

Anticipatiemogelijkheden glastuinbouw liberalisering aardgasmarkt

Tussenrapportage vruchtgroente

N.J.A. van der Velden
J. Benninga
J.K. Nienhuis

Projectcode 64438

November 2001

Rapport 2.01.12

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

Anticipatiemogelijkheden glastuinbouw liberalisering aardgasmarkt; Tussenrapportage
vruchtgroente

Velden, N.J.A. van der, J. Benninga en J.K. Nienhuis

Den Haag, LEI, 2001

Rapport 2.01.12; ISBN 90-5242-689-9; Prijs f 31,-/€14,07 (inclusief 6% BTW)

71 p., fig., tab, bijl.

In dit onderzoek worden anticipatiemogelijkheden voor glastuinbouwbedrijven met vruchtgroente op de liberalisering van de aardgasmarkt technisch-economisch geëvalueerd. Door de liberalisering wijzigt de tariefstructuur van het aardgas en nemen de kosten toe waardoor anticipatie door de bedrijven een bedrijfseconomische noodzaak is. Het maximumgasverbruik per uur wordt bepalend voor de aardgaskosten en hangt samen met extreme koude buitenomstandigheden. Op een deel van de vruchtgroentebedrijven is de capaciteit van het verwarmingssysteem in de kas een begrenzing voor het maximumgasverbruik per uur; de piek in het aardgasverbruik is dan reeds afgetopt.

Technisch zijn er veel mogelijkheden om het maximumgasverbruik per uur te reduceren. De eerste anticipatiemogelijkheid die van belang is, is het reduceren van de contractuele overcapaciteit. In bepaalde bedrijfssituaties is kostenbesparing te behalen met incidentele capaciteit, warmtebuffer, virtueel vat, temperatuurintegratie en eventueel zware olie. Dit geldt met name voor bedrijven met een gesloten energiescherm overdag bij extreme koude buitenomstandigheden waardoor het verwarmingssysteem geen begrenzing vormt. Voor zware olie kan de milieuvergunning een beperking vormen.

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, 2001

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 gedeponeed bij de Kamer van Koophandel Midden-Gelderland te Arnhem.

Inhoud

	Blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1. Inleiding	15
1.1 Probleemstelling	15
1.2 Doelstelling en afbakening	16
1.3 Leeswijzer	17
2. Methode	18
3. Anticipatiemogelijkheden	20
3.1 Inventarisatie	20
3.2 Keuze bedrijfseconomisch evaluatie	21
4. Bedrijfseconomische analyse	23
4.1 Inleiding	23
4.2 Algemene uitgangspunten	23
4.3 Contractuele mogelijkheden	28
4.3.1 Inleiding	28
4.3.2 Overcapaciteit reduceren	28
4.3.3 Boete accepteren	28
4.3.4 Incidentele capaciteit	29
4.4 (Teelt)technische mogelijkheden	33
4.4.1 Scherm	33
4.5 Capaciteit compenserende mogelijkheden	39
4.5.1 Inleiding	39
4.5.2 Warmtebuffer	40
4.5.3 Virtueel vat/uurflexibiliteit	47
4.5.4 Temperatuurintegratie	50
4.6 Alternatieve brandstoffen	55
4.6.1 Inleiding	55
4.6.2 Propaan	57
4.6.3 Lichte olie	59
4.6.4 Zware olie	60
4.6.5 Milieuvergunning	61

	Blz.
5. Conclusies en aanbevelingen	63
Literatuur	67
Bijlagen	
1 Globale investeringen en dekkingsgraden voor propaan	69
2 Globale investeringen en dekkingsgraden voor lichte olie	70
3 Globale investeringen en dekkingsgraden voor zwarte olie	71

Woord vooraf

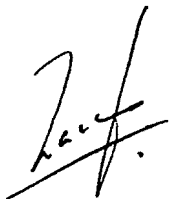
In de Europese Gemeenschap zijn afspraken gemaakt om te komen tot liberalisering van de energiemarkten. In Nederland zijn de nieuwe elektriciteitswet en de nieuwe gaswet door het parlement aangenomen. Door deze wetten worden de afnemers binnen een bepaald tijdsbestek vrij in de keuze van de energieleverancier. Naast de inkoop zal de energie moeten worden getransporteerd. Het voorgaande brengt een belangrijke verandering in de tariefstructuur met zich mee. Zowel de energie als het transport zijn in de toekomst gescheiden kostencomponenten.

Voor de glastuinbouw is energie en vooral aardgas een belangrijke kostenpost. Door de gewijzigde tariefstructuur stijgen de aardgaskosten voor de glastuinbouw waardoor anticipatie een bedrijfseconomische noodzaak is. Het maximumgasverbruik per uur wordt een belangrijke factor voor de aardgaskosten. De anticipatie door de bedrijven zal daarom gericht zijn op reductie van het maximumgasverbruik per uur. Hiervoor dient de tuinder zich een geheel nieuw denkpatroon eigen te maken; tot nu toe is steeds gedacht vanuit reductie van het absolute aardgasverbruik per jaar op een bedrijf.

Naast het kostenaspect heeft de gewijzigde tariefstructuur een negatieve invloed op de bedrijfseconomische mogelijkheden voor energiebesparing. Dit komt doordat de marginale prijs voor energie lager wordt.

Het LEI heeft van het Productschap Tuinbouw en van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij de opdracht gekregen onderzoek uit te voeren naar de technisch economische perspectieven van anticipatiemogelijkheden voor glastuinbouwbedrijven op de liberalisering van de aardgasmarkt. Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van het nieuwe denkpatroon. Het onderzoek is gestart voor bedrijven met vruchtgroente. Van deze groep bedrijven wordt een belangrijk aandeel per 1 januari 2002 vrij in de keuze van de aardgasleverancier. Op basis van de kennis die in dit onderzoek is ontwikkeld, is een rekenmodel gemaakt waarmee de anticipatiemogelijkheden voor een individueel bedrijf kunnen worden doorgerekend. Het model kan worden gedownload (www.lei.wageningen-ur.nl). Het onderzoek is uitgevoerd door N.J.A. van der Velden (projectleider), J. Benninga en J.K. Nienhuis. De contactpersoon namens het Productschap Tuinbouw is P. van der Struijs en voor het Ministerie van LNV is dat J. Mourits.

De directeur,



Prof.dr.ir. L.C. Zachariasse

Samenvatting

Inleiding

De aardgasmarkt in Nederland wordt geliberaliseerd. Per 1 januari 2002 zijn de afnemers boven de 835.000 m³ per jaar vrij in de keuze van de gasleverancier en per 1 januari 2004 de afnemers onder deze grens. Door de liberalisering wijzigt de tariefstructuur van het aardgas. In het Commodity Diensten Systeem (CDS) van de Gasunie worden de kosten voor het aardgas gesplitst in een commodityprijs en een diensten component (capaciteit en transport). De kosten voor het aardgas voor de glastuinbouwbedrijven nemen met gemiddeld 5 tot 6 gulden per m² per jaar toe. Voor bedrijven met vruchtgroente is dit gemiddeld ruim 5 gulden en varieert van 3 tot 7 gulden per m² per jaar.

Door de kostenstijging is anticipatie door de glastuinbouwbedrijven een bedrijfseconomische noodzaak. De extra kosten hangen vooral samen met het maximumgasverbruik per uur. De anticipatie zal daarom gericht zijn op reductie van het maximumgasverbruik per uur. Hiervoor dient de tuinder zich een geheel nieuw denkpatroon eigen te maken; tot nu toe is steeds gedacht vanuit reductie van het absolute aardgasverbruik per jaar. Technisch gezien zijn er veel anticipatiemogelijkheden. De vraag is echter of al deze mogelijkheden bijdragen aan het terugdringen van de extra kosten.

Doelstelling en afbakening

De doelstelling van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in het bedrijfseconomisch perspectief van de anticipatiemogelijkheden voor glastuinbouwbedrijven op de liberalisering van de aardgasmarkt. Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van het nieuwe denkpatroon. Een technisch-economische evaluatie is uitgevoerd voor bedrijven met vruchtgroente. In deze groep zitten veel bedrijven die per 1 januari 2002 vrije klant worden.

Het onderzoek richt zich op de diensten component binnen het CDS en op selectie van de belangrijkste anticipatiemogelijkheden. Resultaten zijn op korte termijn gewenst waardoor het onderzoek een globale benadering betreft en niet alle mogelijkheden zijn onderzocht. In de loop van de tijd zal meer kennis beschikbaar komen. De rapportage moet daarom gezien worden als een tussenrapportage. Combinaties van anticipatiemogelijkheden zijn (nog) niet in beschouwing genomen. Ook wordt ervan uitgegaan dat het CDS voor de tuinder één op één werkelijkheid wordt.

Anticipatiemogelijkheden

Bij de bedrijfseconomische evaluatie wordt het verschil in kosten bepaald tussen een bedrijf met en zonder anticipatiemogelijkheid. De volgende anticipatiemogelijkheden zijn in beschouwing genomen:

- overcapaciteit reduceren;
- boete accepteren;
- incidentele capaciteit;
- virtuele vat of uurflexibiliteit;
- energiescherm;
- warmtebuffer;
- temperatuurintegratie;
- propaan voor de piek;
- lichte olie voor de piek;
- zware olie voor de piek.

De kostenbesparing door de anticipatiemogelijkheden verschillen per bedrijf. Op basis van de kennis die in dit onderzoek is ontwikkeld, is een rekenmodel gemaakt waarmee de anticipatiemogelijkheden voor een individueel bedrijf kunnen worden doorgerekend. Het model kan worden gedownload (www.lei.wageningen-ur.nl).

Maximumgasverbruik en vo-begrenzing

Het maximumgasverbruik per uur is van grote invloed op de referentiesituatie (situatie zonder anticipatiemogelijkheden). Voor het bepalen van het maximumgasverbruik per uur kan op drie manieren naar een glastuinbouwbedrijf worden gekeken:

1. het maximumgasverbruik van alle gasverbruikende apparatuur (ketel(s)) gezamenlijk;
2. het gasverbruik dat nodig is om het verwarmingssysteem op de maximale temperatuur te houden;
3. het gasverbruik dat nodig is om bij extreme buitenomstandigheden de kas op de gewenste temperatuur te houden.

Uit ervaring is bekend dat de totale ketelcapaciteit (ingang 1) vaak een overcapaciteit heeft. Voor de maximale warmteafgifte van het verwarmingssysteem (ingang 2) is op de meeste vruchtgroentebedrijven circa 270 m³ aardgas per uur per ha nodig.

Het gasverbruik dat nodig is om de kas bij extreme buitenomstandigheden op temperatuur te houden (ingang 3) wordt vooral bepaald door het gasverbruik per uur dat nodig is om 1°C verschil in binnen- en buitentemperatuur te overbruggen. Daarnaast hebben wind en instraling invloed. In dit onderzoek wordt uitgegaan van de extreme buitenomstandigheden van de winter van 1987.

Het gasverbruik per °C loopt sterk uiteen tussen de bedrijven en is vooral afhankelijk van het gebruik van een scherm en de dichtheid van de kas. In de situatie zonder scherm is het verwarmend oppervlak (vo) op veel bedrijven een begrenzing voor het maximumgasverbruik. Door de vo-begrenzing wordt in de situatie zonder scherm of bij geopend scherm overdag, beiden bij extreme buitenomstandigheden, de gewenste teelttemperatuur in de kas vaak niet gerealiseerd; het verwarmingssysteem is dan te klein. Een vo-begrenzing is van invloed op de anticipatiemogelijkheden; de maximale gasvraag is dan reeds afgetopt.

Overcapaciteit en boete accepteren

In het bestaande contract tussen het glastuinbouwbedrijf en het energiebedrijf kan een overcapaciteit zitten. Dit is het geval wanneer de contractcapaciteit groter is dan de benodigde capaciteit. Door aanpassing kan een kostenbesparing worden gerealiseerd. Reductie van de contractuele overcapaciteit met 25-30 m³ per ha resulteert in een kostenbesparing van 1 gulden per m² per jaar.

Indien per uur meer aardgas wordt afgenomen dan er gecontracteerd is, wordt volgens het CDS een boete in rekening gebracht. Daar zich niet jaarlijks extreme buitenomstandigheden voordoen kan een contractcapaciteit die lager is dan het maximumgasverbruik gemiddeld over meerdere jaren kostenvoordeel met zich meebrengen. De vraag is echter of in deze situatie altijd voldoende aardgas geleverd zal worden.

Incidentele capaciteit

Naast contractcapaciteit bestaat er binnen het CDS de mogelijkheid om incidentele capaciteit te contracteren. Incidentele capaciteit wordt gecontracteerd voor een bepaald aantal dagen per jaar waarvan de datum niet vooraf hoeft te worden opgegeven en is goedkoper dan contractcapaciteit.

De bedrijfseconomische mogelijkheden van incidentele capaciteit worden bepaald door het verschil in maximumgasverbruik dat nodig is om de kas op temperatuur te houden en de vo-begrenzing. Bij een sterke begrenzing is er geen voordeel; bij geen of een kleine begrenzing ontstaat er voordeel. Dit betreft vooral bedrijven waar geschermd wordt en juist ook overdag bij extreme buitenomstandigheden. Het voordeel kan dan oplopen tot 70 cent per m² per jaar.

Scherm

Schermen kunnen naast energiebesparing ook gebruikt worden voor reductie van het maximumgasverbruik. Energieschermen worden bij paprika en komkommer op grote schaal toegepast en bij tomaat op een beperkt deel van de bedrijven. Bij tomaat kan het scherm na invoering van het CDS een kostenbesparing met zich meebrengen als wordt uitgegaan van zeer gunstige uitgangspunten voor het scherm (minimaal lichtverlies, lange gebruiksduur, bij extreme buitenomstandigheden overdag scherm gesloten, geen negatief klimaateffect op de productie en hoge energieprijzen). De vraag is of dit alles in de praktijk realiseerbaar is. Deze vraag geldt vooral voor het gesloten houden van het scherm overdag bij extreme buitenomstandigheden en het negatieve klimaateffect op de productie.

Een vast scherm is bij tomaat geen anticipatiemogelijkheid daar dit scherm na enige weken wordt verwijderd en extreme buitenomstandigheden ook daarna kunnen voorkomen.

Op vruchtgroentebedrijven wordt vaak een scherm gebruikt met beperkte isolatiegraad. Een zwaarder scherm met een hogere isolatiegraad kan het maximum aardgasverbruik extra reduceren. Ook bij een zwaarder scherm is het de vraag of dit overdag bij extreme buitenomstandigheden gesloten kan blijven.

Warmtebuffer en virtueel vat

Warmtebuffers worden momenteel toegepast op glastuinbouwbedrijven om in perioden met een warmteoverschot tijdelijk warmte op te slaan. Warmteoverschotten ontstaan als met de aardgasketel CO₂ gedoseerd wordt in perioden dat er geen warmtevraag is. Bedrijven die al een warmtebuffer hebben zouden deze ook in kunnen zetten om extreme buitenomstandigheden op te vangen, waardoor het maximumgasverbruik per uur lager kan worden. Bedrijven die momenteel geen warmtebuffer hebben zouden voor dit doel er een aan kunnen schaffen.

Belangrijk bij het gebruik van een warmtebuffer in perioden met extreme buitenomstandigheden is de hoeveelheid warmte die door de warmtebuffer wordt geleverd. Is deze capaciteit te groot dan zal de warmtebuffer te snel leeg raken. De capaciteit waarbij de warmtebuffer aan het eind van de strenge winterperiode net leeg raakt, is het optimum.

Het virtuele vat, ook wel uurflexibiliteit genoemd, is een denkbeeldige gasbuffer die alleen op papier bestaat. Het virtuele vat wordt door de Gasunie voor de klant geleased als het gasverbruik in een uur groter is dan de contractcapaciteit en weer gevuld als het omgekeerde het geval is.

Bij warmtebuffer en virtueel vat worden de bedrijfseconomische mogelijkheden voor een groot deel bepaald door het verschil in maximumgasverbruik van de kas en de vo-begrenzing. In de bedrijfssituaties zonder of met een beperkte vo-begrenzing, kan met de warmtebuffer bedrijfseconomisch voordeel worden behaald dat kan oplopen tot drie kwartjes en bij virtueel vat circa 90 cent per m² per jaar. Dit zijn de bedrijfssituaties met een scherm. Het grootste voordeel ontstaat op bedrijven waar het scherm bij extreme buitenomstandigheden overdag gesloten blijft en voor de warmtebuffer indien die op het bedrijf aanwezig is. Indien de buffer alleen als anticipatiemogelijkheid wordt aangeschaft ontstaat er geen bedrijfseconomisch voordeel. Ook uitbreiding van de buffercapaciteit brengt dan geen voordeel met zich mee.

Temperatuurintegratie

Bij temperatuurintegratie wordt in bepaalde uren een lagere teelttemperatuur aangehouden. Dit tekort wordt in andere uren gecompenseerd met een hogere temperatuur.

Doelstelling van het plantkundig onderzoek tot dusverre is geweest om te onderzoeken of temperatuurintegratie voor de tuinder een optie is waarmee energie valt te besparen. In de tuinbouwpraktijk wordt voor energiebesparing met temperatuurintegratie gewerkt mits de periode niet te lang duurt (enkele etmalen), de temperatuur verschillen niet te groot zijn, enkele graden wordt afgeweken van de ingestelde waarden en de som van de urenwaarden (graaduren) na enkele dagen 0 is of een geringe afwijking daarvan laten zien.

Met temperatuurintegratie kan door reductie van het maximumgasverbruik bij bepaalde uitgangspunten een kostenbesparing worden gerealiseerd. Deze kostenbesparing loopt bij een ruime bandbreedte van plus en min 4°C voor de teelttemperatuur, uiteen van 0 tot 93 cent per m² per jaar. Kostenbesparing is alleen mogelijk voor bedrijven met een gasverbruik per °C per ha per uur dat niet te hoog is. In de situatie met een vo-begrenzing van 270 m³ per ha per uur ligt de grens tussen de 8 en 9 m³ per °C per ha per uur. Onder deze

grens betreft het bedrijven met een scherm die tijdens extreme buitenomstandigheden ook overdag gesloten blijft en bedrijven zonder scherm met een laag gasverbruik per °C.

Bij een kleinere en wellicht realistischere bandbreedte voor de praktijk van plus en min 2°C is het voordeel beduidend kleiner en bedraagt hooguit enige dubbeltjes per m² per jaar.

Indien wordt uitgegaan van een periode met de extreemste kou gedurende de laatste 30 jaar (1987) dan is mede door de vo-begrenzing geen verlaging van het maximumgasverbruik en dus geen kostenbesparing met temperatuurintegratie mogelijk.

Indien naast reductie van het maximumgasverbruik met temperatuurintegratie ook energiebesparing wordt gerealiseerd, dan is de kostenbesparing groter; bij een energiebesparing van 4% op jaarbasis en een bandbreedte van plus en min 4°C kan de totale kostenbesparing oplopen tot ruim anderhalve gulden per m² per jaar. Kwantitatief inzicht in de te realiseren energiebesparing in de praktijk op jaarbasis ontbreekt.

Alternatieve brandstoffen voor de piek

Op praktisch alle bedrijven met vruchtgroente wordt geheel of gedeeltelijk in de warmtebehoefte voorzien met één of meerdere aardgasgestookte ketels waarmee ook lichte olie kan worden gestookt. Het maximum aardgasverbruik kan worden gereduceerd door verstoren van een alternatieve brandstof (propaan, lichte olie of zware olie) voor de piek.

Indien op een bedrijf 1 ketel in gebruik is, dient hiervoor een tweede ketel inclusief brander en opslagcapaciteit voor de alternatieve brandstof te worden aangeschaft. Indien 2 ketels worden gebruikt, kan de tweede ketel worden aangewend voor de alternatieve brandstof. Bij propaan en zware olie is dan een nieuwe brander en opslagcapaciteit nodig. Bij lichte olie beperkt zich dit tot de opslagcapaciteit.

De brandstofkosten voor de alternatieve brandstoffen zijn per GJ warmte het gunstigst voor zware olie waardoor vooral deze brandstof bedrijfseconomisch voordeel met zich meebrengt. Bij propaan kan het voordeel in gunstige situaties oplopen tot circa een halve gulden en bij lichte olie tot circa 30 cent per m² per jaar. Bij zware olie ligt dit met ruim twee gulden duidelijk hoger.

Voor zware olie is echter een gemeentelijke milieuvergunning nodig. Bij installaties groter dan 0,9 MW wordt deze door eisen rond de uitstoot van NO_x waarschijnlijk niet verleend. Onder de grens van 0,9 MW is het de vraag of gemeenten de eisen rond de NO_x-uitstoot eveneens toepassen. Indien dit het geval is, is ook dan geen milieuvergunning mogelijk. Indien gemeenten zware oliestook onder de 0,9 MW wel toestaan, wordt het bedrijfseconomisch voordeel door de capaciteitsgrens beperkt tot maximaal 1 gulden per m² per jaar.

Aanbevelingen

Indien de anticipatiemogelijkheden afzonderlijk worden beoordeeld, kan vooral overcapaciteit reduceren een belangrijke kostenbesparing met zich meebrengen. Voor het bepalen van de benodigde capaciteit wordt aanbevolen per bedrijf metingen uit te voeren. In bepaalde situaties is ook bedrijfseconomisch voordeel te behalen met incidentele capaciteit, warmtebuffer, virtueel vat, temperatuurintegratie en eventueel zware olie. Dit geldt met

name voor bedrijven met een gesloten scherm (dag en nacht) bij extreme buitenomstandigheden. Aanbevolen wordt de kennis rond deze anticipatiemogelijkheden verder te ontwikkelen en te verspreiden.

Bij de warmtebuffer zou een lagere retourtemperatuur van het water uit het verwarmingssysteem in de kas tot verbetering leiden. Meer inzicht is gewenst in de mate van gebruik van de warmte uit de buffer per uur in combinatie met de bufferinhoud bij extreme koude buitenomstandigheden. Dit laatste geldt eveneens voor de mate waarin per uur gebruik wordt gemaakt van aardgas uit het virtuele vat in combinatie met de vatinhoud. Bij het scherm is meer inzicht gewenst in het gebruik overdag bij extreme buitenomstandigheden. Bij temperatuurintegratie ontbreekt inzicht in de te realiseren energiebesparing op jaarbasis en de (toekomstige) bandbreedte in de teelttemperatuur, beiden in de praktijk.

