

# **Liberalisering aardgasmarkt**

## Combinaties van anticipatiemogelijkheden voor vruchtgroentebedrijven

J. Benninga  
M.N.A. Ruijs

Projectcode 64488-2

Juni 2003

Rapport 2.03.13

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

Liberalisering aardgasmarkt; Combinaties van anticipatiemogelijkheden voor vruchtgroentebedrijven

Benninga, J. en M.N.A. Ruijs

Den Haag, LEI, 2003

Rapport 2.03.13; ISBN 90-5242-837-9; Prijs € 15,50 (inclusief 6% BTW)

93 p., fig., tab., bijl.

In dit onderzoek zijn combinaties van anticipatiemogelijkheden voor bedrijven met vruchtgroente op de liberalisering van de aardgasmarkt technisch-economisch geëvalueerd.

Combinaties van twee anticipatiemogelijkheden brengen meestal een hogere energiekostenbesparing met zich mee dan als ze enkelvoudig worden toegepast. De kostenbesparing is (duidelijk) lager als de capaciteit van het verwarmingssysteem een begrenzing vormt voor het maximumgasverbruik per uur. Dit geldt vrijwel altijd in bedrijfssituaties als er geen scherm is of als het scherm overdag open is bij extreem winterse omstandigheden. Combinaties met zware olie blijken economisch het meest aantrekkelijk. Zware olie is uit milieuoogpunt en voor het imago van de glastuinbouw minder gewenst.

Als alternatief voor zware olie zijn onder gunstige omstandigheden combinaties met een energiescherm het aantrekkelijkst. Het perspectief van combinaties van anticipatiemogelijkheden is gunstiger voor bedrijfssituaties met een lager maximumgasverbruik per uur.

Voor bedrijven met scherm die onder koude buitenomstandigheden het scherm overdag toepassen leveren de meeste combinaties van anticipatiemogelijkheden een extra kostenbesparing op. Naast zware olie is de combinatie van incidentele capaciteit en warmtebuffer een economisch interessant alternatief.

Bestellingen:

Telefoon: 070-3358330

Telefax: 070-3615624

E-mail: [publicatie.lei@wur.nl](mailto:publicatie.lei@wur.nl)

Informatie:

Telefoon: 070-3358330

Telefax: 070-3615624

E-mail: [informatie.lei@wur.nl](mailto:informatie.lei@wur.nl)

© LEI, 2003

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



# Inhoud

	Blz.
<b>Woord vooraf</b>	9
<b>Samenvatting</b>	11
<b>1. Inleiding</b>	21
1.1 Aanleiding	21
1.2 Doelstelling en afbakening	22
1.3 Leeswijzer	23
<b>2. Methode</b>	24
<b>3. Conceptueel model</b>	26
3.1 Inleiding	26
3.2 Capaciteitsbepaling per anticipatiemogelijkheid	27
3.2.1 Warmtebuffer en incidentele capaciteit	27
3.2.2 Virtueel vat en incidentele capaciteit	30
3.2.3 Temperatuurintegratie en incidentele capaciteit	31
3.2.4 Warmtebuffer en virtueel vat	31
3.2.5 Warmtebuffer en temperatuurintegratie	31
3.2.6 Temperatuurintegratie en virtueel vat	32
3.2.7 Warmtebuffer en zware olie	32
3.2.8 Virtueel vat en zware olie	33
3.2.9 Temperatuurintegratie en zware olie	33
3.2.10 Incidentele capaciteit en zware olie	33
3.2.11 Scherm en warmtebuffer	33
3.2.12 Scherm en incidentele capaciteit	34
3.2.13 Scherm en virtueel vat	35
3.2.14 Scherm en temperatuurintegratie	35
3.2.15 Scherm en zware olie	35
<b>4. Uitgangspunten</b>	36
4.1 Inleiding	36
4.2 Brandstofprijzen	36
4.3 Maximumgasverbruik en bedrijfssituaties	37
4.4 Overige bedrijfskenmerken	39

	Blz.	
4.5	Uitgangspunten per anticipatiemogelijkheid	39
4.5.1	Inleiding	39
4.5.2	Incidentele capaciteit	40
4.5.3	Warmtebuffer	40
4.5.4	Virtueel vat	41
4.5.5	Temperatuurintegratie	41
4.5.6	Zware olie	41
4.5.7	Schermb	43
4.5.8	Variant met lager maximumgasverbruik per uur	44
<b>5.</b>	<b>Resultaten</b>	<b>46</b>
5.1	Inleiding	46
5.2	Samenvattend overzicht bedrijfssituaties zonder scherm	46
5.2.1	Warmtebuffer en incidentele capaciteit	48
5.2.2	Virtueel vat en incidentele capaciteit	49
5.2.3	Temperatuurintegratie en incidentele capaciteit	50
5.2.4	Warmtebuffer en virtueel vat	51
5.2.5	Warmtebuffer en temperatuurintegratie	52
5.2.6	Virtueel vat en temperatuurintegratie	52
5.2.7	Warmtebuffer en zware olie	53
5.2.8	Virtueel vat en zware olie	53
5.2.9	Temperatuurintegratie en zware olie	54
5.2.10	Incidentele capaciteit en zware olie	54
5.2.11	Schermb en warmtebuffer	54
5.2.12	Schermb en incidentele capaciteit	55
5.2.13	Schermb en virtueel vat	56
5.2.14	Schermb en temperatuurintegratie	56
5.2.15	Schermb en zware olie	56
5.2.16	Variant met lager maximumgasverbruik per uur	57
5.3	Samenvattend overzicht bedrijfssituaties met scherm	58
5.3.1	Warmtebuffer en incidentele capaciteit	60
5.3.2	Virtueel vat en incidentele capaciteit	61
5.3.3	Temperatuurintegratie en incidentele capaciteit	61
5.3.4	Warmtebuffer en virtueel vat	62
5.3.5	Warmtebuffer en temperatuurintegratie	63
5.3.6	Virtueel vat en temperatuurintegratie	63
5.3.7	Warmtebuffer en zware olie	64
5.3.8	Virtueel vat en zware olie	65
5.3.9	Temperatuurintegratie en zware olie	65
5.3.10	Incidentele capaciteit en zware olie	66

	Blz.
<b>6. Discussie</b>	67
<b>7. Conclusies en aanbevelingen</b>	70
7.1 Conclusies	70
7.2 Aanbevelingen	71
<b>Literatuur</b>	73
<b>Bijlagen</b>	
1 Investering in stookinstallatie voor zware olie	75
2 Kostenbesparing door warmtebuffer en incidentele capaciteit	76
3 Kostenbesparing virtueel vat en incidentele capaciteit	77
4 Kostenbesparing temperatuurintegratie	78
5 Kostenbesparing warmtebuffer en virtueel vat	79
6 Kostenbesparing warmtebuffer en temperatuurintegratie	80
7 Kostenbesparing virtueel vat en temperatuurintegratie	81
8 Kostenbesparing warmtebuffer en zware olie	82
9 Kostenbesparing warmtebuffer en zware olie	83
10 Kostenbesparing virtueel vat en zware olie (bedrijfssituatie 1,5 ha)	84
11 Kostenbesparing virtueel vat en zware olie (bedrijfssituatie 3 ha)	85
12 Kostenbesparing temperatuurintegratie en zware olie	86
13 Kostenbesparing incidentele capaciteit en zware olie	87
14 Kostenbesparing scherm en warmtebuffer	88
15 Kostenbesparing scherm en incidentele capaciteit	89
16 Kostenbesparing scherm en virtueel vat	90
17 Kostenbesparing scherm en temperatuurintegratie	91
18 Kostenbesparing scherm en zware olie	92
19 Kostenbesparing scherm en zware olie	93





## Woord vooraf

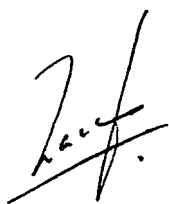
In verband met de liberalisering van de energiemarkt worden afnemers vrij in de keuze van de energieleverancier. De inkoop van energie wordt daarbij losgekoppeld van de diensten van energie en de daaraan gekoppelde diensten. Dit brengt een andere tariefstructuur met zich mee, waarbij de kosten voor energie en voor diensten gescheiden kostencomponenten zijn. Zo ook voor afnemers in de glastuinbouw.

In de studie *Anticipatiemogelijkheden glastuinbouw Liberalisering aardgasmarkt* (Van der Velden et al., 2001) zijn enkelvoudige mogelijkheden om te anticiperen op de liberalisering van de aardgasmarkt bekeken voor vruchtgroentebdrijven. De studie leverde een aantal interessante anticipatiemogelijkheden op. Daarnaast wordt verwacht dat combinaties van twee anticipatiemogelijkheden in een grotere energiekostenreductie kunnen resulteren.

Het LEI heeft van het Productschap voor Tuinbouw en van het Ministerie van Landbouw, Visserij en Natuurbeheer de opdracht gekregen nader onderzoek uit te voeren naar de technische en economische perspectieven van combinaties van anticipatiemogelijkheden voor glastuinbouwbedrijven en in het bijzonder voor vruchtgroentebdrijven.

In het onderzoek is uitgegaan van de rekenmodellen uit de vorige studie en zijn deze rekenmodellen op onderdelen aangepast op basis van het in deze studie verkregen kennis.

Het onderzoek is uitgevoerd door J. Benninga en M.N.A. Ruijs. De contactpersonen namens de opdrachtgevers zijn P. van der Struijs (PT) en J. Mourits (LNV). Het onderzoek is ondersteund door een klankbordgroep bestaande uit de telers J.M. Aerts (komkommer), G.W.H. van den Bosch (paprika) en C. Koot (tomaat) en voorlichter H.C. Jasperse (DLV). Naar de begeleidingsgroepleden gaat dank uit voor hun kritische en constructieve inbreng.



Prof.dr.ir. L.C. Zachariasse  
Algemeen directeur LEI B.V.



# Samenvatting

## *Probleemstelling en doel*

Door de invoering van de liberalisering van de aardgasmarkt worden glastuinders geconfronteerd met een sterke stijging van de aardgaskosten. Tuinders zullen hierop uit bedrijfseconomische overwegingen anticiperen. In de studie van Van der Velden et al. (2001) voor vruchtgroenten bleek dat de extra gaskosten kunnen worden verminderd door reductie van de overcapaciteit en door gebruik van zware olie voor de piekvraag (mits met milieuvergunning). In bepaalde situaties zijn ook incidentele capaciteit, warmtebuffer, virtueel vat en temperatuurintegratie interessant.

De verwachting is dat een combinatie van twee anticipatiemogelijkheden extra kostenbesparing kan opleveren voor de glastuinders. Uit eerdere studies van Van der Velden (2001) en Benninga et al. (2002) is af te leiden dat voor het analyseren van combinaties de uitgangspunten en de onderscheiden bedrijfssituaties op elkaar dienen te worden afgestemd. Bovendien kunnen er zich interacties voordoen tussen anticipatiemogelijkheden, die het bedrijfseconomisch voordeel kunnen beïnvloeden. Dit maakt het analyseren van combinaties extra complex.

In opdracht van het Energiebureau van Productschap voor de Tuinbouw en het Ministerie van LNV is een onderzoek uitgevoerd met als doel het verkrijgen van inzicht in de technisch-economische mogelijkheden van combinaties van anticipatiemogelijkheden voor glastuinbouwbedrijven met vruchtgroenten. De analyse beperkt zich tot de anticipatiemogelijkheden die in de vorige studie bij vruchtgroenten afzonderlijk zijn bekeken en richt zich op combinaties van twee anticipatiemogelijkheden. De studie gaat uit van het Commodity Diensten Systeem (CDS), zoals dat ook in eerdere studies voor PT en LNV is gehanteerd. Het onderzoek richt zich op het dienstcomponent binnen het CDS.

## *Aanpak*

Het onderzoek is opgezet rond drie stappen. In de eerste stap is een keuze gemaakt uit de mogelijke combinaties van twee anticipatiemogelijkheden op basis van de technische mogelijkheden en/of het economisch perspectief. In deze stap bleven 15 combinaties over die nader zijn onderzocht. Dit betreft de onderlinge combinaties van incidentele capaciteit, warmtebuffer, scherm, virtueel vat, temperatuurintegratie en alternatieve brandstoffen. Binnen de anticipatiemogelijkheid alternatieve brandstoffen is gekozen voor zware olie vanwege het grotere bedrijfseconomische voordeel.

In de tweede stap is een conceptueel model of denkmodel ontwikkeld op basis waarvan de combinaties zullen worden beoordeeld. Ten eerste dienen de uitgangspunten en bedrijfssituaties identiek te zijn om een eerlijke vergelijking te kunnen maken. In de tweede plaats wordt de vraag behandeld welke anticipatiemogelijkheid binnen de combinatie als eerste wordt ingezet om de piekvraag naar aardgas te doen verminderen.

De derde stap omvat de bedrijfseconomische evaluatie van de combinaties van twee anticipatiemogelijkheden in vergelijking met de situatie zonder anticipatie en met de situatie met enkelvoudige toepassing van een van beide anticipatiemogelijkheden.

### *Denkmodel*

Door te anticiperen kunnen glastuinders hun contractcapaciteit verlagen. Het verschil in grootte van de contractcapaciteit tussen de situatie zonder en met anticipatie bepaalt in belangrijke mate de kostenbesparing. In een combinatie zijn de capaciteiten van beide anticipatiemogelijkheden en wat resteert voor de contractcapaciteit bepalend voor een eventuele kostenbesparing. De capaciteit per anticipatiemogelijkheid wordt in een combinatie bepaald door de volgorde waarin beide anticipatiemogelijkheden worden ingezet. De volgorde die de hoogste kostenbesparing tot gevolg heeft dient als basis voor de berekening. De volgorde kan echter ook door technische omstandigheden worden bepaald. Voor combinaties met capaciteitscompenserende maatregelen (warmtebuffer, virtueel en temperatuurintegratie) wordt een simulatie van het energietoestand per uur uitgevoerd, rekening houdend met de andere anticipatiemogelijkheid.

Voor iedere combinatie van twee anticipatiemogelijkheden is de benadering specifiek en apart in het onderzoek beschreven.

### *Uitgangspunten*

De algemene uitgangspunten betreffen de brandstofprijzen en het maximumgasverbruik. In de studie is voor aardgas en zware olie uitgegaan van een hoog (1<sup>e</sup> kwartaal 2001) en van een laag prijsniveau (2<sup>e</sup> kwartaal 1999): € 0,15930 en € 0,07343 per m<sup>3</sup> respectievelijk € 8,71 en € 5,52 per kg.

Voor de kosten van het aardgas volgens het CDS is het maximumaardgasverbruik per uur per ha en daarmee samenhangend de contractcapaciteit van grote invloed. Voor de bedrijfseconomische evaluatie is het maximumgasverbruik in de situatie vóórdat enige anticipatiemogelijkheid wordt ingezet het uitgangspunt in de analyse (de referentiesituatie). In dit onderzoek is het maximumgasverbruik als volgt bepaald:

1. bepaal maximumgasverbruik dat nodig is om bij extreme buitenomstandigheden de kas op de gewenste temperatuur te houden, en vervolgens;
2. bepaal maximumgasverbruik dat nodig is om het verwarmingssysteem (VO) op de maximale temperatuur te houden.

In beginsel wordt uitgegaan van het maximumgasverbruik volgens 1). Wanneer het maximumgasverbruik volgens 2) lager is dan volgens 1) houdt dit een plafond of begrenzing in. In die gevallen is het maximumgasverbruik volgens 2) het uitgangspunt.

