepomp in een ander licht te staan. Na de liberalisering zal de samenstelling van de gasprijs wijzigen. Doordat de warmtepomp in basislast wordt ingezet zal de gasprijs, voor het gas dat voor de ketel nodig is, stijgen ten opzichte van de situatie dat alleen de verwarmingsketel wordt gebruikt. Na liberalisering van de aardgasmarkt is het voordeel in de aardgaskosten door de energiebesparing kleiner waardoor de terugverdientijd van de warmtepomp langer wordt. In de situatie na liberalisering van de gaswet zal de terugverdientijd 14,7 jaar zijn. Deze terugverdientijden zijn niet aantrekkelijk om te investeren (grens is doorgaans 5 jaar). Toepassing van een gasmotorwarmtepomp in de glastuinbouw zal waarschijnlijk volledig buiten beeld raken.

Naast politieke ontwikkelingen hebben er ook technische ontwikkelingen op het terrein van warmtepompen plaatsgevonden. Of en in welke mate deze pompen aantrekkelijk zijn voor toepassing in de glastuinbouw is in deze studie niet nagegaan.

1. Inleiding

1.1 Algemeen

De nationale overheid heeft de terugdringing van CO₂-uitstoot hoog op de agenda staan. Om dit te verwezenlijken heeft het ministerie van Economische Zaken in 1996 de Derde Energienota uitgebracht. In deze nota is een doelstelling voor de toepassing van duurzame energie opgenomen. Deze doelstelling voor 2020 omvat een bijdrage van duurzame energie in het nationaal energiegebruik van 10%. Voor de land- en tuinbouw is voorzien dat zij, uitgaande van het praktisch potentieel, ongeveer 5,6 PJ aan duurzame energie in 2010 voor hun rekening nemen. Dit zal afhankelijk zijn van de gasprijs die dan geldt (De Lange et al., 1998).

Naast de doelstellingen ten aanzien van de inzet van duurzame energie heeft de sector glastuinbouw en de Nederlandse overheid in de MeerJarenAfspraak - Energie (1993) doelstellingen opgenomen ten aanzien van de verbetering van de energie-efficiëntie. De energie-efficiëntie wordt gedefinieerd als het primair brandstofverbruik per eenheid product. In de periode 1980-2000 dient de glastuinbouw een verbetering te hebben gerealiseerd van 50%. Deze doelstelling loopt door in het Convenant Glastuinbouw en Milieu (1997) tot een verbetering van 65% en een doelstelling van 4% duurzame energie op het totale energiegebruik in 2010. De gebruikte duurzame energie wordt als nul meegerekend in de totaal gebruikte energie (Energieflits, 2000) en kan dus helpen de doelstellingen te realiseren.

Voor het behalen van de doelstellingen voor de glastuinbouw wordt de warmtepomp als één van de belangrijkste duurzame opties gezien. Het Actieplan Energiebesparing 1999-2002 (1999) geeft aan dat de warmtepomp voor 2007 ongeveer een bijdrage van 50 PJ aan de nationale doelstelling moet leveren. Het rapport van De Lange et al. (1998) geeft aan dat de bijdrage van de warmtepomp in de te behalen doelstelling voor de glastuinbouw circa 2 PJ duurzame energie bedraagt. Dit is gelijk aan 35% van deze doelstelling van de glastuinbouw.

Nader onderzoek naar de inpassingmogelijkheden op praktijkniveau en economische perspectieven van de warmtepomp is dan ook nodig. In tegenstelling tot vele andere duurzame energieopties heeft de warmtepomp al een verleden in de glastuinbouw. Met behulp van de opgebouwde kennis uit het verleden en de ontwikkelingen tot heden kan worden onderzocht of er technische en/of economische perspectieven voor de warmtepomp zijn om zijn plaats te heroveren in de glastuinbouw.

1.2 Warmtepomp

Een warmtepomp is zoals gezegd een duurzame energie optie die volgens verschillende onderzoeken een belangrijke bijdrage kan leveren aan het behalen van de doelstellingen van de overheid. Met een warmtepomp kan 'onbruikbare', laagwaardige energie van de omgeving (bijvoorbeeld water of lucht) naar een 'bruikbaar', hoogwaardig niveau worden gebracht met behulp van een relatief kleine hoeveelheid energie uit fossiele brandstof.

In de glastuinbouw hebben in de jaren 80 zo'n 40 à 50 gasgestookte warmtepompen opgesteld gestaan. Afhankelijk van de wijze waarop de warmtepomp wordt ingezet, is de functie van de warmtepomp (grond)koeling en/of verwarming, ontvochtiging en gekoppeld aan een generator kan de warmtepomp ook ingezet worden bij de elektriciteitsvoorziening. Dit laatste gaat echter wel ten koste van het rendement van de warmtepomp (Fonville et al., 1990).

Technische problemen, het niet voldoen aan de verwachte warmtedekking en een slechte rentabiliteit (onder andere door het dalen van de gasprijs) zijn de belangrijkste redenen waarom de warmtepomp uit de glastuinbouw is verdwenen (Mol, 1999).

Naast de genoemde technische redenen om de warmtepomp niet meer toe te passen speelt ook het imago van de warmtepomp een rol. Veel glastuinders hebben nog steeds een negatief beeld van de warmtepomp, dat gebaseerd is op eigen ervaringen, maar meestal op verhalen en artikelen in de vakliteratuur.

1.3 Praktijkevaluatie

Er is, zoals gezegd een warmtepomp, die in de jaren 80 is geplaatst en die tot 1998 heeft gedraaid. Deze warmtepomp is, samen met zeven andere, in 1985/1986 geïnstalleerde warmtepompen geëvalueerd. In het eindrapport van Fonville et al. (1990) wordt geconcludeerd dat het mogelijk is goed functionerende warmtepompen te installeren, maar dat de regeltechnische inpassing nog onvoldoende is. Het perspectief van de warmtepomp kan worden verbeterd door een lager investeringsniveau (bijvoorbeeld door subsidies), alsmede door gunstige technische ontwikkelingen.

Uit een eerder rapport (Benninga, 1987) is gebleken dat de warmtetechnische inpassing van de warmtepomp op het glastuinbouwbedrijf veel variatie vertoont. Daarnaast zijn er technische problemen opgetreden die bij een groot aantal, in die tijd, geïnstalleerde warmtepompen. Er is slechts één gasgestookte warmtepomp uit de jaren 80 die tot april 1998 heeft gefunctioneerd; een gasgestookte warmtepomp van het type water/water op een komkommerbedrijf.

Uit het onderzoek van Fonville et al. (1990) blijkt dat de warmtepomp in kwestie was aangesloten op een voldoende groot laagwaardig net. Het criterium van de ondernemer voor het buiten gebruik stellen was de verhouding tussen de onderhoudskosten en de besparingen.

1.4 Doelstellingen

De doelstelling van dit onderzoek is inzicht verschaffen in de perspectieven van de gasgestookte warmtepomp in de glastuinbouw. Als basis hiervoor wordt de enige warmtepomp die 13 jaar lang heeft gedraaid op een komkommerbedrijf gebruikt. Uit onderzoeken van 1987 en 1990 bleek dat deze warmtepomp een goed ingepaste warmtepomp was.

Door een evaluatie van deze warmtepomp wordt een beeld gegeven van de perspectieven van de goed ingepaste warmtepomp op een glastuinbouwbedrijf. Ook zal worden gekeken naar de situatie na de liberalisering van de energiemarkt.

Dit onderzoek kan een bijdrage leveren om alle alternatieven op energiegebied in kaart te brengen. De glastuinbouw krijgt zo een duidelijk overzicht van opties om te kunnen reageren op de nieuwe tariefstelling van aardgas en elektriciteit.

1.5 Opbouw rapport

In dit rapport wordt een evaluatie gemaakt van een warmtepomp die 13 jaar lang heeft gedraaid op een glastuinbouwbedrijf. Allereerst wordt het bedrijf en de warmtepomp op dat bedrijf beschreven (hoofdstuk 2) en wordt de berekening getoond, die voor de plaatsing van de warmtepomp is gemaakt. In hoofdstuk 3 wordt een evaluatie van die warmtepomp gemaakt en wordt bekeken hoeveel gas en elektriciteit bespaard is door de inzet van de warmtepomp. Aan het einde van dit hoofdstuk zijn de equivalentieprijzen van aardgas berekend om te laten zien bij welke gasprijs de warmtepomp economisch rendabel is. Daarnaast zullen terugverdientijden worden berekend en zal worden bekeken in welke mate zij afhankelijk zijn van onderhoud, investeringskosten en prestaties. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de rol van de warmtepomp na de voorziene liberalisering van de energiemarkt in 2004.

Tenslotte is in hoofdstuk 5 gekeken naar nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de warmtepomp, subsidieregelingen en voorwaarden voor gebruik van een warmtepomp.

2. Materiaal en methoden

Om de perspectieven van de gasgestookte warmtepomp te kunnen onderzoeken, wordt er met behulp van gegevens uit de praktijk bekeken hoe de warmtepomp de afgelopen jaren zich heeft gemanifesteerd op een glastuinbouwbedrijf. Hiervoor worden gegevens gebruikt die zijn verzameld bij het tuinbouwbedrijf in kwestie.

2.1 Algemene gegevens kwekerij in kwestie

De tuinder teelde in de periode 1985-1998 komkommers met in het najaar een herfsttomateenteelt (tot 1993). De oppervlakte van het bedrijf was in 1985 25.600 m². In 1988 werd het bedrijf uitgebreid tot 27.500 m². Kenmerken van de kwekerij staan weergegeven in tabel 2.1.