Naast de onzekerheden rond het bedrijfseconomisch voordeel van een scherm als anticipatiemogelijkheid op tomatenbedrijven heeft een scherm positieve invloed op het voordeel van andere anticipatiemogelijkheden. Verwacht wordt dat het maken van combinaties van anticipatiemogelijkheden extra kostenbesparing kan opleveren. Aanbevolen wordt het onderzoek naar deze combinaties uit te voeren. Hierbij wordt als eerste gedacht aan combinaties tussen incidentele capaciteit, scherm, warmtebuffer, temperatuurintegratie, virtuele vat en eventueel zware olie.

1. Inleiding

1.1 Probleemstelling

De landelijke overheid heeft besloten de aardgasmarkt te liberaliseren. De nieuwe gaswet is door het parlement aangenomen. Door de liberalisering wordt de klant vrij in de keuze van de leverancier van het aardgas. Afnemers met een jaarlijkse afname boven de 10 miljoen m³ zijn reeds vrije klant. Per 1 januari 2002 worden de klanten met een verbruik boven de miljoen m³ en per 1 januari 2004 de klanten met een verbruik onder de 1 miljoen m³ per jaar vrij. In het uitvoeringsbesluit van het Ministerie van Economische Zaken is op basis van temperatuurcorrectie de grens van 1 miljoen m³ verlaagd tot 835.000 m³.

Door de liberalisering wijzigt de tariefstructuur van het aardgas. In de nieuwe tariefstructuur, het Commodity Diensten Systeem (CDS) van de Gasunie, worden de kosten voor het aardgas gesplitst in:

- de commodityprijs en;
- de kosten voor de diensten (transport en capaciteit).

Door het CDS stijgen de kosten voor het aardgas voor de glastuinbouw sterk (Van der Velden et al., 1999). Indien het CDS één op één voor de glastuinbouw wordt ingevoerd stijgen de kosten voor het aardgas met gemiddeld f 5 tot f 6 per m² per jaar. Per kuub aardgas is dit gemiddeld 13 tot 16 cent. Bij de bedrijven met vruchtgroente bedragen de extra kosten gemiddeld ruim 5 gulden en dit loopt uiteen van 3 tot 7 gulden per m² per jaar. De extra kosten hangen vooral samen met de kosten voor de dienstcomponent binnen het CDS. De kosten voor de diensten worden voor een groot deel bepaald door het de contractcapaciteit zijnde het maximum aardgasverbruik per uur. Het verschil in extra kosten tussen de afzonderlijke bedrijven wordt vooral bepaald door dit maximumgasverbruik per uur.

Voor de tuinders is het een bedrijfseconomische noodzaak te anticiperen op de kostenstijging door de liberalisering. Hiervoor dient de tuinder zich een geheel nieuw denkpatroon eigen te maken. Dit denkpatroon is gericht op reductie van het maximumgasverbruik per uur. Vooral voor de tuinders waarvoor de liberalisering per 1 januari 2002 realiteit is, is de beschikbare periode voor anticipatie kort. Er bestaan veel mogelijkheden om op de gewijzigde situatie te anticiperen. De vraag is echter of deze, vooral technische, mogelijkheden bedrijfseconomisch een oplossing bieden ofwel bijdragen aan het reduceren van de extra kosten die de liberalisering van de aardgasmarkt voor de glastuinbouw met zich meebrengt.

Door de gewijzigde tariefstructuur worden de marginale kosten (de prijs voor 1 m³ meer of minder) voor het aardgas lager. Dit heeft een negatieve invloed op de bedrijfseconomische mogelijkheden voor energiebesparing (De Groot et al., 2000).

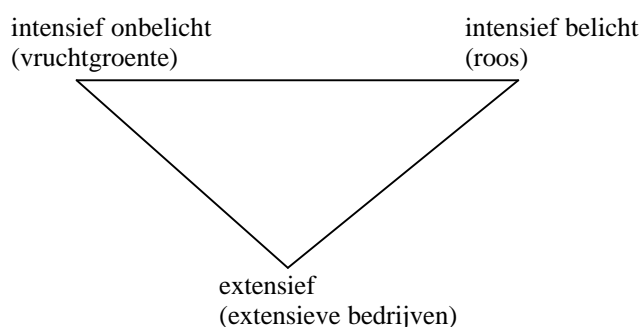
1.2 Doelstelling en afbakening

De doelstelling van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in het bedrijfseconomisch perspectief van de anticipatiemogelijkheden voor glastuinbouwbedrijven op de liberalisering van de aardgasmarkt. Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van het nieuwe denkpatroon.

De bedrijfseconomische mogelijkheden zullen voor de afzonderlijke bedrijven verschillen. Het is onmogelijk het onderzoek te richten op alle individuele bedrijven. Daarom zijn groepen bedrijven gedefinieerd met een aantal overeenkomstige kenmerken, ofwel homogene groepen. De glastuinbouwsector is hierbij ingedeeld in 25 groepen bedrijven (Van der Velden et al., 2001). Het onderzoek is gericht op deze homogene groepen. Hierbij zijn min of meer drie uiterste groepen gekozen waarop de kennisontwikkeling primair wordt gericht; dit zijn:

- intensieve bedrijven zonder belichting (vruchtgroente);
- intensieve bedrijven met belichting (roos);
- extensieve bedrijven.

Hierdoor ontstaat een driehoek (figuur 1.1) met de genoemde bedrijfstypen op de hoeken en waartussen de glastuinbouwbedrijven met andere gewassen liggen (Van der Velden et al., 2001).



Figuur 1.1 Driehoek met uiterste groepen bedrijven

Het onderzoek is er op gericht antwoord te geven op de vraag welke anticipatiemogelijkheden bedrijfseconomisch perspectief bieden en wel voor bedrijven met vruchtgroente. Hierbij worden de vruchtgroente met een belangrijk areaal (tomaat, paprika en komkommer) in beschouwing genomen. Na de vruchtgroente is het de bedoeling onderzoek uit te voeren voor bedrijven met rozen met assimilatiebelichting en voor energie extensieve bedrijven (relatief laag gasverbruik per m² kas).

Het onderzoek richt zich op de Diensten component binnen het CDS. De commodity (inkoop aardgas) valt buiten het terrein van dit onderzoek. Doordat resultaten op korte termijn gewenst zijn, betreft de bedrijfseconomische analyse een globale benadering. De analyse is gericht op de selectie van anticipatiemogelijkheden met bedrijfseconomisch voordeel. In de loop van de tijd zal meer kennis beschikbaar komen; de rapportage moet

daarom gezien worden als een tussenrapportage. Combinaties van anticipatiemogelijkheden worden (nog) niet in beschouwing genomen. Door activiteiten van de DTE en/of door een tussenschakel in de ketel tussen energieleverancier en tuinder is het de vraag of de gasprijs voor de tuinder in de toekomst (volledig) wordt bepaald door het CDS. De algemene verwachting is dat het maximumgasverbruik per uur een belangrijke factor voor de kosten zal blijven. In dit onderzoek wordt uitgegaan van een volledige werking van het CDS. De problematiek van energiebesparing in de geliberaliseerde markt valt buiten dit onderzoek.

Op basis van de kennis die in dit onderzoek is ontwikkeld, is een rekenmodel gemaakt waarmee de anticipatiemogelijkheden voor een individueel bedrijf kunnen worden doorgerekend. Het model kan worden gedownload (www.lei.wageningen-ur.nl).

1.3 Leeswijzer

De methode van onderzoek wordt uiteengezet in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 is het resultaat van de inventarisatie van de anticipatiemogelijkheden en hierin wordt de keuze van de mogelijkheden voor de bedrijfseconomische evaluatie gemaakt. De bedrijfseconomische evaluatie wordt behandeld in hoofdstuk 4. Tot slot komen in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen aan bod.

2. Methode

Het onderzoek bestaat uit twee hoofdactiviteiten:

1. inventarisatie anticipatiemogelijkheden en keuze voor de bedrijfseconomische evaluatie;
2. bedrijfseconomische evaluatie en selectie van de belangrijkste mogelijkheden.

Inventarisatie

Voor het verkrijgen van een zo compleet mogelijke overzicht van anticipatiemogelijkheden zijn tuinders, voorlichters en vakbladen geraadpleegd. Bij de inventarisatie zijn de anticipatiemogelijkheden ingedeeld in groepen met overeenkomstige kenmerken.

Vervolgens is een keuze gemaakt welke mogelijkheden bedrijfseconomisch worden geëvalueerd. Hierbij zijn de op het eerste gezicht belangrijke mogelijkheden in beschouwing genomen. De keuze is gemaakt in overleg met de opdrachtgevers. De motivatie is vermeld in hoofdstuk 3.

Bedrijfseconomische evaluatie

In de bedrijfseconomische evaluatie wordt een vergelijking gemaakt tussen een bedrijf zonder en hetzelfde bedrijf met de anticipatiemogelijkheid. Hierbij worden eerst de energetische aspecten, voor zo ver van belang in relatie met het CDS, gekwantificeerd. Vervolgens wordt de anticipatiemogelijkheid bedrijfseconomisch geëvalueerd. Hiervoor wordt de invloed van de anticipatiemogelijkheid op de jaarkosten van het bedrijf bepaald.

Voor de bedrijfseconomische evaluatie is per anticipatiemogelijkheid een rekenmodel ontwikkeld in spread sheet. Uitgegaan wordt van een bedrijf dat alleen aardgas verstoekt; eventueel gebruik van warmte van derden wordt buiten beschouwing gelaten. Voor de uitgangspunten is gebruikgemaakt van de resultaten van de andere activiteiten binnen het project 'Economische en technische kennisontwikkeling liberalisering energiemarkt glastuinbouw' dat door het LEI in opdracht van het Energiebureau van het PT en het Ministerie van LNV wordt uitgevoerd, zoals *Analyse homogene groepen bedrijven* (Van der Velden et al., 2001), *Analyse buitentemperaturen* (Benninga et al., 2000) en *Pilot-analyse aardgasverbruiken per uur op bedrijven met tomaat en paprika* (Benninga et al., 2001). Daarnaast is per optie specifieke informatie verzameld (prijzen, investeringen, enzovoort). De uitgangspunten voor de evaluatie worden behandeld in het hoofdstuk over de bedrijfseconomische evaluatie.

De bedrijfseconomische berekeningen zijn doorgenomen met een aantal tuinders. Door deze bedrijfsbezoeken zijn verbeteringen c.q. aanvullingen verkregen. De berekeningen van de anticipatiemogelijkheden die behoren tot het CDS (boete accepteren, incidentele capaciteit en virtuele vat) zijn doorgenomen met de Gasunie.

Gezien het primaire doel van de evaluatie om een eerste selectie te maken van de anticipatiemogelijkheden en de korte tijdsperiode waarbinnen de resultaten gewenst zijn, is de evaluatie niet voor alle mogelijkheden even gedetailleerd uitgevoerd. Concreet betekent

dit dat voor de mogelijkheden reductie overcapaciteit, boete accepteren en incidentele capaciteit berekeningen op jaarbasis zijn gemaakt. Voor het scherm zijn daarnaast de perioden waarin het scherm wel of niet gesloten is (dag en nacht) in beschouwing genomen. Bij de alternatieve brandstoffen voor de piek is een evaluatie op jaarbasis gemaakt. Voor de mogelijkheden warmtebuffer, virtueel vat en temperatuurintegratie zijn berekeningen op uurbasis en wel in perioden met extreme buitenomstandigheden van belang. Voor deze anticipatiemogelijkheden zijn daarom urengegevens (temperatuur, wind en instraling) van een extreem koud jaar gebruikt.

3. Anticipatiemogelijkheden

3.1 Inventarisatie

Het resultaat van de inventarisatie van de anticipatiemogelijkheden is weergegeven in tabel 3.1. De anticipatiemogelijkheden zijn daarbij ingedeeld in groepen.

De eerste groep betreft contractuele verbeteringen. Dit zijn allen mogelijkheden die via een contract ofwel op papier gerealiseerd kunnen worden. Daar de aardgaskosten volgens het CDS sterk afhankelijk zijn van het maximumgasverbruik per uur is het zaak de overcapaciteit in het gascontract te reduceren. Ook bestaan er binnen het CDS mogelijkheden om de kosten te reduceren via incidentele capaciteit en virtueel vat, ook wel uurflexibiliteit genoemd. Een gewas- of oogstschade verzekering tegen extreme weersomstandigheden of tegen weerderivaten zouden toekomstige activiteiten voor verzekeringsmaatschappijen kunnen zijn.

De tweede groep betreft (teelt)technische mogelijkheden die in de kassen of elders op het bedrijf worden toegepast zoals het scherm, warmtebuffer, temperatuurintegratie, enzovoort.

Meestal wordt er op een glastuinbouwbedrijf aardgas gestookt in een ketel, en dit geldt zeker voor gespecialiseerde bedrijven met vruchtgroente. Voor de pieken in de warmtevraag zou ook een andere brandstof kunnen worden verstoekt (groep 3) waardoor het maximumgasverbruik per uur lager wordt. Tot deze groep van anticipatiemogelijkheden behoort ook het stomen met een huurketel met olie in plaats van aardgas.

Groep 4 betreft samenwerkingsverbanden tussen glastuinbouwbedrijven of tussen glastuinbouwbedrijven en andere bedrijven met als doel het gezamenlijk maximumgasverbruik te reduceren.

Door de hoge kosten voor de Diensten binnen het CDS, die kunnen worden gezien als vaste kosten, is ook intensiveren (groep 4) een anticipatiemogelijkheid. Intensiveren betekent concreet een hogere teelttemperatuur, vroeger planten, meer CO₂-dosering en meer belichting. Hierdoor gaat het gasverbruik per m² kas omhoog. Indien dit niet gepaard gaat met een hoger maximumgasverbruik per uur wordt de gemiddelde gasprijs volgens het CDS lager. De totale gaskosten stijgen wel maar minder dan bij de huidige tariefstructuur ofwel de marginale kosten per m³ aardgas zijn in het CDS lager en tegenover de extra kosten staan extra opbrengsten.

Anticipatiemogelijkheden die naast reductie van het maximumgasverbruik een sterkere of evenredige verlaging van het totaal volume aan aardgas op jaarbasis met zich meebrengen worden niet gezien als anticipatiemogelijkheid. De relatieve pieken in het gasverbruik en het afnamepatroon wijzigen door deze opties niet. Dit betreft anticipatiemogelijkheden als condensor, ketelisolatie, alternatieve kasomhullingen, enzovoort.

Tabel 3.1 Overzicht anticipatiemogelijkheden CDS ingedeeld in groepen

1.	Contractuele verbeteringen
1.1	overcapaciteit reduceren
1.2	boete accepteren
1.3	incidentele capaciteit
1.4	virtuele vat of uurflexibiliteit
1.5	verzekering gewas of oogstschade door extreme weersomstandigheden
1.6	verzekering tegen weerderivaten

2.	(Teelt)technische mogelijkheden op de glastuinbouwbedrijven
2.1	beweegbaar scherm (incl. gevel)
2.2	vast scherm (begin teelt of bij koude)
2.3	zwaarder scherm (incl. gevel)
2.4	gevelisolatie
2.5	warmtebuffer
2.6	temperatuurintegratie (24-uurs en meerdaags)
2.7	verwarmingsbuizen omlaag
2.8	opslag aardgas
2.9	warmteopslag (lange termijn)

3.	Andere energievoorziening
3.1	andere brandstof voor de piek van de warmtevraag
3.1.1	propan
3.1.2	lichte olie
3.1.3	zware olie
3.2	stomen met andere brandstof
3.2.1	stomen met huurketel met lichte olie

4.	Samenwerkingsverbanden
4.1	clustering warmtevraag tussen glastuinbouwbedrijven (bij ongelijk tijdstip maximumgasverbruik)
4.2	clustering warmtevraag tussen glastuinbouw- en niet glastuinbouwbedrijven (bij ongelijk tijdstip maximumgasverbruik)

5.	Intensivering (gasverbruik per m ² omhoog)
5.1	meer CO ₂ -dosering
5.2	vroeger planten
5.3	hogere teelttemperatuur
5.4	meer belichting
5.4	meer luchten/lagere luchtvochtigheid

3.2 Keuze bedrijfseconomisch evaluatie

De volgende opties worden om genoemde redenen niet in beschouwing genomen bij de bedrijfseconomisch evaluatie. Voor de verzekering van gewas en/of oogstschade of tegen weerderivaten bestaan nog geen concrete mogelijkheden. Gevelisolatie wordt in beschouwing genomen als gevelschem bij het scherm. Gasopslag en warmteopslag (lange termijn) zijn beide opties met technische onduidelijkheden.

De meeste bedrijven met vruchtgroente telen op substraat waardoor stomen niet jaarlijks nodig is en maar een beperkte capaciteit vraagt en plaats vindt in een periode met relatief weinig warmtevraag. De anticipatiemogelijkheid stomen met huurketel met olie wordt daarom bij de vruchtgroente niet geëvalueerd.

Samenwerkingsverbanden zijn naast een mogelijkheid om de kosten voor de Diensten te reduceren ook een mogelijkheid om de commodityprijs te reduceren. Ondanks dat deze anticipatiemogelijkheid belangrijk kan zijn, wordt deze niet alleen vanuit de Diensten component en dus niet in dit project in beschouwing genomen. Intensiveren is een mogelijkheid die met vele andere aspecten in en rond de glastuinbouw een relatie heeft zoals kosten en opbrengsten van de extra energie input, afzetpatronen van de tuinbouwproducten, kostprijs van de voortgebrachte producten, concurrentiepositie, economische groei, AMvB-normen Glamie, enzovoort, waardoor ook deze anticipatiemogelijkheid hier niet in beschouwing wordt genomen

De resterende opties worden in het volgende hoofdstuk bedrijfseconomisch geëvalueerd:

- overcapaciteit reduceren;
- boete accepteren;
- incidentele capaciteit;
- virtuele vat of uurflexibiliteit;
- energiescherm;
- warmtebuffer;
- temperatuurintegratie;
- propaan voor de piek;
- lichte olie voor de piek;
- zware olie voor de piek.

De (technische) regeling van de hiervoor genoemde anticipatiemogelijkheden zoals bijvoorbeeld het openen van het scherm over een periode van meer dan 1 uur, de regeling van de warmtebuffer, enzovoort, wordt niet specifiek geëvalueerd. Het primaire doel van de evaluatie is immers een grove selectie van de perspectievolle anticipatiemogelijkheden en niet de optimalisatie of de gebruikswijze van de mogelijkheid.

4. Bedrijfseconomische analyse

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de anticipatiemogelijkheden bedrijfseconomisch geëvalueerd. In de paragrafen 4.3 tot en met 4.6 worden de anticipatiemogelijkheden groepsgewijs behandeld. Hierbij wordt de groepsindeling aangehouden zoals gepresenteerd in paragraaf 3.1. In deze indeling behoren de anticipatiemogelijkheden warmtebuffer, virtuele vat en temperatuurintegratie tot verschillende groepen. Deze 'capaciteit compenserende mogelijkheden' worden bij de bedrijfseconomische evaluatie gecombineerd behandeld (paragraaf 4.5) omdat ze rekenkundig veel overeenkomsten hebben.

Het resultaat van de bedrijfseconomische evaluatie is afhankelijk van de gekozen uitgangspunten. Bij de berekeningen per anticipatiemogelijkheid wordt gebruikgemaakt van een uitgangssituatie. Vervolgens worden varianten in beschouwing genomen waarbij één of meerdere uitgangspunten wijzigen ten opzichte van de uitgangssituatie. Van de varianten worden de gewijzigde uitgangspunten en de resultaten getoond.

Alvorens de anticipatiemogelijkheden worden behandeld, wordt in de volgende paragraaf eerst ingegaan op de algemene uitgangspunten die worden gehanteerd bij de evaluatie. De specifieke uitgangspunten per anticipatiemogelijkheid komen in de paragrafen daarna aan bod.

4.2 Algemene uitgangspunten

In deze paragraaf worden de algemene uitgangspunten voor de bedrijfseconomische evaluatie behandeld. Als eerste wordt ingegaan op de gasprijs volgens het CDS. Daar het maximumgasverbruik een belangrijke invloed heeft op de kosten voor het aardgas wordt vervolgens ingegaan op dit bedrijfskenmerk. Daarna komen algemene uitgangspunten als bedrijfsomvang, brandstofintensiteit, teelttemperaturen, buitenomstandigheden, investering, afschrijving, onderhoud en rente aan bod.

Gasprijs

Volgens het CDS bestaat de prijs voor het aardgas uit twee verschillende componenten:

- de prijs voor het aardgas zelf (commodity);
- de prijs voor de diensten.

De commodityprijs wordt evenals de gasprijs volgens de huidige tariefstructuur per kwartaal bepaald op basis van de olieprijs met dit verschil dat bij het CDS de olieprijs van de laatste 6 maanden wordt gehanteerd en bij de huidige tariefstructuur de olieprijs van de laatste 12 maanden. De kosten voor de diensten zijn afhankelijk van de variabelen maximumgasverbruik per uur, totaal gasverbruik per m² per jaar en de afstand waarover het

aardgas moet worden getransporteerd. Naast de kosten voor de diensten van de Gasunie zijn er ook kosten voor de diensten van het lokale distributiebedrijf. Het distributiebedrijf verzorgt het lokale transport vanaf de leiding van de Gasunie tot de klant. Voor verdere informatie over het CDS wordt verwezen naar de internet site van de Gasunie en naar een eerder onderzoek van het LEI (Van der Velden et al., 1999).

Om een juiste bedrijfseconomische evaluatie te maken moeten een aantal uitgangspunten in relatie tot de gasprijs volgens de nieuwe tariefstructuur worden gekozen. Deze worden hierna behandeld. In de huidige tariefstructuur zijn heffingen opgenomen en in het CDS niet. De heffingen die momenteel (eerste kwartaal 2001) in de tuinbouw gasprijs zijn opgenomen zijn een milieuheffing (2,28 cent per m³) van de landelijke overheid en een bestemmingsheffing (0,3 cent per m³) van het Productschap Tuinbouw in het kader van de MeerJarenAfspraak-Energie tussen de glastuinbouw en de landelijke overheid. Daar in de toekomst ook dergelijke heffingen worden verwacht en doordat met een aantal anticipatiemogelijkheden aardgas wordt bespaard of vervangen worden door andere brandstoffen, worden deze heffingen ook bovenop het CDS in beschouwing genomen. Ook voor de alternatieve brandstoffen voor de piek (propaan en lichte en zware olie) wordt uitgegaan van de actuele brandstofprijzen, dus inclusief Reguliere Energie Belasting (REB) en andere heffingen.