Vanwege de grote verschillen tussen bedrijven is voor ingang 1 in de berekeningen uitgegaan van vijf bedrijfssituaties met ieder een bepaald maximumgasverbruik en een formule voor de simulatie van het gasverbruik per uur (nodig voor warmtebuffer, virtueel vat en temperatuur integratie). De analyse is gedaan voor vijf bedrijfssituaties, die zijn afgeleid uit het meetprogramma onderzoek (voor PT en LNV) in de praktijk (Ravensbergen

en Benninga, 2001; Ravensbergen et al., 2002). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen bedrijven zonder en bedrijven met een energiescherm.

Bedrijfssituatie zonder scherm (voornamelijk tomatenbedrijven):

- A. hoog gasverbruik per °C per uur;  
maximumgasverbruik 445 m<sup>3</sup>/uur.ha
- B. gemiddeld gasverbruik per °C per uur;  
maximumgasverbruik 376 m<sup>3</sup>/uur.ha
- C. laag gasverbruik per °C per uur;  
maximumgasverbruik 307 m<sup>3</sup>/uur.ha.

Bedrijfssituatie met scherm (hoofdzakelijk komkommer en paprikabedrijven):

- D. laag gasverbruik per °C per uur; scherm overdag en nacht gesloten;  
maximumgasverbruik 231 m<sup>3</sup>/uur
- E. overdag situatie B en 's nachts situatie D;  
maximumgasverbruik 353 m<sup>3</sup>/uur.

De overige algemene uitgangspunten en de specifieke per anticipatiemogelijkheid gehanteerde uitgangspunten zijn in het rapport nader beschreven.

Ten behoeve van een overzichtelijke weergave zijn de resultaten voor de meest voorkomende praktijksituatie weergegeven. Hiervoor gelden de volgende uitgangspunten:

- bedrijfsomvang van 1,5 en 3 ha;
- brandstofintensiteit 55 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;
- teelttemperaturen (dag/nacht) 19°C/18°C (tomaat begrenzing van het verwarmend oppervlak (VO): 270 m<sup>3</sup>/uur.ha;
- klimaatjaar 1987; bij de bedrijfssituatie met scherm overdag en in de nacht gesloten (D) wordt ook het klimaatjaar 1985 beschouwd;
- op het bedrijf aanwezige warmtebuffer met een inhoud van 100 m<sup>3</sup>;
- bij temperatuurintegratie: grenswaarde voor de buitentemperatuur van -12°C;
- bij zware olie: hoge energieprijzen, een bedrijfsoppervlakte van 1,5 ha en investeringen inclusief verwarmingsketel;
- bij scherm: hoge energieprijzen en een gemiddelde schermsituatie (10% besparing, -5% licht en -1% klimaateffect).

De resultaten van aanvullende berekeningen zijn in het rapport beschreven.

### *Resultaten*

De resultaten zijn afzonderlijk weergegeven voor bedrijfssituaties zonder scherm en bedrijfssituaties met scherm.

De meest perspectievolle enkelvoudige en gecombineerde toepassing van anticipatiemogelijkheden zijn cursief weergegeven. Wanneer een bedrijf voor zware olie geen milieuvergunning verkrijgt, zijn de eerst volgende perspectievolle anticipatiemogelijkheden eveneens cursief weergegeven.

- Bedrijfssituaties zonder scherm:

De resultaten voor de bedrijfssituaties zonder scherm (A, B en C) zijn weergegeven in onderstaand overzicht. Hieruit blijkt dat met een combinatie vrijwel altijd een hogere kostenbesparing kan worden gerealiseerd dan met de beide anticipatiemogelijkheden enkelvoudig toegepast. Als dit niet het geval is, is de reden dat te weinig of geen capaciteit van één van beide anticipatiemogelijkheden kan worden ingezet.

Voor alle bedrijfssituaties zonder scherm (A, B en C) is de combinatie van scherm met zware olie onder de meest gunstige omstandigheden (gunstige schermvariant en hoge brandstofprijzen) interessant. Het economisch beste perspectief voor een bedrijf met een relatief laag maximumgasverbruik per uur per ha (C) biedt de combinatie zware olie/incidentele capaciteit bij een hoge brandstofprijs. Daarna volgen combinaties van zware olie met virtueel vat of warmtebuffer

Wanneer geen milieuvergunning voor zware olie wordt verleend, dan zijn voor bedrijfssituatie B en C onder de meest gunstige omstandigheden de combinaties van scherm met warmtebuffer, temperatuurintegratie, incidentele capaciteit of virtueel vat het aantrekkelijkst. Voor bedrijfssituatie C is ook de combinatie warmtebuffer met incidentele capaciteit interessant.

Voor minder gunstige omstandigheden (lage brandstofprijzen en gemiddelde schermvariant) vallen veel combinaties voor bedrijfssituatie A en B af. Het maximum benodigde gasverbruik wordt in te sterke mate begrensd door de lagere capaciteit van het verwarmend oppervlak.

- Bedrijfssituaties met scherm:

De resultaten voor de bedrijfssituaties mét scherm (D en E) zijn weergegeven in onderstaand overzicht, waarbij voor situatie D twee klimaatjaren zijn onderscheiden. De meest perspectiefvolle enkelvoudige opties en combinaties zijn cursief weergegeven. Indien zware olie geen optie is (ontbreken milieuvergunning) zijn de eerstvolgende perspectiefvolle anticipatiemogelijkheden eveneens cursief weergegeven.

Uit het overzicht blijkt dat met een combinatie vrijwel altijd een hogere kostenbesparing kan worden gerealiseerd dan met de beide anticipatiemogelijkheden enkelvoudig toegepast. Als dit niet het geval is, is de reden dat te weinig of geen capaciteit van één van beide anticipatiemogelijkheden kan worden ingezet.

Combinaties met zware olie, ongeacht brandstofprijsniveau, leveren voor bedrijven met scherm (D en E) de grootste kostenbesparingen op ten opzichte van de situatie zonder anticiperen. Zware olie in combinatie met incidentele capaciteit is het meest gunstig, gevolgd door zware olie en virtueel vat. Als een bedrijf geen milieuvergunning verkrijgt is de combinatie warmtebuffer en incidentele capaciteit het meest interessant voor alle bedrijfssituaties.

In bedrijfssituatie D zijn bij het klimaatjaar 1985 (koudste periode in de afgelopen dertig jaar) alleen de combinaties incidentele capaciteit/zware olie en warmtebuffer/incidentele capaciteit interessant. Voor bedrijfssituatie E zijn eveneens minder combinaties interessant, wat samenhangt met het hogere maximumgasverbruik in verhouding tot de VO-begrenzing.

Voor enkelvoudige toepassing zijn meerdere opties interessant waarbij zware olie de grootste kostenbesparing oplevert, ongeacht het brandstofprijsniveau.

Overzicht kostenbesparingen (euro per m<sup>2</sup> per jaar) van enkelvoudig toegepaste en combinaties van anticipatiemogelijkheden voor bedrijfssituaties zonder scherm ten opzichte van de situatie zonder anticipatie a)

Anticipatiemogelijkheid6)	Bedrijfssituatie b,c)		
	A Hoog gasverbruik per °C per uur Maximum gas- verbruik = 445	B Gemid. gasverbruik per °C per uur Maximum gas- verbruik = 376	C Laag gasverbruik per °C per uur Maximum gas- verbruik = 307
Enkelvoudige toepassing			
Zware olie d)	0,28/0,58	0,41/0,68	0,58/0,82
Incidentele capaciteit	.	.	0,42
Schermb (gunstige variant 5) d)	./.	./-0,17	./ 0,28
Warmtebuffer	.	.	0,08
Virtueel vat	.	.	0,04
Gecombineerde toepassing			
Incidentele capaciteit /Zware olie	./.	./.	1,08/1,63
Schermb (gunstig) /Zware olie	./0,19	./0,79	0,11/1,43
Virtueel vat/ Zware olie	./.	./.	0,59/0,89
Warmtebuffer/ Zware olie	./.	./.	0,66/0,87
Schermb (gunstig)/Warmtebuffer	./.	./0,19	./0,55
Schermb (gunstig)/Tempintegratie	./.	./0,18	./0,52
Schermb (gunstig)/Incidentele cap	./.	./0,17	./0,49
Schermb (gunstig)/Virtueel vat	./.	./0,16	./0,48
Warmtebuffer/ incidentele capaciteit	.	.	0,46
Schermb (gemiddeld)/Zware olie	./.	./.	./0,33
Virtueel vat/incidentele capaciteit	.	.	0,32
Warmtebuffer/Virtueel vat	.	.	0,07

a) Cellen met een punt: anticipatiemogelijkheden (enkelvoudig of combinatie) zijn om technische en/of economische redenen op voorhand of na analyse niet interessant; b) Klimaatjaar 1987, VO-begrenzing = 270 m<sup>3</sup>/uur.ha, bestaande buffer = 100 m<sup>3</sup>, zware olie bij 1,5 ha bedrijf; c) Maximumgasverbruik (m<sup>3</sup>/uur.ha) in de situatie zonder anticipatie; d) Resultaten enkelvoudige toepassing of combinaties met scherm of zware olie bij lage respectievelijk hoge brandstofprijzen; e) Schermvarianten: gunstig (20% besparing, -2% lichteffect, -2% klimaateffect).

Overzicht kostenbesparingen (euro per m<sup>2</sup> per jaar) van enkelvoudig toegepaste en combinaties van twee anticipatiemogelijkheden voor bedrijfssituatie mét scherm ten opzichte van de situatie zonder anticipatie a)

	Bedrijfssituatie b,c)		
Anticipatiemogelijkheid	D Laag verbruik per °C per uur Scherm dag/ nacht dicht Maximum gasverbruik = 231	D 1985 Laag verbruik per °C per uur Scherm dag/ nacht dicht Maximum gasverbruik = 231	E Hoog verbruik per °C per uur Scherm nacht dicht/overdag open Maximumgasverbruik = 353
Enkelvoudige toepassing			
Zware olie d)	0,71 - 0,96	0,71 - 0,96	0,45 - 0,71
Incidentele capaciteit	0,48	0,24	0,25
Virtueel vat	0,33	0,48	0,42
Warmtebuffer	0,36	0,33	0,42
Temperatuurintegratie	0,22	0,22	.
Gecombineerde toepassing			
Incidentele capaciteit/Zware olie	1,30 - 1,98	0,98 - 1,37	0,96 - 1,19
Virtueel vat/ Zware olie	0,75 - 1,47		0,72 - 1,44
Warmtebuffer/ Zware olie	1,09 - 1,41		1,08 - 1,17
Temperatuur integratie/ Zware olie	1,00 - 1,27		.
Warmtebuffer/ Incidentele capaciteit	0,70	0,47	0,50
Virtueel vat/Incidentele capaciteit	0,57	.	<0,42
Temp.integratie/Incidentele capaciteit	0,59	.	.
Warmtebuffer/Virtueel vat	0,40		0,18
Warmtebuffer/Temperatuurintegratie	0,32		.
Virtueel vat/Temperatuurintegratie	0,29		.

a) Cellen met een punt: anticipatiemogelijkheden (enkelvoudig of combinatie) zijn om technische en/of economische redenen op voorhand of na analyse niet interessant; b) Klimaatjaar 1987, VO-begrenzing = 270 m<sup>3</sup>/uur.ha, bestaande buffer = 100 m<sup>3</sup>, zware olie bij 1,5 ha bedrijf; c) Maximumgasverbruik (m<sup>3</sup>/uur.ha) in de situatie zonder anticipatie; d) Resultaten enkelvoudige toepassing of combinaties met zware olie bij lage respectievelijk hoge brandstofprijzen.

## Discussie

- *Scherms als optie voor (tomaten)bedrijven zonder energiescherms*  
De combinaties met scherm zijn voornamelijk interessant onder de meest gunstige omstandigheden (hoge brandstofprijzen en gunstige schermvariant). Aan de aardgas-prijs kan een teler weinig doen, maar het bewerkstelligen van een gunstige scherm-situatie (hogere energiebesparing en lagere productie-effecten) ligt voor een belangrijk deel in de handen van de teler. De bedrijfssituaties zonder scherm hebben voornamelijk betrekking op bedrijven met een tomatenteelt. Voor een komkommer- of paprikateelt is het economisch perspectief van schermen aanzienlijk gunstiger.
- *Zware olie*  
De (gedeeltelijke) overschakeling van aardgas naar zware olie (mits met vergunning) is uit milieuoogpunt (NOx-emissie) minder gewenst. Het past bovendien niet direct bij het beeld dat de glastuinbouwsector wil uitstralen (een veilige en duurzame glas-



tuinbouw). De sector dient zich af te vragen of zware olie als alternatieve brandstof moet worden gepromoot.

- *Bio-olie*

Bio-olie staat momenteel sterk in de belangstelling. Het gaat dan met name om plantaardige oliën en vetten. De doorrekening van bio-olie kan relatief eenvoudig plaatsvinden, omdat de rekenwijze overeenkomt met die voor zware olie.

- *Nieuw tariefsysteem van AgroEnergy voor aardgas*

AgroEnergy hanteert vanaf 1 januari 2003 een nieuwe tariefstructuur. Het belangrijkste verschil met het 'oude' CDS is dat de capaciteit (flexibiliteit) in de dienstencomponent niet op uurbasis, maar op 24-uurbasis is gestoeld. Telers dienen bij AgroEnergy nu twee soorten capaciteiten te contracteren: voor transport (uurbasis) en voor flexibiliteit (24-uurbasis). Dit vraagt een andere denkwijze van de teler. Dit geldt tevens voor de inzet van de anticipatiemogelijkheden om de energiekosten te beperken.

De gebruikte rekenmethodiek in deze studie leent zich er niet voor om de effecten van de nieuwe tariefstructuur te bepalen, waardoor niet duidelijk is hoe de nieuwe tariefstructuur zich verhoudt tot de 'oude' CDS-tariefstructuur.

## *Conclusies*

### *Algemeen*

1. Combinaties van twee anticipatiemogelijkheden brengen meestal een hogere energiekostenbesparing met zich mee dan als ze enkelvoudig worden toegepast, maar is meestal lager dan de som van de enkelvoudig toepassing.
2. Een eventuele begrenzing van het verwarmend oppervlak heeft een (grote) negatieve invloed heeft op de te behalen kostenbesparing. Bij vruchtgroente-gewassen is vrijwel altijd sprake van een VO-begrenzing als er geen scherm aanwezig is op het bedrijf (A, B en C) of als het scherm overdag open (E) is bij extreem winterse omstandigheden.
3. Combinaties met zware olie blijken van alle combinaties economisch het meest interessant. Zware olie als brandstof is uit milieuoogpunt en voor het imago van de glastuinbouw een minder gewenste ontwikkeling.

### *Bedrijfssituaties zonder scherm*

1. Voor bedrijven met een relatief laag maximumgasverbruik per uur per ha (C) is de combinatie zware olie en incidentele capaciteit, het aantrekkelijkst. Voor bedrijven met een gemiddeld tot hoog maximumgasverbruik per uur per ha (A en B) is de combinatie scherm en zware olie het aantrekkelijkste alternatief bij hoge brandstofprijzen en een gunstige schermvariant. Voor bedrijven met een hoog maximumgasverbruik (A) blijkt deze combinatie het enige interessante alternatief.
2. Alternatief voor zware olie zijn onder de meest gunstige omstandigheden de combinaties met een energiescherm het aantrekkelijkst voor bedrijven met een gemiddeld (B) tot laag maximumgasverbruik per uur per ha (C). Bij minder gunstige omstandigheden is de combinatie warmtebuffer en incidentele capaciteit alleen interessant voor bedrijven met laag maximumgasverbruik (C).