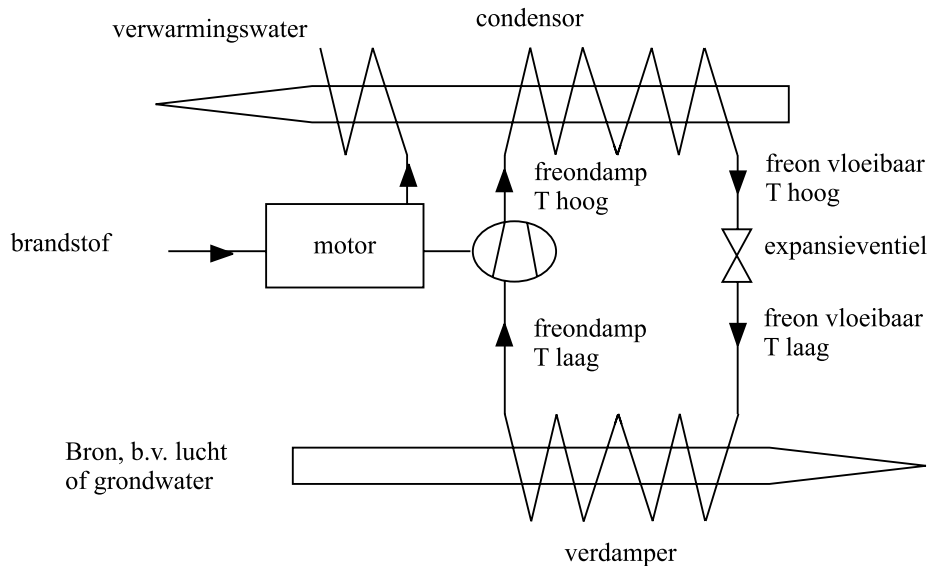
Tabel 2.1 Kenmerken van kwekerij in kwestie

Kwekerij	
Oppervlakte	25.600 m ³ 27.500 m ³
Bouwjaar kas	1970 en herbouwd 1988
Type	Venlo 6,40 m tralieliggers
Teelt	1985-1992: komkommers en herfsttomaten 1993-1998: komkommers komkommerteelt met eigen opkweek
Overige energiebesparende maatregelen	vast energiescherm combicondensor dubbel glas in gevel (tot 1988) hortiplus in gevel (vanaf 1988)
Verwarming hoogtemperatuurnet	5 buizen (51 mm) aanvoer temperatuur: 85°C retourtemperatuur: 55 - 60°C
laagtemperatuur net	6 slangen (21 mm tubyleen) aanvoertemperatuur: 45°C retourtemperatuur: 30°C

2.2 Principe warmtepomp

De warmtepomp is een apparaat dat warmte van een lage temperatuurniveau onttrekt aan een medium zoals water en lucht en op een hoger temperatuurniveau brengt, waarna het

kan worden afgegeven aan een ander verwarmingsmedium zodat het kan worden gebruikt voor de verwarming van kassen. Een warmtepomp maakt gebruik van het feit dat koelmiddelen, zoals freon, bij lage druk en temperatuur kunnen verdampen. Aan de hand van figuur 2.1 zal het principe van de werking van de warmtepomp worden beschreven.



Figuur 2.1 Schematische weergave van het werkingsprincipe van een warmtepomp

Vloeibare freon stroomt langs de verdamper, waar het door de (lage) temperatuur van de bron (lucht, grondwater) verdampt. De ontstane damp wordt met behulp van een motor samengeperst. Hierdoor stijgt de druk en daarmee de temperatuur van de damp. De hogere temperatuur van de damp zorgt in de condensor voor de opwarming van het verwarmingswater. De temperatuur van het verwarmingswater is ongeveer 45°C. De druk op de freon wordt door middel van een expansieventiel verlaagd, zodat de freon condenseert. Vanaf daar kan de cyclus opnieuw beginnen.

2.3 Algemene gegevens warmtepomp

Kenmerken van de warmtepomp in kwestie staan weergegeven in tabel 2.2. Van deze warmtepomp zijn diverse gegevens wekelijks genoteerd. Door verschillende redenen zijn niet alle gegevens per jaar bekend, maar deze kunnen met behulp van de overige gegevens worden benaderd.

Tabel 2.2 Kenmerken van de warmtepomp in kwestie

Warmtepomp	
Merk	Man gasmotor, York compressor
Type	Water/watersysteem
Type verdamper	badverdamper
Thermisch vermogen	1.042 kW
Soort brandstof	aardgas
Datum ingebruikstelling	08-01-1985
Generator	ja
Elektrisch vermogen generator	40 kW
Generator onafhankelijk van warmteproductie	nee
Installateur	Van de Hoeven
Leverancier	York International BV

De investering in de warmtepomp was relatief groot (tabel 2.3).

Tabel 2.3 Investerings in warmtepomp in 1985 in guldens (prijspeil 1985)

Investering	Uitgaven
Warmtepomp	f 310.000,-
Bron	f 43.000,-
Lage temperatuur net	f 73.000,-
Totaal	f 426.000,-

In 1985 was door de tuinder subsidie aangevraagd voor de inpassing van de warmtepomp in het bedrijf. De volgende instanties zegde een subsidie toe voor de kwekerij in kwestie (tabel 2.4).

Tabel 2.4 Subsidies voor de installatie van de beschreven warmtepomp verkregen van de verschillende instanties (prijspeil 1985)

Instantie	Subsidie	Regeling
Ministerie van Economische Zaken	f 49.236,00	WIR, aanwijzingsbeschikking energietoelage beschikking energiebesparende maatregelen van de glastuinbouw
Ministerie van Landbouw en Visserij	f 56.812,70	
Totaal	f 106.048,70	

2.4 Berekening vooraf

Het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij heeft in 1984 een berekening uitgevoerd om de haalbaarheid van de warmtepomp die geplaatst zou worden bij de kwekerij in kwestie te bepalen. In die berekening van het ministerie wordt uitgegaan van een besparing van 62 m^3 gas per draaiuur van de warmtepomp oftewel 434.000 m^3 gas per jaar. Bij een gasprijs van 45 cent en een geschatte aantal draaiuren van 7.000 per jaar kwam het Ministerie uit op een jaarlijkse besparing van f 195.300,-. Daarvan worden de onderhoudskosten à 30.000 gulden afgetrokken en de besparing van de elektriciteit door de generator opgeteld worden. De totale besparing zou uitkomen op f 187.700,- per jaar. De terugverdientijd zou zijn: $426.000/187.700 = 2,27$ jaar (Ministerie van landbouw en Visserij (Consulentschap voor de Tuinbouw Aalsmeer - Utrecht) in een brief aan de ondernemer, 4-7-1984)).

2.5 Methode evaluatie

De warmtepomp van de kwekerij in kwestie zal als volgt worden geëvalueerd. Gedurende de periode dat de warmtepomp heeft gefunctioneerd, zijn de volgende gegevens bijgehouden; gasverbruik warmtepomp en totaal; elektriciteitsverbruik warmtepomp en totaal; warmte- en elektriciteitsproductie warmtepomp; bronwatergebruik en aantal draaiuren warmtepomp. De totaal bespaarde hoeveelheid gas kan als volgt worden berekend:

Gasverbruik totaal - gasverbruik warmtepomp	=	gasverbruik ketel
Gasverbruik ketel * 32,4 (MJ/m ³)	=	warmteproductie ketel
Warmteproductie ketel + warmteproductie warmtepomp	=	totale warmteproductie
Totale warmteproductie/32,4 (MJ/m ³)	=	totaal benodigd gas
Totaal benodigd gas - gasverbruik totaal	=	totaal bespaard gas

De elektriciteitsbesparing wordt uitgerekend door de elektriciteitsproductie van de warmtepomp af te trekken van het elektraverbruik van de warmtepomp.

Vervolgens kan het rendement van de installatie worden berekend (bijlage 4).

Daarna wordt er gekeken wat de afschrijvingen en de rentekosten zijn. De afschrijvingen geschieden lineair, omdat de verwachting is dat de prestaties van de warmtepomp niet zullen afnemen. Omdat het hier een nacalculatie betreft, zal een afschrijfperiode worden gebruikt van de gehele levensduur (14 jaar). De opbrengsten (warmte en elektriciteit) zullen worden vergeleken met de som van afschrijvingen, rentekosten, onderhoudskosten en brandstofkosten. Daaruit wordt berekend wat het resultaat van de warmtepomp dat jaar was.

Vervolgens zal worden bekeken wat de equivalentieprijzen voor gas en elektriciteit zijn. Deze geven het punt weer waar de kosten van de warmtepomp gelijk zijn aan de opbrengsten van de warmtepomp. De kosten zijn bekend, dus kunnen de energieprijzen worden berekend waarbij de warmtepomp evenveel opbrengt als kost. De berekeningswijze van de equivalentieprijzen is weergegeven in bijlage 5. Ook wordt bekeken wat de terugverdientijd van de warmtepomp was. Een aantal factoren (prestaties, onderhoud en

investeringskosten) zijn gevarieerd om na te gaan wat hun invloed is op het financiële resultaat van de warmtepomp.

In hoofdstuk 4 zullen de gaskosten worden berekend voor de warmtepomp na de liberalisering van de gasmarkt. Hoewel het nieuwe tariefstelsel voor aardgas nog niet definitief is, zal het rapport een aantal voorlopige aanbevelingen doen. Dit wordt gedaan met behulp van het model (ontwikkeld door het LEI) dat te vinden is op de internetsite van het Productschap Tuinbouw (www.tuinbouw.nl). In dit hoofdstuk zal de rol van de warmtepomp worden besproken die zij kan vervullen na invoering van de nieuwe gaswet.

2.6 Aangehouden uitgangspunten

In de berekeningen die in dit rapport volgen zal er van de volgende uitgangspunten worden gebruikgemaakt. De uitgangspunten zijn de waarden per jaar.

Rente (7,5%)	<i>f</i>	12.000,-	
Afschrijvingen 14 jaar	<i>f</i>	23.000,-	
Onderhoudskosten	<i>f</i>	25.000,-	
Brandstofkosten WP	<i>f</i>	53.000,-	
Totale kosten WP	<i>f</i>	113.000,-	
Waarde geproduceerde energie WP	<i>f</i>	107.000,-	
Resultaat	<i>f</i>	-6.000,-	
Bespaarde gas		170.000	m ³
Bespaarde elektriciteit		110.000	kWh
Totaal gebruikte gas in situatie met WP		1.730.000	m ³
Totaal gebruikte elektra (net) in situatie met WP		218.000	kWh
Totaal gebruikte gas in situatie zonder WP		1.900.000	m ³
Totaal gebruikte elektra (net) in situatie zonder WP		328.000	kWh
Geproduceerde warmte door WP		12.200.000	MJ
Geproduceerde elektriciteit door WP		158.000	kWh
Gasverbruik WP		207.000	m ³
Elektriciteitsverbruik WP		48.000	kWh
Draaiuren WP		3.700	uur
Energieprijzen			
		Gasprijzen	Elektriciteitsprijzen
- voor liberalisering (2000)	<i>f</i>	0,280	<i>f</i> 0,13
- na liberalisering met WP	<i>f</i>	0,381 a)	<i>f</i> 0,13
- na liberalisering zonder WP	<i>f</i>	0,364 a)	<i>f</i> 0,13

Voor de jaren 1985-1998 gelden de gas- en elektriciteitsprijzen b) van het betreffende jaar (bijlage 3).

a) De gasprijs na de liberalisering met en zonder gebruik van een warmtepomp is bepaald in maart 2000 met behulp van de CDS rekenmethode die is weergegeven op de internetsite van het Productschap Tuinbouw (www.tuinbouw.nl). De energieprijzen na de liberalisering zullen in hoofdstuk 4 gebruikt worden; b) De elektriciteitsprijzen van na de liberalisering zijn nog niet bekend, daarom wordt aangehouden dat er geen verandering is in de elektriciteitsprijs.

3. Evaluatie praktijksituatie

3.1 Energiegebruik en energieproductie

In de periode van september 1985 tot april 1998 zijn wekelijks gegevens van het energiegebruik, energieproductie en het aantal draaiuren bijgehouden.