In het begin van het eerste kwartaal van 2001 is de olieprijs en daarmee samenhangend de prijs van andere brandstoffen relatief hoog. Twee jaar eerder (1999) waren de prijzen beduidend lager. In de loop van 2001 vertonen de brandstofprijzen een dalende tendens. Wat de toekomst zal brengen blijft koffiedik kijken. In het onderzoek wordt daarom uitgegaan van een variant met hogere brandstofprijzen (prijspeil eerste kwartaal 2001) en een variant met lagere brandstofprijzen (prijspeil derde kwartaal 1999). Het voorgaande resulteert in de volgende commodity prijzen volgens het CDS:

- derde kwartaal 1999 15,45 cent per m³;
- eerste kwartaal 2001 35,35 cent per m³.

Voor de afstanden in de Diensten component in het CDS wordt uitgegaan van de locatie Westland/De Kring. De kosten voor de diensten van het lokale transport vanaf de leiding van de Gasunie zijn gesteld op 3 cent per m³ (Van der Velden et al., 1999)

Maximumgasverbruik

Voor de kosten van het aardgas volgens het CDS is het maximum aardgasverbruik per uur en daarmee samenhangend de contractcapaciteit van grote invloed. De anticipatiemogelijkheden zijn er op gericht de contractcapaciteit te verlagen. Voor de bedrijfseconomische evaluatie is het van belang dat het maximumgasverbruik wordt bepaald in de situatie voordat een anticipatiemogelijkheid wordt ingezet (referentie situatie). Hiervoor kan op drie manieren naar een glastuinbouwbedrijf worden gekeken:

1. het totaal maximumgasverbruik van alle gasverbruikende apparatuur gezamenlijk;
2. het gasverbruik dat nodig is om het verwarmingssysteem op de maximale temperatuur te houden;
3. het gasverbruik dat nodig is om bij extreme buitenomstandigheden de kas op de gewenste temperatuur te houden.

Op deze drie ingangen wordt hierna verder ingegaan.

1. *Gasverbruikende apparatuur*

Bij bedrijven met vruchtgroente betreft de aardgasgebruikende apparatuur meestal één of meerdere aardgasgestookte ketels. Voor het bepalen van het maximum aardgasverbruik van de ketel wordt uitgegaan van het maximum aardgasverbruik van de brander. Bij meerdere ketels worden deze gesommeerd. Kwantitatieve informatie omtrent het maximum verbruik van de branders is niet voorhanden. Uit ervaring is bekend dat de ketels vaak een overcapaciteit hebben ten opzichte van hetgeen nodig is voor ingang 2.

2. *Verwarmingssysteem*

Het gasverbruik dat nodig is om het verwarmend oppervlak (vo) van het verwarmingssysteem op de maximale temperatuur te houden, kan worden bepaald middels een berekening met als uitgangspunten het vo (aantal en type verwarmingselementen of buizen per kap) in de kas en de maximale ingestelde buistemperatuur. Het benodigde vermogen kan vervolgens worden omgerekend naar aardgas per uur. Voor de warmte afgifte van het verwarmingssysteem bestaan normen welke afhankelijk zijn van het type verwarmingselement (buizen), de buistemperatuur en de teelttemperatuur (Nawrocki, 1985). In de glasgroente worden naast een eventueel condensornet vaak twee verwarmingsnetten gebruikt. Meestal is dit een net dat overeen komt met 4 stalen 51 mm buizen per 3,20 m kap, uitgelegd met een maximale aanvoertemperatuur van 90°C en een bijbehorende retourtemperatuur van 70 of 75°C. Het tweede net bestaat meestal uit 2 stalen 'groeibuizen' van circa 33 mm doorsnede en een gemiddelde buistemperatuur van circa 55°C. Om het hierbij behorende vermogen beschikbaar te hebben is in de ketel(s) circa 270 m³ gas per uur per ha nodig. De warmte die wordt afgegeven via een apart condensornet is via het gebruiksrendement van de ketel (incl. condensor) (100% o.w.) in beschouwing genomen.

3. *Gewenste kastemperatuur*

Een methode om het gasverbruik te bepalen dat nodig is om de kas bij extreme omstandigheden op de gewenste temperatuur te houden, is uit te gaan van het gasverbruik per uur per °C temperatuurverschil tussen de binnen en buiten (delta T). Hierbij wordt voor de eenvoud van de uitleg, de invloed van de wind en de instraling buiten beschouwing gelaten. Het gasverbruik per uur per °C kan via meting worden verkregen (Van der Velden et al., 2001). Uit een 'pilot analyse' bij vruchtgroente (Benninga et al., 2001) is gebleken dat het gemiddelde gasverbruik bij tomaat en paprika met scherm 7 m³ en zonder scherm 12 m³ per °C per ha bedraagt (tabel 4.1). Rond deze gemiddelden bestaan grote verschillen tussen de afzonderlijke bedrijven. Met deze uitgangspunten kan een berekening bij extreme buitenomstandigheden zoals in tabel 4.2 worden gemaakt. De keuze van de extreme buitenomstandigheden waarmee wordt gerekend, is hierbij erg belangrijk. Dit is een risico inschatting die door de tuinder moet worden gemaakt. In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een minimumbuitentemperatuur in de nacht van -15°C en overdag van -12°C. Dit is 3°C minder dan het minimum over de laatste 30 jaar voor het midden van Nederland (De Bilt) (Benninga et al., 2000).

Tabel 4.1 Gemiddeld aardgasverbruik en spreiding bij verschillende groepen bedrijven

Groep bedrijven	Aantal bedrijven	Gemiddeld ($\text{m}^3/\text{°C}\cdot\text{uur}\cdot\text{ha}$)	Spreiding ($\text{m}^3/\text{°C}\cdot\text{uur}\cdot\text{ha}$)
Tomaat zonder scherm	17	12,0	8,5 - 16,5
Tomaat met scherm	3	6,8	6,6 - 7,1
Paprika met scherm	14	6,8	5,6 - 7,5

Berekeningen maximaal aardgasverbruik per uur

In het voorbeeld in tabel 4.2 is in de nacht met het scherm open het maximumgasverbruik 396 en met scherm gesloten 231 m^3 per uur per ha. Overdag wordt dit met scherm open 372 en met scherm dicht 217 m^3 per uur per ha. Het maximumgasverbruik bij deze ingang is dus afhankelijk van het gebruik van een scherm en het wel of niet open zijn van het scherm overdag, dit alles bij extreme buitenomstandigheden. Daar we in de praktijk situaties tegenkomen met en zonder scherm en met het scherm bij extreme buitenomstandigheden overdag open of dicht, moeten we in dit voorbeeld uitgaan van een maximumgasverbruik van 396 (situatie zonder scherm), 372 (situatie met scherm en overdag open) of 231 (situatie met scherm en gehele dag dicht) m^3 per uur.

Door de invloed van instraling en wind kan dit getal hoger of lager liggen. De invloed van instraling en wind is minder dan die van de buitentemperatuur waardoor met deze invloed het maximumgasverbruik in de situatie met geopend scherm het grootst blijft. Voor het bepalen van het maximumgasverbruik van het individuele bedrijf is het absolute niveau van het maximumgasverbruik per uur van belang en dient de invloed van de wind en de instraling in beschouwing te worden genomen. Bij de anticipatiemogelijkheden waarvoor het energiegebruik per uur wordt gebruikt voor de bedrijfseconomische evaluatie (warmtebuffer; virtueel vat en temperatuurintegratie; paragraaf 4.5) wordt de invloed van instraling en wind in beschouwing genomen.

Tabel 4.2 Voorbeeldberekening maximumgasverbruik per uur voor situaties met scherm dicht en scherm open

	Nacht	Nacht	Dag	Dag
Scherm	open	dicht	open	dicht
Gasverbruik ($\text{m}^3/\text{°C}\cdot\text{uur}\cdot\text{ha}$)	12	7	12	7
T-binnen (gemiddeld over bedrijf) ($^{\circ}\text{C}$)	18	18	19	19
T-minimum buiten ($^{\circ}\text{C}$)	-15	-15	-12	-12
Delta T ($^{\circ}\text{C}$)	33	33	31	31
Benodigd gasverbruik ($\text{m}^3/\text{uur}\cdot\text{ha}$)	396	231	372	217

Vergelijking ingangen

Bij vergelijking van het maximumgasverbruik volgens de drie ingangen blijkt het volgende. Het gasverbruik dat nodig is om het vo op de maximale temperatuur te houden ($270 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$; ingang 2) is kleiner dan het gasverbruik dat nodig is om de kas bij geopend scherm en bij extreme buitenomstandigheden op temperatuur te houden ($372 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$; ingang 3). Bij ingang 1 is al gemeld dat de brander(s) van de ketel(s) vaak een overcapaciteit hebben t.o.v. het verwarmingssysteem (ingang 2). Bij de vruchtgroente is daarom in de situatie zonder scherm of bij een geopend scherm overdag een maximumgasverbruik van 270 m^3 per uur per ha zoals genoemd onder ingang 2 vaak realiteit. Bij een gesloten scherm ('s nachts en overdag) is het minimum gasverbruik per uur meestal kleiner dan 270 m^3 per ha en vormt het vo geen begrenzing.

In de situatie waarin het gasverbruik dat nodig is om de kas op temperatuur te houden (ingang 3) groter is dan het vo aan kan (ingang 2), wordt bij extreme buitenomstandigheden de ingestelde binnentemperatuur niet gerealiseerd; dit is van invloed op de anticipatiemogelijkheden en vooral bij het scherm en temperatuurintegratie.

In de bedrijfseconomische evaluatie wordt naast het maximum aardgasverbruik van 270 m^3 per uur per ha incidenteel voorkomende situaties in beschouwing genomen waarbij wordt uitgegaan van 240 en 300 m^3 per uur per ha:

- 270 m^3 hoort bij 4 x 51 mm buizen plus 2 groeibuizen per 3,20 m kap;
- 240 m^3 hoort bij 4 x 51 mm buizen per 3,20 m kap;
- 300 m^3 hoort bij 5 x 51 mm buizen per 3,20 m kap.

Voor alle duidelijkheid wordt gemeld dat dit situaties betreft zonder overcapaciteit en zonder dat (andere) anticipatiemogelijkheden door het bedrijf in gebruik zijn genomen.

Bedrijfskenmerken

De uitgangspunten voor de bedrijfskenmerken zijn gebaseerd op de 'Analyse homogene groepen (Van der Velden et al., 2001)' en zijn hierna kort weergegeven:

- bedrijfsomvang van 1,5 en 3 ha; bij de anticipatiemogelijkheden waar de bedrijfsomvang niet van invloed is op het bedrijfseconomisch resultaat kan een andere bedrijfsomvang gekozen zijn;
- brandstofintensiteit $60 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (gemiddelde tomaat) en $50 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (gemiddelde paprika); het gemiddelde van komkommer zit hier tussenin; uitgegaan is van $55 \text{ m}^3/\text{m}^2$ tenzij anders vermeld;
- teelttemperaturen (dag/nacht); wordt per anticipatiemogelijkheid aangegeven;
- buitenomstandigheden; worden per anticipatiemogelijkheid aangegeven;
- investeringen, afschrijving en onderhoud worden per anticipatiemogelijkheid aangegeven;
- de rentevoet bedraagt 6% per jaar en de gemiddelde rentekosten van de investering 3% per jaar.

4.3 Contractuele mogelijkheden

4.3.1 Inleiding

In paragraaf 4.3 worden de volgende anticipatiemogelijkheden behandeld:

- overcapaciteit reduceren;
- boete accepteren;
- incidentele capaciteit.

Specifieke informatie per anticipatiemogelijkheid en de gehanteerde uitgangspunten voor de bedrijfseconomische evaluatie worden behandeld in de paragrafen hierna.

4.3.2 Overcapaciteit reduceren

Bij de anticipatiemogelijkheid overcapaciteit reduceren gaat het om het verschil in maximumgasverbruik per uur en de capaciteit welke is opgenomen in het bestaande gascontract tussen het tuinbouwbedrijf en het energiebedrijf. Indien wordt uitgegaan van een maximumgasverbruik per uur van 270 m³ per uur per ha in vergelijking met een bestaande contractcapaciteit van bijvoorbeeld 320 en 370 m³ per uur per ha dan bestaat er contractuele overcapaciteit van resp. 50 en 100 m³ per ha.

Door contractuele aanpassing wordt het effect op de brandstofkosten van het CDS minder. Dit effect is bij lage en hoge brandstofprijzen gelijk daar het de dienstencomponent in het CDS betreft. Uit tabel 4.3 blijkt dat per 50 m³ reductie van de per ha de brandstofkosten na invoering van het CDS met f 1,83 per m² per jaar worden gereduceerd; dit geldt zowel bij een brandstofintensiteit van 50 als van 60 m³ per m² jaar. Omgerekend naar een voordeel van een gulden per m² per jaar bedraagt de benodigde reductie van de overcapaciteit 25 tot 30 m³ per uur per ha.

Tabel 4.3 Aardgaskosten voor vruchtgroentebedrijven bij verschillende contractcapaciteiten, na invoering CDS en bij twee niveaus van brandstofintensiteit en hoge energieprijzen (f/m^2 .jaar)

Contractcapaciteit (m ³ /ha.uur)	Brandstofintensiteit (m ³ /m ² .jaar)	
	50	60
370	31,04	34,53
320	29,20	32,69
270	27,37	30,86

4.3.3 Boete accepteren

Naast het contracteren van het benodigde maximumgasverbruik per uur als contractcapaciteit, zou ook kunnen worden gekozen om een wat kleinere contractcapaciteit te contracteren en bij extreme buitenomstandigheden de boete te accepteren voor het over-

schrijden van de gecontracteerde capaciteit. Volgens de internetsite van de Gasunie (Gasunie, 2000) bedraagt de boete twee maal het tarief van de incidentele capaciteit. Indien een contractcapaciteit gecontracteerd wordt die in minder dan 1 op de 2 jaar te klein is, dan zal minder dan 1 op de 2 jaar een boete moeten worden betaald. Gezien de hoogte van de boete is dit goedkoper dan het inhuren van incidentele capaciteit. Ten opzichte van de contractcapaciteit ligt dit nog gunstiger omdat incidentele capaciteit bij een beperkt aantal dagen goedkoper is dan contractcapaciteit (zie paragraaf 4.3.4). De vraag is echter in hoeverre de leverende partij verplicht is meer capaciteit beschikbaar te stellen dan er gecontracteerd is. Daarnaast blijkt dat er geen (schriftelijke) regelingen zijn voor de situatie dat een leverende partij de gecontracteerde capaciteit niet kan leveren.

4.3.4 Incidentele capaciteit

Inleiding

Binnen het CDS bestaat de mogelijkheid incidentele capaciteit te contracteren. Incidentele capaciteit is extra capaciteit die vooraf wordt gecontracteerd voor een bepaald maximaal aantal dagen per jaar. De dagen waarop van de incidentele capaciteit gebruik wordt gemaakt behoeven niet van tevoren te worden opgegeven. Afsluiten van een overeenkomst voor het beschikbaar hebben van incidentele capaciteit biedt de zekerheid dat voor een aantal etmalen een bepaalde capaciteit beschikbaar is. Men weet echter niet vooraf of en in welke mate het zover komt dat deze capaciteit benut wordt.

Inhuren van incidentele capaciteit betekent dat de contractcapaciteit en daarmee de kosten voor de contractcapaciteit, lager worden. Daartegenover staan de kosten van het inhuren van de incidentele capaciteit. Deze kosten bestaan uit twee componenten: de capaciteits- en de transportcomponent. De capaciteitscomponent wordt berekend via tarieftrappen zoals weergegeven in tabel 4.4. De transportcomponent wordt berekend overeenkomstig de berekening van de transportcomponent bij de berekening van de kosten voor de contractcapaciteit (Gasunie, website 27-09-2000). De vraag kan worden gesteld of dit geheel juist is. De in de tijd verschillende internetsites van de Gasunie geven hierover niet dezelfde informatie. Doordat de incidentele capaciteit per maand verschillend kan zijn, kan de transportcomponent wellicht wat lager uitvallen waardoor het bedrijfseconomisch voordeel met incidentele capaciteit wat groter kan worden.

Tabel 4.4 De tarieftrappen voor incidentele capaciteit

Aantal etmalen	Prijs (f/m ³ .uur)
1	25,-
van 2 t/m 4	35,-
van 5 t/m 8	50,-
van 9 t/m 21	100,-
van 22 t/m 31	150,-
meer dan 31	220,- a)

a) normale capaciteitstarief.

Bron: Website Gasunie 27-9-2000.

Achtergronden

Indien telers incidentele capaciteit willen contracteren, dienen ze eerst hun benodigde capaciteit (maximaal gasverbruik per uur) vast te stellen. Dit is de capaciteit die telers nodig denken te hebben bij de meest extreme te verwachten omstandigheden. De contractcapaciteit is de capaciteit die telers vooraf dienen op te geven als zijnde hun maximaal te ontvangen hoeveelheid gas per uur. Indien telers geen gebruikmaken van incidentele capaciteit, is de benodigde capaciteit gelijk aan de contractcapaciteit. Als telers wel gebruikmaken van incidentele capaciteit is de benodigde capaciteit gelijk aan de contractcapaciteit plus de incidentele capaciteit. De te verwachten extreme omstandigheden hebben invloed op zowel de contract- als de incidentele capaciteit. Hoe dit in zijn werk gaat wordt geïllustreerd met een voorbeeld.

De winter van 1985 was de strengste van de laatste dertig jaar (Benninga et al., 2000). In tabel 4.5 staat de frequentieverdeling van het aantal dagen in deze winter dat kouder was dan een bepaalde temperatuur (gegevens De Bilt). Deze winter dient als basis voor de berekeningen.

Tabel 4.5 Frequentieverdeling van het aantal dagen met een bepaalde temperatuur in 1985 (De Bilt)

Temperatuur lager dan	Aantal etmalen waarin temperatuur voorkwam
-18°C	1
-17°C	2
-16°C	2
-15°C	3
-14°C	4
-13°C	6
-12°C	10
-11°C	15
-10°C	16
-9°C	20
-8°C	23

Voor andere regio's kan ook zo'n frequentieverdeling worden gemaakt. Gemiddeld was het in het Westland drie graden warmer en in Noord-/Oost-Nederland vier graden kouder dan in De Bilt. In de extreem koude winter van 1985 was verschil tussen de minimum temperatuur in het Westland en in de Bilt 1°C. Als een bedrijf op grond van risicoinschatting kiest voor een bepaalde minimumbuitentemperatuur en het gasverbruik per uur per °C van dat bedrijf is bekend, dan kan de benodigde capaciteit worden berekend. Bovenstaande frequentieverdeling kan worden gebruikt om tot een zo reëel mogelijke verdeling tussen contract- en incidentele capaciteit te komen. Bij de berekening van de incidentele capaciteit wordt uitgegaan van een bepaalde buitentemperatuur die de grens is tussen incidentele- en contractcapaciteit.

Voorbeeldberekening:

Uitgangspunten:

Bedrijfsgruote 1,5 ha; gasverbruik 10 m^3 per $^\circ\text{C}$ per ha; minimumbuitentemperatuur -15°C ; binnentemperatuur 's nachts 18°C ; jaarverbruik aardgas 55 m^3 per m^2 per jaar.

Stap 1: bepaling van het maximumgasverbruik ofwel de benodigde capaciteit

Hierbij is essentieel dat per bedrijf bekend is wat gemiddeld genomen het gasverbruik per uur per $^\circ\text{C}$ is. Het maximumgasverbruik is 10 m^3 per $^\circ\text{C}$ per ha * $(18^\circ\text{C} - -15^\circ\text{C}) = 330 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$.

Stap 2: bepalen van de incidentele capaciteit en het aantal etmalen met incidentele capaciteit.

De buitentemperatuurgrens waarbij incidentele capaciteit wordt gebruikt, wordt in dit voorbeeld op -12°C gesteld. Uit tabel 4.5 blijkt dat er in 1985 10 etmalen geweest zijn waarbij het kouder is geweest. Op basis van de tarieftrappen in tabel 4.4 kan de teler kan twee dingen doen. Hij kan 21 etmalen contracteren waarbij hij de grens bij -9°C legt of hij contracteert 8 etmalen waarbij de grens bij -13 komt te liggen. Bij 21 etmalen is de incidentele capaciteit $(-9--15)^\circ\text{C} \times 10 \text{ m}^3 = 60 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$. Bij 8 etmalen is de incidentele capaciteit $(-13--15)^\circ\text{C} \times 10 \text{ m}^3 = 20 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$.

Stap 3: Berekening kostenbesparing incidentele capaciteit

	8 etmalen	21 etmalen
Incidentele capaciteit ($\text{m}^3/\text{uur.ha}$)	20	60
Gaskosten zonder incidentele capaciteit ($f/\text{m}^2.\text{jaar}$)	32,75	32,75
Gaskosten met incidentele capaciteit ($f/\text{m}^2.\text{jaar}$)	32,01	30,54
Kosten incidentele capaciteit ($f/\text{m}^2.\text{jaar}$)	0,26	1,09
Totale kosten ($f/\text{m}^2.\text{jaar}$)	32,28	31,63
Kostenbesparing ($f/\text{m}^2.\text{jaar}$)	0,47	1,11

Gezien de kostenbesparing zou in deze situatie 21 etmalen incidentele capaciteit ingehuurd moeten worden.

Stap 4: begrenzing verwarmend oppervlak

De begrenzing van het maximumgasverbruik door het verwarmend oppervlak bedraagt op veel bedrijven 270 m^3 per uur per ha. De kostenbesparing door incidentele capaciteit wordt daarom niet berekend via een maximumgasverbruik van 330 m^3 per ha, maar van 270 m^3 per uur per ha. De consequentie hiervan is dat in dit voorbeeld het bedrijfseconomisch voordeel dat met incidentele capaciteit kan worden behaald, wegvalt.

Varianten

Voor verschillende combinaties van temperatuurgrens, gasverbruik per ha per uur, delta T, aantal etmalen met incidentele capaciteit en vo-begrenzing is de kostenbesparing die met het contracteren van incidentele capaciteit kan worden behaald, berekend (tabel 4.6 en 4.7). De combinaties van factoren in de tabellen zijn zo gekozen, dat het effect op de kostenbesparing zichtbaar wordt.