3. Een combinatie met een scherm is voor een gemiddelde schermsituatie alleen interessant in bedrijfssituatie C bij hoge energieprijzen. Voor deze bedrijven is er onder deze omstandigheden ook een kostenbesparing voor enkelvoudige toepassing van schermen.
4. Het matige perspectief voor schermen om in te spelen op de liberalisering van de aardgasmarkt (en tevens de energiebesparing) heeft hoofdzakelijk betrekking op vruchtgroentebdrijven met een tomatenteelt.

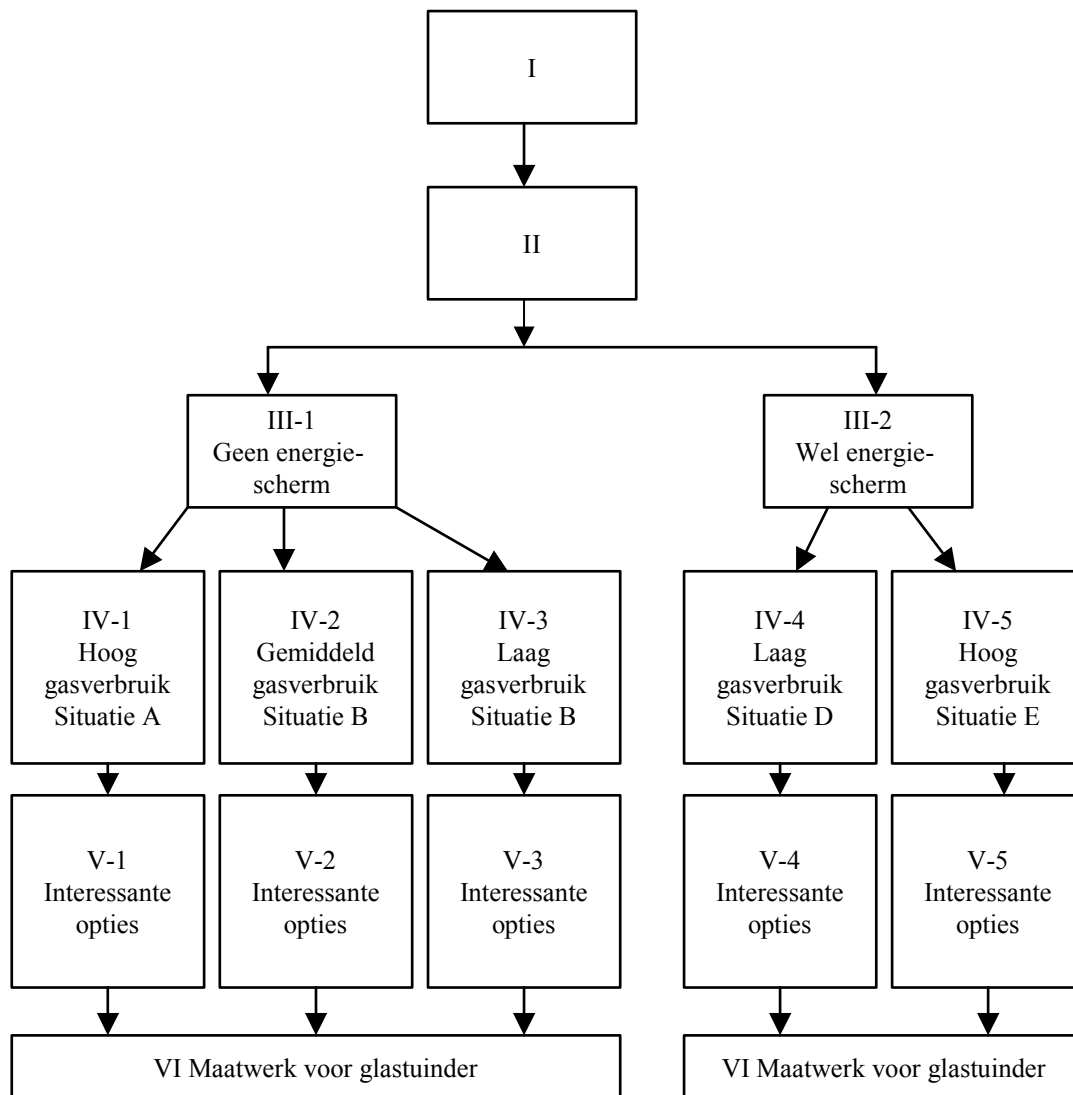
#### *Bedrijfssituaties met scherm*

1. De combinatie zware olie en incidentele capaciteit blijkt het meest aantrekkelijk. Daarna volgen combinaties van zware olie met virtueel vat of warmtebuffer.
2. Als alternatief voor zware olie is de combinatie warmtebuffer en incidentele capaciteit het aantrekkelijkst, gevolgd door de combinatie virtueel vat/incidentele capaciteit respectievelijk temperatuurintegratie/incidentele capaciteit.
3. Voor bedrijven die onder koude omstandigheden overdag schermen (D) leveren alle combinaties een kostenbesparing op.

#### *Aanbevelingen*

1. Bio-olie - op basis van plantaardige oliën en vetten - staat op dit moment sterk bij glastuinbouwondernemers in de belangstelling. De bijdrage van deze brandstof aan de energiekostenbesparing dient nader te worden onderzocht, mede vanwege haar positieve bijdrage aan het behalen van de energienormen (GLAMI-normen) in het kader van het Besluit Glastuinbouw.
2. In de praktijk worden op dit moment lage contractcapaciteiten met energieleveranciers afgesloten. Dit wordt mede ingegeven door de zachte winters in de afgelopen jaren. Het verdient aanbeveling de risico's omtrent de bepaling van de contractcapaciteit onder wisselende winterse omstandigheden nader te bestuderen bij lage contractcapaciteiten.

*Stroomschema beoordeling (combinaties van) anticipatiemogelijkheden*



Toelichting op het stroomschema ter beoordeling van de anticipatiemogelijkheden

*Stap I*

Bepaal:

1. Gewenste kasttemperatuur bij gekozen extreme koude en bijbehorende delta T.
2. Benodigd gasverbruik om verwarmingssysteem op maximale temperatuur te houden ( $\text{m}^3/\text{uur.ha}$ ).

### *Stap II*

Bepaal:

1. Laagste maximumgasverbruik per uur per ha uit stap I.
2. Bepalen begrenzing verwarmend oppervlak; Ja, als  $I.2 < I.1$ .
3. Het gasverbruik op jaarbasis per  $m^2$ .

Opm: Indien er een VO-begrenzing is → overcapaciteit reduceren.

### *Stap III*

Voorselectie bedrijfssituaties

III-1: geen energiescherm aanwezig  
→ bedrijfssituatie A, B of C

III-2: energiescherm aanwezig  
→ bedrijfssituatie D of E

### *Stap IV*

Definitieve bepaling bedrijfssituatie

→ D.m.v. hoogte van het gasverbruik ( $m^3/uur$ )

IV-1: hoog gasverbruik: A  
IV-2: gemiddeld gasverbruik: B  
IV-3: laag gasverbruik: C.

IV-4: laag gasverbruik: D  
IV-5: hoog gasverbruik: E

### *Stap V*

Bepaal interessante combinatie(s) van anticipatiemogelijkheden

A, B en C: samenvatting of tabel 5.1      D en E: samenvatting en tabel 5.3

Ga voor verdere details naar de betreffende bijlage (2 t/m 19).

### *Stap VI*

De specifieke vertaling naar de glastuinder (maatwerk door voorlichting).

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Door de invoering van de liberalisering van de aardgasmarkt worden glastuinders geconfronteerd met een sterke stijging van de aardgaskosten (Van der Velden et al., 1999). Tuinders zullen hierop uit bedrijfseconomische overwegingen anticiperen.

Hiervoor dient de tuinder zich een geheel nieuw denkpatroon eigen te maken. Was voor de liberalisering de prijs voor iedere kuub aardgas praktisch gelijk, na de liberalisering bestaan de aardgaskosten uit de Commodityprijs en de kosten voor de Diensten. De kosten voor de Diensten zijn vooral afhankelijk van het maximumgasverbruik per uur. Het denkpatroon is vooral gericht op reductie van het maximumgasverbruik per uur.

Het LEI voert in opdracht van het Energiebureau van het PT en het Ministerie van LNV een project uit met als doel het ontwikkelen om het proces te ondersteunen van de anticipatie door de glastuinbouw op de liberalisering van de aardgasmarkt. In dit project is een aantal anticipatiemogelijkheden technisch-economisch geëvalueerd voor bedrijven met vruchtgroenten (Van der Velden et al., 2001), voor bedrijven met een belichte rozenteelt (Benninga et al., 2002) en voor extensieve gewassen (Nienhuis et al., 2002). In beide studies zijn individuele anticipatiemogelijkheden geanalyseerd. Combinaties van twee of meer anticipatiemogelijkheden zijn hierin niet bekeken.

Uit de studie voor vruchtgroente bleek dat de extra gaskosten met name kunnen worden verminderd door reductie van de overcapaciteit (in  $\text{m}^3$  gas per uur) en door het gebruik van zware olie voor de piek van de warmtevraag, mits voor zware olie een milieuvergunning wordt verleend. In bepaalde situaties is ook bedrijfseconomisch voordeel te behalen met incidentele capaciteit, warmtebuffer, virtueel vat en temperatuurintegratie. Dit laatste betreft vooral bedrijven met een scherm waar het gasverbruik per  $^{\circ}\text{C}$  delta T niet te groot is.

Voor belichtende rozenbedrijven is eveneens in bepaalde bedrijfssituaties voordeel te behalen met reductie van de overcapaciteit, incidentele capaciteit, warmtebuffer, virtueel vat, temperatuurintegratie en alternatieve brandstoffen.

De verwachting is dat een combinatie van anticipatiemogelijkheden extra kostenbesparing kan opleveren voor de glastuinders.

Uit studies van Van der Velden et al. (2001), Benninga et al. (2002) en Nienhuis et al. (2002) blijkt dat het bedrijfseconomisch voordeel van de anticipatiemogelijkheden in belangrijke mate wordt bepaald door de gehanteerde uitgangspunten en bedrijfssituaties. De uitgangspunten en bedrijfssituaties kunnen daarbij per anticipatiemogelijkheid verschillen. Voor een combinatie van anticipatiemogelijkheden moeten de uitgangspunten en de bedrijfssituaties op elkaar worden afgestemd. Bovendien kunnen interacties optreden tussen de anticipatiemogelijkheden die het bedrijfseconomisch voordeel beïnvloeden. Daarnaast blijkt uit informatie van de klankbordgroep dat in de praktijk (zeer) lage contractcapaciteiten worden gesloten in verhouding tot de betreffende bedrijfssituatie. Het

voorgaande houdt in dat het analyseren van een combinatie van anticipatiemogelijkheden een complex vraagstuk is.

## 1.2 Doelstelling en afbakening

Doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in de technisch-economische mogelijkheden van combinaties van anticipatiemogelijkheden voor glastuinbouwbedrijven. Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan de kennisontwikkeling over de anticipatie op de liberalisering van de aardgasmarkt voor de glastuinbouw.

In navolging van de analyse van de individuele anticipatiemogelijkheden richt dit onderzoek zich op een groep homogene bedrijven. De drie uiterste groepen homogene bedrijven zijn: de intensieve bedrijven zonder belichting (vruchtgroenten), de intensieve bedrijven met belichting (roos) en de extensieve bedrijven. In dit onderzoek wordt de combinatie van anticipatiemogelijkheden geanalyseerd voor de intensieve bedrijven zonder belichting (hierna vruchtgroenten genoemd). De analyse van de bedrijven met vruchtgroenten heeft betrekking op de gewassen tomaat, paprika en komkommer.

De analyse van de combinaties beperkt zich tot de anticipatiemogelijkheden die in de voorgaande studie bij de vruchtgroenten afzonderlijk zijn bekeken. Deze anticipatiemogelijkheden zijn: reduceren overcapaciteit, incidentele capaciteit, warmtebuffer, scherm, virtueel vat, temperatuurintegratie en alternatieve brandstoffen voor de piek. Het reduceren van een overcapaciteit is in alle gevallen aan te bevelen en wordt daarom hier verder buiten beschouwing gelaten. In deze studie wordt uitgegaan van de situatie zonder overcapaciteit.

In dit onderzoek worden combinaties van twee anticipatiemogelijkheden onderzocht. Combinaties van meer dan twee anticipatiemogelijkheden zullen het vraagstuk complexer maken. Het is nog de vraag of de reductie van de aardgaskosten door combinaties van drie of meer anticipatiemogelijkheden extra zal toenemen. Op basis van de resultaten uit dit onderzoek kan beoordeeld worden of analyse van meer dan twee combinaties zinvol is.

Het onderzoek richt zich op het Dienstencomponent binnen het Commodity Diensten Systeem (CDS). De inkoop van aardgas (commodity) valt buiten het kader van dit onderzoek. Er wordt uitgegaan van het (oude) CDS zoals dat in de studies van Van der Velden et al. (2001) en Benninga et al. (2002) is gehanteerd; en waarop de rekenmodellen zijn gebaseerd.

De problematiek van energiebesparing in de geliberaliseerde markt wordt in beschouwing genomen daar waar anticipatiemogelijkheden energiebesparing weten te behalen, maar hier ligt in deze studie geen nadruk op.

In dit onderzoek is een conceptueel model of denkmodel opgesteld ten behoeve van een rekenmethodiek om de economische effecten van de combinaties te kunnen bepalen. Aan de hand van de rekenmethodiek zijn de bestaande rekenmodellen (ontwikkeld voor de enkelvoudige toepassingen) enigszins aangepast en tevens geactualiseerd voor nieuwe tarieven. Met de rekenmodellen zijn de combinaties van anticipatiemogelijkheden onderling vergeleken ten aanzien van het bedrijfseconomische aspect. Daarnaast worden de gecombineerde toepassingen vergeleken met de enkelvoudige toepassing van de betreffende anticipatiemogelijkheden. Dit wordt gedaan voor veel voorkomende bedrijfssituaties.

In het onderzoek is uitgegaan van bedrijfssituaties die nog geen anticipatiemogelijkheden hebben getroffen. Het maximumgasverbruik in de referentiesituatie geldt dus voor een situatie dat nog niet is geanticipeerd (behoudens reductie van een overcapaciteit).

Daarnaast is onderscheid gemaakt tussen bedrijfssituaties zonder scherm en bedrijfssituaties met scherm. De bedrijfssituaties zonder scherm hebben vooral betrekking op een tomatenteelt; bedrijfssituaties met scherm betreffen in overgrote meerderheid komkommeren paprikabedrijven. In de beschrijving van de resultaten, conclusies en samenvatting wordt daarom voor de doelgroepen (voorlichting, tuinders en beleid) een splitsing aangebracht tussen bedrijfssituaties zonder en met scherm.