Het totale gasverbruik ligt op een vrij constant niveau van 1,75 miljoen kubieke meter gas met uitschieters in 1987, 1996 en 1998 van respectievelijk 2,05; 1,93 en 1,97 miljoen kubieke meter gas. 1987 en 1996 waren jaren waarin de buitentemperatuur in vergelijking met de andere jaren laag was (3.372 en 3.504 graaddagen tegen gemiddeld 3.000 graaddagen per jaar). In 1998 is de warmtepomp buiten gebruik gesteld, wat waarschijnlijk de stijging in gasverbruik verklaart. Het elektriciteitsverbruik van het bedrijf vertoont geen regelmaat (schommelt tussen de 123.000 en 295.000 kWh per jaar), maar met name in 1991 was het elektriciteitsverbruik erg laag (86.000 kWh). In dit jaar hebben zich veel storingen voorgedaan, wat misschien een verklaring zou kunnen zijn voor het lage elektriciteitsverbruik.

Een warmtepomp gebruikt gas voor het aandrijven van de compressor. Elektriciteit gebruikt de warmtepomp voor het oppompen van het bronwater en het aansturen van de generator. Het gas- en elektriciteitsverbruik alsmede de warmte- en elektriciteitproductie zijn afhankelijk van het aantal draaiuren. Het gasverbruik per draaiuur ligt op een vrij constant niveau van 56 m³ per draaiuur. In 1989 lag het verbruik op 48 m³ gas per draaiuur. Een verklaring hiervoor is onbekend. De eindproducten van de warmtepomp zijn warmte en elektriciteit. Omdat gegevens van de warmteproductie alleen in de jaren 1985, 1986, 1989 en 1990 bekend zijn is de warmteproductie van de overige jaren met behulp van het aantal draaiuren berekend. De gemiddelde warmteproductie van de genoemde jaren is 3,3 GJ per draaiuur. Per kubieke meter gas is dan de warmteproductie gelijk aan 59 MJ. Er wordt vanuit gegaan dat zowel de warmteproductie als de elektriciteitproductie per draaiuur op een constant niveau ligt.

De elektriciteitproductie van de warmtepomp is ook slechts van een aantal jaren bekend. De gemiddelde elektriciteitproductie per draaiuur is 43 kWh. Het gemiddelde elektriciteitsverbruik van de warmtepomp is daarentegen slechts 13 kWh.

Het totale rendement van de warmtepomp is 190%. Het rendement van de warmtepomp exclusief de generator ligt op 255%. De berekeningswijze van de rendementen zijn te vinden in bijlage 4. In bijlage 1 zijn de cijfers van het gas-, elektriciteit- en bronwaterverbruik alsmede de warmte- en elektriciteitproductie weergegeven.

3.2 Energiebesparing

Uit de gegevens kan de gas- en elektriciteitsbesparing worden berekend. Dit is gedaan in bijlage 2. Uit de tabel in bijlage 2 blijkt dat de warmtepomp circa 170.000 m³ gas per jaar

bespaart. Dit is gelijk aan 9% van het totale gasverbruik. Dit betekent bij een gasprijs van 28 cent per m³ een gasbesparing van f 1,73 per vierkante meter kasoppervlak.

Aan elektriciteit produceert de warmtepomp ongeveer 158.000 kWh (42% van het totaal verbruik). In 1991 (71%) lag dit op een veel hoger niveau, terwijl in 1995 slechts 20% van het totaal werd geproduceerd. De oorzaak hiervan is onbekend. Per vierkante meter kasoppervlak betekent de warmtepomp een elektriciteitsbesparing van ongeveer 77 cent.

Tegenover de opbrengsten van de warmtepomp staan de kosten. Deze bestaan uit rente (7,5%), afschrijvingen (over 14 jaar), het onderhoud en de brandstofkosten. De tuinder had een onderhoudcontract afgesloten voor een periode van 10 jaar voor f 30.000 per jaar. Dit onderhoudscontract was gebaseerd op een jaarlijks aantal draaiuren van 7.000. Het aantal draaiuren was echter in werkelijkheid veel lager (bijlage 1, tabel B1.2). Vanaf 1988 werden de onderhoudskosten bepaald door het aantal draaiuren van de warmtepomp. In tabel 3.1 zijn de kosten op een rijtje gezet. De waarde van de door de warmtepomp geproduceerde energie is de waarde van de geproduceerde warmte én de waarde van de geproduceerde elektriciteit op basis van het prijsniveau van het betreffende jaar.

Tabel 3.1 *Afschrijvingen, onderhoudskosten, brandstofkosten en de waarde van de geproduceerde energie van de warmtepomp in de periode 1985-1998 (prijspeil van de betreffende jaren)*

Jaar	Rente (7,5%) + afschrijving (f) b)	Onderhoud- kosten (f)	Brandstof- kosten (f)	Totale kosten (f)	Waarde ge- produceerde energie (f)	Resultaten (f)
1985	34.852	30.000	70.949	135.801	153.906	18.105
1986	34.852	30.000	62.910	127.761	133.258	5.497
1987	34.852	49.151 a)	45.341	129.344	96.119	-33.225
1988	34.852	21.021	47.407	103.280	91.623	-11.657
1989	34.852	19.182	35.366	89.400	84.646	-4.754
1990	34.852	28.007	67.503	130.362	137.538	7.176
1991	34.852	21.433	50.766	107.050	100.896	-6.154
1992	34.852	22.103	50.880	107.835	105.056	-2.779
1993	34.852	22.917	54.518	112.287	109.205	-3.082
1994	34.852	22.694	48.569	106.115	100.084	-6.031
1995	34.852	21.672	55.030	111.554	94.063	-17.491
1996	34.852	20.732	72.822	128.406	138.909	10.503
1997	34.852	32.574	56.106	123.532	119.848	-3.684
1998	34.852	6.813	21.118	62.783	41.941	-20.842
Totaal	487.928	348.299	739.286	1.578.020	1.507.093	-68.417
Gem. c)	34.852	23.234	53.119	113.560	107.090	-6.471

a) Onderhoudscontract inclusief extra onderhoudskosten door onderzoek naar storingen in het bronwatersysteem (totaal kosten onderzoek: f 38.302,-). Voor de helft werden deze kosten gefinancierd door een subsidie van NEOM; b) Rentekosten en afschrijvingen zijn jaarlijks respectievelijk f 11.998,- en f 22.854,-; c) Het gemiddelde is berekend over de jaren 1987-1997, omdat de gegevens in de andere jaren niet volledig waren.

Zoals blijkt uit tabel 3.1 was in een groot aantal jaren het financiële resultaat van de warmtepomp negatief. Gemiddeld werd er per jaar een verlies gemaakt van ruim f 6.000,-. In 1987 is er een dure aanpassing gedaan aan de installatie, waardoor het financiële resultaat van dat jaar sterk negatief was.

Als deze resultaten vergeleken worden met de berekening vooraf van het Consulent voor de Tuinbouw Aalsmeer-Utrecht dan is het volgende waar te nemen (tabel 3.2).

Tabel 3.2 *Vergelijking tussen de voorcalculatie van het Consulent voor de Tuinbouw Aalsmeer-Utrecht en de nacalculatie van dit rapport*

	Gasbesparing (m ³ /h)	Aantal draaiuren	Jaarlijkse besparing aardgas (m ³)	Kostenbesparing per vierkante meter (f/m ²)
Voorcalculatie	62	7.000	434.000	7,63
Nacalculatie	45,9	3.700	170.000	1,73

Het verschil tussen de voor- en nacalculatie is meer dan een factor 4. Dit heeft een duidelijk effect op de terugverdientijd, welke is berekend in de volgende paragraaf.

3.3 Equivalentieprijs en terugverdientijd

De equivalentieprijs is de gas- of elektriciteitsprijs waarbij de opbrengsten aan geproduceerde warmte of elektriciteit gelijk zijn aan de kosten van de warmtepomp (rente, afschrijvingen, onderhoud en brandstof). Omdat de elektriciteitsproductie qua energie maar een klein deel is van de totaal geproduceerde energie, wordt elektriciteit als bijproduct gezien en warmte als hoofdproduct. Dit betekent dat alle kosten worden toegerekend aan de warmteproductie en de elektriciteitsopbrengsten worden afgetrokken van de totale kosten.

Uitgaande van de eerder genoemde situatie kan een equivalentieprijs worden berekend van 24 cent per kubieke meter gas bij een afschrijfperiode van 14 jaar. Fonville (1990) berekende een equivalentie gasprijs bij een warmtepompinstallatie met een grote generator van 30 cent/m³. De uitgangspunten die hierbij zijn gebruikt zijn: 1.000 kW vermogen, 40 kW generator, rendement 220%, investering f 425.000,- en jaarlijks gasverbruik 70m³/m². De investeringskosten bij Fonville waren 25% hoger dan bij de geëvalueerde warmtepomp (dit als gevolg van niet verrekenende subsidies). Dit is het enige grote verschil met de in dit rapport geëvalueerde situatie.

Naast de equivalentieprijzen kan ook de terugverdientijd worden berekend met behulp van de uitgangspunten in paragraaf 2.7. Per draaiuur bespaarde de warmtepomp gemiddeld 45,9 m³ gas. Bij het aantal draaiuren van 3.700 per jaar, wordt er per jaar 170.000 m³ gas bespaard. Aan elektriciteit bespaart de geëvalueerde warmtepomp gemiddeld 110.000 kWh per jaar. Bij een bekende gas- en elektriciteitsprijs (respectievelijk 28 cent/m³ en 13 cent/kWh) is de besparing gemiddeld f 61.900,- per jaar. Daarvan moeten de onderhoudskosten à f 25.000,- worden afgetrokken. Hieruit volgt een resultaat van

f 36.900,- per jaar, waarmee de warmtepomp in $((\text{Investeringsbedrag} - \text{Subsidies})/\text{resultaat per jaar} = 320.000/36.900 =) 8,7$ jaar is terugverdiend. De subsidies worden meegenomen in de berekening, omdat wordt verwacht dat deze ook verkregen kan worden in de toekomst. De werkelijke terugverdientijd voor de geëvalueerde warmtepomp (inclusief subsidies en uitgaande van de werkelijke gas- en elektriciteitsprijzen in 1985-1998) was 10,5 jaar. Dit is veel langer dan de begrote terugverdientijd van 2,7 jaar die in paragraaf 2.4 is berekend. Dit verschil wordt veroorzaakt door een verschil begrootte draaiuren, gasprijs en onderhoudskosten per draaiuur.

3.4 Gevoeligheden

Interessant is te kijken wat de invloed van de verschillende factoren is op de rentabiliteit van een warmtepomp. Factoren die hierbij van belang zijn: prestaties, investering en onderhoud.