De delta T kan variëren omdat verschillende bedrijven andere teelttemperaturen hanteren of omdat voor verschillende regio's van andere minimumtemperaturen kan worden uitgegaan (Benninga et al. 2000).

Een gasverbruik van $7 \text{ m}^3/\text{°C}\cdot\text{uur}\cdot\text{ha}$ komt overeen met een gemiddelde bedrijfssituatie met een gesloten scherm op de dag en 's nachts. Een gasverbruik van $12 \text{ m}^3/\text{°C}\cdot\text{uur}\cdot\text{ha}$ komt overeen met een gemiddeld bedrijf zonder scherm of met geopend scherm overdag. Een gasverbruik van $10 \text{ m}^3/\text{°C}\cdot\text{uur}\cdot\text{ha}$ komt overeen met een bedrijf zonder scherm of met geopend scherm overdag met een relatief laag gasverbruik per uur (Benninga et al., 2000). Dit zijn de gasverbruiken waar in de berekeningen van is uitgegaan. De uitgangspunten per bedrijfssituatie staan in tabel 4.6 en 4.7. Het aantal gekozen etmalen met incidentele capaciteit kan afwijken van het aantal etmalen kouder dan de gekozen temperatuurgrens, vanwege de begrenzing door het vo of omdat verwacht wordt dat het economisch aantrekkelijker is. Het resultaat van de berekeningen staat in tabel 4.7.

Tabel 4.6 *Verskillende combinaties van klimaatomstandigheden, contractcapaciteit en incidentele capaciteit uitgaande van de omstandigheden in de winter van 1985*

Situatie	Gasverbruik ($\text{m}^3/\text{°C}\cdot\text{ha}\cdot\text{uur}$)	Teelttemperatuur (°C)	Buitentemperatuur (°C)	Delta T (°C)	Grens contract- en incidentele capaciteit (°C)	Aantal etmalen bij koude grens	Gekozen aantal etmalen met incidentele capaciteit
1	7	20	-18	38	-10	16	21
2	10	17	-18	35	-9	20	21
3	12	17	-18	35	-8	23	0
4	7	20	-15	35	-10	16	21
5	10	17	-15	32	-9	20	21
6	10	17	-15	32	-10	16	21
7	7	20	-18	38	-12	10	21
8	10	17	-18	35	-12	10	0
9	12	17	-18	35	-12	10	0
10	7	20	-15	35	-12	10	21
11	10	17	-15	32	-12	10	0
12	10	17	-15	32	-12	10	21

Tabel 4.7 Berekening van de energiekostenbesparing door toepassen van incidentele capaciteit bij de gekozen uitgangspunten van tabel 4.6

Situatie	Benodigde capaciteit (m ³ /uur.ha)	Begrenzing door vo (m ³ /uur.ha)	Contract-capaciteit (m ³ /uur.ha)	Incidentele capaciteit (m ³ /uur.ha)	Kosten aardgas zonder incidentele capaciteit (f/m ² .jaar)	Kostenbesparing door incidentele capaciteit (f/m ² .jaar)
1	266	270	210	56	28,97	0,70
2	350	270	260	10	29,11	0,12
3	420	270	270	0	29,11	0
4	245	270	210	35	28,20	0,44
5	320	270	260	10	29,11	0,12
6	320	300	270	30	30,22	0,37
7	266	270	224	46	28,97	0,52
8	350	270	270	0	29,11	0
9	420	300	300	0	30,22	0
10	245	240	224	16	28,01	0,20
11	320	270	270	0	29,11	0
12	320	300	290	10	30,22	0,12

Uit tabel 4.7 blijkt dat met incidentele capaciteit een bedrijfseconomisch voordeel kan worden behaald als de capaciteit van het verwarmend oppervlak niet of nauwelijks beperkend is. Het voordeel kan oplopen tot 70 cent per m² per jaar (situatie 1). Het meeste voordeel wordt behaald in bedrijfssituaties waar een scherm aanwezig is dat bij extreme buitenomstandigheden overdag gesloten is (situatie 1, 4, 7 en 10); dan wordt de vo-grens namelijk niet bereikt. Bij de meeste vruchtgroentebedrijven is de vo-begrenzing 270 m³/uur.ha. Kleine verschillen tussen vo-grens en maximumgasverbruik komen voor als bijvoorbeeld de vo-grens 300 m³/uur.ha is en het maximumgasverbruik hier niet ver boven ligt. In deze situaties (6 en 12) met een relatief groot vo is ook zonder scherm een beperkt bedrijfseconomisch voordeel mogelijk.

Voor de andere situaties is het verschil tussen maximumgasverbruik en begrenzing door het vo zo groot dat incidentele capaciteit niet meer doelmatig kan worden ingezet.

Het blijkt dat toename van het aantal etmalen met incidentele capaciteit alleen effect heeft op de besparing als de tariefgrenzen uit tabel 4.4 worden overschreden. Dit houdt in dat bedrijven die incidentele capaciteit inhuren er goed aan doen dit voor een aantal etmalen te doen die overeenkomen met die van de tariefgrenzen.

4.4 (Teelt)technische mogelijkheden

4.4.1 Scherm

Bij de bedrijfseconomische evaluatie van het scherm moet onderscheid worden gemaakt naar de afzonderlijke (vruchtgroente) gewassen. Bij tomaat wordt bijna geen (circa 10-20% van het areaal) scherm gebruikt, bij paprika en komkommer wordt op een zeer groot deel

van het areaal (meer dan 90%) een scherm (vast of beweegbaar) gebruikt (Van der Velden et al., 2001). Als eerste wordt het gewas tomaat behandeld.

Tomaat

In de jaren 1992-1994 is door het LEI en het PBG een praktijkevaluatie schermen uitgevoerd op een veertigtal tomatenbedrijven waarvan 10 zonder en 30 met een scherm. Uit deze praktijkevaluatie (van der Sluis et al., 1995) is het volgende gebleken:

- brandstofbesparing (% per jaar) gemiddeld 10%; spreiding 4-20%;
- lichteffect scherm (% van de productie) gemiddeld -5%; spreiding 2-8%;
- klimateffect scherm (% van de productie) gemiddeld -1%; spreiding onbekend;
- isolatiegraad scherm 35-40%.

Dit laatste betekent dat in gesloten toestand met het scherm 35-40% energie wordt bespaard. Daar het scherm gedurende een deel van het jaar open is, is de brandstofbesparing op jaarbasis lager. Gemiddeld over alle bedrijven met een scherm is dit 10%. Door het scherm pakket wordt de lichtinval in de kas verminderd; gemiddeld over alle bedrijven was dit 5%; het minste lichtverlies is vastgesteld op 2% en het grootste op 8%. Naast het lichteffect heeft het scherm ook een effect op het kasklimaat (vochtigheid). Dit leidt bij tomaat tot een negatief effect op de productie (klimateffect). De energiebesparing (gemiddeld 10%) kan groter worden door het scherm meer uren te gebruiken. Door meer schermuren wordt echter het negatieve klimateffect op de productie groter.

Uit de bedrijfseconomische evaluatie behorende bij de praktijkevaluatie is gebleken dat een scherm in de gemiddelde situatie bedrijfseconomisch interessant wordt bij een gasprijs boven de 97 cent per m³. In de gunstigste in de praktijk voorkomende situatie bedraagt deze equivalentieprijs 47 cent per m³. Daarnaast zouden wellicht technische verbeteringen op kunnen treden die samengaan met het wegvallen van het negatieve klimateffect; de equivalentieprijs wordt dan gunstiger. De vraag kan worden gesteld of deze situatie inmiddels in de praktijk is gerealiseerd. Hierover bestaat geen kwantitatieve informatie. Wel is bekend dat de penetratiegraad van het scherm bij tomaat laag is gebleven. Sinds de hogere gasprijs als gevolg van de hoge olieprijs en door de toekomstige wijziging van de tariefstructuur door de liberalisering bestaat er volgens informatie uit de vakbladen (Visser, 2001) (Van Til, 2001) wel belangstelling voor het scherm bij tomaat. Volgens mondelinge informatie van tuinders is het duidelijk wat de (kwantitatieve) voordelen nadelen zijn van een scherm bij tomaat maar kwantificering is gecompliceerd.

Reductie maximumgasverbruik

Bij gebruik van het scherm na invoering van het CDS kan de dure piek in het aardgasverbruik wellicht worden verminderd. De bedrijfseconomische positie van het scherm wordt dan beter. Van grote invloed hierop is de mate waarin het maximumgasverbruik per uur kan worden gereduceerd met het scherm.

Dit uitgangspunt kan worden afgeleid uit de toelichting over het maximumgasverbruik in paragraaf 4.2. In deze paragraaf bleek dat op een groot deel van de vruchtgroentebedrijven het maximumgasverbruik per uur begrensd wordt door de capaciteit van het verwarmingssysteem en wel op 270 m³ per uur per ha. Uit het voorbeeld in tabel 4.2 bleek dat bij een gemiddelde situatie met scherm dicht in de nacht het maximum-

gasverbruik 231 m^3 per uur per ha bedraagt. Overdag is dit bij geopend scherm 372 en bij gesloten scherm 217 m^3 per uur per ha. De reductie van het maximumgasverbruik door het scherm is dus afhankelijk van het wel of niet gesloten zijn van het scherm bij extreme buitenomstandigheden op de dag. Bij geopend scherm overdag is er geen reductie van het maximumgasverbruik. Bij gesloten scherm op de dag is het maximumgasverbruik per uur in de nacht het grootst. Het maximumgasverbruik bedraagt dan 231 m^3 per uur per ha; dit is 14% lager dan de begrenzing door het verwarmingssysteem (270 m^3). De reductie van het maximumgasverbruik door het scherm bedraagt daardoor bij extreme buitenomstandigheden in een gemiddelde situatie met geopend scherm overdag 0% en met gesloten scherm overdag 14%. De reductie van het maximumgasverbruik door het scherm wordt dus bepaald door het wel of niet gesloten zijn van het scherm bij extreme buitenomstandigheden.

Indien de begrenzing door het verwarmingssysteem 300 in plaats van 270 m^3 per uur per ha zou zijn dan is de reductie bij gesloten scherm overdag 23% (231 ten opzichte van 300 m^3) en bij een begrenzing van 240 m^3 is dit 4% (231 ten opzichte van 240 m^3).

Uitgangssituatie

Voor het scherm is een uitgangssituatie doorgerekend die gebaseerd is op de gemiddelde situatie uit de praktijkevaluatie aangevuld met actuele prijzen (investering scherm, geldopbrengst productie en onderhoud), de gasprijs volgens het CDS en een reductie van het maximumgasverbruik per uur van respectievelijk 0, 14 en 23%. Een aantal belangrijke uitgangspunten (lichteffect, klimaateffect en energiebesparing) staan vermeld in tabel 4.8. Daarnaast zijn de volgende uitgangspunten van belang:

- investering;
 - scherminstallatie $f 9,-$ per m^2 ; afschrijving 10 jaar;
 - schermdoek $f 4,-$ per m^2 ; afschrijving 5 jaar;
- geldopbrengst tomaat $f 80,-$ per m^2 per jaar;
- onderhoud scherminstallatie $f 0,10$ per m^2 per jaar.

Het bedrijfseconomische voordeel voor het scherm na invoering van het CDS is in de uitgangssituatie zowel bij hoge als bij lage energieprijzen en bij alle genoemde reducties van het maximumgasverbruik per uur duidelijk negatief (tabel 4.8). Deze tabel toont ook de grote invloed van de hoogte van de energieprijzen en van de reductie van het maximumgasverbruik door het gesloten blijven van het scherm op de dag.

Door het CDS wordt het bedrijfseconomisch voordeel van een scherm beïnvloed. Indien het scherm overdag geopend wordt en dus geen reductie van het maximumgasverbruik optreedt, is het effect van het CDS op het bedrijfseconomisch voordeel negatief. Indien het scherm overdag gesloten blijft dan ontstaat een positief effect door het CDS. Bij een reductie van het maximumgasverbruik van 14% loopt het effect uiteen van 24 tot 84 cent per m^2 per jaar. Bij een reductie van 24% wordt dit $f 1,20$ tot $f 1,73$ per m^2 per jaar.

Varianten

Naast de Ausgangssituatie zijn ook andere situaties (varianten) doorgerekend. Per variant is het bedrijfseconomisch voordeel van het scherm na invoering van het CDS bepaald bij hoge en bij lage brandstofprijzen en bij de drie hiervoor genoemde reducties van het maximumgasverbruik. In tabel 4.8 is een overzicht gegeven waarin per variant de uitgangspunten zijn vermeld die wijzigen ten opzichte van de Ausgangssituatie. De overige uitgangspunten blijven gelijk. Hierna worden de uitgangspunten en het bedrijfseconomisch resultaat van de varianten toegelicht.

Varianten a t/m d

In variant a wordt uitgegaan van de situatie met het geringste lichtverlies door het scherm (-2 in plaats van -5%). In variant b wordt uitgegaan van een dubbele energiebesparing (20 in plaats van 10%) in combinatie met een dubbel klimaateffect op de productie (-2 in plaats van -1%). Een combinatie van a en b is doorgerekend in variant c. In variant d wordt ervan uitgegaan dat geen negatief klimaateffect door het scherm optreedt. In de varianten a, b en d ontstaat zowel in de situatie bij lage als bij hoge energieprijzen geen bedrijfseconomisch voordeel voor het scherm na invoering van het CDS. Dit betekent dat genoemde verbeteringen ten opzichte van de Ausgangssituatie onvoldoende zijn om het scherm rendabel te doen zijn.

In variant c ontstaat wel een bedrijfseconomisch voordeel en wel bij hoge energieprijzen. Het scherm moet dan bij extreme buitenomstandigheden overdag gesloten zijn. Bij de meest voorkomende omvang van het vo (begrenzing 270 m³ per uur per ha) is het voordeel met 19 cent per m² per jaar beperkt. Bij een groter vo (begrenzing 300 m³) stijgt het voordeel tot boven de gulden per m² per jaar maar dit vo komt in de praktijk niet veel voor.

Varianten e en f

In de varianten e en f ontstaat ook bedrijfseconomisch voordeel. In variant e wordt uitgegaan van de combinatie van minimaal lichtverlies (variant a) en geen negatief klimaateffect (variant d). In variant f wordt hier de situatie met dubbele energiebesparing (variant b) aan toegevoegd waarbij het negatieve klimaateffect op nul blijft staan. Het bedrijfseconomisch voordeel bij de varianten e en f ontstaat in de situatie bij hoge energieprijzen. Bij hoge energieprijzen is er zelfs bedrijfseconomisch voordeel (40 cent per m²) indien het scherm overdag open gaat en er dus geen reductie van het maximumgasverbruik optreedt. Indien het scherm overdag gesloten blijft (reductie maximumgasverbruik 14%) wordt het voordeel f 1,79 per m².

Indien de begrenzing door het vo niet 270 m³ maar 300 m³ per uur per ha bedraagt, loopt het voordeel op tot f 2,68 per m² per jaar. Voor de meest voorkomende situatie in de praktijk moeten we bij tomaat echter uitgaan van een begrenzing van het vo op 270 m³ per uur per ha.

Indien alle positieve veranderingen (minimal lichtverlies, dubbele energiebesparing en geen negatief klimaateffect) gerealiseerd worden en het scherm bij extreme buitenomstandigheden overdag gesloten blijft en de energieprijzen hoog blijven dan is het scherm een bedrijfseconomisch interessante anticipatiemogelijkheid. De vraag is echter of dit alles in de praktijk realiseerbaar is. Indien dit alles het geval is, is het bedrijfseconomisch voordeel met f 1,79 per m² per jaar absoluut gezien niet gering.

In de situatie met lage energieprijzen ontstaat alleen een beperkt bedrijfseconomisch voordeel (29 cent per m² per jaar) in variant f en bij een reductie van het maximumgasverbruik van 23% (scherm overdag dicht en een hoge begrenzing van het vo).

Tabel 4.8 *Bedrijfseconomisch voordeel van een scherm bij tomaat bij verschillende situaties na invoering CDS (f/m².jaar)*

	Uitgangs-situatie	Varianten					
		a	b	c	d	e	f
<i>Uitgangspunten</i>							
- lichteffect (%)	-5	-2		-2		-2	-2
- klimaateffect (%)	-1		-2	-2	0	0	0
- energiebesparing (%)	10		20	20			20
<i>Bedrijfseconomische voordeel (f/m²)</i>							
<i>Hoge energieprijzen</i>							
- overdag scherm open 1)	-4,90	-2,50	-3,60	-1,20	-4,10	-1,70	0,40
- overdag scherm dicht 2)	-3,51	-1,11	-2,21	0,19	-2,71	-0,31	1,79
- overdag scherm dicht 3)	-2,62	-0,22	-1,32	1,08	-1,82	0,58	2,68
<i>Lage energieprijzen</i>							
- overdag scherm open 1)	-6,09	-3,69	-5,99	-3,59	-5,29	-2,89	-1,99
- overdag scherm dicht 2)	-4,70	-2,30	-4,60	-2,20	-3,90	-1,50	-0,60
- overdag scherm dicht 3)	-3,81	-1,41	-3,71	-1,31	-3,01	-0,61	0,29

1) Begrenzing verwarmingssysteem 270 m³ per uur per ha; reductie maximumgasverbruik 0%.

2) Begrenzing verwarmingssysteem 270 m³ per uur per ha; reductie maximumgasverbruik 14%.

3) Begrenzing verwarmingssysteem 300 m³ per uur per ha; reductie maximumgasverbruik 23%.

Teelttemperatuur

In de situatie met een gesloten scherm ontstaat bij extreme buitenomstandigheden een hogere teelttemperatuur. Dit effect treedt bij de voorbeeldberekening in paragraaf 4.2 (tabel 4.2) op bij een buitentemperatuur onder de 3,5°C (overdag) en onder de 4,5°C ('s nachts). Een eventueel positief effect hiervan op de productie is niet in beschouwing genomen maar kan wel belangrijk zijn. Over dit effect bestaat geen kwantitatieve informatie.

Vast scherm bij tomaat

Naast een beweegbaar scherm kan een vast scherm worden gebruikt. Dit is een folie dat gedurende de eerste weken na het planten boven het gewas wordt aangebracht. Daar dit scherm dag en nacht gesloten blijft kan het maximumgasverbruik worden verlaagd. Helaas kunnen vaste schermen bij tomaat om teelttechnische redenen maar een beperkt aantal weken na het planten worden gebruikt. Extreme buitenomstandigheden kunnen zich ook 2 tot 3 maanden na het planten (december) voordoen (Benninga et al. 2000). Hierdoor is een vast scherm bij tomaat geen anticipatiemogelijkheid.

Verder wordt hier ingegaan op een ontwikkeling welke op een enkel of op een beperkt aantal bedrijven in de praktijk plaatsvindt. Gebruik wordt gemaakt van een

beweegbaar scherminstallatie met daarin (vanaf het planten) een folie in plaats van een doek. Dit folie wordt in de loop van de maand maart verwijderd waardoor het lichtverlies door het scherm in de periode daarna minder wordt. Voor het tijdstip dat het folie wordt verwijderd, bestaat de mogelijkheid om bij extreme buitenomstandigheden (bijvoorbeeld in februari) het scherm in de nacht en op de dag te sluiten waardoor reductie van het maximumgasverbruik optreedt. Bij een langere periode met extreme buitenomstandigheden kan dit meerdere dagen duren. De vraag is wat het effect op de productie hiervan is.

Paprika

Bij paprika wordt op praktisch alle bedrijven geschermd. Dit betreft voor een beperkt deel vaste schermen. Zowel het beweegbare als vaste scherm is gedurende de eerste 6 tot 8 weken van de teelt ook overdag gesloten. Volgens diverse bronnen uit de praktijk ontstaat er bij paprika bij de huidige tariefstructuur voor het aardgas (voor CDS) een bedrijfseconomisch voordeel voor een scherm. Dit wordt veroorzaakt doordat het scherm bij dit gewas een positief klimaat effect met zich mee brengt. Het doorrekenen van een scherm als anticipatiemogelijkheid heeft door het voorgaande geen prioriteit.

Komkommer

Bij komkommer wordt eveneens op een belangrijk deel van de bedrijven een scherm gebruikt. Ook bij dit gewas betreft dit voor een beperkt deel vaste schermen. Wat betreft het klimaateffect neemt dit gewas een tussenpositie in tussen tomaat en paprika. Dit is evenals bij paprika gebaseerd op signalen uit de praktijk. Kwantitatieve informatie hierover is niet beschikbaar. Door de hoge penetratiegraad van het scherm heeft het doorrekenen van energiescherm als anticipatiemogelijkheid geen prioriteit.

Zwaardere scherm

Bij alle genoemde vruchtgroentegewassen worden over het algemeen schermen gebruikt met een beperkte isolatiegraad (35-40% in gesloten toestand) (Bakker et al., 1999). Hierdoor kan het interessant zijn te kijken naar een zwaardere scherm waarmee eventueel een grotere reductie van het maximumgasverbruik kan worden gerealiseerd. De mogelijkheden van een zwaardere scherm hangen, evenals bij de gebruikelijke schermen, samen met de vraag of het zwaardere scherm in koude perioden overdag gesloten kan blijven zonder negatieve invloed op de productie en daarmee op de geldopbrengst. Dit laatste betreft dan het totaal van het lichtverlies en het klimaateffect. Hierover is geen kwantitatieve informatie beschikbaar. Wel bestaat er een relatie tussen de mogelijkheid van het overdag gesloten houden van het scherm en de isolatiegraad van het scherm. Bij een zwaardere scherm kan de licht- en vochtdoorlaat minder zijn. Het gebruik van een zwaardere scherm kan daardoor met zich meebrengen dat deze bij extreme buitenomstandigheden overdag juist niet gesloten blijft. Indien dit het geval is, brengt het zwaardere scherm geen reductie van het maximumgasverbruik per uur met zich mee en is het geen anticipatiemogelijkheid. Indien het zwaardere scherm overdag bij extreme buitenomstandigheden wel gesloten blijft dan is het wel een anticipatiemogelijkheid. De vraag blijft of een zwaardere scherm overdag gesloten kan blijven.