### **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt de methode van onderzoek beschreven. Het conceptueel model of denkmodel wordt in hoofdstuk 3 uiteengezet. De uitgangspunten en bedrijfssituaties voor de analyse van de combinaties worden in hoofdstuk 4 behandeld. Hoofdstuk 5 beschrijft de resultaten van de bedrijfseconomische analyse. In hoofdstuk 6 worden enkele discussiepunten beschreven. De conclusies en aanbevelingen zijn weergegeven in hoofdstuk 7.

## 2. Methode

Het onderzoek bestaat in grote lijnen uit drie activiteiten:

1. keuze van de combinaties van twee anticipatiemogelijkheden;
2. opstellen conceptueel model voor de combinaties en aanpassing rekenmodel;
3. bedrijfseconomische evaluatie van de combinaties.

### *Keuze combinaties*

De anticipatiemogelijkheden die in de studie voor de vruchtgroenten zijn bekeken (Van der Velden, 2001), leveren in totaal 28 mogelijke combinaties op. Niet alle combinaties van anticipatiemogelijkheden zijn technisch mogelijk of even perspectiefvol.

Op basis van de analyse en de resultaten van de individuele anticipatiemogelijkheden bij vruchtgroenten is in een oriëntatie op de mogelijke interacties tussen twee anticipatiemogelijkheden voldoende indicatie verkregen welke combinaties perspectief kunnen bieden. De geselecteerde combinaties zijn in tabel 2.1 weergegeven.

Tabel 2.1 *Matrix van geselecteerde combinaties van twee anticipatiemogelijkheden*

Anticipatiemogelijkheid	1	2	3	4	5
1. Incidentele capaciteit					
2. Virtueel vat	X				
3. Warmtebuffer	X	X			
4. Temperatuurintegratie	X	X	X		
5. Scherm	X	X	X	X	
6. Alternatieve brandstoffen	X	X	X	X	X

De combinaties met een energiescherm worden bekeken voor die bedrijfssituaties, waarin nog geen scherm aanwezig is. Dit heeft in hoofdzaak betrekking op tomatenbedrijven.

Met betrekking tot de alternatieve brandstoffen is gekozen voor zware olie, omdat het bedrijfseconomisch voordeel van zware olie groter is dan voor lichte olie en propaan. De toepassingsmogelijkheid van zware is vooral afhankelijk van de milieuvergunning, maar dit staat los van de benadering. Bovendien is de verwachting dat een combinatie van lichte olie of propaan met andere anticipatiemogelijkheden uit bedrijfseconomisch oogpunt minder perspectiefvol is dan de enkelvoudige toepassing.

### *Conceptueel model of denkmodel*

Bij de analyse van de enkelvoudige anticipatiemogelijkheden voor vruchtgroenten zijn bepaalde uitgangspunten geformuleerd en bedrijfssituaties onderscheiden. Deze kunnen per anticipatiemogelijkheid verschillen. Voor het beoordelen van combinaties van anticipatie-



mogelijkheden dienen de uitgangspunten en bedrijfssituaties op elkaar te worden afgestemd.

Dit betekent bijvoorbeeld dat van hetzelfde klimaatjaar wordt uitgegaan, dat model staat voor een extreem koude periode

Daarnaast wordt ingegaan op de wijze waarop de anticipatiemogelijkheden worden ingezet om een reductie van het maximumgasverbruik te bereiken. Het gaat om de vraag welke anticipatiemogelijkheid als eerste wordt ingezet.

Om een helder beeld van de interacties tussen de anticipatiemogelijkheden te verkrijgen is een conceptueel model of denkmodel opgesteld. Dit model beschrijft de benaderingswijze van de verschillende combinaties, die als basis dient voor de bedrijfseconomische evaluatie.

Het conceptueel model is uitgewerkt in hoofdstuk 3.

### *Bedrijfseconomische evaluatie*

Analoog aan de evaluatie van de enkelvoudige anticipatiemogelijkheden wordt een vergelijking gemaakt tussen een situatie met en een situatie *zonder* anticipatie. Een situatie zonder anticipatie houdt in dat een bedrijf nog niet heeft geanticipeerd, behalve het reduceren van een eventuele overcapaciteit (contractuele aanpassing).

Een combinatie van twee anticipatiemogelijkheden wordt daarbij vergeleken met de enkelvoudige toepassing van beide anticipatiemogelijkheden. Daarnaast wordt een combinatie vergeleken met andere combinaties van anticipatiemogelijkheden.

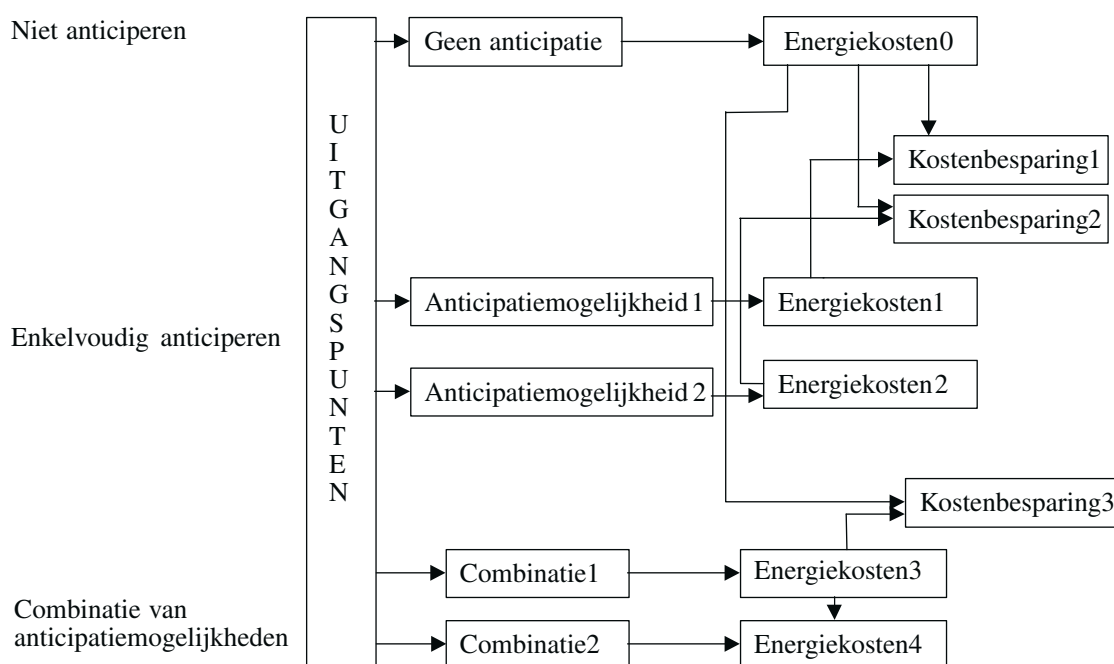
Voor de enkelvoudige anticipatiemogelijkheden is uitgegaan van de ontwikkelde rekenmodellen in de studie van Van der Velden et al. (2001). Voor combinaties van twee anticipatiemogelijkheden hebben deze rekenmodellen als basis gediend en zijn, waar nodig, aangepast. In de bedrijfseconomische evaluatie is uitgegaan van de meest actuele informatie ten aanzien van tarieven en prijzen. De bedrijfseconomische evaluatie wordt behandeld in hoofdstuk 5.

Ten behoeve van de lezer (voorlichter, tuinder en beleidsmaker) wordt in de bedrijfseconomische evaluatie onderscheid gemaakt tussen bedrijfssituaties zonder scherm (hoofdzakelijk tomatenbedrijven) en bedrijfssituaties met scherm (overwegend komkommer- en paprikabedrijven). Voor bedrijfssituaties met scherm wordt bij beoordeling van de perspectieven van enkelvoudige en gecombineerde toepassing van anticipatiemogelijkheden uitgegaan van een lager maximumgasverbruik ( $m^3/uur.ha$ ) in de referentie dan voor bedrijfssituaties zonder scherm.

### 3. Conceptueel model

#### 3.1 Inleiding

De contractcapaciteit (maximumgasverbruik in m<sup>3</sup>/uur) is in de geliberaliseerde aardgasmarkt bepalend voor de hoogte van de aardgaskosten. Door te anticiperen wordt de contractcapaciteit verlaagd. Het verschil in grootte van de contractcapaciteit tussen de situatie zonder anticipatie en met anticipatie bepaalt mede de kostenbesparing. Als twee anticipatiemogelijkheden worden gecombineerd, zijn de capaciteiten per anticipatiemogelijkheid en wat resteert voor de contractcapaciteit dus bepalend voor de eventuele kostenbesparing. Voor de werkwijze per anticipatiemogelijkheid wordt verwezen naar het rapport over enkelvoudige toepassing van anticipatiemogelijkheden bij vruchtgroenten (Van der Velden et al., 2001). De benaderingswijze voor de combinatie van twee anticipatiemogelijkheden is schematisch weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Schematische weergave van het denkpatroon voor de bepaling van de potentiële kostenbesparing van één combinatie van anticipatiemogelijkheden

Niet anticiperen leidt afhankelijk van bedrijfssituaties tot bepaalde energiekosten (= Energiekosten 0). Enkelvoudige toepassing van een anticipatiemogelijkheid leidt tot andere energiekosten (= Energiekosten 1 en 2). Het verschil tussen beide is een potentiële kosten-

besparing (Kostenbesparing 1 en 2). Hetzelfde is van toepassing voor combinaties van twee anticipatiemogelijkheden. Een combinatie van twee anticipatiemogelijkheden heeft ook een potentiële kostenbesparing tot gevolg (Kostenbesparing 3). Combinatie 1 onderscheidt zich van combinatie 2 door de volgorde waarin de anticipatiemogelijkheden worden ingezet. De combinatie met de laagste energiekosten is economisch het meest aantrekkelijk.

Het verschil in kostenbesparing tussen een enkelvoudige toepassing (Kostenbesparing 1 of 2) en een gecombineerde toepassing (Kostenbesparing 3) bepaalt of een combinatie van anticipatiemogelijkheden een bedrijfseconomisch voordeel heeft ten opzichte van de enkelvoudige toepassing van de anticipatiemogelijkheden.

Bij een combinatie zal de capaciteit van de anticipatiemogelijkheden samen groter zijn dan van één van beiden. Als dit niet het geval is, zal de kostenbesparing van de combinatie nooit hoger zijn dan van de enkelvoudige toepassing van de anticipatiemogelijkheden.

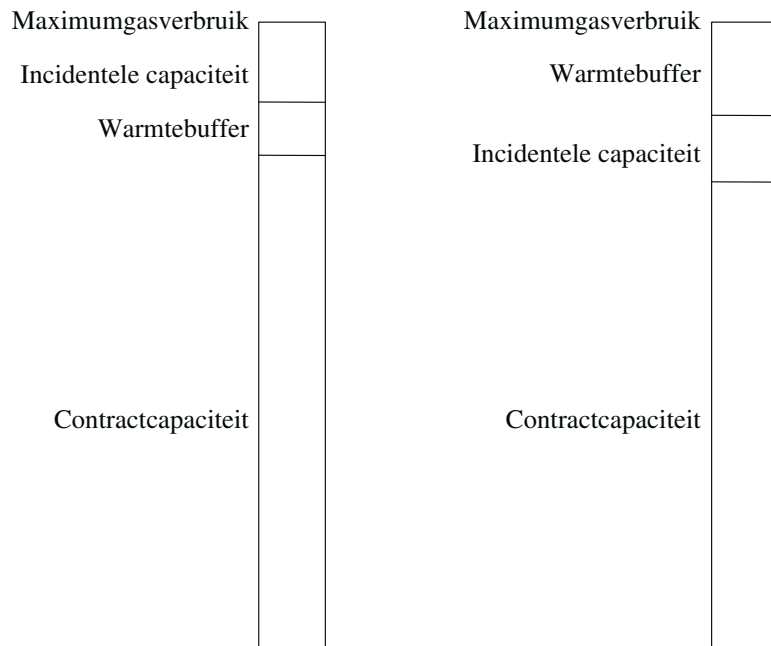
### **3.2 Capaciteitsbepaling per anticipatiemogelijkheid**

De capaciteit per anticipatiemogelijkheid wordt in een combinatie bepaald door de volgorde waarin beide anticipatiemogelijkheden toegepast worden. De volgorde die de hoogste kostenbesparing tot gevolg heeft dient als basis voor de berekeningen. De capaciteit die dient voor het opvangen van de capaciteit bij de meest extreme buitenomstandigheden wordt in dit verband 'piekcapaciteit' genoemd. Het bestemmen van een van de twee anticipatiemogelijkheden voor de piekcapaciteit kan technisch van aard zijn.

Voor combinaties met capaciteitcompenserende maatregelen (warmtebuffer, virtueel vat en temperatuurintegratie) moet voor het bepalen van de capaciteiten een energiesaldo-simulatie per uur worden uitgevoerd. Met behulp van deze simulatie wordt de capaciteit bepaald door 'trial and error', op dezelfde wijze als bij de enkelvoudige toepassing is gedaan (Van der Velden et al., 2001). Daarbij is rekening gehouden met de capaciteit van de 'andere' anticipatiemogelijkheid. De simulatie is uitgevoerd voor elf etmalen tijdens een extreem koude periode uit het verleden. Iedere combinatie van anticipatiemogelijkheden heeft z'n eigen specifieke benadering, die per combinatie zal worden behandeld.

#### **3.2.1 Warmtebuffer en incidentele capaciteit**

Bij combinaties van anticipatiemogelijkheden bestaan twee mogelijkheden voor de volgorde waarin de capaciteit per anticipatiemogelijkheid ingezet wordt. Het gaat dan om de zogenaamde 'piekcapaciteit' en een capaciteitsdeel onder de 'piekcapaciteit'. De piekcapaciteit is de capaciteit die wordt ingezet bij de meest extreme buitenomstandigheden. Schematisch is dit weergegeven in figuur 3.2 voor de combinatie warmtebuffer en incidentele capaciteit.



Figuur 3.2 Schematische weergave van de mogelijke verdeling van de verwarmingscapaciteit (in  $m^3$  gas/uur) over warmtebuffer, incidentele capaciteit en contractcapaciteit

#### *Stap 1: Bepalen capaciteiten bij enkelvoudige toepassing*

Door het warmtebuffervolume (bestaande warmtebuffer) is de capaciteit van de warmtebuffer begrensd. Door uursimulatie wordt bepaald hoe groot deze capaciteit is (Van der Velden et al., 2001).

De incidentele capaciteit is afhankelijk van het aantal etmalen waarvoor wordt ingekocht. Het aantal etmalen incidentele capaciteit is gelijk aan dat van een van de tariefgrenzen. Deze keuze wordt daarom beperkt tot één, vier, acht, één en twintig of één en dertig etmalen (Van der Velden et. al.,2001). Gebleken is dat de hoogste kostenbesparing altijd wordt bereikt bij één van deze grenzen. Dit is tevens uit risico oogpunt het gunstigst.

Het aantal te contracteren etmalen wordt bepaald door de frequentieverdeling van het aantal etmalen kouder dan een bepaalde temperatuur van één extreem koud jaar. Voor de toepassing van incidentele capaciteit is 1985 het meest ongunstig. Voor de toepassing van warmtebuffer is 1987 de meest ongunstige winterperiode. Daarom is voor één bedrijfssituatie, de combinatie voor de berekening van de incidentele capaciteit uitgegaan van zowel 1985 als 1987, waardoor inzicht ontstaat voor de overige bedrijfssituaties.