Wanneer de prestaties van de warmtepomp verbeteren met 10% (verhoging van de energieproductie), zal de equivalentieprijs voor gas op 26 cent per m^3 komen. De investering in een warmtepomp is groot. Wanneer de investeringskosten kunnen worden verlaagd met 10% zal ook de equivalentieprijs van gas dalen en wel tot 26 cent/ m^3 . In de volgende paragraaf wordt duidelijk dat zich gedurende de periode 1985-1998 veel storingen hebben voor gedaan. Wanneer deze storingen met 10% verminderd zouden kunnen worden, kunnen ook de onderhoudskosten met 10% dalen. In dat geval wordt de equivalentieprijs 28 cent/ m^3 .

Tabel 3.2 *Equivalentieprijs van gas bij meerdere situaties: huidige situatie, situatie bij verlaging onderhoud en investering en situatie bij verhoging van prestaties (in guldens)*

	Huidig	-10% onderhoud	-10% investering	+10% prestaties
Equivalentieprijs gas	0,29	0,28	0,26	0,26

Zoals uit het bovenstaande blijkt, zijn er weinig gevoeligheden. Ondanks een lage gevoeligheid voor een verlaging van de onderhoudskosten, is het belangrijk dat er een minder storingsgevoelige warmtepomp wordt ontwikkeld. Minder storingen leiden tot een verhoging van het aantal draaiuren, wat de prestatie zal verbeteren. Verlagen van het aantal storingen heeft dus een 'dubbel' effect. Dit dubbele effect is hierboven niet meegerekend.

Ook kan worden gekeken wat de gevoeligheden zijn als gekeken wordt naar de terugverdientijd (tabel 3.3).

Indirect verbonden met het de prestatie en het onderhoud is het aantal draaiuren. De terugverdientijd van de warmtepomp is redelijk sterk afhankelijk van het aantal draaiuren. Het blijkt dat wanneer het aantal draaiuren met 20% toeneemt dat de terugverdientijd met 20% afneemt. Echter om de warmtepomp in 5 jaar te hebben terugverdiend moeten er minimaal 6400 draaiuren zijn. Dit is niet reëel.

Tabel 3.3 Gevoeligheidsanalyse van terugverdientijden (in jaren) in situaties met verschillende gasprijzen, onderhoudskosten, investering en prestaties. Elektriciteitsprijs is in elke situatie 13 cent/m³

	Terugverdientijd	
	gasprijs in 1985-1998	huidige gasprijs (f 0,28)
Werkelijk	10,5	8,7
-10% onderhoud	9,4	8,1
+10% prestaties	8,6	7,4
-10% investering	9,2	7,8

Doorgaans wordt voor een investering een terugverdientijd aangehouden van 5 jaar, bij langere terugverdientijden wordt er niet snel geïnvesteerd vanwege onzekerheid over technologische ontwikkelingen enzovoort. De doorgerekende warmtepomp en ook in de gevoeligheidsanalyse wordt deze terugverdientijd van 5 jaar bij de lange na niet gerealiseerd.

3.5 Storingen

Als één van de voornaamste redenen voor het verdwijnen van de warmtepomp uit de glas-tuinbouw wordt genoemd de hoge frequentie van storingen. Bij de warmtepomp in kwestie was dit ook het geval. Over de periode 1985-1998 waren er in totaal 67 storingen. Dat is gemiddeld zo'n 5 à 6 storingen per jaar. Vanaf 1991 waren er gemiddeld 10 storingen per jaar. Ondanks dit aantal storingen zijn de onderhoudskosten niet ongebruikelijk hoog. Een onderhoudspercentage van het aankoopbedrag van (25.000,-/310.000,- =) 8% is aan de hoge kant (Van Woerden et al., 1999). Daarnaast ergerde de tuinder zich aan het aantal storingen, hetgeen meespeelde bij de beslissing de warmtepomp buiten gebruik te stellen. Storingen deden zich op vele vlakken voor (tabel 3.4).

Zoals duidelijk uit de tabel blijkt, hebben zich vele problemen voorgedaan bij de warmtepomp van de kwekerij in kwestie. Hierdoor waren de onderhoudskosten met (± f 6,- per draaiuur per draaiuur hoog. In het eerste onderhoudscontract bedroegen de kosten ± f 4,28 per draaiuur (30.000,-/7.000 uur). Een beperking van het aantal storingen leidt niet alleen tot meer draaiuren en dus tot een kortere terugverdientijd, maar ook tot minder ergernis van de ondernemer.

Tabel 3.4 *Het aantal storingen en oorzaken van de storingen per jaar*

Jaar	Aantal bezoeken servicemonteur	Storing
1985	6	Compressor, temperatuurschakelaar, accu, filters, olie bijvullen, stelmotor
1986	1	Compressor
1987	2	Compressor, filters
1988	2	Gasmotor
1989	3	Timer block, uitlaat spruitstukken, cilinderkop
1990	4	Compressor, drukvereffeningsleiding, freon bijvullen, waterpomp, gasmotor
1991	9	Compressor, olie vervangen, koelwater gasmotor, accu, filters, gasmotor, urenteler, potmeter, uitlaatpakking, generator, uitlaatleiding
1992	11	Gasmotor, toerenschakelaar, uitlaatpakking, deksel rookgaskoeler, uitlaatleiding, v-snaar, generator, filters, potmeter, uitlaat spruitstuk, toerenbeveiliging, timers, urenteller, spanningsregeling
1993	11	Expansievat, ontluchters, rookgasdemper, generator, v-snaar, koelwaterregeling, uitlaatleiding, koelwaterslang, bougies, warmtewisselaar, freon bijvullen, oliedrukmeter, koelwaterpomp, gasmotor, compressor, waterpomp, acculader, aandrijfriem generator, filters, koelwaterdruk beveiliging, t-belt
1994	16	Gasmotor, tandriem generator, timer, ontstekingscircuit, gaskleppen, koelwatersysteem, accu, generator, bougies, olie vernieuwen, filters, cilinder koppen, verdeelklep
1995	5	Koelwatersysteem, gasmotor, filters, koelmachine, v-snaar, capaciteitsklep, compressor, cilinderkoppen, urenteller
1996	6	Olie bijvullen, gasmotor, acculader, gasmeter
1997	10	Olie bijvullen, gasmotor, relaisstroom, startmotor, kleppen, koelsysteem, freon bijvullen
1998	3 a)	Gasmotor, freon leegpompen

a) Gefunctioneerd tot april 1998.

4. Warmtepomp en liberalisering

In 2004 wordt de liberalisering van aardgasmarkt volledig doorgevoerd. Volgens Van der Velden et al. (1999) zal dit grote gevolgen hebben op het kostenplaatje van glastuinders. Volgens de Derde Energienota kan een warmtepomp een belangrijke rol spelen in het terugdringen van het gasverbruik en elektriciteitsverbruik van glastuinders. In dit hoofdstuk zal worden bekeken wat de rol zou kunnen zijn van de warmtepomp na de invoering van de nieuwe gas- en elektriciteitswet.

4.1 Liberalisering

De landelijke overheid heeft besloten de plannen voor de liberalisering van de energiemarkt door te voeren. De nieuwe elektriciteitswet is voor de gehele sector reeds in werking. De nieuwe gaswet is voor de grootverbruikers (>10 miljoen m³ gas) al in werking. Voor verbruikers van tussen de 1 en 10 miljoen m³ gas zal de wet in 2002 worden doorgevoerd. Voor de kleinere verbruikers (tot 1 miljoen m³) gaat zij pas in 2004 in werking. Een belangrijk kenmerk van deze wetten is dat de afnemer vrij wordt in de keuze van de energieleverancier. Na de keuze van de leverancier zal de energie moeten worden getransporteerd van leverancier naar afnemer. Energiekosten worden onder meer afhankelijk van de afstand van afnemer tot leverancier en vooral van de maximaal af te nemen capaciteit. De effecten van de nieuwe elektriciteitswet zijn nog onduidelijk. De consequenties van de liberalisering van de elektriciteitsmarkt zullen hierna grotendeels buiten beschouwing worden gelaten vanwege het kleine aandeel van de elektriciteitskosten in de energiekosten van de glastuinbouw.

Het voorgaande brengt een belangrijke verandering in tariefstructuur van het aangeleverde gas met zich mee. De minister van Economische Zaken heeft hiermee ingestemd. Dit is het zogenaamde *Commodity Diensten Systeem (CDS)* van de Gasunie dat reeds voor afnemers boven de 50 miljoen m³ per jaar is ingevoerd. Dit systeem zal resulteren in een aanzienlijke stijging van de energiekosten voor de glastuinbouw. Voor de glastuinbouw neemt de gasprijs met gemiddeld 13 tot 16 cent per m³ toe; tussen de individuele bedrijven loopt deze toename uiteen van 2 tot 57 cent per m³ (Van der Velden et al., 1999). De extra kosten per vierkante meter kasoppervlak komen na liberalisering van aardgasmarkt neer op gemiddeld f 7,50.

4.2 Rol warmtepomp

Wanneer de gasprijzen zullen stijgen met gemiddeld 13-16 cent (Van der Velden et al., 1999) dan zal de toekomstige gasprijs op ongeveer 40 cent per m³ gas uitkomen. Wat de

rol van de warmtepomp zal zijn na de liberalisering van de energiemarkt zal in paragraaf 4.3 worden besproken.

Naast gasgestookte warmtepompen bestaan er ook elektrisch aangedreven warmtepompen. Deze elektrische warmtepompen worden met name in de woningbouw en in de melkveehouderij gebruikt. In de woningbouw worden ze met name gebruikt voor de verwarming van ruimtes en dan meestal bij woningen waar geen gasaansluiting aanwezig is. In de melkveehouderij worden warmtepompen meestal gebruikt met als doel koeling van melk (Wemmenhove, 1992). Voor de meeste glastuinbouwbedrijven zijn elektrische warmtepompen geen relevante optie vanwege het geringe vermogen van de elektrische warmtepomp en de lage gasprijs die voor glastuinbouwbedrijven geldt.

4.3 Gaskosten bij gebruik warmtepomp na liberalisering

Energiebespaarders zoals de warmtepomp zijn werkzaam in de basislast van de vermogensvraag. Dit betekent dat een warmtepomp een constante hoeveelheid gas bespaart. Het piekverbruik met warmtepomp is relatief veel groter dan zonder warmtepomp (tabel 4.2).

Tabel 4.2 *Piekverbruik en basislast van een voorbeeldbedrijf met en zonder warmtepomp in de basislast met een continue besparing van 2.000 m³*

	Piekverbruik (m ³)	Basislast (m ³)	Piekverbruik t.o.v. basislast
Gasverbruik zonder warmtepomp	20.000	5.000	4
Gasverbruik met warmtepomp	18.000	3.000	6

De gasprijzen zullen na de liberalisering door de veranderde tariefstelling voornamelijk bepaald worden door het piekverbruik ten opzichte van de basislast. Met behulp van een model (www.tuinbouw.nl), ontwikkeld door het LEI, kan worden berekend wat de gasprijs na de liberalisering zal zijn.