Energie Investerings Aftrek

De Energie Investerings Aftrek (EIA) en de Regeling Willekeurige Afschrijving Milieu investeringen (VAMIL) biedt ondernemers die investeren in respectievelijk energiebesparende en milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen fiscaal voordeel. De EIA geldt ook voor het energiescherm; de VAMIL niet.

Bij de EIA kan in 2001 55% van de investering extra in mindering worden gebracht op de fiscale winst. De hoogte van het voordeel is daardoor afhankelijk van het marginale belastingtarief van de ondernemer c.q. het bedrijf. Bij het marginale belastingtarief bestaan verschillen tussen de bedrijven. Uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI is gebleken dat het gemiddelde marginale tarief in de glastuinbouw circa 35% bedraagt met een spreiding (in 2001) van 0 tot 52%. In het gunstigste geval wordt dus 29% ($55\% \times 52\%$) voordeel behaald en in het ongunstigste geval 0% ($40\% \times 0\%$). Het gemiddelde komt uit op 19% ($55\% \times 35\%$).

De vraag is of dit voordeel in beschouwing mag worden genomen. Er bestaan argumenten dat het fiscale voordeel in een bedrijfseconomische berekening niet mag worden toegerekend. Bovendien geldt de regeling voor het jaar 2001; de situatie daarna is onzeker en de regeling zal eens ophouden. Daar de EIA wel van invloed kan zijn op het gedrag van de tuinder rond het wel of niet investeren in een scherm wordt gekeken naar het effect van het wel in beschouwing nemen van het fiscale voordeel.

Het voordeel wordt in de bedrijfseconomische evaluatie van het scherm in mindering worden gebracht op de investering en vermindert daarmee de afschrijving- en rentekosten. Uitgaande van een investering van f 13,- per m^2 en het gemiddelde voordeel van 19% brengt dit een toename van het bedrijfseconomisch voordeel van het scherm van 39 cent per m^2 per jaar met zich mee. In de situatie met het uitzonderlijke gunstige fiscale voordeel (29%) wordt dit 61 cent per m^2 per jaar.

In dien het extra voordeel in beschouwing wordt genomen, brengt dit met zich mee dat in bepaalde situaties in tabel 4.8. bedrijfseconomisch voordeel ontstaat en dat in de situaties met bedrijfseconomisch voordeel, het voordeel groter wordt. In de nieuwe situaties met bedrijfseconomisch voordeel loopt dit voordeel op tot hooguit enige dubbeltjes per m^2 per jaar. Dit betekent dat de EIA het bedrijfseconomisch voordeel van een scherm kan verbeteren maar dat het effect beperkt is en alleen bij de rendabele situaties van belang is.

4.5 Capaciteit compenserende mogelijkheden

4.5.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de volgende anticipatiemogelijkheden behandeld:

- warmtebuffer;
- virtueel vat/uurflexibiliteit;
- temperatuurintegratie.

Met een warmtebuffer kan warmte worden opgeslagen in perioden dat het maximumgasverbruik per uur niet geheel nodig is. De warmte kan vervolgens worden gebruikt in perioden dat het maximumgasverbruik wel volledig nodig is. Een virtueel vat of ook wel

uurflexibiliteit genoemd is een denkbeeldige gasbuffer die de Gasunie aanbiedt binnen het CDS. Het virtuele vat wordt geleegd als het gasverbruik in een uur groter is dan de contractcapaciteit en weer gevuld als het omgekeerde het geval is. Bij temperatuurintegratie wordt in bepaalde uren in de kas een lagere teelttemperatuur aangehouden, dit tekort moet dan in andere uren worden gecompenseerd met een hogere teelttemperatuur.

Met deze drie capaciteitscompenserende mogelijkheden wordt steeds een te kort aan aardgascapaciteit in de ene periode gecompenseerd in een andere periode. In deze paragraaf worden de bedrijfseconomische mogelijkheden hiervan globaal onderzocht. Hiervoor wordt een vergelijking gemaakt tussen een bedrijf dat deze capaciteitscompenserende mogelijkheden niet gebruikt (referentiesituatie) en hetzelfde bedrijf dat een van de mogelijkheden wel gebruikt.

Algemene uitgangspunten

Bij de capaciteitscompenserende mogelijkheden zijn de perioden met extreme buitenomstandigheden (temperatuur, wind en instraling) per uur het uitgangspunt; in deze periode kan het compenseren van capaciteit problemen opleveren. Gerekend wordt daarom met de periode welke in de laatste 30 jaar de grootste problemen zou hebben opgeleverd. Hiervoor is uitgegaan van de periode 11 tot en met 14 januari 1987 (locatie De Bilt). Weliswaar werden toen niet de allerkoudste temperaturen in de laatste 30 jaar bereikt, maar de kouging gepaard met veel wind en weinig straling en duurde uitzonderlijk lang. Bij temperatuurintegratie is daarnaast gerekend met de periode 5 tot en met 8 januari 1985. In deze periode werden de allerkoudste temperaturen van de laatste 30 jaar bereikt.

Met de opties warmteopslag en temperatuurintegratie kan naast reductie van de contractcapaciteit ook aardgas worden bespaard. In de evaluatie is dit in beschouwing genomen.

In de volgende paragrafen worden de resultaten van de berekeningen per capaciteitscompenserende mogelijkheid getoond. Meer specifieke informatie over deze anticipatiemogelijkheden en de gehanteerde uitgangspunten voor de bedrijfseconomisch evaluatie is ook opgenomen in de volgende paragrafen.

4.5.2 Warmtebuffer

Inleiding

Warmtebuffers worden momenteel toegepast op glastuinbouwbedrijven om in perioden met een warmteoverschot tijdelijk warmte op te slaan. Warmteoverschotten ontstaan als er met de aardgasketel CO₂ gedoseerd wordt in perioden dat er geen warmtevraag is. Bedrijven die al een warmtebuffer hebben zouden deze ook in kunnen zetten om extreme buitenomstandigheden op te vangen, waardoor de contractcapaciteit wellicht lager kan worden. Bedrijven die momenteel geen warmtebuffer hebben zouden voor dit doel er een aan kunnen schaffen.

Belangrijk bij het gebruik van een warmtebuffer in perioden met extreme buitenomstandigheden is, dat moet worden bepaald hoeveel warmte per uur door de buffer maximaal geleverd kan worden. Is deze capaciteit te groot in relatie tot de inhoud van de warmtebuffer, dan zal de warmtebuffer te snel leeg raken bij koude buitenomstandigheden. De capaciteit waarbij de warmtebuffer aan het eind van de gekozen strenge winterperiode

leeg of vrijwel leeg raakt is de meest optimale. Het maximumgasverbruik per uur van het bedrijf is de som van de contractcapaciteit en de capaciteit van de warmtebuffer (maximaal te leveren warmte per uur omgerekend m³ aardgas).

Inhoud en capaciteit warmtebuffer

De grootte van warmtebuffers wordt uitgedrukt in m³ waterinhoud. Een m³ bufferinhoud komt qua warmteinhoud overeen met 2,5 m³ aardgas, als het water in de buffer wordt afgekoeld van 90 tot 70°C. Veel verwarmingsnetten zijn geïnstalleerd op basis van dit temperatuurverschil tussen aanvoer en retour bij extreme buitenomstandigheden.

Gasverbruik per uur

Het benodigde gasverbruik per uur is berekend volgens de volgende formule:
 gasverbruik per uur = constante + a_i x delta T + b_i x straling + c_i x wind

Daarbij is: delta T = het verschil tussen buiten- en binnentemperatuur (°C)

Straling = de instraling door de zon (J/cm².uur)

Wind = de windsnelheid (m/s)

De coëfficiënten a_i, b_i en c_i geven de invloed op het gasverbruik per eenheid delta T, straling en wind. De berekening is gedaan voor vijf bedrijfssituaties welke zijn afgeleid uit (Benninga et al., 2000) en (Ravensbergen et al., 2001):

- A. Hoog gasverbruik per °C per uur, zonder scherm;
- B. Gemiddeld gasverbruik per °C per uur, zonder scherm;
- C. Laag gasverbruik per °C per uur, zonder scherm;
- D. Laag gasverbruik per °C per uur; scherm overdag gesloten;
- E. Overdag situatie B en 's nachts situatie D.

De coëfficiënten per eenheid delta T, straling en wind zijn per bedrijfssituatie vermeld in tabel 4.9. Voor de teelttemperatuur is uitgegaan van 19°C (dag) en 18°C (nacht). Paprika en komkommerbedrijven hebben in veel gevallen een scherm, tomatenbedrijven in enkele gevallen. Dit is van invloed op het gasverbruik per °C per uur en dus ook op het maximumgasverbruik per uur. Indien overdag het scherm open is (situatie E), is overdag de formule van scherm open met gemiddeld gasverbruik per uur (situatie B) en 's nachts de formule van gesloten scherm (situatie D) gebruikt.

Tabel 4.9 Uitgangspunten voor de coëfficiënten van de formule om het gasverbruik per uur te bepalen voor de bedrijfssituaties A t/m D

Coëfficiëntie	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Situatie D
a _i	12,0	10,0	8	7,0
b _i	-0,31	-0,40	-0,40	-0,16
c _i	7,0	6,4	6	4,7

Investerings

Ongeacht of een bedrijf beschikt over een warmtebuffer, is een aanpassing in de computer-programmatuur nodig, voor de inzet van de warmtebuffer als anticipatiemogelijkheid. Dit vraagt een investering van circa f 5.000. Als moet worden geïnvesteerd in een warmtebuffer, zijn hiervoor de investeringen uit tabel 4.10 gehanteerd. De genoemde f 5.000 komt daar bovenop.

Tabel 4.10 Investering en een warmtebuffer afhankelijk van de bufferinhoud

Inhoud (m ³ water)	Investering (f)
50	70.700
100	106.000
150	136.500
200	182.000
300	242.500

Voorbeeld

Voor de volgende bedrijfssituatie is de berekeningswijze aan de hand van een voorbeeld uitgewerkt; bedrijfsgrootte 1 ha; gewas tomaat zonder scherm; gasverbruik 55 m³ per m² per jaar, teelttemperatuur dag 19°C; teelttemperatuur nacht 18°C; Invloed delta T is 11,6 m³ per °C per ha; invloed straling is -0,45 m³ per J per cm², invloed windsnelheid is 7,5 m³ per m/s; periode met extreme buitenomstandigheden 11 tot en met 14 januari 1987; minimumbuitentemperatuur -15°C; temperatuur retourwater verwarmingssysteem 70°C; inhoud buffer 100 m³ water en de warmtebuffer is aan het begin van de koudeperiode volledig gevuld.

Stap 1: vaststellen van maximumgasverbruik.

$$\text{maximumgasverbruik} = (18^{\circ}\text{C} - -15^{\circ}\text{C}) \times 11,6 \text{ m}^3/\text{°C} \cdot \text{uur} \cdot \text{ha} = 383 \text{ m}^3/\text{uur} \cdot \text{ha}$$

Stap 2: Berekenen gasverbruik per uur

Het gasverbruik per uur is berekend met de formule:

$$\text{gasverbruik per uur} = \text{constante} + 10 \times \text{delta T} - 0,45 \times \text{straling} + 7,5 \times \text{windsnelheid}$$

Voorbeeldberekening gasverbruik per uur voor vier uren:

Uur	Binnentemperatuur (°C)	Buitentemperatuur (°C)	Delta T (°C)	Windsnelheid (m/s)	Straling (J/cm ²)	Berekend gasverbruik (m ³ /uur)
1	18	-12	30	4	0	330
2	18	-13	31	5	0	348
3	18	-14	32	6	0	365
4	18	-15	33	7	0	383

Stap 3: Vaststellen van buffercapaciteit en contractcapaciteit afhankelijk van de bufferinhoud

De capaciteit van de warmtebuffer wordt bepaald onder extreme buitenomstandigheden in samenhang met het maximumgasverbruik. Als de capaciteit van de warmtebuffer te groot is, raakt de buffer voortijdig leeg. Als de capaciteit te klein is, blijft de buffer te vol. Uitgaande van de koudste periode in 1987 is voor de bufferinhoud van 100 m³ water (250 aardgasequivalenten (a.e.)) middels simulatie over 4 etmalen bepaald dat per uur maximaal 26 aardgasequivalenten aan warmte uit de buffer kan worden onttrokken. De contractcapaciteit wordt daarmee $383 - 26 = 357 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$.

Stap 4: Berekenen aanspraken op bufferwarmte en warmtesaldo warmtebuffer

Als in een bepaald uur het gasverbruik hoger is dan de contractcapaciteit (357 m³), wordt warmte aan de warmtebuffer onttrokken. De overgebleven hoeveelheid warmte wordt het warmtesaldo van de warmtebuffer genoemd. Hierna volgt een voorbeeldberekening over dezelfde vier uren dan in stap 2.

Uur	Gasverbruik (m ³ /uur)	Aanspraak op bufferwarmte (m ³ a.e./uur)	Warmtesaldo buffer (m ³ a.e.)
1	330	0	250
2	348	0	250
3	365	8	242
4	383	26	216

Stap 5: Berekenen kostenbesparing

Het verschil tussen de aardgaskosten in de situatie dat geen warmtebuffer wordt toegepast en als dit wel het geval is, vormt na aftrek van de jaarkosten (afschrijving, rente en onderhoud) van de buffer de kostenbesparing.

Aardgaskosten zonder warmtebuffer (f/m ² .jaar)	34,69
Aardgaskosten met warmtebuffer (f/m ² .jaar)	32,29
Jaarkosten buffer (f/m ² .jaar)	2,01
Totale kosten situatie met buffer (f/m ² .jaar)	34,30
Kostenbesparing (f/m ² .jaar)	0,39

Stap 6: Effect begrenzing maximumgasverbruik door vo

Stel dat dit bedrijf door een beperkt verwarmend oppervlak (vo) slechts 270 m³ per uur per ha kan verstoken in plaats van de berekende 383 m³ per uur per ha waar in het voorgaande van is uitgegaan. Het verschil bedraagt liefst 113 m³ per uur per ha. Daardoor kan een

warmtebuffer in dit voorbeeld geen rol meer spelen om de contractcapaciteit naar beneden te brengen en levert dit geen kostenvoordeel op.

Bufferinhoud en investeringen

Als bedrijven al beschikken over een warmtebuffer betreffen de investering alleen de kosten van softwareaanpassingen. De kostenbesparingen zullen daardoor hoger zijn dan in de situatie dat moet worden geïnvesteerd in een warmtebuffer. In tabel 4.11 staat voor tomaat, komkommer en paprika welk aandeel bedrijven beschikt over een warmtebuffer en welk vermogen (inhoud) de aanwezige warmtebuffers hebben. Bij tomaat en paprika beschikken veel bedrijven al over een warmtebuffer, die vrijwel nooit groter is dan 130 m³/ha. Bij komkommer is het aandeel bedrijven met een buffer kleiner.

Tabel 4.11 Overzicht van warmtebuffers op vruchtgroentebedrijven

Gewas	Aandeel bedrijven met buffer (%)	Grootste waterinhoud (m ³ /ha)	Gemiddelde waterinhoud (m ³ /ha)	Kleinste waterinhoud (m ³ /ha)
Tomaat	61	126	84	37
Komkommer	27	120	88	45
Paprika	80	124	82	47

Bron: Bedrijven-Informatienet.

De bedrijfsgrootte heeft invloed op de kostenbesparing via de kosten die verbonden zijn met de investering. In tabel 4.12 staat een overzicht van de kosten die rechtstreeks samenhangen met de investering (afschrijving, rente en onderhoud) afhankelijk van de bedrijfsgrootte en de bufferinhoud. De technisch maximale bufferinhoud is 300 m³. Daarom is bij een bedrijfsgrootte van 4 ha en een bufferinhoud van 150 m³ per ha, uitgegaan van twee buffers van 300 m³.

Tabel 4.12 De kosten die rechtstreeks samenhangen met de investering (afschrijving, rente en onderhoud) afhankelijk van de bedrijfsomvang en de bufferinhoud (f/m².jaar)

Bufferinhoud (m ³ /ha)	Bedrijfsomvang (ha)		
	1	2	4
50	1,37	1,01	0,86
100	2,01	1,70	1,67
150	2,57	2,25	2,22

Het verschil in kosten per m² tussen bedrijven met verschillende bedrijfsomvang bij dezelfde bufferinhoud per ha komt overeen met het verschil in besparing op de aardgaskos-

ten. Bij een buffergrootte van 100 m^3 per ha is het verschil in jaarkosten van de buffer tussen een bedrijfsgrootte van 1 en van 2 ha $f 0,31$ per m^2 per jaar. Het bedrijf van 2 ha zal daarom een $f 0,31$ per m^2 per jaar hogere kostenbesparing hebben. Bij 4 ha wordt dit $f 0,43$ per m^2 per jaar.

Bedrijfssituaties A t/m E

Voor de vijf bedrijfssituaties A t/m E (tabel 4.9, aangevuld met situatie E) is berekend wat de kostenbesparing door de buffer is. Uit de tabel 4.13 blijkt dat de kostenbesparing (zonder vo-begrenzing) alleen positief is, als al een warmtebuffer aanwezig is, uitgezonderd situatie E. Indien een buffer aanwezig is loopt het voordeel in de situatie A tot en met D, afhankelijk van de bufferinhoud, uiteen van $f 0,46$ tot $f 1,25$ per m^2 per jaar. Als het scherm (ook onder extreme buitenomstandigheden) overdag open gaat (situatie E), is de kostenbesparing hoger en loopt deze op tot boven de twee en een halve gulden per m^2 per jaar. Uitgezonderd situatie E, zijn de verschillen tussen de afzonderlijke bedrijfssituaties niet groot bij dezelfde bufferinhoud. Indien er geen buffer aanwezig is, wordt alleen in situatie E (scherm overdag open) een kostenbesparing gerealiseerd oplopend tot enkele dubbeltjes per m^2 per jaar.

Het overdag openen van het scherm terwijl de buitentemperaturen laag zijn (situatie E), komt bij komkommer en tomatenbedrijven met scherm eerder voor dan bij paprika. Dit biedt extra mogelijkheden voor het gebruik van warmtebuffers, omdat de periode waarin de warmtebuffer gevuld kan worden ('s nachts) relatief lang is en het verschil in gasverbruik per uur tussen dag en nacht behoorlijk groot kan zijn. In de berekening is ervan uitgegaan dat het scherm overdag geopend is, zogauw het licht is en gesloten is zogauw het donker wordt. In werkelijkheid kan het scherm kortere tijd geopend zijn. Als dit het geval is kan de capaciteit (per uur) van de warmtebuffer groter worden, waardoor de kostenbesparing ook groter wordt.

Tabel 4.13 Kostenbesparingen bij de verschillende bedrijfssituaties met en zonder aanwezige warmtebuffer en voor verschillende groottes van de warmtebuffer bij een bedrijfsgrootte van 1 ha en zonder vo-begrenzing (f/m^2 per jaar)

Bedrijfssituatie	Warmtebuffer niet aanwezig			Warmtebuffer wel aanwezig		
	Buffergrootte (m^3)			Buffergrootte (m^3)		
	50	100	150	50	100	150
A	-0,82	-1,02	-1,27	0,46	0,90	1,21
B	-0,73	-1,00	-1,23	0,55	0,92	1,25
C	-0,80	-1,09	-1,37	0,48	0,83	1,11
D	-0,86	-1,19	-1,57	0,43	0,74	0,90
E	0,38	0,29	0,29	1,66	2,21	2,77

Vo-begrenzing

Op de meeste vruchtgroentebedrijven wordt het maximumgasverbruik begrensd door het vo. Dit is van invloed op het bedrijfseconomisch voordeel van de buffer. Het bedrijfseconomisch voordeel, rekening houdend met de vo-begrenzing, staat voor de afzonderlijke bedrijfssituaties in tabel 4.14. Dit betreft bovendien de situatie waarbij een warmtebuffer van 100 m³ waterinhoud al aanwezig is.

De meest voorkomende vo-begrenzing is 270 m³/uur.ha. Uit de tabel blijkt dat de kostenbesparing bij deze vo-begrenzing uiteenloopt van 0 tot f 0,74 per m per jaar.

Bij een groter verschil tussen het maximumgasverbruik per uur om de kas op temperatuur te houden en de vo-begrenzing loopt de kostenbesparing terug. Voor de situaties A en B betekent dit dat de kostenbesparing tot 0 wordt gereduceerd. Voor situatie D geldt dat het maximumgasverbruik lager is dan de vo-begrenzing waardoor de vo-begrenzing in deze situatie geen effect heeft. Deze situatie (met gesloten scherm overdag) levert bij een vo-begrenzing van 270 m³/uur.ha dan ook de hoogste kostenbesparing op.

Ook bij situatie E heeft de vo-begrenzing invloed. In deze situatie kan door de vo-begrenzing overdag met scherm open maar een beperkte hoeveelheid warmte per uur uit de buffer worden aangewend waardoor het voordeel lager wordt dan in situatie D. Bij een vo-begrenzing van 300 m³ per ha per uur wordt het voordeel in situatie E wat groter dan in situatie D maar dit vo komt in de praktijk incidenteel voor.

Tabel 4.14 Kostenbesparingen voor verschillende bedrijfssituaties, waarbij het maximumgasverbruik begrensd is door het verwarmend oppervlak en met een warmtebuffer van 100 m³ die al aanwezig is (f/m².jaar)

	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Situatie D	Situatie E
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing (m ³ /uur.ha)	445	376	307	264	376
Vo-begrenzing (m ³ /uur.ha)					
240	0	0	0,09	0,74	0,19
270	0	0	0,28	0,74	0,55
300	0	0,19	0,65	0,74	1,01

Andere situaties

Andere teelttemperaturen dan die waar in eerste instantie mee is gerekend, hebben effect op het maximumgasverbruik per uur en op het gasverbruik per uur. De teelttemperatuur heeft echter weinig invloed op de hoogte van de kostenbesparing.

Indien alle urengegevens van de buitentemperatuur worden vermeerderd met bijvoorbeeld 3°C omdat het bijvoorbeeld in West-Nederland 3°C warmer zou zijn dan in Midden-Nederland, dan heeft dit geen invloed op de uitkomsten. Tenminste als het maximumgasverbruik per uur en daaruit volgend de contractcapaciteit evenredig worden verlaagd.