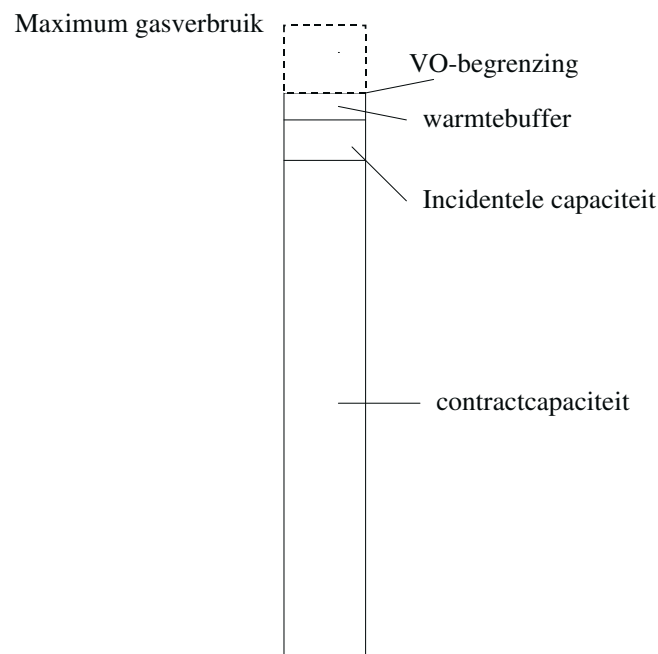
#### *Stap 2: Bepalen capaciteiten in combinatie*

Er staan bij de combinatie twee mogelijkheden open, namelijk eerst warmtebuffer en dan incidentele capaciteit en andersom. Als de warmtebuffercapaciteit dient voor de piekcapaciteit, dan wordt uitgegaan van de capaciteit bij enkelvoudige toepassing. Deze capaciteit gaat af van de incidentele capaciteit die ingezet kan worden bij enkelvoudige toepassing. De incidentele capaciteit dient dus groter te zijn dan de capaciteit van de warmtebuffer. De

capaciteit van warmtebuffer en incidentele capaciteit in combinatie is gelijk aan de incidentele capaciteit bij enkelvoudige toepassing.

Als incidentele capaciteit dient voor de piekcapaciteit is voor het bepalen van de capaciteit van de warmtebuffer een simulatie uitgevoerd, waarbij door 'trial en error' is bepaald in welke uren incidentele capaciteit het beste ingezet kan worden. Daarbij is de strategie gevolgd incidentele capaciteit pas in te zetten aan het begin van een etmaal waarin de warmtebuffer vrijwel leeg zou zijn geraakt. Op deze wijze wordt incidentele capaciteit in relatie tot de andere capaciteiten zo effectief mogelijk gebruikt. Tenslotte is bepaald welke volgorde en aantal in te zetten etmalen incidentele capaciteit tot de hoogste kostenbesparing heeft geleid.

Een eventuele begrenzing van het maximumgasverbruik door de (lagere) capaciteit van het verwarmend oppervlak (= vo-begrenzing) gaat ten koste van de piekcapaciteit, verzorgd door één van de twee anticipatiemogelijkheden. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.3 voor de volgorde warmtebuffer - incidentele capaciteit.



*Figuur 3.3 Verdeling van het maximumgasverbruik over capaciteit voor warmtebuffer en incidentele capaciteit, rekening houdend met een begrenzing door het verwarmend oppervlak*

Deze benadering wordt geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld.

#### *Voorbeeld*

Uitgangspunten:

- klimaatjaar 1987;
- capaciteit verwarmend oppervlak  $270 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$ ;
- warmtebuffer  $100 \text{ m}^3$ ;

- bedrijfsgrootte 1 ha;
- maximumgasverbruik: 231 m<sup>3</sup>/uur.ha (scherm overdag gesloten); met andere woorden er is geen vo-begrenzing van toepassing.

Uit de simulatie blijkt dat de maximumcapaciteit van de warmtebuffer (enkelvoudig toegepast) 24 m<sup>3</sup>/uur.ha is. Uit de frequentieverdeling van het aantal etmalen met minimum temperaturen (tabel 3.1) blijkt dat met incidentele capaciteit enkelvoudig toegepast bij 8 etmalen 6°C kan worden overbrugd en bij 21 etmalen 12°C. Hier hoort een capaciteit bij van 42 respectievelijk 84 m<sup>3</sup>/uur.ha (7m<sup>3</sup>/°C.uur.ha). Als de capaciteit eerst wordt verzorgd door warmtebuffer en dan door incidentele capaciteit, blijft er bij inzet van 8 etmalen nog 18 (42-24) en bij inzet van 21 etmalen 60 m<sup>3</sup>/uur.ha (84-24) over voor incidentele capaciteit. De contractcapaciteit wordt daarmee 189 respectievelijk 147 m<sup>3</sup>/uur.ha.

Tabel 3.1 Resultaten van de voorbeeldberekening voor warmtebuffer en incidentele capaciteit

Wijze van Anticipatie a)	Energiekosten € per jaar.m <sup>2</sup>	Kostenbesparing € per jaar.m <sup>2</sup>	Capaciteit warmtebuffer m <sup>3</sup> /uur.ha	Incidentele capaciteit m <sup>3</sup> /uur.ha
Geen	12,53			
Warmtebuffer enkelvoudig	12,17	0,36	24	
Incidentele capaciteit enkelvoudig (21 etmalen)	12,05	0,48		84
Combinatie Warmtebuffer/ Incidentele capaciteit (8 etmalen)	12,21	0,32	24	18
Combinatie Warmtebuffer/ Incidentele capaciteit (21 etmalen)	11,83	0,70	24	60
Combinatie Incidentele/warmtebuffer capaciteit (8 etmalen)	12,15	0,38	5	42
Combinatie Incidentele/warmtebuffer capaciteit (21 etmalen)	12,05	0,48	--	84

a) De eerste vermelde anticipatiemogelijkheid in de combinatie voorziet in de piekcapaciteit.

De kostenbesparing is in het gunstigste geval (combinatie van warmtebuffer en 21 etmalen incidentele capaciteit) € 0,70 per jaar per m<sup>2</sup> (zie tabel 3.1). Dit is € 0,22 per jaar per m<sup>2</sup> meer dan bij enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit. De meest optimale keuze voor incidentele capaciteit is een periode van 21 etmalen.

### 3.2.2 Virtueel vat en incidentele capaciteit

Voor de combinatie virtueel vat en incidentele capaciteit kan dezelfde benadering worden gevolgd als bij de combinatie warmtebuffer en incidentele capaciteit, met dien verstande dat bij virtueel vat het vatvolume variabel is en dus moet worden bepaald. Als een beperkte capaciteit van het virtueel vat mogelijk is, zal het vatvolume beperkt van omvang zijn.

### 3.2.3 Temperatuurintegratie en incidentele capaciteit

Bij temperatuurintegratie wordt de capaciteit bepaald door de grenswaarde van de buitentemperatuur. Als de buitentemperatuur lager wordt dan deze grenswaarde, wordt de benodigde extra capaciteit gedekt door temperatuurintegratie. Dit wordt later gecompenseerd in uren waarin de buitentemperatuur hoger is dan deze grenswaarde. Combinaties van temperatuurintegratie met andere anticipatiemogelijkheden zijn technisch moeilijk toepasbaar als temperatuurintegratie de piekcapaciteit niet dekt. In dat geval kan bij temperatuurintegratie niet worden gecompenseerd, omdat de andere anticipatiemogelijkheid al is ingezet. Bovendien zijn de kosten die verbonden zijn aan temperatuurintegratie relatief laag. Daarom wordt temperatuurintegratie in combinatie alleen ingezet voor de piekcapaciteit.

Welke grensbuitentemperatuur acceptabel is voor telers wordt bepaald door de etmaaltemperatuursommen en de gerealiseerde minimum kasttemperatuur (Van der Velden et al., 2001). Dit volgt uit een simulatie over elf etmalen, waarbij de werkwijze bestaat uit drie stappen:

1. bepalen maximumgasverbruik per uur (volgens drie stappen);
2. bepalen capaciteit temperatuurintegratie (etmaal temperatuursommen en minimum kasttemperatuur zijn aanvaardbaar) De capaciteit van temperatuurintegratie wordt bepaald door het gasverbruik per uur per °C per ha vermenigvuldigd met het verschil tussen de minimumbuitentemperatuur en de grensbuitentemperatuur. Deze minimumbuitentemperatuur is dezelfde als die waarvan bij de bepaling van het maximumgasverbruik per uur van uitgegaan is;
3. bepalen incidentele capaciteit gekoppeld aan het aantal etmalen; eerst de incidentele capaciteit bij enkelvoudige toepassing; hiervan wordt de capaciteit door temperatuurintegratie afgetrokken (zie werkwijze warmtebuffer - incidentele capaciteit).

Een eventuele vo-begrenzing gaat ten koste van de inzetbaarheid van temperatuurintegratie.

### 3.2.4 Warmtebuffer en virtueel vat

Warmtebuffer en virtueel vat werken op een vergelijkbare manier als ze worden toegepast als anticipatiemogelijkheid. Het verschil tussen beiden zijn de kosten die eraan verbonden zijn. Bij een bestaande warmtebuffer zijn de extra kosten zeer beperkt, maar ligt het vatvolume vast. Bij virtueel vat zijn de kosten hoger maar kan het vatvolume worden gevarieerd. Zowel vatvolume als vat capaciteit werken bij het virtuele vat door in de kosten. Het ligt uit kostenoogpunt voor de hand de warmtebuffercapaciteit te bestemmen voor de 'piekcapaciteit' en de capaciteit van het virtuele vat aanvullend daarop in te zetten.

### 3.2.5 Warmtebuffer en temperatuurintegratie

Temperatuurintegratie wordt ingezet voor de piekcapaciteit, omdat de omgekeerde volgorde technisch gezien problematisch is vanwege het niet of moeilijk kunnen compenseren van de verlaagde temperaturen. Voor het bepalen van de warmtebuffercapaciteit wordt het maximumgasverbruik verminderd met de capaciteit van de temperatuurintegratie. De tem-

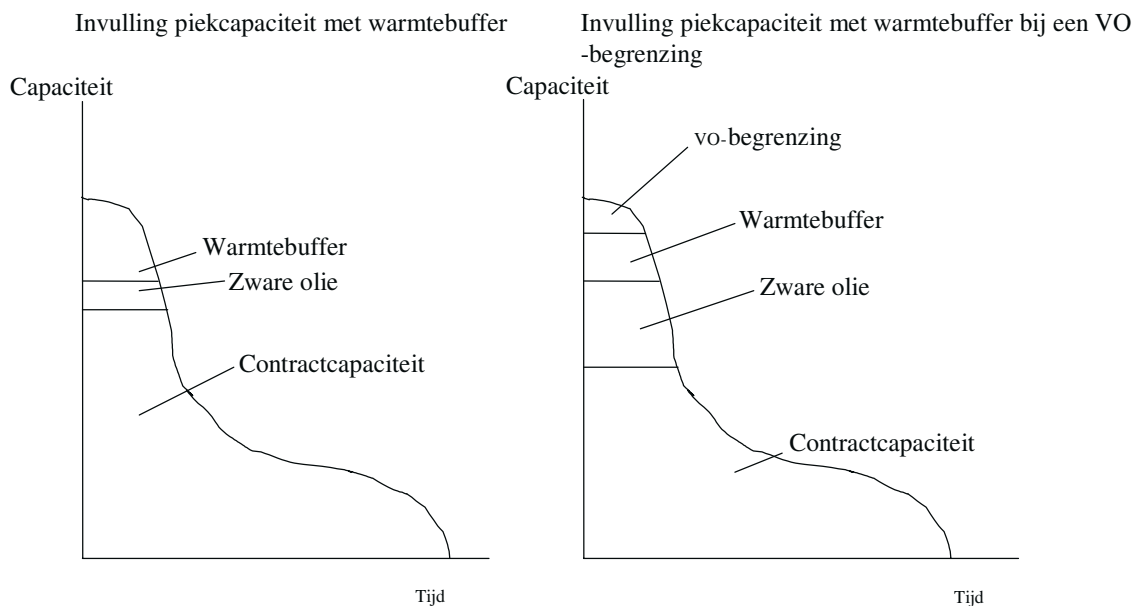
peratuurintegratie vormt op deze wijze een soort begrenzing voor de mogelijkheden van de warmtebuffer, vergelijkbaar met een vo-begrenzing. Indien er sprake is van een vo-begrenzing gaat dit vanwege de volgorde eerst ten koste van de capaciteit van temperatuurintegratie.

### 3.2.6 Temperatuurintegratie en virtueel vat

Voor deze combinatie geldt hetzelfde als voor temperatuurintegratie met warmtebuffer. Er is evenals bij andere combinaties met virtueel vat gezocht naar een optimale afstemming van vatvolume en vatcapaciteit.

### 3.2.7 Warmtebuffer en zware olie

Aan het gebruik van een bestaande warmtebuffer zijn weinig extra kosten verbonden. Daarom ligt het voor de hand de piekcapaciteit te bestemmen voor de warmtebuffer en de capaciteit daaronder te laten verzorgen door zware olie. Als de warmtebuffercapaciteit niet zou worden bestemd voor de piekcapaciteit, dan zal de in te zetten capaciteit erg gering zijn. Het inzetten van de warmtebuffercapaciteit voor de piekcapaciteit heeft als consequentie dat de warmte dekking door zware olie in relatie tot de verwarmingscapaciteit groter wordt, dan in de situatie waarbij middels zware olie de piekcapaciteit wordt gedekt. Hetzelfde principe is van toepassing als er sprake is van een vo-begrenzing. Dit is verduidelijkt aan de hand van een jaarbelastingsduurcurve (figuur 3.4). Hieruit blijkt dat de warmtebehoefte dekking door zware olie afhangt van het moment waarop de capaciteit ingezet wordt. De oppervlakte van het segment onder de curve dat hoort bij zware olie komt overeen met de warmte dekking.



Figuur 3.4 Jaarbelastingsduurcurven met daarin aangegeven de dekking door warmtebuffer respectievelijk zware olie en het effect van een vo-begrenzing



### 3.2.8 Virtueel vat en zware olie

Het ligt voor hand de capaciteit van het virtuele vat te bestemmen voor de piekcapaciteit. Indien dit niet zo zou zijn, dat wordt de verhouding vatvolume - vatcapaciteit ongunstig. Wat betreft de relatie tussen de capaciteit van zware olie en de bijbehorende warmte dekking geldt hetzelfde als bij warmtebuffer.

### 3.2.9 Temperatuurintegratie en zware olie

Technisch gezien is het niet mogelijk om bij deze combinatie de capaciteit van temperatuurintegratie niet te bestemmen voor de piekcapaciteit. De reden hiervan is, dat als temperatuurintegratie niet voor de piekcapaciteit wordt ingezet, de compensatie van de lagere temperaturen dan de optimale temperatuur, niet voldoende plaats kan vinden. Wat betreft de relatie tussen de capaciteit van zware olie en de bijbehorende warmte dekking geldt daarom hetzelfde als bij warmtebuffer.

### 3.2.10 Incidentele capaciteit en zware olie

De inzet van incidentele capaciteit is gekoppeld aan het aantal etmalen. De anticipatiemogelijkheid die wordt ingezet voor de piekcapaciteit wordt beperkt door een eventuele vobegrenzing. Voor het bepalen van de dekking door zware olie, bij inzet van incidentele capaciteit voor de piek, is dezelfde werkwijze gevolgd als bij andere combinaties met zware olie.