Tabel 4.3 *Gaskosten per vierkante meter kasoppervlak per jaar voor en na liberalisering*

Voor liberalisering	Na Liberalisering	Gaskosten voor liberalisering (gld./m ²)	Gaskosten na liberalisering (gld./m ²)	Verandering gaskosten
a. Warmtepomp	warmtepomp	17,61	23,97	+ 6,36
b. Geen warmtepomp	geen warmtepomp	19,35	25,15	+ 5,80
Verschil a. en b.		+ 1,74	+ 1,18	- 0,56

Uitgangspunten in het model zijn: standaardwaarde commodityprijs van 24,836 ct; Afstand tot entry-point van 125 km, Afstand tot Noordbroek van 200 km; Diensten van regionaal energiebedrijf van 3 ct/m³; berekend maart 2000.

Het effect van de liberalisering voor het bedrijf in kwestie is in tabel 4.3 opgenomen. Het gemiddelde gasverbruik met een functionerende warmtepomp is 1.730.000 m³ per jaar, het gasverbruik zonder de warmtepomp zal 1.900.000 m³ per jaar zijn. De contractcapaciteit is in de uitgangssituatie 800 m³ per uur. Deze contractcapaciteit is gevormd op basis van het gasverbruik zonder warmtepomp.

Hoewel de gaskosten bij gebruik van een warmtepomp lager zijn dan zonder gebruik van een warmtepomp is het verschil in gaskosten tussen de situatie voor en na liberalisering kleiner geworden (tabel 4.3). Er kan worden geconcludeerd dat het gebruik van een warmtepomp in een situatie zonder liberalisering eerder rendabel is dan in een situatie met liberalisering. Daarnaast blijkt uit tabel 4.3 dat het verschil in gaskosten dusdanig klein is dat de warmtepomp in de situatie met liberalisering niet meer rendabel is. Immers een geldbesparing van f 1,18 per m², betekent op een bedrijf van 27.500 m² een besparing van f 32.450,- per jaar (exclusief de besparing op elektriciteit ($\pm f$ 15.000,- per jaar)). Hiervan moeten onderhoud, rente en aflossingen worden betaald en dat is in totaal f 60.000,-. Het resultaat inclusief elektriciteit komt dan neer op $-f$ 12.550,- per jaar.

In de situatie met liberalisering kan ook een terugverdientijd worden berekend. Bij gelijke prestaties, onderhoudskosten en investeringskosten als in de situatie zonder liberalisering (paragraaf 2.7) is de terugverdientijd van de gasgestookte warmtepomp 14,7 jaar (gasprijs: 38,1 cent/m³; elektriciteitsprijs: 13 cent/kWh). De terugverdientijd van deze warmtepomp bij de huidige gasprijs van 28 cent/m³ en elektriciteitsprijs van 13 cent/kWh is 8,7 jaar (tabel 4.4).

Tabel 4.4 Gevoeligheidsanalyse van terugverdientijden in situaties met verschillende gasprijzen, onderhoudskosten, investering en prestaties. Elektriciteitsprijs is in elke situatie 13 cent/m³

Gasprijs	Terugverdientijden in de verschillende situaties (jaar)		
	gasprijs 1985-1998	gasprijs 1999	gasprijs na liberalisering
Werkelijk	10,5	8,7	14,7
-10% onderhoud	9,4	8,1	13,2
+10% prestaties	8,6	7,4	10,8
-10% investering	9,2	7,8	13,2

Zoals duidelijk blijkt uit tabel 4.4 zijn de terugverdientijden te lang om te investeren. Doorgaans wordt uitgegaan van een terugverdientijd van 5 jaar.

Een van de belangrijkste opties om de gaskosten te reduceren is het verlagen van de contractcapaciteit. Door de gasbesparing van een warmtepomp is het mogelijk te kiezen voor een verlaging van de contractcapaciteit.

Uit tabel 4.5 blijkt dat bij gebruik van een warmtepomp het verlagen van contractcapaciteit ruim 2 cent per kubieke meter gas kan schelen. Het gevaar bij de verlaging van de contractcapaciteit is echter, dat het bedrijf te afhankelijk wordt van de warmtepomp. Wanneer zich in de koude periode een storing van de warmtepomp voordoet (waarop de kans

redelijk groot is (zie tabel 3.4)), moet volledig op de ketel kunnen worden overgeschakeld. Bij verlaging van de contractcapaciteit kan dat wellicht niet meer of tegen hoge kosten.

Tabel 4.5 Gasprijzen en gaskosten na liberalisering, met en zonder warmtepomp na de liberalisering en met een eventuele verlaging van de contractcapaciteit (huidige gasprijs = 28 cent, huidige gaskosten = f 17,61)

Toekomst	Verlaging contractcapaciteit (%)	Gasprijs na liberalisering (cent)	Gaskosten per m ² na liberalisering (gulden)
Met warmtepomp	0	38,1	23,97
	10	36,4	22,90
	15	35,6	22,40
Zonder warmtepomp	0	36,4	25,15

Uitgangspunten in het model zijn: Standaardwaarde commodityprijs van 24,836 ct; Afstand tot entry-point van 125 km, Afstand tot Noordbroek van 200 km; Diensten van regionaal energiebedrijf van 3 ct/m³; berekend maart 2000.

De eigenaar van de geëvalueerde warmtepomp had een contractcapaciteit van 800 m³/h. Wetende dat de warmtepomp 46 m³/h kan besparen, zou de ondernemer de contractcapaciteit kunnen verlagen met 46 m³/h (dit komt overeen met een verlaging van 6%).

De Gasunie heeft een regeling getroffen waarbij voor een bepaalde periode een incidentele capaciteit kan worden gecontracteerd. Dit betekent dat er voor een korte periode (tot 31 dagen per jaar) tegen een gereduceerd tarief van een hogere contractcapaciteit gebruikgemaakt kan worden. Bij gebruik van een warmtepomp kan dit interessant zijn, aangezien bij storingen dan terug gevallen kan worden op de incidentele capaciteit.

5. Nieuwe ontwikkelingen warmtepomp

5.1 Praktijkontwikkelingen

De gebruiksmogelijkheden van een warmtepomp zijn divers. De koelkast is het meest bekende voorbeeld. Het vermogen van een warmtepomp in een koelkast ligt op zo'n 2 à 3 kW. Bij de warmtevoorziening van nieuwbouwhuizen worden tegenwoordig ook veel warmtepompen gebruikt. Hier wordt dan gebruikgemaakt van de elektrische warmtepomp, die voor woonhuizen en 'kleine' industrie rendabeler is dan een gasgestookte warmtepomp. De vermogens van de elektrische warmtepompen liggen afhankelijk van de warmtebron ongeveer op 2 tot 400 kW. Elektrische warmtepompen zijn goedkoper, wat het mogelijk maakt om meerdere warmtepompen te installeren op plaatsen waar veel warmte nodig is.

De bij de tuinder geïnstalleerde warmtepomp was een compressie warmtepomp. Naast een compressie warmtepomp is er ook een absorptiewarmtepomp. Het principe van de absorptiewarmtepomp is ingewikkeld om uit te leggen (dit wordt ook nagelaten). De absorptiewarmtepomp wordt reeds gebruikt op een glastuinbouwbedrijf. Dit bedrijf is gevestigd te Dongen en er worden gerbera's en amaryllissen gekweekt. De gerbera is een warmtebehoefte plant en de amaryllis een koubehoefte plant. Deze twee eigenschappen kunnen in de zomerperiode goed worden gebruikt in het principe van de warmtepomp. Ten behoeve van de gerberateelt wordt warmte geproduceerd en daarmee ook koelte, welke gebruikt wordt in de teelt van de amaryllis. Absorptiewarmtepompen zijn goedkoper dan gasmotorwarmtepompen (Vegter, 1998).

De huidige gasgestookte warmtepompen hebben vermogens variërende van 25 kW tot 4 MW. Deze worden met name in Japan en de Verenigde Staten geproduceerd, zijn duur en in Nederland nog moeilijk verkrijgbaar.

5.2 Subsidie

Het subsidiebeleid van de overheid betreffende de inzet van duurzame energie richt zich onder andere op de warmtepomp. Verschillende ministeries hebben voor de inzet van warmtepompen een regeling of subsidie beschikbaar.

Het ministerie van Economische zaken heeft de Energie-Investeringsaftrek. De EIA is een fiscale aftrekregeling die ondernemers, die investeren in energiebesparende bedrijfsmiddelen en duurzame energie, een direct financieel voordeel biedt. Een bepaald percentage van de investering is namelijk aftrekbaar van de inkomstenbelastingen. Het percentage wordt van zaak tot zaak bekeken (www.minez.nl).

De ministeries van VROM en Financiën hebben de volgende regelingen: VAMIL, MIA en Groene leningen voor bedrijven. Het doel van de VAMIL is het aantrekkelijk maken van investeringen in milieuvriendelijke of milieubewuste bedrijfsmiddelen. Het betreft een regeling waarin het moment van de afschrijving van de investering vrij te kiezen is.

Voor MIA, Milieu-investeringsaftrek, komen alle bedrijfsmiddelen in aanmerking die voorkomen op de VAMIL-lijst. Het voordeel van MIA is, evenals de EIA, een extra aftrekpost voor de inkomstenbelastingen. Een bepaald percentage van de investering is namelijk aftrekbaar (www.minvrom.nl).

Groen beleggen is begin 1995 van start gegaan met als doel investeringen die van belang zijn voor natuur en milieu te stimuleren. Het belangrijkste kenmerk van 'Groen beleggen' is dat rente en dividendinkomsten voor de particuliere belegger niet fiscaal worden belast. Voorwaarde daarbij is dat belegd of gespaard moet worden bij z.g. groene fondsen. Een ondernemer kan van deze regeling gebruik maken als het project door de overheid wordt erkend als een 'groenproject' (www.minfin.nl).

Wanneer er vanuit verschillende ministeries subsidie wordt verleend, kan de maximale subsidie nooit meer bedragen dan 35% van de investering.

Behalve de genoemde subsidies zijn er ook nog andere subsidies die voor de warmtepomp in aanmerking komen. Het zijn dan bijvoorbeeld regelingen die dienen ter bevordering van demonstratieprojecten of de ontwikkeling van de warmtepomp.

5.3 Storingsgevoeligheid

De storingsgevoeligheid van de warmtepomp in kwestie was erg groot. Met name de gasmotor, de compressor, de filters en de generator waren onderdelen welke sterk onderhevig waren aan storingen. De gasmotor en de generator zijn gekoppelde onderdelen aan de warmtepomp. Toch was ook het aantal storing van de compressor verontrustend. Reden voor de vele filterstoringen was waarschijnlijk verontreiniging in het bronwater.