Afkoeling van het retourwater van het verwarmingssysteem tot 50°C in plaats van 70°C heeft tot gevolg dat de capaciteit van de buffer twee keer zo groot wordt. De kosten-

besparing neemt daardoor met maximaal twee kwartjes per m² per jaar toe. Dit is alleen reeel als in perioden met extreme buitenomstandigheden voldoende koud retourwater uit het tweede net (groeibuizen) beschikbaar komt.

Indien in een buffer moet worden geïnvesteerd ontstaat in alle situaties met vo-begrenzing geen voordeel. De bedrijfsomvang is van invloed op de totale buffergrootte en daarmee op de kosten van de buffer per eenheid bedrijfsomvang. Bij een groter bedrijf zal daardoor het voordeel van een nieuwe buffer wat groter zijn. Zoals hiervoor bij de investeringen al is gebleken is het voordeel bij 4 ha 30-50 cent per m² per jaar groter dan bij 1 ha. Dit extra voordeel is echter onvoldoende om een investering in een nieuwe tank in de situatie met vo-begrenzing kostenvoordeel met zich mee te laten brengen.

De energiebesparing, door het nuttig aanwenden van warmteoverschotten, mag bij de kostenbesparing worden geteld als een bedrijf CO₂ gaat doseren in perioden zonder warmtevraag en in de situatie waar nog geen buffer in gebruik is. Op bedrijven waar nog geen buffer in gebruik is en rekening wordt houden met de vo-begrenzing, is met een buffer als anticipatie mogelijkheid geen voordeel te behalen. Door de energiebesparing kan een extra voordeel ontstaan. De hoogte van dit voordeel is afhankelijk van de mate van energiebesparing.

Energie Investering Aftrek

De warmtebuffer staat genoemd onder de objecten waarvoor de Energie Investerings Aftrek (EIA) geldt. Dit houdt in dat, net als bij energieschermen, extra mag worden afgeschreven en op de fiscale winst in mindering mag worden gebracht. Deze regeling geldt daarom alleen voor de situatie waarbij geïnvesteerd wordt in een warmtebuffer en er fiscale winst gemaakt wordt. Het voordeel bedraagt dan gemiddeld 19% van de afschrijving en rentekosten en loopt uiteen van 0 tot 29% (paragraaf 4.4.1). Daarmee wordt investeren in een warmtebuffer voor het anticipatiedoel wat aantrekkelijker. Dit is echter niet van doorslaggevende betekenis. In de situatie met een negatief bedrijfseconomisch resultaat ontstaat door de EIA geen positief voordeel.

4.5.3 Virtueel vat/uurflexibiliteit

Inleiding

Het virtuele vat, ook wel uurflexibiliteit genoemd is een denkbeeldige gasbuffer d.w.z. een opslagtank die alleen op papier bestaat. De Gasunie omschrijft het virtuele vat als volgt: 'Uurflexibiliteit geeft de klant het recht om gedurende een zekere periode te beschikken over capaciteit in aanvulling op de contractcapaciteit'. Daarnaast bestelt de klant een volume uurflexibiliteit, wat de aaneengesloten gebruiksduur van de capaciteit uurflexibiliteit bepaalt (Gasunie, website 12-1-2001).

Het virtuele vat wordt geleegd als het gasverbruik in een uur groter is dan de contractcapaciteit en weer gevuld als het omgekeerde het geval is. Daarbij is de maximum capaciteit van het vullen gelijk aan de maximum capaciteit van het leegtrekken. Randvoorwaarde is dat het volume van het virtuele vat niet wordt overschreden en dat het gasverbruik per uur kleiner of gelijk is dan dat verzorgd kan worden door contractcapaciteit en capaciteit virtueel vat samen (samen is dit het maximumgasverbruik per uur). De Gasunie verbindt geen verdere voorwaarden aan het gebruik van het virtuele vat (Gasunie,

website 12-01-2001). Volume en capaciteit van het virtuele vat moeten voor 1 januari voor een kalenderjaar worden gecontracteerd.

De kosten welke verbonden zijn aan het virtuele vat zijn gebaseerd op de grootte en de capaciteit van het virtuele vat volgens de volgende formule:

$$\text{Kosten virtueel vat} = \text{volume virtueel vat} \times f \text{ 7,-/m}^3 + \text{capaciteit virtueel vat} \times f \text{ 40,-/m}^3 \cdot \text{uur}$$

Voorbeeld

Hetzelfde voorbeeldschema als bij de warmtebuffer wordt gevolgd, waarbij het vatvolume en de capaciteit (stap 3) groter zijn dan bij de warmtebuffer en de kosten van het virtuele vat (stap 5 en 6) op een andere wijze tot stand komen als bij de warmtebuffer. De stappen 1, 2 en 4 zijn gelijk aan die bij de warmtebuffer (paragraaf 4.5.3)

Stap 2: Vaststellen vatinhoud, vatcapaciteit en contractcapaciteit

Verschillende combinaties van vatinhoud en vatcapaciteit zijn vergeleken. Voor het voorbeeld was een vatinhoud van 1500 m³ gas en een vatcapaciteit van 79 m³ per uur het meest optimaal. Aan het eind van de periode 11 tot en met 14 januari 1987 zou het vat praktisch leeg zijn geweest bij deze inhoud en capaciteit.

Stap 5: Berekenen kostenbesparing

Hierbij is geen rekening gehouden met een vo-begrenzing.

Energiekosten zonder virtueel vat (f/m ² .jaar)	30,33
Energiekosten met virtueel vat (f/m ² .jaar)	27,43
Kosten virtueel vat (f/m ² .jaar)	1,37
Totale kosten (f/m ² .jaar)	28,80
Kostenbesparing (f/m ² .jaar)	1,53

Stap 6: Invloed vo-begrenzing

Bij een begrenzing van het vo van 270 m³/uur.ha is het verschil met het maximumgasverbruik 383 - 270 ofwel 113 m³/uur.ha. Daardoor zijn er in deze situatie geen mogelijkheden om een virtueel vat effectief in te zetten.

Bedrijfsituaties A t/m E

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de bedrijfsituaties A t/m E die ook voor de warmtebuffer zijn gebruikt. Per bedrijfsituatie is eerst het maximale gasverbruik per uur met bijbehorende capaciteit en volume van het vat bepaald. Daarbij is ernaar gestreefd is het maximumgasverbruik per uur zo laag mogelijk te houden. Dit is gedaan volgens dezelfde methode als bij de warmtebuffer.

De kostenbesparing per situatie is weergegeven in tabel 4.15. Alle situaties (zonder vo-begrenzing) geven een kostenbesparing. De bedrijfs situatie (E) met een scherm dat overdag opengaat levert het meeste voordeel op (f 3,43/m².jaar). De situatie met een onder extreme omstandigheden gesloten scherm overdag (situatie D) brengt het minste voordeel met zich mee (f 0,87/m².jaar). Het openen van het scherm overdag hangt samen met de duur van de koudeperiode en de hoeveelheid straling overdag. De winterperiode die als uitgangspunt is gebruikt (11 tot en met 14 januari 1987) duurde vier dagen met weinig straling overdag.

Het vatvolume en vatcapaciteit hebben grote invloed op de kostenbesparing. Per bedrijf is doorrekenen bij verschillende situaties de aangewezen methode. Uitgangspunt hierbij is dat de contractcapaciteit zo laag mogelijk wordt vastgesteld.

Tabel 4.15 *Kostenbesparing voor de verschillende bedrijfssituaties met bijbehorend maximumgasverbruik, volume van het virtuele vat en de capaciteit van het virtuele vat zonder rekening te houden met vo-begrenzing*

	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Situatie D	Situatie E
Maximumgasverbruik (m ³ /°C.ha)	445	376	307	264	376
Volume virtueel vat (m ³)	1.500	1.500	1.500	1.000	1.500
Capaciteit virtueel vat (m ³ /uur)	76	75	67	48	137
Kostenbesparing (f/m ² .jaar)	1,43	1,40	1,14	0,87	3,43

Vo-begrenzing

Op de meeste vruchtgroentebedrijven wordt het maximumgasverbruik begrensd door het vo. Dit is van invloed op het bedrijfseconomisch voordeel van het virtueel vat. Het bedrijfseconomisch voordeel, rekening houdend met de vo-begrenzing, staat voor de afzonderlijke bedrijfssituaties in tabel 4.16. De begrenzing is voor de meeste bedrijven 270 m³/uur.ha.

Het begrensd zijn van het maximumgasverbruik per uur heeft een zeer groot effect op de te realiseren kostenbesparing door toepassing van het virtuele vat. Voor situatie A en B geldt dat bij een vo-begrenzing geen kostenbesparing door toepassing van het virtuele vat kan worden behaald. Voor de situatie met een scherm dat overdag gesloten is (situatie D) is het maximumgasverbruik per uur altijd lager dan de vo-begrenzing waardoor er geen vo-begrenzing is en er dus ook geen effect is op de mogelijke kostenbesparing. De kostenbesparing is in situatie D met 87 cent per m² per jaar het grootst. Voor situatie C is de vo-begrenzing beperkt van invloed.

Situatie E blijkt zeer gevoelig te zijn voor een vo-begrenzing. Bij de meest voorkomende vo-begrenzing van 270 m³/uur.ha is voor situatie E de kostenbesparing gedaald tot ruim 50 cent per m² per jaar.

Andere situaties

Andere teelttemperaturen hebben evenals bij de warmtebuffer weinig invloed op de kostenbesparing. Een grotere bedrijfsomvang leidt niet tot verandering van het resultaat, mits capaciteit en volume van het virtueel vat naar rato worden gewijzigd.

Tabel 4.16 Kostenbesparing door het virtuele vat bij de verschillende bedrijfssituaties met vo-begrenzing (f/m².jaar)

	Situatie A	Situatie B	Situatie C	Situatie D	Situatie E
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing (m ³ /uur.ha)	445	376	307	264	376
Vo-begrenzing					
- 240 m ³ /uur.ha	0	0	0	0,25	0
- 270 m ³ /uur.ha	0	0	0,54	0,87	0,51
- 300 m ³ /uur.ha	0	0	1,10	0,87	1,23

4.5.4 Temperatuurintegratie

Inleiding

In het plantkundig onderzoek is de laatste jaren onderzocht welke invloed temperatuurintegratie zou hebben op de productie en kwaliteit van de producten. Het onderzoek is voor een aantal gewassen, in verschillende perioden uitgevoerd. Hierbij laat men de temperatuur in de kas in een koude periode (nacht) zakken en compenseert deze overdag met een hogere temperatuur omdat door het zonlicht de temperatuur in de kas een hogere waarde kan bereiken dan de ingestelde waarde. Op deze manier is energie te besparen. Door de leveranciers van klimaatcomputers zijn programma's gemaakt die het klimaat op deze wijze kunnen regelen voor zowel groentegewassen als bloemisterij producten. Hoewel het in dit rapport om vruchtgroente gaat is er veel onderzoek gedaan bij snijbloemen en potplanten. Bij de teelt van chrysanten heeft men de volgende gedachtegang: de temperatuur verhoogt men met enkele graden als het scherm dicht is en als het scherm open is verlaagd men de temperatuur met enkele graden.

Temperatuurintegratiecapaciteit is gedefinieerd als het vermogen van een plant of gewas om (zonder negatieve gevolgen) temperatuurafwijkingen te tolereren zolang die binnen een zekere tijd worden gecompenseerd door afwijkingen in een andere richting (Buwalda, 1999). Doelstelling van het plantkundig onderzoek tot dus verre is geweest om te onderzoeken of temperatuurintegratie voor de tuinder een optie is waarmee energie valt te besparen.

Uit de literatuur is bekend dat elke plantensoort een specifieke temperatuursom (graaddagen) nodig heeft om een bepaald ontwikkelingsstadium te bereiken (Buwalda, 1999). Later zijn allerlei verfijningen aangebracht en is er veel onderzoek verricht naar ontwikkelingsstadia en productiemodellen. In de glastuinbouw is door de toename in technische mogelijkheden de nadruk komen te liggen op klimaatbeheersing voor het realiseren

van optimale teeltcondities. In het seizoen 1996-1997 zijn voor roos, potplanten en paprika een aantal proeven uitgevoerd in de praktijk en op het PBG waarbij de integratie van de kasttemperatuur binnen een periode van 24 uur lag. Een bandbreedte in de temperatuur lag in praktijk situaties tot plus en min 4°C. In die opzet zijn geen gewaseffecten gevonden. Helaas zijn van de koude periode (januari 1997) weinig of geen resultaten te melden omdat de regeling op non-actief was geplaatst (Rijsdijk et al., 1998).

Onderzoek bij verschillende groente- en bloemisterijgewassen laat zien, dat veel processen in de plant meer op de gemiddelde temperatuur reageren dan op het precieze verloop van de temperatuur tijdens die bepaalde periode (Buwalda, 1999).

Uit recent onderzoek bij temperatuurintegratie bleek dat voor een aantal gewassen, (Buwalda et al., 1999) de integrerende temperatuurregeling geen invloed had op kwaliteit en kwantiteit (temperatuurintegratie over 24 uur). De proefgewassen die onderzocht zijn: roos en Gerbera, potchrysanthe en Kalanchoe, Ficus, Schefflera, Nephrolepis en Yucca. De bandbreedte van de kasluchttemperatuur was zeer ruim ingesteld (17-25°C). Onder bandbreedte wordt verstaan dat een temperatuur boven en onder een ingestelde temperatuur mag komen. De grenzen worden dus door de bandbreedte aangegeven. In de boven genoemde situatie was de ingestelde temperatuur 21°C en de bandbreedte 4. Dat wil zeggen dat de temperatuur 4 graden beneden de 21°C mag komen (17°C) en 4 graden boven de 21°C (25°C).

De grenzen voor de toegestane afwijkingen van de referentie temperatuurintegraal werd als tamelijk smal omschreven in de proeven (- 100 tot + 100 graaduren). Wanneer de 100 graaduren (zowel positief als negatief) werden overschreden dan werd de afwijking gecorrigeerd door met de integratie te stoppen en weer voort te zetten als dat mogelijk was. De proeven zijn op een proeftuin locatie gehouden in de herfst periode, winterperiode (11-11-97 tot 27-03-98) en op de andere locatie (proefstation) gedurende een volledig jaar.

In 2000 is een voorstudie uitgevoerd naar temperatuurgrenzen bij tomaat (Rijsdijk, 2000). Volgens onderzoek uit 1988 (winterperiode) bij tomaat (de Koning, 1988) kan een afwijking van 2,5°C na 2 weken nog goed worden gecompenseerd. Met dit teeltkundig onderzoek is door Rijsdijk berekend wat de aansluitwaarde maximum aardgasverbruik per uur zou moeten zijn. Voor tomaten en paprika zijn er dus onderzoeken uitgevoerd naar temperatuurintegratie.

In de tuinbouwpraktijk wordt met temperatuurintegratie gewerkt mits de periode niet te lang duurt (enkele etmalen), de temperatuur verschillen niet te groot zijn, enkele graden afwijken van de ingestelde waarden en de som van de uur waarden (graaduren) na een paar dagen 0 is of een geringe afwijking daarvan laten zien.

De vraag is nu of temperatuurintegratie bij kan dragen aan reductie van de extra kosten die de liberalisering van de aardgasmarkt c.q. het CDS met zich meebrengt.

Uitgangspunten

Hierna volgt een overzicht van de keuze van de uitgangspunten voor temperatuurintegratie.

- Temperatuurintegratie kan over een periode van enkele dagen plaatsvinden.
- Uitgegaan wordt van een periode van 4 dagen; (variant 2 dagen).
- Om de temperatuur in de kas niet te ver te laten zakken, wordt in de praktijk enkele graden beneden de ingestelde temperatuur aangehouden. Uitgegaan wordt van een (ruime) bandbreedte van maximaal 4°C; (variant 2°C).

- Voor de maximale afwijking van de som van de graaduren wordt voor de periode van 2 dagen uitgegaan van 50 en voor de periode van 4 dagen van 100 graaduren.
- Het maximumgasverbruik (volgens ingang 3 in paragraaf 4.2) is bepaald voor een minimumbuitentemperatuur van -15°C ; onder -11°C wordt temperatuurintegratie toegepast. Dit wordt de grenswaarde voor de buitentemperatuur genoemd. Voor het verschil van 4°C wordt geen contractcapaciteit ingehuurd; dit moet worden opgevangen met temperatuurintegratie; ook de situatie met een grenswaarde van de temperatuur van -12°C is doorgerekend.
- De gewenste dagtemperatuur is op 19°C ingesteld en de gewenste nachttemperatuur op 18°C (tomaat); variant 22/20 $^{\circ}\text{C}$ (paprika); (komkommer zit hier tussenin).

Investering

Om gebruik te kunnen maken van temperatuurintegratie is het nodig over een computerprogramma te beschikken dat deze techniek beheerst. De investeringen zijn voor 1,5 ha f 17.000 voor 3 ha f 19.000. De jaarkosten bedragen respectievelijk 28 en 16 cent per m^2 bij een afschrijving in 5 jaar, een gemiddeld rentepercentage van 3% en onderhoud van 2% op het investeringsbedrag. Voor de weersverwachting kan gebruik worden gemaakt van de gegevens van het KMNI of Meteo Consult (internet) en hieraan zijn geen kosten verbonden.

Energiebesparing

In de literatuur wordt aangegeven dat energiebesparing mogelijk is met temperatuurintegratie. In gunstige seizoenen (voorjaar) kan een besparing van 10% worden behaald. In de rest van het jaar, winter en zomer, is de besparing kleiner. Vertaald op jaarbasis blijkt de besparing van 10% in het voorjaar uit te komen op 2 a 2,5%. Bij een gasverbruik van 55 m^3 per m^2 per jaar is dit 1,1 m^3 per jaar (2% besparing). Bij een commodityprijs van 35,35 cent per m^3 (hoge variant) levert dit een kostenbesparing op van 39 cent per m^2 per jaar. Bij de situatie met de lage commodityprijs (15,45 cent per m^3) geeft dit een kostenbesparing van 17 cent per m^2 per jaar. Indien ook aardgas bespaard kan worden in een andere periode dan het voorjaar waardoor de aardgasbesparing bijvoorbeeld twee keer zo hoog uitkomt dan is de kostenbesparing respectievelijk 78 (hoge brandstofprijzen) en 34 (lage brandstofprijzen) cent per m^2 per jaar.

Resultaten

Het realiseren van een kostenbesparing door reductie van het maximumgasverbruik met temperatuurintegratie is sterk afhankelijk van het maximumgasverbruik volgens ingang 3 in paragraaf 4.2. Indien bijvoorbeeld wordt uitgegaan van een gasverbruik van 10 m^3 per $^{\circ}\text{C}$ per uur per ha en een delta T van 33°C (buitentemperatuur -15°C en teelttemperatuur 18°C) dan bedraagt het maximumgasverbruik 330 m^3 per uur. Dit is 60 m^3 meer dan bij de meest voorkomende begrenzing door het vo op vruchtgroente bedrijven van 270 m^3 per uur per ha (ingang 2 in paragraaf 4.2). Dit betekent dat bij extreme buitenomstandigheden (-15°C) de gerealiseerde teelttemperatuur 6°C lager is dan de gewenste teelttemperatuur. In deze situatie heeft temperatuurintegratie geen zin. In feite zorgt de vo-begrenzing al voor temperatuurintegratie.

In tabel 4.12 zijn 4 maal 2 bedrijfssituaties weergegeven bij een bedrijfsomvang van 1,5 ha met een gasverbruik van respectievelijk 9, 8, 7 en 6 m³ per °C per uur per ha. Bij 9 en 8 m³ per °C moet gedacht worden aan een laag gasverbruik per °C per uur per ha in de situatie zonder scherm bij tomaat en bij 7 en 6 m³ per °C aan de situatie met scherm bij paprika. De keuze van de teelttemperaturen in tabel 4.12 hoort hierbij; de teelttemperatuur van komkommer zit hier tussenin.

In alle gekozen situaties wordt, exclusief vo-begrenzing, de ondergrens van de teelttemperatuur en de grens van het graaddagen saldo niet of in zeer gering mate overschreden. Inclusief vo-begrenzing is dit bij 9 m³ per °C wel het geval en is temperatuurintegratie niet zinvol. Bij de overige situaties (8, 7 en 6 m³ per °C) is er geen vo-begrenzing en blijkt temperatuurintegratie, gebruikt voor reductie van het maximumgasverbruik, kostenvoordeel met zich mee te brengen. Het voordeel loopt in deze situaties uiteen van 41 tot 93 cent per m². Het grootste totale voordeel wordt gerealiseerd rond de 8 m³ per °C. Hieronder neemt het voordeel licht af. Dit wordt veroorzaakt doordat bij een lager gasverbruik per °C temperatuurintegratie minder capaciteit voor zijn rekening kan nemen.

Indien met temperatuurintegratie ook energiebesparing wordt gerealiseerd wordt het totale kostenvoordeel groter. De kostenbesparing (tabel 4.12) loopt in de situatie met 2% energiebesparing bij de variant hoge energieprijzen uiteen van 39 cent tot f 1,32 per m² per jaar. Bij de variant met lage energieprijzen wordt dit 17 cent tot f 1,10 per m². Bij een hoge energiebesparing van 4% op jaarbasis wordt dit bij de variant met hoge energieprijzen f 0,78 tot f 1,71 en bij de variant met lage energieprijzen f 0,34 tot f 1,27 per m² per jaar. De vraag blijft welke energiebesparing in de praktijk realiseerbaar is.

Teelttemperatuur en buitentemperatuur

Zowel de teelttemperatuur als de minimumbuitentemperatuur heeft niet veel invloed op de kostenbesparing door reductie van het maximumgasverbruik met temperatuurintegratie. In deze situaties ligt het maximumgasverbruik hoger of lager maar het effect van de temperatuurintegratie op de reductie van het maximumgasverbruik verschilt weinig. Hierbij dient wel rekening te worden gehouden met aanpassing van de grenswaarde van de buitentemperatuur in overeenstemming met de wijziging van de teelt- en/of buitentemperatuur.

Een groter verschil in teelttemperatuur tussen de dag en de nacht is wel van invloed op het resultaat (tabel 4.12). Dit komt doordat er bij een groter verschil meer compensatiemogelijkheden zijn.