### 3.2.11 Scherm en warmtebuffer

Voor een combinatie van scherm met een andere anticipatiemogelijkheid, wordt uitgegaan van bedrijfssituaties waarin geen scherm aanwezig is (Van der Velden et al., 2001; zie ook 4.2.2). Dit heeft bij de vruchtgroenten hoofdzakelijk betrekking op tomaat.

Voor combinaties met een scherm wordt het scherm voor de piekcapaciteit ingezet. Bij het gebruik van een energiescherm wordt de piekvraag afgevlakt. De mate waarin wordt bepaald of het scherm in een extreem koude periode ook overdag gesloten blijft. Aanvullend wordt de capaciteit van de warmtebuffer ingezet. De reden hiervan is dat het scherm naast een verlaging van het maximumgasverbruik ook een energiebesparing oplevert. De nadelen van een scherm (licht- en klimaateffect) zullen weinig veranderen door de volgorde van de inzet. In eerste instantie wordt voor de bedrijfssituaties zonder een scherm (referentiesituatie) het maximumgasverbruik bepaald analoog aan de studie van Van der Velden (2001). Vervolgens worden voor deze bedrijfssituaties de uitgangspunten geformuleerd om het maximumgasverbruik te bepalen, wanneer wel een scherm aanwezig is. Door in de nacht en eventueel ook overdag te schermen kan het maximumgasverbruik omlaag gaan. Of dit het geval is, hangt mede af van de capaciteit van het verwarmingssysteem (vobegrenzing).

De capaciteit van de bestaande warmtebuffer wordt enerzijds bepaald door het buffervolume en anderzijds door de extreme buitenomstandigheden in samenhang met het maximumgasverbruik in de bedrijfssituatie na schermtoepassing. De capaciteit van de

warmtebuffer wordt bepaald op basis van de formule voor het gasverbruik per uur. In de combinatie wordt uitgegaan van een bestaande buffer. Een investering in een warmtebuffer wordt niet beschouwd, omdat dit geen economisch voordeel oplevert (Van der Velden et al., 2001).

De werkwijze is als volgt:

- Stap 1:* Bepalen van het maximumgasverbruik in de referentiesituatie (zonder Scherm en of warmtebuffer)
- Stap 2:* Bepalen van de uitgangspunten en van het bijbehorende maximumgasverbruik voor de bedrijfssituaties met scherm.  
Voor de situaties met scherm wordt de invloed van de buitentemperatuur in  $\text{m}^3/\text{°C}\cdot\text{uur}\cdot\text{ha}$  bepaald. Aan de hand van het temperatuurverschil tussen T-buiten en T-binnen wordt het maximumgasverbruik vastgesteld.
- Stap 3:* Bepalen begrenzing maximumgasverbruik door capaciteit verwarmend oppervlak.  
Afhankelijk van de situatie ten aanzien van het verwarmingssysteem kan het maximumgasverbruik door het verwarmend oppervlak worden begrensd. Een vo-begrenzing beperkt de reductie van het maximumgasverbruik door het scherm.
- Stap 4:* Bepalen capaciteit warmtebuffer in relatie tot buffervolume (enkelvoudig).
- Stap 5:* Bepalen capaciteit warmtebuffer in combinatie met scherm.
- Stap 6:* Bepalen kostenbesparing van de enkelvoudige toepassing en de combinatie van scherm en warmtebuffer en de onderlinge vergelijking van de kostenbesparingen.

### 3.2.12 Scherm en incidentele capaciteit

De capaciteit van incidentele capaciteit wordt in de combinatie met scherm bepaald nadat het maximumgasverbruik is bepaald voor de bedrijfssituaties na schermtoepassing (rekening houdend met een eventuele vo-begrenzing). Voor deze bedrijfssituaties wordt vervolgens de incidentele capaciteit en het aantal etmalen incidentele capaciteit bepaald op basis van een gekozen buitentemperatuurgrens en het maximumgasverbruik per uur dat bij de bedrijfssituatie mét scherm hoort. Het aantal gekozen etmalen incidentele capaciteit kan afwijken van het aantal etmalen kouder dan de buitentemperatuurgrens door de vo-begrenzing of doordat dit economisch aantrekkelijk is.

De werkwijze is als volgt:

- Stap 1,2 en 3:* Identiek aan combinatie scherm en warmtebuffer.
- Stap 4:* Bepalen incidentele capaciteit en aantal etmalen i.c. in enkelvoudige toepassing.
- Stap 5:* Bepalen incidentele capaciteit en aantal etmalen i.c. in de combinatie met scherm.
- Stap 6:* Bepalen kostenbesparing enkelvoudige toepassing en de combinatie van scherm en incidentele capaciteit en onderlinge vergelijking van de kostenbesparingen.

### 3.2.13 Scherm en virtueel vat

De combinatie scherm en virtueel vat komt overeen met de combinatie scherm en warmtebuffer. De werkwijze is dienovereenkomstig. Enig verschil met warmtebuffer is dat het volume van het virtuele vat variabel is en moet worden bepaald.

### 3.2.14 Scherm en temperatuurintegratie

Bij de combinatie scherm en temperatuurintegratie wordt vanuit technisch oogpunt in de bedrijfssituaties zonder scherm als eerste het scherm ingezet. Door het scherm wordt het maximumgasverbruik verlaagd en komen situaties met een vo-begrenzing minder voor. Een vo-begrenzing is nadelig voor de mogelijkheden om temperatuurintegratie toe te passen (Van der Velden et al., 2001). In de situatie dat er na inzet van een scherm toch een vo-begrenzing is, is dat het vertrekpunt voor de bepaling van de capaciteit van temperatuurintegratie.

Voor de bedrijfssituaties na schermtoepassing wordt de capaciteit van temperatuurintegratie bepaald door de grenswaarde van de buitentemperatuur. Welke grenswaarde door de telers wordt geaccepteerd is afhankelijk van de etmaaltemperatuursommen en de gerealiseerde minimum kastemperatuur (zie 3.2.3). De wijze waarop de capaciteit van temperatuurintegratie wordt berekend is zowel voor de enkelvoudige toepassing als voor de bedrijfssituatie na schermtoepassing identiek. Temperatuurintegratie kan ook beperkte energiebesparing tot gevolg hebben.

### 3.2.15 Scherm en zware olie

Voor bedrijfssituaties zonder scherm (in de uitgangssituatie) is het economisch aantrekkelijker om de piek op te vangen en tegelijkertijd energie te besparen door als eerste een scherm in te zetten. Het gevolg daarvan is dat de warmte dekking van zware olie groter wordt in relatie tot de verwarmingscapaciteit dan in de situatie waarin zware olie voor de piekcapaciteit wordt ingezet.

Indien sprake is van een vo-begrenzing is de vo-begrenzing het vertrekpunt voor de bepaling van de capaciteit van zware olie. Ook door een vo-begrenzing wordt de verhouding tussen warmte dekking en capaciteit van zware olie groter dan wanneer er geen vo-begrenzing is.

## 4. Uitgangspunten

### 4.1 Inleiding

De energiekosten en daarmee de kostenbesparing(en) worden mede bepaald door uitgangspunten. Per combinatie worden meerdere varianten in beschouwing genomen. Van deze varianten worden de gewijzigde uitgangspunten en de resultaten getoond.

Er worden drie soorten uitgangspunten onderscheiden, namelijk algemene, specifieke per anticipatiemogelijkheid en bedrijfskenmerken. Eerst wordt ingegaan op de algemene uitgangspunten die worden gehanteerd bij de evaluatie. De specifieke uitgangspunten per anticipatiemogelijkheid komen in de paragrafen daarna aan bod. Dit zijn zoveel mogelijk dezelfde uitgangspunten die bij de enkelvoudige anticipatiemogelijkheden zijn gebruikt (Van der Velden et al., 2001).

### 4.2 Brandstofprijzen

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 per kwartaal bepaald op basis van de olieprijs van de laatste zes maanden behorende bij het originele CDS (inmiddels zijn ook andere basisperioden in de vrije markt). De kosten voor de diensten zijn afhankelijk van de variabelen maximumgasverbruik per uur per oppervlakte eenheid, totaal gasverbruik per oppervlakte eenheid 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.

Er zijn net als bij het onderzoek naar de enkelvoudige toepassing van anticipatiemogelijkheden twee gasprijsniveaus gehanteerd:

- laag niveau € 0,07343 per m<sup>3</sup> (2<sup>e</sup> kwartaal 1999);
- hoog niveau € 0,15930 per m<sup>3</sup> (1<sup>e</sup> kwartaal 2001).

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 1,36 eurocent per m<sup>3</sup>.

### 4.3 Maximumgasverbruik en bedrijfssituaties

#### *Maximumgasverbruik per uur per ha*

Voor de kosten van het aardgas volgens het CDS is het maximaardgasverbruik per uur per ha 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 volgens drie ingangen naar een glastuinbouwbedrijf worden gekeken:

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

Voor de benaderingswijze per ingang wordt verwezen naar het rapport over eenvoudige toepassing van anticipatiemogelijkheden (Van der Velden et al., 2001). De laagste van de drie ingangen is het maximumgasverbruik waar van uit moet worden gegaan. Als het gasverbruik dat nodig is om het verwarmingssysteem op de maximale temperatuur te houden (ingang 2) kleiner is dan het gasverbruik om de kas op temperatuur te houden (ingang 1), wordt het maximumgasverbruik door ingang 2 bepaald.

In dit onderzoek is ingang 1 aangehouden ter bepaling van het maximumgasverbruik per uur per ha op basis van de bijbehorende formule voor de simulatie van het gasverbruik per uur (zie tabel 4.1). Deze formule wordt bij warmtebuffer, virtueel vat en temperatuur integratie ook gebruikt voor de simulatie van het uurverbruik.

Het benodigde gasverbruik per uur is berekend volgens de volgende formule:

Gasverbruik per uur = constante +  $a_i \times \Delta T$  +  $b_i \times \text{straling}$  +  $c_i \times \text{wind}$

waarbij:  $\Delta T$  = het verschil tussen buiten- en binnentemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ )

Straling = de instraling door de zon ( $\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{uur}$ )

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.

#### *Bedrijfssituaties*

Vanwege de grote verschillen tussen praktijkbedrijven is voor vijf bedrijfssituaties het maximumgasverbruik bepaald. Drie bedrijfssituaties hebben betrekking op een situatie zonder scherm (tomatenbedrijven) en twee bedrijfssituaties betreffen een situatie met scherm (komkommer- en paprikabedrijven). Het maximumgasverbruik per bedrijfssituatie is daarnaast afhankelijk van het betreffende gasverbruik per  $^{\circ}\text{C}$  per uur. De bijbehorende maximumgasverbruiken zijn afgeleid uit het meetprogramma onderzoek voor PT en LNV (Benninga et al., 2000) en (Ravensbergen et al., 2001). Hierna zijn de maximumgasverbruiken weergegeven:

Bedrijfssituatie zonder scherm:

- A. Hoog gasverbruik per °C per uur;  
maximumgasverbruik 445 m<sup>3</sup>/uur.ha
- B. Gemiddeld gasverbruik per °C per uur;  
maximumgasverbruik 376 m<sup>3</sup>/uur.ha
- C. Laag gasverbruik per °C per uur;  
maximumgasverbruik 307 m<sup>3</sup>/uur.ha.

Bedrijfssituatie met scherm:

- D. Laag gasverbruik per °C per uur; scherm overdag en nacht gesloten;  
maximumgasverbruik 231 m<sup>3</sup>/uur
- E. Overdag situatie B en 's nachts situatie D;  
maximumgasverbruik 353 m<sup>3</sup>/uur.

De coëfficiënten per eenheid delta T, straling en wind zijn per bedrijfssituatie vermeld in tabel 4.1. Met behulp van deze vergelijkingen kan het gasverbruik per uur worden geschat. Ze dienen als basis voor de uursimulatie, die nodig is voor het bepalen van de capaciteit van warmtebuffer en virtueel vat. Paprika en komkommerbedrijven hebben meestal een scherm, tomatenbedrijven in een beperkt aantal gevallen. Dit is van invloed op het gasverbruik per °C per uur en daardoor ook op het maximumgasverbruik per uur en per ha. 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 4.1 *Uitgangspunten voor de formule om het gasverbruik per uur te bepalen voor de bedrijfssituaties A t/m E en het bijbehorend maximumgasverbruik a)*

Coëfficiënten b)	Bedrijfssituatie zonder scherm			Bedrijfssituatie met scherm		
	A	B	C	D	E	
	445	376	307	231	353	
					Dag	Nacht
a <sub>i</sub>	12,0	10,0	8,0	6,0	10,0	6,0
b <sub>i</sub>	-0,31	-0,40	-0,40	-0,16	-0,40	
c <sub>i</sub>	7,0	6,4	6,0	4,0	6,4	4,0

a) Maximumgasverbruik in m<sup>3</sup>/uur.ha volgens ingang 1; b) a<sub>i</sub>: delta temperatuur; b<sub>i</sub>: delta straling; c<sub>i</sub>: delta wind.

Hoewel ingang 1 (benodigd gasverbruik om bij extreme buitenomstandigheden in de winter de kas op de gewenste temperatuur te houden) als uitgangspunt is gekozen, blijkt bij vruchtgroentebedrijven vaak de capaciteit van het verwarmend oppervlak (ingang 2) 270 m<sup>3</sup> per uur per ha te zijn. Voor bedrijfssituatie A en B geldt dan, dat het verschil tussen het maximumgasverbruik volgens ingang 1 (zie tabel 4.1) en de capaciteit van het verwarmend

oppervlak zeer groot is, zelfs bij een capaciteit van het verwarmend oppervlak van 300 m<sup>3</sup>/uur.ha.

#### 4.4 Overige bedrijfskenmerken

De uitgangspunten voor de overige bedrijfskenmerken zijn gebaseerd op de 'Analyse homogene groepen' (Van der Velden et al., 2002) en zijn hierna weergegeven:

- bedrijfsomvang van 1,5 en 3 ha;
- brandstofintensiteit 55 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;
- teelttemperaturen (dag/nacht) 19°C/18°C (tomaat);
- investeringen, afschrijving en onderhoud worden per anticipatiemogelijkheid aangegeven;
- de rentevoet bedraagt 6% per jaar en de gemiddelde rentekosten van de investering 3% per jaar.

#### 4.5 Uitgangspunten per anticipatiemogelijkheid

##### 4.5.1 Inleiding

Naast algemene en bedrijfsspecifieke uitgangspunten zijn een aantal uitgangspunten verbonden aan de anticipatiemogelijkheden. Deze staan schematisch in tabel 4.2 weergegeven. Ze zijn zowel van toepassing bij enkelvoudige toepassing als bij combinaties. Zo speelt zowel bij enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit als bij de combinatie van incidentele capaciteit met virtueel vat het aantal te contracteren etmalen een rol.

Tabel 4.2 Schema van bepalende uitgangspunten per anticipatiemogelijkheid

	Incidentele capaciteit	Warmtbuffer	Virtueel vat	Temp. integratie	Zware olie	Energiescherm
Klimaatjaar	X	X	X	X		
Aantal etmalen	X					
Buffer/vatvolume		X	X			
Warmte dekking					X	
Kosten	X	X	X	X	X	X
Energiebesparing		X		X		X
Productie effect				X		X
Grenswaarde T <sub>bui</sub>				X		
Bedrijfs grootte					X	
Olieprijs					X	

De specifieke uitgangspunten per anticipatiemogelijkheid worden in de volgende paragrafen behandeld.