Ondanks dat niet alle storingen direct met de warmtepomp te maken hadden dieneen de huidige en toekomstige warmtepompen minder storingsgevoelig te zijn. Uit gesprekken met leveranciers van gasmotor en elektrische warmtepompen blijkt dat het aantal storingen inderdaad verlaagd is. Ook de installateur van de eerder genoemde absorptie warmtepomp in Dongen beweert slecht één of twee maal per jaar kleine storingen te verhelpen. Storingen waren dan met name in de regeltechniek van de warmtepomp en niet in de warmtepomp zelf. Er kan dan ook worden geconcludeerd dat de storingsgevoeligheid van de warmtepompinstallaties de laatste jaren is afgenomen.

5.4 Toepassing van een warmtepomp

Aan de toepassing van een warmtepomp in de glastuinbouw zijn verschillende voorwaarden verbonden. De eerste en waarschijnlijk de belangrijkste voorwaarde is de aanwezigheid van bronwater of aquifer. Bij afwezigheid van bronwater kan alleen met een ander soort warmtepomp worden gewerkt, namelijk een lucht/water of een lucht/lucht type. Deze zijn echter wel minder rendabel (Fonville et al., 1990).

De tweede voorwaarde is de aanwezigheid van een secundair warmtenet. Dit secundair warmtenet is noodzakelijk om de door de warmtepomp geproduceerde warmte door de kas te leiden. Bij alleen primaire verwarming van de kas is het rendement van de warmte-

pomp te laag. De andere voorwaarde is een goede inpassing van de warmtepomp, zoals de in dit rapport geëvalueerde warmtepomp.

Voor de toepassing van een warmtepomp zijn voor aquifers en het slaan van bronnen vergunningen vereist. Om bronwater aan de grond te onttrekken is toestemming nodig van de twee of drie instanties. Hier worden momenteel richtlijnen voor opgezet.

De toepassing van warmtepompen op bedrijven met een bepaalde teelt is afhankelijk van de warmtevraag en het afnamepatroon. Bedrijven met een constante warmtevraag kunnen door het gebruik van een warmtepomp hun contractcapaciteit verlagen, wat resulteert in een besparing op de energiekosten. Dit verlagen van de contractcapaciteit is met name na de liberalisering van de energiemarkt erg van invloed op de energiekosten. Teelten met een redelijk vlakke gasvraag zijn anthurium en chrysant. Chrysant heeft echter wel 'last' van ochtendpieken.

Voor bedrijven met in de zomerperiode een koudebehoefte zijn er ook mogelijkheden met een warmtepomp. Een warmtepomp kan namelijk naast warmte ook koude produceren (omgekeerde proces). Teelten met zo'n koudebehoefte in de zomerperiode zijn alstroemeria en fresia.

Voor bedrijven met naast een grote warmtevraag ook een grote elektriciteitsvraag is een sterk alternatief de Warmte/kracht-installatie. Deze produceert behalve warmte ook elektriciteit. Hetzelfde kan worden gerealiseerd worden met een op een warmtepomp aangesloten generator. De warmtepomp (inclusief generator) is echter (nog) niet rendabel genoeg om met een W/K-installatie te concurreren. Op veel rozenkwekerijen wordt gewerkt met een W/K-installatie.

In veel teelten is er 's zomers sprake van CO₂-bemesting. De CO₂ is afkomstig van de verbranding van aardgas in de ketel. Aangezien de warmtepomp een besparing realiseert op het gebruik van aardgas zal er bij de verbranding ook minder CO₂ ontstaan. Dit is wellicht zelfs nog te weinig, waardoor naast de warmtepomp ook de ketel CO₂ moet produceren.

Bij de geëvalueerde warmtepomp was er sprake van een handmatige regeling. Dit is wellicht één van de redenen dat de warmtepomp relatief weinig draaiuren heeft gemaakt. Voor het kunnen maken van meer draaiuren is dan ook een automatische regeling van de warmtepomp noodzakelijk. Deze techniek is reeds bekend in de glastuinbouw, dus dit zal geen enkel probleem zijn.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Een energetisch goed ingepaste warmtepomp heeft de potentie om veel fossiele energie besparen. In de praktijk blijkt dit ook in de glastuinbouw realiseerbaar. De in dit rapport geëvalueerde warmtepomp bespaarde jaarlijks zo'n 170.000 m³ gas en 110.000 kWh elektriciteit. Toch bleek deze warmtepomp niet rendabel te zijn. Door een gemiddeld resultaat van -f 6.000,- besloot de ondernemer de warmtepomp buiten gebruik te stellen.

Het negatieve resultaat was onder andere het gevolg van de grote storingsgevoeligheid van de installatie. Dit en de tegenvallende prestaties waren ook de reden dat in de jaren tachtig vele warmtepompen buiten gebruik zijn genomen. Voor een goede toekomst van de warmtepomp in de glastuinbouw dient een warmtepomp dus weinig storingsgevoelig te zijn. Weinig storingen betekent lage onderhoudskosten en ook meer draaiuren. Hierdoor kan de terugverdientijd van de warmtepompinstallatie gereduceerd worden.

De terugverdientijd van de geëvalueerde warmtepomp was 10,5 jaar. Een verhoging van de prestaties of een verlaging van de investeringen of de onderhoudskosten dragen bij in de verkorting van de terugverdientijd. Dit is echter te weinig om de terugverdientijd korter dan 5 jaar te krijgen. Vijf jaar is de algemene grens voor investeringen in dit soort bedrijfsmiddelen.

Met de liberalisering van de energiemarkt wordt de inzet van energiebesparende warmtevoorzieningen minder aantrekkelijk. Zo ook bij de warmtepomp. De geëvalueerde warmtepomp zou na de liberalisering van de energiemarkt een terugverdientijd hebben van 14,7 jaar. Op deze manier raakt de warmtepomp volledig buiten beeld in de glastuinbouw. Echter hebben zich de afgelopen jaren technische ontwikkelingen voorgedaan welke de terugverdientijd beperken tot wellicht een acceptabel niveau.

In het voorgaande is uitgegaan van het gebruik van een warmtepomp als warmtevoorziening. Een warmtepomp kan echter ook worden gebruikt als koudevoorziening, wat hem bruikbaar maakt als jaarrond energievoorziening. In teelten waarbij naast verwarming in de winter koeling in de zomer noodzakelijk is, heeft de warmtepomp mogelijkheden.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van de gegevens van de geëvalueerde warmtepomp lijken er vooralsnog weinig mogelijkheden voor de warmtepomp in de glastuinbouw. Echter de gasmotorcompressiewarmtepomp blijkt in andere bronnen minder rendabel te zijn dan andere warmtepompsystemen. Om de kansen van de warmtepomp in de glastuinbouw goed in kaart te brengen is noodzakelijk dat ook evaluaties worden gedaan bij andere warmtepompsystemen in de glastuinbouw. Een evaluatie van de absorptie warmtepomp van het glastuinbouwbedrijf in Dongen lijkt een goede optie. Essentieel is dan wel dat er een ge-

vensmonitor wordt samengesteld zodat er geen gegevens missen om een goede evaluatie te kunnen maken.

De vele storingen waren onder andere oorzaak van de lage toepassingsgraad van de warmtepomp in de glastuinbouw. De huidige warmtepomptechniek heeft zich echter sterk ontwikkeld. Leveranciers van warmtepompen menen dan ook dat de storingsgevoeligheid veel lager is dan medio jaren tachtig. In een demonstratieproject zouden de ontwikkelingen van gasmotorwarmtepompen duidelijk kunnen worden. Bij een langlopend project zou ook kunnen worden bekeken in hoeverre de demonstratiewarmtepomp rendabel is na de liberalisering van de energiemarkt.

De warmtepomp kan wellicht op de bedrijven met koudebehoefte interessant zijn. Het verdient dan ook de aanbeveling te onderzoeken in hoeverre de warmtepomp op dit soort bedrijven een herintroductie kan afdwingen.

Een belangrijke optie om de warmtepomp in de glastuinbouw te kunnen herintreden is de combinatie van een warmtepomp met een aquifer (ondergrondse energieopslag). Op deze manier kan de in de zomer teveel geproduceerde warmte opgeslagen worden en in een later jaargetijde met behulp van een warmtepomp nuttig gebruikt worden. Aquifers zijn niet in heel Nederland mogelijk. Daarom is het wellicht interessant in hoeverre aquifers mogelijk zijn in de projectvestigingslocaties die door de minister van LNV zijn aangewezen om de glastuinbouw te herstructureren. Ook hier zou kunnen worden gedacht aan demonstratieprojecten.

In dit rapport wordt een aantal conclusies getrokken. Echter is dit vaak op basis van de gegevens van één warmtepompproject. Het verdient dan ook de aanbeveling de conclusies te toetsen door bij meerdere warmtepompprojecten een dergelijke economische en technische evaluatie toe te passen.

Literatuur

Benninga, J., *Toepassing van de warmtepomp in de glastuinbouw*. LEI-DLO, Den Haag, 1987.

Energieflits, *De energietaakstelling in de AMvB glastuinbouw*. Energieflits 4, maart 2000.

EZ, *Derde Energienota*. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag, 1996.

EZ, *Actieprogramma Energiebesparing 1999-2002*. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag, 1999.

Fonville, V.P., M.G. Telle en N.J.A. van der Velden, *Warmtepompen in de glastuinbouw*. LEI-DLO, IMAG-DLO, Den Haag, 1990.

Lange, T.J. de en A.W.N. van Dril, *Mogelijkheden voor de toepassing van hernieuwbare energie in de glastuinbouw 1995-2010*. Energieonderzoek Centrum Nederland, LEI-DLO, Petten, 1998.

LVN, *Convenant Glastuinbouw en Milieu*. Ministerie van LNV Ministerie van VROM, Ministerie van V&W, Ministerie van EZ, Interprovinciaal Overleg, Vereniging van Nederlandse gemeenten, Stadsgewest Haaglanden, Unie van Waterschappen en LTO Nederland, Bleiswijk, 1997.

LVN, *Meer Jaren Afspraak Energie*. Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij, Ministerie van Economische Zaken, Landbouwschap, Aalsmeer, 1993.

Ministerie van Landbouw en Visserij, Consulentenschap voor de Tuinbouw, Aalsmeer - Utrecht, 1984. Brief aan de ondernemer, 4-7-1984.

Mol, C., *Nieuwe kansen voor de warmtepomp*. Agrarisch Dagblad, 5 februari 1999.

Vegter, B., *De verwarming aandoen voor de koeling*. Vakblad voor de Bloemisterij 28, 1998.

Velden N.J.A. van der, A.P. Verhaegh, R. Bakker en A. van der Knijff, *Liberalisering aardgasmarkt; verkenning glastuinbouw*. LEI, Den Haag 1999.

Wemmenhove, H., *Glaasje koude melk: twee glaasjes warm water*. Landbouwmechanisatie, februari 1992.

Woerden, S.C. van, J.P. Bakker en R.A.F. van Paassen, *Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw 1999-2000*. PBG, Naaldwijk, 1999.