Kleinere bandbreedte

Voor de bandbreedte waarbinnen de teelttemperatuur zich mag bewegen is uitgegaan van de ruime marge van plus en min 4°C. Het is de vraag of hiervan in de praktijk ook zal worden uitgegaan. Indien wordt uitgegaan van een kleinere bandbreedte van bijvoorbeeld plus en min 2°C dan dient eveneens de grenswaarde van de buitentemperatuur te worden verlaagd. In deze situatie kan immers minder worden gecompenseerd zonder overschrijding van de temperatuurgrenzen. Het bedrijfseconomisch voordeel door reductie van het maximumgasverbruik wordt beduidend kleiner en bedraagt hooguit enige dubbeltjes per m² per jaar.

Tabel 4.12 Overzichtstabel temperatuurintegratie a)

	Bedrijfsituatie							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Uitgangspunten								
- gasverbruik (m ³ /°C.uur.ha)	9	9	8	8	7	7	6	6
- dagtemperatuur (°C)	19	19	19	19	22	22	22	22
- nachttemperatuur (°C)	18	18	18	18	20	20	20	20
- grenswaarde buitentemp. (°C)	-12	-11	-12	-11	-12	-11	-12	-11
- bandbreedte (± °C)	4	4	4	4	4	4	4	4
Maximumgasverbruik b)								
(m ³ /uur.ha)	297	297	264	264	254	254	210	210
Temperatuursommen (°C) c)								
- etmaal 1	15	-10	15	-10	15	-10	15	-10
- etmaal 2	36	11	36	11	37	13	37	13
- etmaal 3	63	40	63	40	64	41	64	41
- etmaal 4	-28	-52	-28	-52	-25	-49	-25	-49
- etmaal 1 + 2	50	1	50	1	52	3	52	3
- etmaal 3 + 4	35	-12	35	-12	39	-8	39	-8
- etmaal 1 t/m 4	85	-11	85	-11	91	-5	91	-5
Laagste teelttemperatuur (°C) c)								
	14,9	13,9	14,9	13,9	16,9	15,9	16,9	15,9
Kostenbesparing (gld/m².jaar) d)								
- zonder energiebesparing	0	0	0,63	0,93	0,52	0,78	0,41	0,63
- met energiebesparing								
- besparing 2% hoge prijzen	0,39	0,39	1,02	1,32	0,91	1,17	0,80	1,02
- besparing 2% lage prijzen	0,17	0,17	0,80	1,10	0,69	0,95	0,58	0,80
- besparing 4% hoge prijzen	0,78	0,78	1,41	1,71	1,30	1,56	1,19	1,41
- besparing 4% lage prijzen	0,34	0,34	0,97	1,27	0,86	1,12	0,75	0,97

a) Bedrijfsomvang 1,5 ha, vo-begrenzing 270 m³/uur.ha, bandbreedte teelttemperatuur ± 4°C, minimale buitentemperatuur -15°C; b) Volgens ingang 2 (paragraaf 4.2); c) exclusief vo-begrenzing; d) inclusief vo-begrenzing.

Andere vo-begrenzing

Hiervoor is uitgegaan van een vo-begrenzing van 270 m³ per ha per uur; dit is de meest voorkomende situatie bij glasgroente (paragraaf 4.2). Incidenteel komt ook 300 en 240 m³ voor. Bij een vo-begrenzing van 300 m³ wordt ook de situatie met 9 m³ per °C zinvol. Bij 240 m³ is temperatuurintegratie bij zowel een gasverbruik van 9, 8 en 7 m³ per °C per uur per ha niet zinvol.

Groter bedrijf

Indien wordt uitgegaan van een grotere bedrijfsomvang wijzigen de gerealiseerde temperatuursommen en minimale teelttemperaturen niet. Het bedrijfseconomisch voordeel wordt iets gunstiger. Dit komt doordat de investering per m² voor een groter bedrijf iets lager

zijn. Bij een bedrijf van 3 ha in plaats van 1,5 ha wordt de kostenbesparing 12 cent per m² per jaar groter.

Andere buitenomstandigheden (1985 in plaats van 1987)

Hiervoor is uitgegaan van de buitenomstandigheden in de periode 11 tot en met 14 januari 1987. In deze periode van 4 dagen werden weliswaar niet de allerkoudste temperaturen bereikt gedurende de afgelopen 30 jaar maar de kou ging gepaard met veel wind en weinig instraling overdag en duurde lang (paragraaf 4.5.1). Naast deze periode is ook de allerkoudste periode in beschouwing genomen. Dit betrof 5 t/m 8 januari in 1985. In deze periode van 4 dagen was het in de nacht ook koud maar overdag warmer en de laatste nacht was het uitzonderlijk koud met 11 uren onder de -15°C waarna het snel warmer werd.

De buitenomstandigheden van 1985 geven als resultaat dat door temperatuurintegratie de gerealiseerde teelttemperatuur gedurende de genoemde 11 uren onder de bandbreedte van 4°C zakt waardoor temperatuurintegratie geen zin heeft.

4.6 Alternatieve brandstoffen

4.6.1 Inleiding

Op praktisch alle bedrijven met vruchtgroente wordt geheel of gedeeltelijk in de warmtebehoefte voorzien met één of meerdere aardgasgestookte ketels. De (dure) pieken in de warmtevraag kunnen ook worden voorzien met andere brandstoffen, bijvoorbeeld met propan, lichte olie en zware olie. In deze paragraaf worden de bedrijfseconomische mogelijkheden hiervan globaal onderzocht. Hiervoor wordt een vergelijking gemaakt tussen een bedrijf dat volledig aardgas stookt (referentiesituatie) en een zelfde bedrijf dat voor de basislast aardgas en voor de pieklast één van de drie andere brandstoffen gebruikt.

Los van het bedrijfseconomisch voordeel dient de vraag te worden gesteld of het verstoken van olie verstandig is voor het imago van de sector. Voor het verstoken van deze alternatieve brandstoffen kan een vergunning nodig zijn. Dit komt aan bod in paragraaf 4.6.5.

Algemene uitgangspunten

Als bedrijfsomvang is gekozen voor 1,5 en 3 ha zoals reeds genoemd in paragraaf 4.2. Daar vooraf niet duidelijk is wat de optimale bedrijfseconomische capaciteit van de alternatieve brandstof voor de piek is, worden 5 niveaus onderscheiden, 10, 20, 30, 40 en 50% van het maximumgasverbruik per uur van de referentiesituatie. In de referentiesituatie wordt uitgegaan van een maximumgasverbruik van 270 m³ per uur per ha (begrenzing vo, zie paragraaf 4.2). Als brandstofintensiteit wordt bij de alternatieve brandstoffen uitgegaan van 55 m³ per m² per jaar. Dit is ongeveer het gemiddelde bij vruchtgroente. Daar de dekking van de totale warmtevraag door de brandstof in de piek niet exact bekend is, is dit uitgangspunt grof ingeschat.

In de uitgangssituatie wordt uitgegaan van de relatief gunstige situatie dat er minimaal 2 ketels op het bedrijf aanwezig zijn, waarvan de capaciteit zodanig is dat de ene

ketel kan worden gebruikt voor aardgas en de andere voor de alternatieve brandstof. Een aardgasketel is op een glastuinbouwbedrijf praktisch altijd voorzien van een gas-oliebrander. Hiermee kan of aardgas of lichte olie worden verstoekt. In de berekeningen voor de lichte olie blijft de investering hierdoor beperkt tot een (grotere) olietank en andere noodzakelijke aanpassingen zoals de regeling van de inzet van de ketels. Bij propaan moet een gas-oliebrander worden vervangen door een propaan brander en is een propaan tank inclusief een installatie voor het verdampen van de vloeibare propaan nodig. Voor zware olie moet een gas-oliebrander worden vervangen door een brander voor zware olie en is eveneens een olietank nodig. Een bestaande ketel ombouwen naar zware olie is technisch niet altijd mogelijk. In deze situatie dient ook geïnvesteerd te worden in een ketel; dit is in een variant doorgerekend. Voor de tankinhoud wordt er bij alle drie de brandstoffen van uitgegaan dat gedurende twee etmalen de volledige piek capaciteit van de alternatieve brandstof kan worden gebruikt en dat de tank minimaal de inhoud heeft die overeen komt met de helft van een tankwagen. Bij alle drie de brandstoffen komen er nog investeringen voor installatie, leidingen, vergunningen, enzovoort bij. Bij lichte olie kan gebruik worden gemaakt van twee branders op 1 ketel en van een brander waar aardgas en lichte olie tegelijkertijd kan worden verstoekt in 1 ketel; ook hier wordt aandacht aan besteed. Bij zware olie is daarnaast een voorverwarminstallatie voor de (dikke) olie nodig. De benodigde investering per brandstofsoort zijn vermeld in bijlage 1 t/m 3. Hierin zijn ook de dekkingsgraden van de jaarlijkse warmtebehoefte per niveau voor de piek vermeld; deze zijn gelijk voor de afzonderlijke brandstoffen. Zware olie wordt al jaren praktisch niet meer toegepast in de glastuinbouw. Dit brengt met zich mee dat de investeringsbedragen voor zware olie vrij ruw zijn ingeschat. Voor alle investeringen wordt voor de afschrijving een levensduur van 15 jaar aangehouden.

Tabel 4.13 Prijzen, verbrandingswaarden en onderhoud behorende bij de afzonderlijke brandstoffen

	Brandstofsoort		
	propaan	lichte olie	zware olie
Eenheid per brandstofsoort	liter	liter	kg
Verbrandingswaarde (MJ/eenheid)	23,95	38,8	40,5
Prijs (cent/eenheid) laag	41	74	36
wv REB	8	13	0
hoog	75	108	60
wv REB	17	28	0
Gebruiksrendement ketel (% o.w)	90	85	85
Brandstofkosten (f/GJ warmte)			
lage brandstofprijzen	19,02	22,44	10,46
hoge brandstofprijzen	34,79	32,75	17,43
Onderhoud (% van de investering)	1	1,5	2

De brandstofprijzen, verbrandingswaarden, gebruiksrendementen, brandstofkosten per eenheid warmte en onderhoudskosten behorende bij de afzonderlijke brandstoffen zijn

vermeld in tabel 4.13. Uit de tabel blijkt dat de prijs voor lichte olie hoger ligt dan voor zware olie en propaan. Bij propaan is de verbrandingswaarde lager dan bij zware olie. Uit de vergelijking van de brandstofkosten per eenheid (GJ) warmte blijkt dat zware olie duidelijk goedkoper is dan lichte olie en propaan.

Uitgangssituatie

In de uitgangssituatie wordt ervan uitgegaan dat er op het bedrijf twee ketels aanwezig zijn en dat voor de alternatieve brandstof geen extra ketel nodig is. De uitgangssituatie is doorgerekend voor een bedrijfsomvang van 1,5 en 3 ha, hoge en de lage brandstofprijzen en de verschillende niveaus voor de capaciteit van de pieklast. Vervolgens zijn deze situaties doorgerekend voor de varianten na-ijl effect gasprijzen, nieuwe ketel en exclusief REB.

Naijl effect gasprijzen

De in paragraaf 3.2 genoemde stijging van de olieprijs (waarop de gasprijs is gebaseerd) is in een vrij korte periode tot stand gekomen. Door het naijl effect van de gasprijs (6-maands P) ten opzichte van de dagprijzen voor propaan en zware en lichte olie zou er een onjuiste vergelijking kunnen ontstaan. Daarom wordt bij beide varianten voor de brandstofprijzen ook gerekend met een gasprijs gebaseerd op de actuele P voor de gasprijs van de betreffende periode van de dagprijs van de alternatieve brandstof.

Nieuwe ketel

In de basissituatie wordt ervan uitgegaan dat er 2 ketels met de juiste capaciteit aanwezig zijn op het bedrijf. Hierdoor is voor het verstoken van propaan en lichte olie voor de piek een nieuwe brander nodig en geen ketel. Deze relatief gunstige situatie zal lang niet op alle bedrijven voorkomen. Op de bedrijven waar geen 2 ketels in gebruik zijn of waar wel twee ketels aanwezig zijn maar de capaciteit van de ketels niet de juiste omvang heeft, zal naast een brander ook een ketel moeten worden aangeschaft. Een nieuwe ketel is ook nodig als het niet mogelijk is om een bestaande gas-(lichte)olie ketel om te bouwen naar zware olie.

Exclusief REB

In de prijs voor propaan en lichte olie zit Reguliere Energie Belasting (REB) en bij zware olie wordt geen REB geheven (tabel 4.13). Ook is de hoogte van de REB per jaar verschillend en dus ook bij de verschillende niveaus van brandstofprijzen. Om het effect van de REB te tonen is bij propaan en bij lichte olie ook de situatie zonder REB en bij zware olie de situatie met REB doorgerekend. De eventuele REB bij zware olie is bepaald op basis van de REB bij lichte olie en propaan en de verbrandingswaarde van de brandstoffen.

In de volgende paragrafen worden de resultaten van de berekeningen per brandstoffs-oort getoond.

4.6.2 Propaan

De resultaten van de berekeningen voor propaan voor het bedrijf van 3 ha staan vermeld in tabel 4.14 en voor het bedrijf van 1,5 ha in tabel 4.15. Uit de tabellen blijkt dat er in een aantal situaties bij lage brandstofprijzen bedrijfseconomisch voordeel te behalen is met het gebruik van propaan in de piek. Bij de hoge brandstofprijzen ontstaat er alleen voordeel in

een enkele situatie zonder REB. Bij lage brandstofprijzen ligt het voordeel vooral bij de kleinere capaciteiten voor de piek. Het optimum met het hoogste bedrijfseconomisch voordeel lijkt bij 3 ha te liggen rond de 20% van het maximumgasverbruik. Bij 1,5 ha zijn de verschillen in bedrijfseconomisch resultaat bij 10, 20 en 30% van het maximumgasverbruik gering.

Tabel 4.14 *Bedrijfseconomisch voordeel bij het verstoken van propaan voor de piek in verschillende situaties bij vruchtgroente, een bedrijfsomvang van 3 ha en bij verschillende niveaus voor de piek (f/m^2)*

Situatie	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
Hoge brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	-0,13	-0,39	-1,14	-2,32	-3,82
- na-ijl gasprijs	-0,19	-0,55	-1,42	-2,76	-4,44
- nieuwe ketel	-0,27	-0,60	-1,38	-2,59	-4,11
- excl. REB	0,15	0,29	0,10	-0,40	-1,07
Lage brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,20	0,43	0,35	-0,01	-0,52
- na-ijl gasprijs	0,23	0,50	0,47	0,18	-0,24
- nieuwe ketel	0,06	0,23	0,10	-0,28	-0,81
- excl. REB	0,33	0,76	0,93	0,89	0,78

Tabel 4.15 *Bedrijfseconomisch voordeel bij het verstoken van propaan voor de piek in verschillende situaties bij vruchtgroente, een bedrijfsomvang van 1,5 ha en bij verschillende niveaus voor de piek (f/m^2)*

Situatie	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
Hoge brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	-0,19	-0,67	-1,35	-2,44	-3,96
- na-ijl gasprijs	-0,25	-0,82	-1,63	-2,88	-4,58
- nieuwe ketel	-0,39	-0,96	-1,71	-2,85	-4,42
- excl. REB	0,09	-0,02	-0,11	-0,52	-1,21
Lage brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,14	0,16	0,14	-0,13	-0,66
- na-ijl gasprijs	0,17	0,23	0,26	0,06	-0,38
- nieuwe ketel	-0,06	-0,13	-0,22	-0,54	-1,11
- excl. REB	0,27	0,48	0,72	0,78	0,63

Bij lage brandstofprijzen bedraagt het voordeel door propaan bij 3 ha en bij 20% van het maximumgasverbruik in de basissituatie 43 cent per m² per jaar, met het naijl effect van de gasprijs wordt dit 50 cent. In de situatie dat er een nieuwe ketel nodig is daalt het voordeel bij 20% van het maximumgasverbruik naar 23 cent per m² per jaar.

Indien er geen REB zou worden geheven op propaan dan zou bij de lage brandstofprijzen bij alle capaciteiten voor de piek bedrijfseconomisch voordeel ontstaan. Ook ligt het optimum bij een grotere capaciteit voor de piek en in de optimale situatie is het voordel groter dan in de hiervoor behandelde situaties. Bij hoge brandstofprijzen ontstaat er alleen in de situatie zonder REB voordeel bij de kleinste capaciteiten voor de piek (10-20%).

4.6.3 Lichte olie

De resultaten van de berekeningen voor lichte olie (HBO₁) voor het bedrijf van 3 ha staan vermeld in tabel 4.16 voor het bedrijf van 1,5 ha in tabel 4.17. Uit de tabellen blijkt dat lichte olie in een beperkt aantal bedrijfsituaties bedrijfseconomisch voordeel met zich meebrengt. Dit betreft vooral de kleinere capaciteiten voor de piek (10 en 20%). Het voordeel is maximaal 31 cent per m² per jaar in de (gunstige) uitgangssituatie. Indien geïnvesteerd moet worden in een tweede ketel dan ontstaat er geen voordeel. Naarmate de capaciteit van de piek toeneemt, wordt het bedrijfseconomisch voordeel van lichte olie negatiever. Bij lagere brandstofprijzen is het voordeel dat met licht olie kan worden gehaald wat groter. Een grotere bedrijfsoppervlakte laat een iets groter voordeel van lichte olie zien ten opzichte van een kleinere oppervlakte.

Als de REB zou komen te vervallen dan zou het bedrijfseconomisch resultaat in de situaties tot en met 30% van het maximumgasverbruik positief worden. Ook ligt het optimum dan bij een grotere omvang voor de piek.

Tabel 4.16 *Bedrijfseconomisch voordeel bij het verstoken van lichte olie voor de piek in verschillende situaties bij vruchtgroente, een bedrijfsomvang van 3 ha en bij verschillende niveaus voor de piek (f/m²)*

Situatie	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
Hoge brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,15	0,00	-0,52	-1,46	-2,74
- na-ijl gasprijs	0,17	0,07	-0,40	-1,28	-2,47
- nieuwe ketel	-0,10	-0,33	-0,92	-1,89	-3,20
- exclusief REB	0,37	0,64	0,69	0,47	0,08
Lage brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,27	0,31	0,03	-0,61	-1,52
- na-ijl gasprijs	0,20	0,25	-0,02	-0,63	-1,50
- nieuwe ketel	-0,01	-0,05	-0,37	-1,04	-1,99
- exclusief REB	0,32	0,55	0,52	0,32	-0,29

Tabel 4.17 *Bedrijfseconomisch voordeel bij het verstoken van lichte olie voor de piek in verschillende situaties bij vruchtgroente, een bedrijfsomvang van 1,5 ha en bij verschillende niveaus voor de piek (f/m²)*

Situatie	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
Hoge brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,06	-0,08	-0,60	-1,60	-2,88
- na-ijl gasprijs	-0,17	-0,41	-1,07	-2,33	-3,74
- nieuwe ketel	-0,33	-0,58	-1,19	-2,27	-3,64
- exclusief REB	0,19	0,48	0,54	0,26	-0,17
Lage brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,18	0,22	-0,05	-0,74	-1,65
- na-ijl gasprijs	0,04	0,09	-0,07	-0,83	-1,72
- nieuwe ketel	-0,21	-0,30	-0,64	-1,41	-2,40
- exclusief REB	0,16	0,37	0,37	0,11	-0,52

Dubbele brander en gecombineerde brander

Bij lichte olie kan gebruik worden gemaakt van twee branders op 1 ketel en van een gecombineerde brander. In beide situaties kan dan tegelijkertijd lichte olie en aardgas worden verstoekt met 1 ketel. Twee branders op 1 ketel komt incidenteel in de praktijk voor; een gecombineerde brander (nog) niet. Het voordeel is dat de investering lager kan zijn, daar er maar 1 ketel nodig is. In deze situatie kan het bedrijfseconomisch voordeel niet groter zijn dan de uitgangssituatie; in de uitgangssituatie is er ook van uitgegaan dat er niet in een ketel hoeft te worden geïnvesteerd. Indien de gecombineerde of dubbele brander een hogere investering met zich mee brengt dan een enkele brander, wordt het bedrijfseconomisch voordeel ongunstiger dan in de uitgangssituatie.

4.6.4 Zware olie

Zware stookolie is bedrijfseconomisch een perspectievolle optie, vooral voor de grotere capaciteiten voor de piek, zo blijkt uit de tabellen 4.18 en 4.19. Bij de grotere capaciteiten loopt het voordeel in de uitgangssituatie en in de situatie met het na-ijl effect van de gasprijs bij lage brandstofprijzen op tot boven de twee gulden per m² kas. Indien een nieuwe ketel nodig is, ligt het voordeel lager maar er blijft voordeel; bij de grotere capaciteiten loopt dit in de situatie met lage brandstofprijzen en op het bedrijf van 3 ha op tot boven de anderhalve gulden per m² per jaar. Het voordeel van zware stookolie is wat groter bij het grote bedrijf en bij lage brandstofprijzen.

Een mogelijke REB op zware olie zou het bedrijfseconomisch voordeel aanzienlijk reduceren. Met REB blijft er in de meeste situaties voordeel ontstaan maar in de situatie met hoge brandstofprijzen wordt dit gering of valt het voordeel weg; het optimum ligt in de situatie met REB bij de kleinere capaciteiten.

Tabel 4.18 *Bedrijfseconomisch voordeel bij het verstoken van zware olie voor de piek in verschillende situaties bij vruchtgroente, een bedrijfsomvang van 3 ha en bij verschillende niveaus voor de piek (f/m²)*

Situatie	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
Hoge brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,44	0,87	1,21	1,41	1,48
- na-ijl gasprijs	0,38	0,70	0,83	1,00	0,86
- nieuwe ketel	0,27	0,63	0,93	1,11	1,14
- inclusief REB	0,15	0,12	-0,22	-0,65	-1,46
Lage brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,48	0,97	1,39	1,68	1,86
- na-ijl gasprijs	0,49	1,02	1,46	1,80	2,03
- nieuwe ketel	0,31	0,73	1,15	1,38	1,52
- inclusief REB	0,34	0,64	0,79	0,75	0,53

Tabel 4.19 *Bedrijfseconomisch voordeel bij het verstoken van zware voor de piek in verschillende situaties bij vruchtgroente, een bedrijfsomvang van 1,5 ha en bij verschillende niveaus voor de piek (f/m²)*

Situatie	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
Hoge brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,20	0,52	0,81	0,99	1,04
- na-ijl gasprijs	0,14	0,36	0,53	0,55	0,42
- nieuwe ketel	-0,03	0,18	0,40	0,51	0,51
- inclusief REB	-0,11	-0,04	-0,61	-1,17	-2,05
Lage brandstofprijzen					
- uitgangssituatie	0,23	0,62	0,98	1,26	1,42
- na-ijl gasprijs	0,35	0,66	1,05	1,38	1,59
- nieuwe ketel	0,00	0,28	0,56	0,78	0,90
- inclusief REB	0,09	0,29	0,38	0,32	-0,38

4.6.5 Milieuvergunning

Uit de vorige paragrafen is gebleken dat zware olie als alternatieve brandstof voor de piek bedrijfseconomisch het grootste voordeel met zich mee brengt. Voor deze brandstof wordt daarom ingegaan op het aspect milieuvergunning en dan met name de relatie tussen de milieuvergunning en het bedrijfseconomische voordeel. De informatie hierover is gebaseerd op een studie van 'Aqua-Terra Nova' (Vollebregt et al., 2001). Deze studie gaat ook in op

de aspecten rond de milieuvergunning bij lichte olie (gasolie) en propaan. Voor informatie over de milieuvergunning bij deze brandstoffen en nadere informatie over zware olie wordt verwezen naar deze studie.