#### 4.5.2 Incidentele capaciteit

De inzet van incidentele capaciteit is gekoppeld aan een bepaalde grenswaarde van de buitentemperatuur (Van der Velden 2001). Deze temperatuur bepaalt bij enkelvoudige toepassing de capaciteit. Daarbij is bij enkelvoudige toepassing uitgegaan van het jaar 1985. Dit is het koudste jaar in de laatste dertig jaar geweest. In 1987 is de langste aaneengesloten (extreem) koude periode in de laatste dertig jaar geweest. De frequentieverdelingen van de minimum temperaturen per etmaal staan in tabel 4.3.

Tabel 4.3 Frequentieverdeling van het aantal dagen met een bepaalde temperatuur in 1985 en 1987 (De Bilt)

Temperatuur lager dan	Aantal etmalen waarin een temperatuur lager dan voorkwam	
	1985	1987
-15°C	3	1
-14°C	4	3
-13°C	6	4
-12°C	10	5
-11°C	15	5
-10°C	16	8
-9°C	20	8
-8°C	23	10
-5°C	29	15
-3°C	42	20

Uitgaande van een minimumbuitentemperatuur in de nacht van -15°C en 1985 als klimaatjaar kan met 8 etmalen 2°C delta T (-13°C minus -15°C) worden opgevangen en met 21 etmalen 6°C delta T (-9°C minus -15°C). Immers, er zijn 6 etmalen met een temperatuur lager dan -13°C geweest en 10 etmalen met een temperatuur lager dan -12°C. Wordt 1987 als uitgangspunt genomen, dan wordt dit voor 8 etmalen 5°C delta T en voor 21 etmalen 12°C delta T. Het aantal vermelde etmalen correspondeert met de tarieftrappen in het CDS.

#### 4.5.3 Warmtebuffer

Uit het onderzoek van enkelvoudige toepassing van anticipatiemogelijkheden bij vruchtgroenten blijkt dat investeren in een warmtebuffer als anticipatiemogelijkheid niet rendabel is zonder energiebesparing (Van der Velden et al., 2001). Omdat er nog onduidelijkheid is omtrent de hoogte van de energiebesparing is ook bij combinatie met andere anticipatiemogelijkheden in eerste instantie uitgegaan van een bestaande warmtebuffer.

De grootte van warmtebuffers wordt uitgedrukt in m<sup>3</sup> waterinhoud. De gemiddelde bufferinhoud bij bestaande buffers is circa 100 m<sup>3</sup> water per ha. Een m<sup>3</sup> bufferinhoud komt qua warmte-inhoud overeen met 2,5 m<sup>3</sup> aardgas, als het water in de buffer wordt afgekoeld van 90 tot 70°C.



Bij de uursimulatie van het gasverbruik voor het bepalen van de capaciteit van de warmtebuffer is uitgegaan van januari 1987, de meest ongunstige winterperiode van de laatste dertig jaar, voor de inzet van een warmtebuffer.

#### 4.5.4 Virtueel vat

Het virtuele vat, ook wel uurflexibiliteit genoemd is een denkbeeldige gasbuffer d.w.z. een opslagtank die alleen op papier bestaat. 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 maximumcapaciteit van het vullen gelijk aan de maximumcapaciteit 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 (het gecontracteerde maximumgasverbruik per uur). 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:

$$\text{Kosten virtueel vat} = \text{volume virtueel vat} \times \text{€ } 3,18/\text{m}^3 + \text{capaciteit virtueel vat} \times \text{€ } 18,18 /\text{m}^3 \cdot \text{uur}$$

#### 4.5.5 Temperatuurintegratie

De capaciteit van de temperatuurintegratie wordt bepaald door de grenswaarde van de buitentemperatuur en het gasverbruik per uur per °C delta T. De grenswaarde van de buitentemperatuur heeft gevolgen voor de etmaaltemperatuursommen en de minimumtemperatuur. Bij enkelvoudige toepassing is uitgegaan van een uiterste grenswaarde van de buitentemperatuur van -11°C bij een minimumbuitentemperatuur van -15°C. In deze studie is voor temperatuurintegratie geen energiebesparing aangehouden.

#### 4.5.6 Zware olie

Voor het rendement van een met zware olie gestookte ketel is uitgegaan van 75% (onderwaarde). De investeringen in ketel, brander enzovoort, die horen bij het stoken van een zware olie staan weergegeven in bijlage 1.

Op dezelfde wijze waarop de twee gasprijsniveaus zijn vastgesteld, zijn de prijzen van zware olie vastgesteld:

- laag niveau € 5,52 per kg (juli 1999);
- hoog niveau € 8,71 per kg (januari 2001).

Dit zijn prijzen inclusief accijns en brandstofbelasting. Op zware olie zit geen REB-heffing.

Voor een uitgebreide beschrijving van de aspecten rond de milieuvergunning wordt verwezen naar Van der Velden et al. (2001). Het belangrijkste aspect is, dat de capaciteit van de stookinstallatie kleiner moet zijn dan 0,9 MW om überhaupt onder de gemeentelijke

wetgeving te vallen. Daarnaast kan een gemeente aanvullende eisen stellen, waardoor een milieuvergunning voor het bedrijf uiteindelijk niet wordt verleend.

De maximale toegestane capaciteit betekent dat, afhankelijk van de bedrijfssituatie en de bedrijfsoppervlakte, de capaciteit voor zware olie verschilt. De grens van 0,9 MW komt overeen met 102 m<sup>3</sup> gas per uur per ha, dit is 68 m<sup>3</sup>/ha.uur voor een bedrijf van 1,5 ha. Voor alle bedrijfssituaties en bedrijfsoppervlakte van 1,5 en 3 ha staan de capaciteiten door zware olie in tabel 4.4 weergegeven.

Tabel 4.4 Capaciteit door zware olie (%) voor verschillende bedrijfssituaties en bedrijfsoppervlaktes

Bedrijfssituatie	1,5 ha (68 m <sup>3</sup> /ha.uur)	3 ha (34 m <sup>3</sup> /ha.uur)
A; 445 m <sup>3</sup> /ha.uur	15	7
B; 376 m <sup>3</sup> /ha.uur	18	9
C; 307 m <sup>3</sup> /ha.uur	22	11
D; 231 m <sup>3</sup> /ha.uur	29	14
E; 353 m <sup>3</sup> /ha.uur	19	9

#### Capaciteit en dekking warmtebehoefte

Bij toepassing van alternatieve brandstoffen wordt een deel van het aardgasverbruik vervangen door de alternatieve brandstof. Het deel van de energiebehoefte dat wordt verzorgd door een alternatieve brandstof wordt warmte dekking genoemd.

Op basis van bestaande literatuur is globaal de warmte dekking bepaald behorende bij een bepaalde capaciteit (tabel 4.5). De aan de capaciteit gekoppelde warmte dekking voor zware olie geldt trouwens ook voor andere alternatieve brandstoffen, zoals propaan, lichte olie en bio-olie. De warmte dekking kan per bedrijfssituatie enigszins verschillen, maar in vervolg is van een identieke warmte dekking uitgegaan.

Tabel 4.5 Omvang van de warmte dekking (%) in relatie tot de capaciteit van alternatieve brandstoffen

Capaciteit (%)	10	20	30	40	50	60	70
Dekking (%)	2	5	9	14	20	30	56

Als de capaciteit tussen twee waarden uit tabel 3.4 in ligt, wordt de warmte dekking door interpolatie bepaald. Door een vo-begrenzing en/of inzet van een andere anticipatiemogelijkheid kan zware olie bijvoorbeeld worden ingezet in het capaciteitstraject van 20 tot 45% voor een bedrijf van 1,5 ha (maximumcapaciteitsinzet zware olie is 25%). Dit komt overeen met een warmte dekking van 17 - 5 = 12%. De verschillen tussen de bedrijfssituaties in capaciteitsinzet werken dienovereenkomstig door in de warmte dekking.

#### 4.5.7 Scherm

Bij de bedrijfssituaties zonder scherm (A, B en C) is ook de optie van een scherm bekeken. Voor het energiescherm zijn in beginsel de uitgangspunten gehanteerd voor een gemiddelde scherm situatie (standaardsituatie in Van der Velden, 2001). Dit komt op het volgende neer:

- brandstofbesparing: 10% op jaarbasis
- lichteffect: -5% van de jaarproductie
- klimaateffect: -1% van de jaarproductie.
- prijsniveau: Hoog en laag i.v.m. de energiebesparing
- investering: \* installatie: 4,08 euro/m<sup>2</sup>; afschrijving: 10%;  
\* schermdoek: 1,82 euro/m<sup>2</sup>; afschrijving: 20%.
- geldopbrengst: 36,30 euro/m<sup>2</sup>
- onderhoud scherminstallatie: 0,05 euro/m<sup>2</sup>.

In aanvullende berekeningen zijn de uitgangspunten aangehouden voor een gunstiger scherm situatie ten aanzien van energiebesparing (20%), lichteffect (-2%) en klimaateffect (-2%; door langere schermduur). De gunstiger scherm situatie komt overeen met situatie C in Van der Velden et al. (2001). De gunstige scherm situatie moet voor tomatenbedrijven op relatief korte termijn haalbaar worden geacht.

In tabel 4.1 (par. 4.3) hebben de coëfficiënten in de formule voor de berekening van het gasverbruik per uur bij de situaties A, B en C betrekking op een bedrijf zónder scherm. Voor de beoordeling van de perspectieven van combinaties mét een energiescherm zijn de coëfficiënten en het maximumgasverbruik benodigd van de bedrijfssituaties A, B en C mét een scherm. Deze coëfficiënten en het maximumgasverbruik zijn weergegeven in tabel 4.6 (gebaseerd op meetprogramma 2001 (Ravensbergen et al., 2001) en meetprogramma 2002, Benninga, 2002). Deze bedrijfssituaties zijn aangeduid als A1, B1 en C1.

Tabel 4.6 Coëfficiënten in de formule van het gasverbruik per uur en het maximumgasverbruik (m<sup>3</sup>/uur.ha) voor bedrijfssituatie A1, B1 en C1 mét een energiescherm

Bedrijfssituatie	Situatie A1	Situatie B1	Situatie C1
Coëfficiënten			
a <sub>i</sub>	7,3	6,0	5,0
b <sub>i</sub>	-0,16	-0,16	-0,16
c <sub>i</sub>	4,5	4,0	2,0
maximumgasverbruik a)	270	231	180

a) Bij een  $\Delta T = 33$  °C en  $\Delta wind = 6$  m/s.

De coëfficiënten voor bedrijfssituatie B1 komen overeen met die voor situatie D (zie tabel 4.1); met andere woorden bedrijfssituatie B (zonder scherm) gaat bij inzetten van een scherm over in situatie D. Bij de bepaling van het maximumgasverbruik per uur per ha is

ervan uitgegaan dat bij situatie A1 alleen 's-nachts wordt geschermd en bij situatie B en C zowel overdag als 's-nachts.

De reductie van het maximumgasverbruik door het gebruik van een energiescherm hangt af van de bedrijfssituatie (A1, B1 of C1) en van een eventuele begrenzing van het verwarmend oppervlak (VO). De reductie van het maximumgasverbruik bij een buiten-temperatuur van -15°C is in tabel 4.7 weergegeven.

Tabel 4.7 Reductie van het maximumgasverbruik voor de situatie A1, B1 en C1 (met scherm) bij verschillende capaciteiten van het verwarmingssysteem (= vo in m<sup>3</sup>/uur.ha)

Situatie	VO = 240	VO = 270	VO = 300
A1	0%	0%	10%
B1	4%	14%	23%
C1	25%	33%	40%

Voor situatie A1 is met een energiescherm bij een vo van 240 en 270 m<sup>3</sup>/uur.ha geen extra reductie van het maximumgasverbruik te behalen, omdat het maximumgasverbruik per uur per ha na inzet van een scherm groter of gelijk is aan het vo (=vo-begrenzing).

#### 4.5.8 Varianten met lager maximumgasverbruik per uur

Naar aanleiding van ontwikkelingen in de praktijk (info klankbordgroep) zijn aanvullende rekenexercities uitgevoerd, waarbij is uitgegaan van een lager maximumgasverbruik per uur per ha. De lagere maximumgasverbruiken houden verband met ontwikkelingen in de praktijk ten aanzien van lekdichtere kassen en/of energiezuinig gedrag, gehanteerde lagere maximum buistemperaturen en een kleinere delta T tussen buiten en binnentemperatuur bij de vaststelling van de contractcapaciteit.

Voor bedrijfssituatie C (situatie zonder scherm) is het effect van deze ontwikkelingen op de kostenbesparing bij enkelvoudige anticipatiemogelijkheden nagegaan

Met betrekking tot lekdichtheid en energiezuinig gedrag blijkt uit cijfers van het meetprogramma intensief 2001/2002 (Benninga et al., 2001 en 2002) dat bedrijven zonder een scherm (C) een lager maximumgasverbruik per uur weten te realiseren. In de formule voor het gasverbruik per uur wordt dan uitgegaan van:

$$\text{maximumgasverbruik} = 7 \cdot \text{delta T} + 3 \cdot \text{delta windsnelheid.}$$

Hiervoor is gerekend met de formule  $8 \cdot \text{delta T} + 6 \cdot \text{delta windsnelheid}$ .

Voor bedrijfssituatie C betekent dit dat door een lekdichtere kas en/of energiezuiniger gedrag het maximumgasverbruik per uur per ha daalt van 307 naar 252 m<sup>3</sup>/uur.ha.

Met betrekking tot de maximum buistemperaturen wordt in de praktijk steeds vaker uitgegaan van een lagere maximum aanvoertemperatuur (circa 80°C in plaats van 90°C) en een daarbij behorende retourtemperatuur (65°C in plaats van 70°C). Bij een lagere maxi-

mumbuistemperatuur wordt er via het verwarmingsnet (vo) minder aardgas per uur verstoekt, waardoor de vo-begrenzing op een lager niveau komt te liggen.

De warmte die het verwarmingsnet kwijt kan aan z'n omgeving hangt daarbij ook af van de teelttemperatuur. Daarom zijn twee vo-begrenzings bepaald, nl.: bij 18° en 14°C teelttemperatuur. Er is uitgegaan van het meest voorkomende verwarmingsnet (4 x 51 mm stalen pijpen en 2 x 33 mm groeibuizen per 3,20 m kapbreedte). Dit leidt tot de volgende vo-begrenzings:

Teelttemperatuur	vo-begrenzing
18°C	230 m <sup>3</sup> /uur.ha
14°C	245 m <sup>3</sup> /uur.ha

Opmerking: VO-begrenzing is het gasverbruik per uur per ha dat onder de gehanteerde uitgangspunten maximaal via het verwarmingsnet kan worden verstoekt.

Het maximumgasverbruik per uur per ha is bij een lagere teelttemperatuur hoger dan bij een hogere teelttemperatuur, omdat een kleinere delta T tussen binnentemperatuur (=teelt-) en buitentemperatuur hoeft te worden overbrugd.

De hierboven berekende vo-begrenzings komen overeen met de laagste vo-begrenzing van 240 m<sup>3</sup>/uur.ha, waarin in het onderzoek vanuit is gegaan.