Bijlage 1 Technische specificatie en gegevens over gas en elektragebruik

Model		MANE2542E
<u>Verdamper</u>		
Type		VKRT-18-400-2KIP
Waterintrede- / uittredetemperatuur	°C	11 - 5,6
Waterweerstand	mwk	2
Waterhoeveelheid	m ³ /h	90
Verdampingstemperatuur	°C	1,5
<u>Condensor</u>		
Type		HB-18-335-2KSG
Waterintrede- / uittredetemperatuur	°C	35 - 42,2
Waterweerstand	mwk	2,5
Waterhoeveelheid	m ³ /h	89
Condensatietemperatuur	°C	47
<u>Motorkoelwaterwisselaar</u>		
Type		D2P600X41-CF-1
Om de bundel	%	water / glycol = 70 / 30%
Waterintrede- / uittredetemperatuur	°C	83 - 47
Waterweerstand	mwk	1
Waterintrede- / uittredetemperatuur	°C	42,2 - 47
Waterhoeveelheid	m ³ /h	58
<u>Rookgaskoeler</u>		
Type		390-TE-67 NM ³
Waterintrede- / uittredetemperatuur	°C	42,2 - 45
Rookgasuittredetemperatuur	°C	120
Waterweerstand	mwk	1
Waterhoeveelheid	m ³ /h	31
<u>Generator</u>		
Vermogen	kVa	50
Toerental	o.p.m.	1500
Spanning	V-ph-Hz	380 - 3 - 50
Max. vermogen	kW	40 (25-75%)
Max. vermogen	kW	10 (100%)
<u>Gasmotor</u>		
Type		MANN E2.542E
Toerental	o.p.m.	1700
Gasverbruik	NM ³	67,5
Uitlaatgassen temperatuur	°C	430

Tabel B1.1 Gasverbruik (m³), elektriciteitsverbruik (kWh) voor het gehele bedrijf en het aantal graaddagen per jaar

Jaar	Gasverbruik (m ³)	Elektriciteitsverbruik (kWh)	Aantal graaddagen
1985	356.122	32.300	3.487
1986	1.030.292	73.780	3.334
1987	2.047.233	215.095	3.372
1988	1.715.135	180.203	2.825
1989	1.362.667	172.038	2.697
1990	1.673.632	246.920	2.680
1991	1.749.162	55.906	3.165
1992	1.660.933	276.820	2.831
1993	1.699.145	242.050	3.078
1994	1.728.489	251.720	2.836
1995	1.645.040	241.390	2.917
1996	1.929.588	239.780	3.504
1997	1.827.167	282.800	2.929
1998	1.968.127	295.520	2.921
Gemiddeld	1.730.745	218.611	3.041

Deze gemiddelden zijn berekend over de jaren 1987-1997, omdat de gegevens van de jaren 1985-1986 niet volledig waren.

Tabel B1.2 Gas- (m³), elektriciteit- (kWh) en bronwaterverbruik (m³), het aantal draaiuren en de warmte- (MJ) en elektriciteitsproductie (kWh) door de warmtepomp

Jaar	Gasverbruik wp (m ³)	Elektraverbruik wp (kWh)	Bronwatergebruik wp (m ³)	Aantal draaiuren	Warmteproductie warmtepomp (MJ)	Elektriciteitsproductie wp (kWh)
1985	142.671	43.800	137.688	2.432	8.046.807	201.996
1986	192.570	38.600	177.610	3.212	10.627.609	204.742
1987	194.276	45.472	307.540	3.571	11.456.995	169.453
1988	193.525	45.637	294.336	3.418	11.309.205	120.447
1989	150.058	41.645	245.294	3.119	10.319.898	148.005
1990	255.562	68.472	315.130	4.554	15.067.911	216.099
1991	194.227	46.531	222.846	3.485	11.530.889	135.902
1992	202.377	46.000	268.870	3.594	11.891.540	170.545
1993	216.327	50.400	275.758	3.742	12.381.230	177.567
1994	194.276	45.472	307.540	3.631	11.465.995	172.300
1995	209.805	45.472	307.540	3.632	12.017.271	58.937
1996	261.439	74.900	330.558	4.470	14.789.978	212.113
1997	203.196	19.000	261.224	3.534	11.693.017	c)
1998 a)	71.771	16.663	90.270	1.248	4.129.283	c)
Gem. b)	206.824	48.091	285.149	3.705	12.174.084	158.137

a) In 1998 heeft de warmtepomp slechts tot april 1998 gedraaid; b) De gemiddelden zijn berekend op basis van de jaren 1987-1997. Van 1985 en 1986 zijn de gegevens niet compleet en in 1998 heeft de warmtepomp maar 3 maanden gefunctioneerd; c) In deze jaren was de generator niet meer aangesloten op de warmtepomp en produceerde dus geen elektriciteit meer.

Bijlage 2 Besparing gas en elektra

Tabel B2.1 Gasverbruik van ketel en warmtepomp (m^3), geproduceerde hoeveel warmte door ketel en warmtepomp (MJ) en de bespaarde hoeveelheid gas (m^3) in de periode van 1985-1998

Jaar	Gasverbruik ketel (m^3)	Gasverbruik wp (m^3)	Geproduceerde warmte ketel (MJ)	Geproduceerde warmte wp (MJ)	Totaal gebruikte warmte (MJ)	Totaal benodigde hoeveelheid gas (m^3)	Bespaarde gas (m^3)
1985	213.451	142.671	6.917.947	8.046.807	14.964.754	461.733	105.611
1986	837.722	192.570	27.150.570	10.627.609	37.778.179	1.165.633	135.341
1987	1.852.958	194.276	60.054.369	11.456.995	71.511.364	2.206.460	159.226
1988	1.521.610	193.525	49.315.380	11.309.205	60.624.585	1.870.552	155.417
1989	1.212.609	150.058	39.300.658	10.319.898	49.620.556	1.531.026	168.359
1990	1.418.070	255.562	45.959.649	15.067.911	61.027.560	1.882.985	209.353
1991	1.554.935	194.227	50.395.443	11.530.889	61.926.332	1.910.717	161.555
1992	1.458.556	202.377	47.271.800	11.891.540	59.163.340	1.825.466	164.533
1993	1.482.818	216.327	48.058.131	12.381.230	60.439.361	1.864.837	165.692
1994	1.534.213	194.276	49.723.843	11.456.995	61.180.838	1.887.715	159.226
1995	1.435.235	209.805	46.515.966	12.017.271	58.533.237	1.806.024	160.984
1996	1.668.149	261.439	54.064.709	14.789.978	68.854.687	2.124.489	194.901
1997	1.623.971	203.196	52.632.900	11.693.017	64.325.917	1.984.755	157.588
1998	1.896.356	71.771	61.460.898	4.129.283	65.590.181	2.023.764	55.637
Totaal	19.710.653	2.682.080	638.822.263	156.718.628	795.540.891	24.546.156	2.153.423
Gem. a)	1.523.920	206.824	49.390.259	12.174.084	61.564.343	1.899.548	168.803

a) In het gemiddelde zijn de jaren 1985, 1986 en 1998 niet opgenomen, vanwege incomplete meetgegevens.

Op de warmtepomp is een generator aangesloten. Dit heeft een elektriciteitsbesparing tot gevolg zoals te zien is in tabel B2.2.

Tabel B2.2 *Elektriciteitgebruik warmtepomp (kWh), geproduceerde hoeveel elektriciteit warmtepomp (kWh) en de bespaarde hoeveelheid elektriciteit (kWh) in de periode van 1985-1998*

Jaar	Elektriciteitgebruik warmtepomp (kWh)	Elektriciteitproductie warmtepomp (kWh)	Bespaarde hoeveelheid elektriciteit (kWh)
1985	43.800	201.996	158.196
1986	38.600	204.742	166.142
1987	45.472	169.453	123.981
1988	45.637	120.447	74.810
1989	41.645	148.005	106.360
1990	68.472	216.099	147.627
1991	46.531	135.902	89.371
1992	46.000	170.545	124.545
1993	50.400	177.567	127.167
1994	45.472	172.300	126.828
1995	45.472	58.937	13.465
1996	74.900	212.113	137.213
1997	19.000	a)	-19.000
1998	16.663	a)	-16.663
Totaal	628.064	1.988.106	1.360.042
Gem. b)	48.091	158.137	110.046

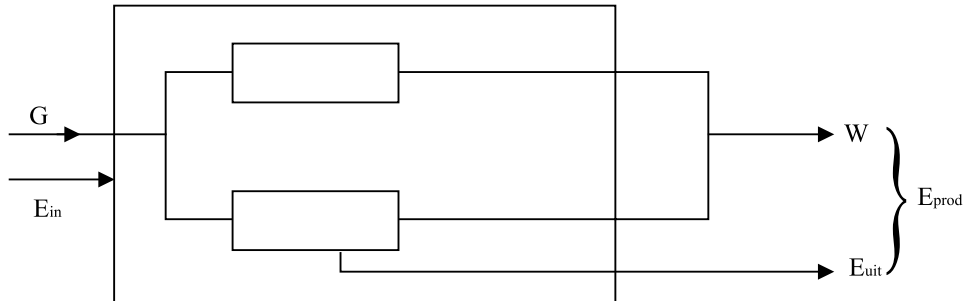
a) Vanaf 1997 is de generator stilgezet; b) Gemiddelde is berekend over de jaren 1987-1996.

Bijlage 3 Gas- en elektriciteitsprijzen

Tabel B3.1 Gemiddelde gas- en elektriciteitsprijzen (in f) per jaar in de periode 1985-1998

Jaar	Gasprijs (f)	Electriciteitsprijs (f)
1985	0,423	0,242
1986	0,289	0,188
1987	0,195	0,164
1988	0,207	0,161
1989	0,191	0,161
1990	0,221	0,161
1991	0,224	0,156
1992	0,218	0,147
1993	0,218	0,146
1994	0,217	0,141
1995	0,230	0,149
1996	0,237	0,145
1997	0,262	0,151
1998	0,259	0,151

Bijlage 4 Berekeningswijze rendementen



Uit de meetgegevens is het rendement van de warmtepomp te berekenen. Het rendement kan op 2 verschillende manieren worden berekend. Bij de eerste manier wordt het rendement inclusief de generator berekend.

Gasverbruik	G
Elektriciteitverbruik	E_{in}
Gasverbruik warmtepomp	G_1
Gasverbruik generator	G_2
Warmteproductie warmtepomp	W_1
Warmteproductie generator	W_2
Warmteproductie totaal	W
Elektriciteitproductie generator	E_{uit}
Energiegebruik	E_{tot}
Energieproductie	E_{prod}
Mechanisch rendement	MR = 28%
Thermisch rendement	TR = 56%
Generator rendement	GR = 90%

$$E_{tot} = (G * 31,65) + (E_{in} * 3,6)$$

$$E_{prod} = W + (E_{uit} * 3,6)$$

Het rendement van de warmtepomp inclusief de generator is dan (E_{prod}/E_{tot}) .