Bij gebruik van zware stookolie als brandstof wordt de gehele inrichting van het bedrijf vergunningplichtig in het kader van de Wet Milieubeheer. Hierdoor is voor zware oliestook een gemeentelijke milieuvergunning nodig. Deze vergunningplicht heeft een aantal nadelen ten opzichte van de situatie dat het bedrijf onder het Besluit glastuinbouwbedrijven (AMvB) kan vallen. Ten eerste geldt bij vergunningaanvraag de wettelijke procedure voor bezwaar en beroep en dit kan leiden tot bezwaren van belanghebbenden met kans op lange procedures, enzovoort. Ten tweede kunnen de voorschriften per gemeente verschillen hetgeen onduidelijkheid met zich meebrengt.

Voor de milieuvergunning bestaan er emissie-eisen en eisen voor de opslag van de brandstof. Vooral de emissie-eisen rond de uitstoot van NO_x zijn van invloed op het mogelijk bedrijfseconomisch voordeel. Bij de NO_x -uitstoot bij zware olie wordt onderscheid gemaakt naar installaties boven en onder de 0,9 MW. Boven deze grens geldt voor nieuwe installaties en branders een emissie eis van maximaal 150 mg NO_x per m^3 rookgas. Met de beschikbare installaties kan momenteel niet aan deze eis worden voldaan. Verwacht wordt dat dit in de toekomst wel mogelijk is. Niet kan worden aangegeven op welke termijn dit het geval zal zijn. Het voorgaande betekent dat bij installaties met een vermogen boven de 0,9 MW, er van mag worden uitgegaan dat momenteel geen milieuvergunning wordt verkregen. Bij installaties onder de 0,9 MW worden geen eisen genoemd betreffende de NO_x -uitstoot. Door de gemeenten kunnen echter de eisen van boven de 0,9 MW wel worden toegepast op installaties onder de 0,9 MW. In deze situatie wordt dan ook geen milieuvergunning verkregen en is zware olie als alternatieve brandstof voor de piek niet mogelijk. Indien gemeenten zware olie onder de 0,9 MW wel toestaan betekent de 0,9 MW een begrenzing van de capaciteit aan zware olie in de berekeningen in de vorige paragraaf. Voor het bedrijf van 1,5 ha zou dit uitkomen op een maximale capaciteit voor de piek tussen de 20 en de 30 % en bij 3 ha tussen de 10 en 20%.

Gebleken is dat zonder beperking vanuit de milieuvergunning het bedrijfseconomisch voordeel van zware olie in bepaalde situaties kan oplopen tot boven de twee gulden per m^2 per jaar. Indien geen milieuvergunning wordt verkregen is er geen bedrijfseconomisch voordeel mogelijk. Indien bij installaties onder de 0,9 MW wel een vergunning wordt verleend, wordt het maximale voordeel door de beperking in het vermogen gereduceerd tot circa een gulden per m^2 per jaar.

5. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

1. De eerste anticipatiemogelijkheid die van belang is voor het terugdringen van de extra kosten voor de liberalisering van de aardgasmarkt (CDS) door glastuinbouwbedrijven, is reductie van de contractuele overcapaciteit. Reductie van de overcapaciteit met 25-30 m³ per ha resulteert in een kostenbesparing van 1 gulden per m² per jaar. Dit is een anticipatiemogelijkheid die geen investering met zich meebrengt maar waarbij de benodigde capaciteit wel nauwkeurig dient te worden vastgesteld.
2. Overwogen kan worden om tijdens extreme buitenomstandigheden meer aardgas per uur af te nemen dan gecontracteerd is en de boete hiervoor te accepteren. Daar zich niet jaarlijks extreme buitenomstandigheden voordoen, kan dit gemiddeld over de jaren kostenvoordelen met zich meebrengen. De vraag is echter of in deze situatie de leverancier altijd zal leveren.
3. Op een deel van de vruchtgroente bedrijven is het verwarmend oppervlak (vo) in combinatie met de maximum ingestelde temperatuur van het verwarmingssysteem de limiterende factor voor de maximale hoeveelheid aardgas die per uur kan worden verbruikt. Voor de meest voorkomende situatie in de praktijk bij vruchtgroente betekent dit een maximumgasverbruik van circa 270 m³ per uur per ha. Incidenteel komt ook 240 en 300 m³ voor. Een vo-begrenzing heeft grote invloed op de bedrijfseconomische mogelijkheden van de anticipatiemogelijkheden; de maximale gasvraag is dan reeds afgetopt. De vo-begrenzing betekent ook dat in perioden met extreme buitenomstandigheden en in de situatie zonder scherm of bij geopend scherm overdag, de gewenste teelttemperatuur in de kas vaak niet wordt gerealiseerd; het verwarmingssysteem is dan te klein.
4. De mogelijkheden van incidentele capaciteit worden bepaald door het verschil in maximumgasverbruik dat nodig is om de kas op temperatuur te houden en de begrenzing door het vo. Bij een groot verschil is er geen bedrijfseconomisch voordeel mogelijk; bij geen of een klein verschil ontstaat er voordeel. Dit betreft vooral bedrijven waar geschermd wordt en juist ook overdag bij extreme buitenomstandigheden. Het voordeel kan dan oplopen tot 70 cent per m² per jaar.
5. Energieschermen worden bij paprika en komkommer op grote schaal toegepast en bij tomaat op een beperkt deel van de bedrijven. Bij tomaat kan het scherm na invoering van het CDS een kostenbesparing met zich meebrengen als wordt uitgegaan van zeer gunstige uitgangspunten voor het scherm (minimaal lichtverlies, lange gebruiksduur, bij extreme buitenomstandigheden overdag scherm gesloten, geen negatief klimaat-effect op de productie en hoge energieprijzen). De vraag is of dit alles in de praktijk realiseerbaar is. Deze vraag geldt vooral voor het gesloten houden van het scherm overdag bij extreme buitenomstandigheden en het negatieve klimaat-effect op de productie.

Een vast scherm is bij tomaat geen anticipatiemogelijkheid daar dit scherm na enige weken wordt verwijderd en extreme buitenomstandigheden ook daarna voorkomen. Bij het gebruik van een zwaarder scherm (hogere isolatiegraad) in plaats van de gebruikelijke schermen bij vruchtgroente is het ook de vraag of een zwaarder scherm bij extreme buitenomstandigheden overdag gesloten kan blijven zonder negatieve invloed op de productie.

6. Bij warmtebuffer en virtueel vat worden de bedrijfseconomische mogelijkheden eveneens voor een groot deel bepaald door het verschil in maximumgasverbruik dat nodig is om de kas op de gewenste temperatuur te houden en de begrenzing door het vo. In die bedrijfssituaties waar het vo geen begrenzing vormt of als de begrenzing beperkt is, kan bij de warmtebuffer het bedrijfseconomisch voordeel oplopen tot drie kwartjes en bij virtueel vat kan tot circa 90 cent per m² per jaar. Dit zijn de bedrijfssituaties met een scherm. Het grootste voordeel ontstaat op bedrijven waar het scherm bij extreme buitenomstandigheden overdag gesloten blijft. Wat betreft de warmtebuffer is dit bovendien de situatie waarin reeds een warmtebuffer op het bedrijf aanwezig is. Indien de buffer als anticipatiemogelijkheid wordt aangeschaft ontstaat geen bedrijfseconomisch voordeel. Ook uitbreiding van de buffercapaciteit brengt dan geen voordeel met zich mee.

Bij vergelijking tussen de resultaten van de warmtebuffer en het virtuele vat lijkt het virtuele vat iets meer voordeel met zich mee te brengen; dit wordt veroorzaakt doordat de warmtebuffer reeds aanwezig is met een bepaalde waterinhoud en bij het virtuele vat kan worden uitgegaan van een meer optimaal vatvolume en capaciteit.

7. Met temperatuurintegratie kan bij bepaalde uitgangspunten door reductie van het maximumgasverbruik een kostenbesparing worden gerealiseerd. Deze kostenbesparing loopt bij een ruime bandbreedte voor de teelttemperatuur van plus en min 4°C uiteen van 0 tot 93 cent per m² per jaar. Besparingen zijn alleen mogelijk voor bedrijven met een gasverbruik per °C dat niet te hoog is. In de situatie met een vo-begrenzing van 270 m³ per ha per uur ligt de grens tussen de 8 en 9 m³ per °C per ha per uur. Onder deze grens betreft het bedrijven met een scherm welke tijdens extreme buitenomstandigheden ook overdag gesloten blijft en bedrijven zonder scherm met een relatief laag gasverbruik per °C. Bij een kleinere en wellicht realistischere bandbreedte voor de praktijk van plus en min 2°C is het voordeel beduidend kleiner en bedraagt hooguit enige dubbeltjes per m² per jaar.

Indien wordt uitgegaan van een periode met de extreemste kou gedurende de laatste 30 jaar (1985) dan is mede door de vo-begrenzing geen verlaging van het maximumgasverbruik en dus geen kostenbesparing met temperatuurintegratie mogelijk.

Indien naast reductie van het maximumgasverbruik met temperatuurintegratie ook energiebesparing wordt gerealiseerd, dan is de kostenbesparing groter; bij een energiebesparing van 4% per jaar en een bandbreedte van plus en min 4°C kan de totale kostenbesparing oplopen tot ruim anderhalve gulden per m² per jaar.

8. Bij de alternatieve brandstoffen voor de piek (propan, lichte olie en zware olie) brengt vooral zware olie bedrijfseconomisch voordeel met zich mee. Bij propan kan het voordeel in bepaalde gunstige situaties oplopen tot circa een halve gulden en bij lichte olie tot circa 30 cent per m² per jaar. Bij zware olie is het voordeel duidelijk groter en kan oplopen tot ruim twee gulden per m² per jaar. Voor zware olie is echter

een gemeentelijke milieuvergunning nodig. Door eisen rond de uitstoot van NO_x is deze vergunning voor installaties groter dan 0,9 MW niet mogelijk. Onder deze grens is het de vraag of gemeenten de eisen rond de NO_x uitstoot ook dan toepassen. Indien dit het geval is, is ook dan geen milieuvergunning mogelijk. Indien zware oliestook onder de 0,9 MW wel wordt toegestaan dan is de mate van inzet van zware olie gelimiteerd, waardoor het bedrijfseconomisch voordeel gereduceerd wordt tot maximaal een gulden per m² per jaar.

Aanbevelingen

1. Indien de anticipatiemogelijkheden afzonderlijk worden beoordeeld kan vooral het reduceren van contractuele overcapaciteit een belangrijke kostenbesparing met zich meebrengen. Voor het bepalen van de benodigde aardgascapaciteit per uur en daarmee het voorkomen van overcapaciteit wordt aanbevolen per bedrijf het aardgasverbruik per uur en de oorzakelijke variabelen (buiten- en binnentemperatuur, windsnelheid en instraling) gedurende extreme koude dagen te meten.
2. In bepaalde situaties is ook bedrijfseconomisch voordeel te behalen met incidentele capaciteit, warmtebuffer, virtueel vat, temperatuurintegratie en eventueel zware olie. Dit geldt met name voor bedrijven met een gesloten scherm overdag bij extreme buitenomstandigheden. Aanbevolen wordt de kennis rond deze anticipatiemogelijkheden verder te ontwikkelen en te verspreiden. Bij de warmtebuffer zou een lagere retourtemperatuur van het water uit het verwarmingssysteem in de kas tot verbetering leiden. Meer inzicht is gewenst in de mate van gebruik van de warmte uit de buffer per uur in combinatie met de bufferinhoud bij extreme koude buitenomstandigheden. Dit laatste geldt eveneens voor de mate waarin per uur gebruik wordt gemaakt van aardgas uit het virtuele vat in combinatie met de vatinhoud. Bij het scherm is meer inzicht gewenst in het gebruik overdag bij extreme buitenomstandigheden. Bij temperatuurintegratie ontbreekt inzicht in de te realiseren energiebesparing op jaarbasis en de (toekomstige) bandbreedte in de teelttemperatuur, beiden in de praktijk.
3. Naast de onzekerheden rond het bedrijfseconomisch voordeel van een scherm als anticipatiemogelijkheid op tomatenbedrijven heeft een scherm positieve invloed op het voordeel van andere anticipatiemogelijkheden. Verwacht wordt dat het maken van combinaties van anticipatiemogelijkheden extra kostenbesparing kan opleveren; aanbevolen wordt dit te onderzoeken. Hierbij wordt als eerste gedacht aan combinaties tussen incidentele capaciteit, scherm, warmtebuffer, temperatuurintegratie, virtueel vat en eventueel zware olie.
4. Naast anticipatie op de liberalisering van de aardgasmarkt is ook energiebesparing voor de glastuinbouw van belang (IMT en de AMvB). Aanbevolen wordt onderzoek te doen naar de combinaties c.q. interactie van anticipatiemogelijkheden en energiebesparende opties.
5. Door de beperkte capaciteit van het verwarmingssysteem in de kas op een deel van de glasgroentebedrijven kan de gewenste teelttemperatuur bij extreme buitenomstandigheden niet worden gerealiseerd. Dit geldt met name voor bedrijven zonder scherm en bedrijven met een scherm die overdag open is. Aanbevolen wordt op dergelijke bedrijven een groter verwarmingssysteem in de kas serieus te overwegen.

Literatuur

Bakker, R., A. van der Knijff, N.J.A. van der Velden en A.P. Verhaegh, *Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1999*. Rapport 3.00.07. LEI, Den Haag, 2000.

Benninga, J. en N. van der Velden, 'Nu meten, straks weten; Bepaal uw maximumgasverbruik per uur voor u een contract afsluit'. In: *Vakblad voor de Bloemisterij* 2 (2001) pag. 36-38.

Benninga, J. en N. van der Velden, '*Extreme temperaturen beïnvloeden contractcapaciteit aardgas*'. In: *Groenten en Fruit*, Glasgroente, 2 juni 2000, pag. 8-9.

Benninga, J., R. Bakker en N.J.A van der Velden, *Pilot analyse aardgasverbruiken per uur op bedrijven met tomaat en paprika*. LEI, Den Haag, 2000.

Buwalda, F., A.A. Rijdsijk, G.J.L. van Leeuwen, A Hattendorf en J.V.M. Vogelesang, *Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen*. PBG, Aalsmeer, 1999.

Buwalda, F., *Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen (literatuuroverzicht)*. PBG, Aalsmeer, 1999.

Gasunie, Internet-site CDS (www.gasunie.nl), 27-9-2000.

Gasunie, Internet-site CDS (www.gasunie.nl), 12-01-2001.

Groot, N. de en N.J.A. van der Velden, *Liberalisering energiemarkt en energiebesparing glastuinbouw*. LEI, Den Haag, Interne notitie, 2000.

Koning, de A.N.M., *The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes*. J. Hort.Sci. 63: 465-471, 1988.

Nawrocki, K.R., *Meting warmteoverdrachtscoëfficiënt voor convectie van verwarmingspijpen in kassen*. Rapport 73, IMAG, Wageningen, 1985

Productschap Tuinbouw, Internet site (www.tuinbouw.nl/energie).

Rijdsijk, A.A. e.a., *Temperatuurintegratie op etmaalbasis*. PBG, Naaldwijk, 1998

Rijsdijk, A.A., *Temperatuurgrenzen aan de teelt van tomaat bij minimaliseren van de gasaansluitwaarde*. PBG, Naaldwijk, 2000.

Ravensbergen, P. en J. Benninga, *Analyse van het gasverbruik per uur op vruchtgroente- en rozenbedrijven gemeten in de praktijk; Tussenrapportage*. Interne notitie. LEI, Den Haag, 2001.

Sluis, B.J. van der, A.A. Rijsdijk, G.P.A. van Holsteijn en N.J.A. van der Velden, *Het gebruik van energieschermen bij tomaat*. Publicatie 4.138. LEI, Den Haag, 1995.

Sluis, B.J. van der, K.R. Nawrocki en N.J.A. van der Velden, *Dekkingsgraden restwarmte in de glastuinbouw*. Publicatie 4.133. LEI, Den Haag, 1992.

Til, R. van, 'Tomaten onder scherm niet langer taboe'. In: *Oogst*, 2 februari 2001, pag. 32-33.

Velden, N.J.A. van der, A.P. Verhaegh, R. Bakker en A. van der Knijff, *Liberalisering aardgasmarkt; Verkenning glastuinbouw*. Rapport 1.99.07. LEI, Den Haag, 1999.

Velden, N.J.A. van der en R. A. Bakker, *Analyse homogene groepen bedrijven ter ondersteuning van de kennisontwikkeling rond de anticipatie op de liberalisering van de aardgasmarkt door de glastuinbouw*. Interne Notitie. LEI, Den Haag, 2001.

Visser, P. , 'Scherm in tomaat: 'kijk naar gewas, niet naar gas', In: *Groenten en fruit*, algemeen, 25 mei 2001, pag. 6.

Vollebregt, M., A. Wubben, M. van Zeijl en R. Sterk, *Toepassing alternatieve brandstof voor het reduceren van de piek in het gebruik van aardgas in de glastuinbouw; Juridische randvoorwaarden en praktische consequenties*. Aqua-Terra Nova, Honselersdijk, 2001.

Bijlage 1 Globale investeringen en dekkingsgraden voor propaan

	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
<i>Bedrijfsomvang 15.000 m²</i>					
Tankinhoud (liter) a)	18.000	40.000	18.000	18.000	18.000
Huur tank (f/jaar) a)	2.750	5.750	2.750	2.750	2.750
Investering					
verdamper a)	1.500	3.500	32.500	32.500	32.500
diversen b)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
brander c)	20.000	22.000	24.000	26.000	30.000
ketel c)	28.000	41.000	50.000	58.000	64.000
totaal excl. ketel	23.500	27.500	58.500	60.500	64.500
totaal incl. ketel	51.500	68.500	108.500	118.500	128.500
<i>Bedrijfsomvang 30.000 m²</i>					
Tankinhoud (liter) a)	40.000	18.000	18.000	40.000	40.000
Huur tank (f/jaar) a)	5.750	2.750	2.750	5.750	5.750
Investering					
verdamper a)	3.500	32.500	50.000	50.000	50.000
diversen b)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
brander c)	22.000	26.000	32.000	34.000	35.000
ketel c)	41.000	58.000	68.000	74.000	81.000
totaal excl. ketel	27.500	60.500	84.000	86.000	87.000
totaal incl. ketel	68.500	118.500	152.000	160.000	168.000
Dekking d)	2	5	9	14	20

a) De verschillen in tankinhoud, huur tank en investering verdamper voor de verschillende capaciteiten voor de piek worden veroorzaakt door de technische uitvoering en de onderlinge samenhang tussen deze onderdelen; b) Vergunning, regeling; c) Inclusief installatie; d) Aandeel in de totale warmtevraag per jaar (%).

Bijlage 2 Globale investeringen en dekkingsgraden voor lichte olie

	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
<i>Bedrijfsomvang 15.000 m²</i>					
Tankinhoud (liter)	15.000	15.000	15.000	30.000	30.000
Investering					
tank a)	20.000	20.000	20.000	32.000	32.000
diversen b)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
brander c)	20.000	22.000	24.000	26.000	30.000
ketel c)	28.000	41.000	50.000	58.000	64.000
totaal excl. ketel en brander	22.000	22.000	22.000	24.000	24.000
totaal incl. ketel en brander	70.000	85.000	96.000	118.000	128.000
<i>Bedrijfsomvang 30.000 m²</i>					
Tankinhoud (liter)	15.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Investering					
tank a)	20.000	32.000	32.000	32.000	32.000
diversen b)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
brander c)	22.000	26.000	32.000	34.000	35.000
ketel c)	41.000	58.000	68.000	74.000	81.000
totaal excl. ketel en brander	22.000	24.000	24.000	24.000	24.000
totaal incl. ketel en brander	85.000	118.000	134.000	142.000	150.000
Dekking d)	2	5	9	14	20

a) Inclusief extra wand, stelling en leidingen; b) Vergunning, regeling; c) Inclusief installatie; d) Aandeel in de totale warmtevraag per jaar (%).

Bijlage 3 Globale investeringen en dekkingsgraden voor zware olie

	Capaciteit piek (% maximumgasverbruik)				
	10	20	30	40	50
<i>Bedrijfsomvang 15.000 m²</i>					
Tankinhoud (liter)	15.000	15.000	15.000	30.000	30.000
Investering					
tank a)	20.000	20.000	20.000	32.000	32.000
diversen b)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
brander c)	32.000	37.000	46.000	50.000	57.000
ketel d)	28.000	41.000	50.000	58.000	64.000
totaal excl. ketel	54.000	59.000	68.000	84.000	91.000
totaal incl. ketel	82.000	100.000	118.000	142.000	155.000
<i>Bedrijfsomvang 30.000 m²</i>					
Tankinhoud (liter)	15.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Investering					
tank a)	20.000	32.000	32.000	32.000	32.000
diversen b)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
brander c)	37.000	50.000	62.000	68.000	72.000
ketel d)	41.000	58.000	68.000	74.000	81.000
totaal excl. ketel	59.000	84.000	96.000	102.000	106.000
totaal incl. ketel	100.000	142.000	164.000	176.000	187.000
Dekking e)	2	5	9	14	20

a) Inclusief extra wand, stelling en leidingen; b) Vergunning, regeling; c) Inclusief installatie en voorverwarming; d) Inclusief installatie; e) Sandeel in de totale warmtevraag per jaar (%).