Voor de berekening van het rendement van de warmtepomp zonder generator wordt de volgende berekeningswijze gevolgd.

$$G2 = (1/GR * 1/MR * E_{uit}) * 8,79 \text{ (omrekening kWh} \rightarrow \text{m}^3\text{)}$$

$$G1 = E_{tot} - G2$$

$$W2 = (1/GR * TR/MR * E_{uit}) * 3,6 \text{ (omrekening kWh} \rightarrow \text{MJ)}$$

$$W1 = W - W2$$

Het rendement is dan $W1/G1$.

Rendement warmtepomp in kwestie

Gasverbruik wp (G)	207.000 m ³
Warmteproductie warmtepomp (W)	12.200.000 MJ
Elektriciteitproductie warmtepomp (E _{uit})	158.000 kWh
Elektriciteitsverbruik (E _{in})	48.000 kWh

Mechanisch rendement	28%
Thermisch rendement	56%
Generator rendement	90%

Berekening:

$$W2 = 1/(0,9) * (0,56)/(0,28) * 158.000$$

$$G2 = 1/(0,9) * 1/(0,28) * 158.000$$

$$G1 = G - G2$$

$$W1 = W - W2$$

Uitkomsten	W2 = 351.111	kWh = 1.264.000 MJ
	G2 = 626.984	kWh = 71.248 m ³
	G1 = 135.752	m ³ = 4.296.551 MJ
	W1 = 10.936.000	MJ

Warmteverhouding (rendement) inclusief generator = 190%

Warmteverhouding (rendement) exclusief generator = 255%

Bijlage 5 Berekeningswijze equivalentieprijsen

Er zijn twee manieren waarop de equivalentieprijs berekend kan worden. Bij de eerste wordt warmte als enige hoofdproduct gezien en wordt de geproduceerde elektriciteit als bijproduct beschouwd (methode 1). In de tweede berekeningswijze worden zowel warmte als elektriciteit gezien als hoofdproduct en worden de kosten evenredig verdeeld. Daarbij worden elektriciteit en warmte vergeleken in Megajoules (methode 2). In dit rapport is gebruik gemaakt van methode 1 omdat het aandeel van de elektriciteit minder dan 5% is en dus relatief onbelangrijk.

Investeringsbedrag:	f 426.000
Subsidie:	f 106.000
Afschrijfperiode	10 jaar

De totale jaarlijkse kosten van de warmtepomp bestaan uit:

1. Rentekosten:	$0,5 * 7,5\% * (\text{Investeringsbedrag} - \text{Subsidie})$
=	f 12.000
2. Afschrijvingen:	$1/\text{Afschrijfperiode} * (\text{Investeringsbedrag} - \text{Subsidie})$
=	f 32.000
3. Onderhoud:	Volgens contract (tot 1989)
	$\pm f 6,00$ per draaiuur (vanaf 1989)

Methode 1: Kosten toerekenen aan alleen gas

$$\begin{aligned} \text{Waarde bespaarde kWh} &= \text{Bespaarde kWh} * \text{geldende elektriciteitsprijs} \\ \text{Gaskosten} &= \text{Totale kosten} - \text{waarde bespaarde kWh} \end{aligned}$$

$$\text{Gaskosten} = \text{Bespaarde hoeveelheid gas} * \text{Equivalentieprijs gas}$$

Methode 2: Kosten toerekenen aan gas en elektriciteit

Totaal geproduceerde energie (MJ) voor gas en elektriciteit.

- Aandeel gas (%)
- Aandeel elektriciteit (%)

Totale kosten toerekenen aan de hoofdproducten: gas en elektriciteit

- Gaskosten = Aandeel gas * Totale kosten
- Elektriciteitskosten = Aandeel elektriciteit * Totale kosten

$$\text{Bespaarde hoeveelheid gas} = (\text{geproduceerde hoeveelheid warmte}/32,41) - \text{gebruikte hoeveelheid gas}$$

$$\text{Bespaarde elektriciteit} = \text{geproduceerde kWh} - \text{gebruikte kWh}$$

$$\text{Gaskosten} = \text{Bespaarde gas} * \text{Equivalentieprijs gas}$$

$$\text{Elektriciteitskosten} = \text{Bespaarde elektriciteit} * \text{Equivalentieprijs elektriciteit}$$

Getallenvoorbeeld:

1990

Totale kosten excl. brandstof (tabel 3.1): f 62.859
Geproduceerde energie (gas): 15.067.911 MJ
Geproduceerde energie (elektriciteit): 216.099 kWh * 3,6 = 777.956 MJ

Methode 1: Kosten toerekenen aan alleen gas

Waarde bespaarde kWh: 147.627 * f 0,16 = f 23.620
Gaskosten: f 62.859 - f 23.620 = f 39.239

f 39.239 = 209.353 * Equivalentieprijs gas

Equivalentieprijs gas: f 39.239/209.353 = f 0,19 per m³

Methode 2: Kosten toerekenen aan gas en elektriciteit

Aandeel gas: 15.067.911/(15.067.911 + 777.956) = 95%
Aandeel elektriciteit: 777.956/(15.067.911 + 777.956) = 5%

Gaskosten: 95% * f 62.859 = f 59.716
Elektriciteitskosten: 5% * f 62.859 = f 3.143

Bespaarde hoeveelheid gas: (15.067.911/32,41) - 255.562 = 209.353
Bespaarde elektriciteit: 216.099 - 68.472 = 147.627

f 59.716 = 209.353 * Equivalentieprijs gas
f 3.143 = 147.627 * Equivalentieprijs elektriciteit

Equivalentieprijs gas: f 59.716/209.353 = f 0,27 per m³
Equivalentieprijs elektra: f 3.143/147.627 = f 0,02 per kWh

Bijlage 6 Berekeningswijze terugverdiertijden

De terugverdiertijden zijn als volgt berekend:

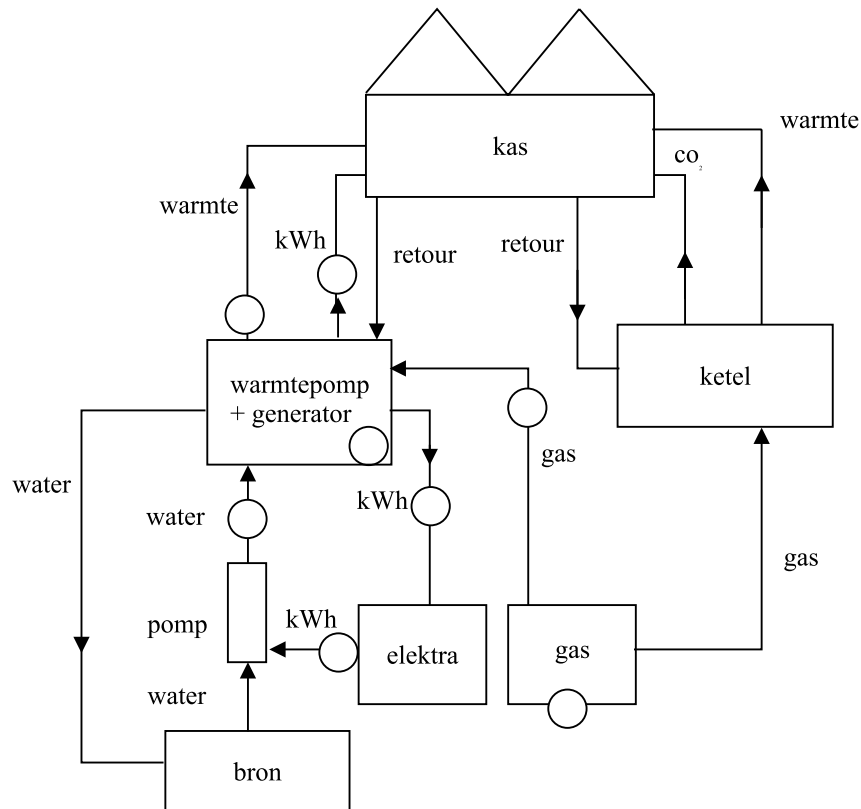
Investeringsbedrag:	f	426.000,-
Subsidie:	f	106.000,-

Jaarlijkse situatie

Gebruikte gas (in situatie met warmtepomp)	1.730.000	m ³
Bespaarde gas	170.000	m ³
Gebruikte gas (in situatie zonder warmtepomp)	1.900.000	m ³
Gasprijs (in situatie met warmtepomp)	28	cent/m ³
Gasprijs (in situatie zonder warmtepomp)	28	cent/m ³
Gaskosten (in situatie met warmtepomp)	f	484.400,-
Gaskosten (in situatie zonder warmtepomp)	f	532.000,-
Bespaarde gaskosten	f	47.600,-
Gebruikte elektriciteit (in situatie met warmtepomp)	266.000	kWh
Bespaarde elektriciteit	110.000	kWh
Gebruikte elektriciteit (in situatie zonder warmtepomp)	376.000	kWh
Elektriciteitsprijs (in situatie met warmtepomp)	13	cent/kWh
Elektriciteitsprijs (in situatie zonder warmtepomp)	13	cent/kWh
Elektriciteitskosten (in situatie met warmtepomp)	f	34.580,-
Elektriciteitskosten (in situatie zonder warmtepomp)	f	48.880,-
Bespaarde elektriciteitskosten	f	14.300,-
Totaal bespaarde energiekosten	f	61.900,-
Minus: Onderhoudskosten à	f	25.000,-
Jaarlijks terugverdiend bedrag:	f	36.900,-

$$\begin{aligned}\text{Terugverdiertijd} &= (\text{Investeringsbedrag} - \text{Subsidie}) / \text{Jaarlijks terugverdiend bedrag} \\ &= (426.000 - 106.000) / 36.900 \\ &= 8,67 \text{ jaar}\end{aligned}$$

Bijlage 7 Inpassing warmtepomp



○ = meter (gas, elektra, warmte, bronwater of draaiuren)

Figuur 2.2 Schematische weergave van de inpassing van de warmtepomp

De kwekerij heeft twee verwarmingssystemen. Eén staat aangesloten op de ketel, één staat aangesloten op de warmtepomp. Een elektrische pomp pompt water vanuit de bron naar de gasgestookte warmtepomp. Deze zorgt ervoor dat dit bronwater het verwarmingswater opwarmt, waarna het weer geloosd wordt in de bron. Het opgewarmde water heeft een temperatuur van 45°C en wordt gebruikt in het lage temperatuurnet. Naast het produceren van warmte, produceert de warmtepomp ook elektriciteit.

Het tweede verwarmingssysteem is een normale gasketel, welke behalve warmte ook CO₂ produceert, wat als 'bemesting' in de kas wordt gebruikt. De warmte die hier wordt geproduceerd heeft een temperatuur van 85°C en is het hoge temperatuurnet.