Voor de bepaling van de contractcapaciteit wordt in de praktijk vaak een kleinere delta T aangehouden tussen de binnen en buitentemperatuur dan de delta T in dit onderzoek (= 33 °C). Dit is een gevolg van een hogere aangehouden buitentemperatuur in de winter (bijvoorbeeld -10°C in plaats van de in dit onderzoek gehanteerde -15°C) en/of een door de tuinder toegestane lagere teelttemperatuur (15°C in plaats van 18°C).

Een kleinere delta T leidt voor bedrijfssituatie C tot de volgende maximumgasverbruiken per uur per ha:

- delta T = 33°C (18- -15°C): maximumgasverbruik = 236 m<sup>3</sup>/uur.ha (situatie C2);
- delta T = 25°C (15- -10°C): maximumgasverbruik = 193 m<sup>3</sup>/uur.ha (situatie C3).

## 5. Resultaten

### 5.1 Inleiding

Eerst wordt een samenvattend overzicht gegeven van de kostenbesparingen voor de enkelvoudige toepassing en combinaties van anticipatiemogelijkheden. Vervolgens worden in de daarop volgende paragrafen op de resultaten van de combinaties nader ingegaan. Ter wille van de lezer worden de resultaten voor bedrijfssituaties zónder scherm en de resultaten voor bedrijfssituaties mét scherm afzonderlijk behandeld.

In het samenvattend overzicht zijn voor dat deel van de onderzochte varianten de resultaten weergegeven, waarvan de uitgangspunten voor alle anticipatiemogelijkheden zoveel mogelijk identiek zijn en in de praktijk het meest zullen voorkomen. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- capaciteit van het verwarmend oppervlak (vo)  $270 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$ ;
- klimaatjaar 1987; voor situatie D wordt ook klimaatjaar 1985 beschouwd;
- bestaande warmtebuffer met een inhoud van  $100 \text{ m}^3$ ;
- temperatuurintegratie: bij een grenswaarde voor de buitentemperatuur van  $-12^\circ\text{C}$ ;
- zware olie: voor bedrijfsoppervlakte van 1,5 ha en investeringen inclusief verwarmingsketel;
- scherm: gemiddelde en gunstige scherm situatie ten aanzien van besparing en licht en klimaateffect;
- brandstofprijzen: hoge en lage variant bij zware olie en scherm.

De overige onderzochte situaties worden behandeld in de daarop volgende paragrafen en zijn vermeld in de bijlagen 2 tot en met 19. Deze situaties hebben betrekking op onder meer een vo van 240 en  $300 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$ , een grenswaarde voor de buitentemperatuur van  $-11^\circ\text{C}$ , zware olie voor een bedrijfsoppervlakte van 3 ha en investeringen exclusief verwarmingsketel.

### 5.2 Samenvattend resultatenoverzicht bedrijfssituaties zonder scherm

De resultaten voor de bedrijfssituaties zonder scherm (A, B en C) zijn weergegeven in tabel 5.1. De meest perspectiefvolle enkelvoudige en gecombineerde toepassing van anticipatiemogelijkheden zijn cursief weergegeven. Wanneer een bedrijf voor zware olie geen milieuvergunning verkrijgt zijn de eerstvolgende perspectiefvolle anticipatiemogelijkheden eveneens cursief weergegeven.

Uit tabel 5.1 blijkt dat met een combinatie vrijwel altijd een hogere kostenbesparing kan worden gerealiseerd dan met de beide anticipatiemogelijkheden enkelvoudig toegepast. Als dit niet het geval is (n.v.t. in de tabel) is de reden dat te weinig of geen capaciteit van één van beide anticipatiemogelijkheden kan worden ingezet.

Voor alle bedrijfssituaties zonder scherm (A, B en C) is de combinatie van scherm (gunstige variant) met zware olie bij hoge brandstofprijzen (zeer) interessant. Het economisch beste perspectief voor bedrijfssituatie C biedt de combinatie zware olie/incidentele capaciteit bij een hoge brandstofprijs. Daarna volgen combinaties van zware olie met virtueel vat of warmtebuffer.

Tabel 5.1 Overzicht kostenbesparingen (euro per m<sup>2</sup> per jaar) van enkelvoudig toegepaste en combinaties van anticipatiemogelijkheden voor bedrijfssituaties zonder scherm ten opzichte van de situatie zonder anticipatie d,e)

Anticipatiemogelijkheid <sup>6)</sup>	Bedrijfssituatie a,b)		
	A Hoog gasverbruik per °C per uur Maximum gas- verbruik = 445	B Gemid. gasverbruik per °C per uur Maximum gas- verbruik = 376	C Laag gasverbruik per °C per uur Maximum gas- verbruik = 307
<b>Enkelvoudige toepassing</b>			
Zware olie c)	0,28/0,58	0,41/0,68	0,58/0,82
Incidentele capaciteit	n.v.t.	n.v.t.	0,42
Scherms (gunstige variant f) c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./-0,17	n.v.t./0,28
Warmtebuffer	n.v.t.	n.v.t.	0,08
Virtueel vat	n.v.t.	n.v.t.	0,04
Temperatuurintegratie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Scherms (gemiddelde variant f) c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.
<b>Gecombineerde toepassing</b>			
Incidentele cap/Zware olie			1,08/1,63
Scherms (gunstig) /Zware olie c)	n.v.t./0,19	n.v.t./0,79	0,11/1,43
Virtueel vat/ Zware olie			0,59/0,89
Warmtebuffer/ Zware olie			0,66/0,87
Scherms (gunstig)/Warmtebuffer c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./0,19	n.v.t./0,55
Scherms (gunstig)/Tempintegratie c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./0,18	n.v.t./0,52
Scherms (gunstig)/Incidentele cap c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./0,17	n.v.t./0,49
Scherms (gunstig)/Virtueel vat c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./0,16	n.v.t./0,48
Warmtebuffer/ incidentele capaciteit			0,46
Scherms (gemiddeld)/Zware olie c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./0,33
Virtueel vat/incidentele capaciteit			0,32
Warmtebuffer/Virtueel vat			0,07
Temperatuur integratie/ Zware olie			n.v.t./n.v.t.
Temp. integratie/Incidentele capaciteit			n.v.t.
Warmtebuffer/Temperatuur integratie			n.v.t.
Virtueel vat/Temperatuur integratie			n.v.t.
Scherms (gemiddeld)/Warmtebuffer c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.
Scherms (gemiddeld)/Incident cap c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.
Scherms (gemiddeld)/Virtueel vat c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.
Scherms (gemiddeld)/Tempintegratie c)	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.	n.v.t./n.v.t.

a) Klimaatjaar 1987, VO-begrenzing = 270 m<sup>3</sup>/uur.ha, bestaande buffer = 100 m<sup>3</sup>, zware olie bij 1,5 ha bedrijf; b) Maximumgasverbruik (m<sup>3</sup>/uur.ha) in de situatie zónder anticipatie; c) Resultaten enkelvoudige toepassing of combinaties met scherm of zware olie bij lage respectievelijk hoge brandstofprijzen; d) Lege cellen: Combinaties zijn om technische en/of economische redenen op voorhand niet interessant en zijn derhalve niet doorgerekend; e) N.v.t.: Enkelvoudige of gecombineerde toepassing is om economische redenen niet interessant; f) Schermvarianten: gemiddeld (10% besparing, -5% lichteffect, -1% klimaateffect) en gunstig (20% besparing, -2% lichteffect, -2% klimaateffect).

Wanneer geen milieuvergunning voor zware olie wordt verleend, dan zijn voor bedrijfssituatie B en C de combinaties van de gunstige variant van het scherm met warmtebuffer, temperatuurintegratie, incidentele capaciteit of virtueel vat het aantrekkelijkst. Voor bedrijfssituatie C is ook de combinatie warmtebuffer met incidentele capaciteit interessant.

Voor bedrijfssituatie A met het hoogste maximumgasverbruik is behalve enkelvoudige toepassing van zware olie of de combinatie zware olie en scherm (gunstige variant) geen enkele combinatie aantrekkelijk om te anticiperen op de liberalisering.

Op de verschillende combinaties wordt in de volgende paragrafen nader ingegaan. Bovendien wordt daarbij ingegaan op aanvullende berekeningen op basis van alternatieve uitgangspunten.

### 5.2.1 Warmtebuffer en incidentele capaciteit

Bij de enkelvoudig toegepaste anticipatiemogelijkheden bleek dat voor bedrijfssituatie C zowel met een warmtebuffer als met incidentele capaciteit een kostenbesparing kan worden gerealiseerd, mits het verwarmend oppervlak niet of in geringe mate begrenzend is voor het maximumgasverbruik per uur (zie bijlage 2). Een nieuwe warmtebuffer leidt niet tot een kostenbesparing (Van der Velden et al., 2001). De berekeningen zijn in de eerste plaats uitgevoerd voor een bestaande buffer met een inhoud van  $100 \text{ m}^3$  per ha (gemiddelde inhoud). Om het effect van een grotere buffer zichtbaar te maken, zijn ook enkele berekeningen voor een bufferinhoud van  $150 \text{ m}^3$  per ha uitgevoerd.

Deze combinatie levert alleen voor bedrijfssituatie C een kostenbesparing op ( $0,46 \text{ euro/m}^2$ ). De kostenbesparing is groter naarmate de vo-begrenzing kleiner is en bedraagt  $0,76 \text{ euro/m}^2$  bij een vo van  $300 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$  (zie bijlage 2).

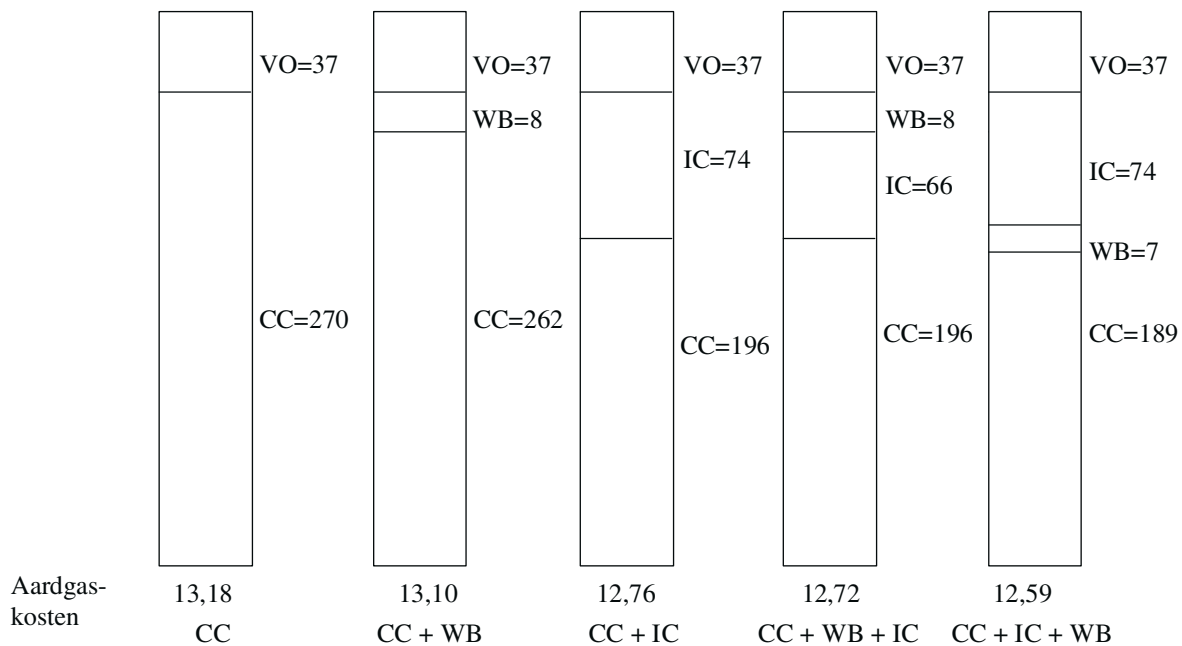
Een vo-begrenzing van het maximumgasverbruik per uur heeft bij de enkelvoudig toegepaste anticipatie mogelijkheden grote gevolgen voor de te behalen kostenbesparingen. Als het verschil tussen het benodigde maximumgasverbruik per uur (ingang 1) en de vo-begrenzing groot is valt ook met een combinatie van anticipatiemogelijkheden geen kostenbesparing te behalen. Om deze reden is er voor bedrijfssituaties A en B geen kostenbesparing met deze combinaties.

Voor één bedrijfssituatie (C) wordt de hierboven beschreven gedachtegang geïllustreerd. Daarbij zijn achtereenvolgens de mogelijkheden met alleen contractcapaciteit, enkelvoudige toepassing van een van beide anticipatiemogelijkheden en de combinatie van anticipatiemogelijkheden, naast elkaar gezet. De basis van de berekeningen wordt gevormd door de verdeling van het maximumgasverbruik per uur over contractcapaciteit, warmtebuffercapaciteit en incidentele capaciteit, rekening houdend met het aantal te contracteren etmalen incidentele capaciteit.

Dit is schematisch weergegeven in figuur 5.1. Onderin de figuur staan de energiekosten die horen bij een bepaalde verdeling van capaciteiten. Een deel van de benodigde capaciteit (ingang 1) wordt begrensd door de beperkte capaciteit van het verwarmingsnet (ingang 2).



Situatie C: Benodigd maximumgasverbruik 307 m<sup>3</sup>/ha. uur; vo -begrenzing 270 m<sup>3</sup>/ha. uur



Figuur 5.1 Verdeling van de verwarmingscapaciteit (m<sup>3</sup> aardgas/uur.ha) over contractcapaciteit (cc), warmtebuffer (WB) en incidentele capaciteit (IC) voor bedrijfssituatie C (winter 1987) en aardgaskosten (euro per m<sup>2</sup>)

Uit figuur 5.1 blijkt dat incidentele capaciteit de grootste bijdrage levert aan het verlagen van de aardgaskosten, ondanks de grote invloed van de vo-begrenzing. De combinatie van een bestaande warmtebuffer en incidentele capaciteit levert in dit voorbeeld slechts een kleine extra kostenbesparing op ten opzichte van enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit.

Een buffervolume van 150 m<sup>3</sup>/ha in plaats van 100 m<sup>3</sup>/ha levert een circa € 0,05 hogere kostenbesparing op.

### Conclusie

De combinatie van warmtebuffer en incidentele capaciteit resulteert in een kostenbesparing voor bedrijfssituatie C, die circa € 0 tot € 0,17 per m<sup>2</sup> per jaar hoger is dan bij enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit. Voor bedrijfssituatie A en B levert enkelvoudige toepassing van warmtebuffer of incidentele capaciteit en gecombineerde toepassing geen kostenbesparing op.

### 5.2.2 Virtueel vat en incidentele capaciteit

De mogelijke capaciteit van het virtuele vat wordt voor een belangrijk deel bepaald door het volume van het vat. Door 'trial and error' zijn vatvolume en -capaciteit bepaald die de hoogste kostenbesparing tot gevolg hebben. Dit is gedaan per bedrijfssituatie. De resultaten

van de meest voorkomende bedrijfssituaties staan in tabel 5.1 en een uitgebreid resultatenoverzicht staat in bijlage 3.

Ten opzichte van enkelvoudige toepassing van virtueel vat en incidentele capaciteit is de kostenbesparing voor de combinatie van deze twee anticipatiemogelijkheden groter als het vo niet begrenzend is voor het maximumgasverbruik. Het verschil met enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit is maximaal € 0,05 per m<sup>2</sup> voor situatie C.

Voor bedrijfssituatie A en B is zowel enkelvoudige toepassing als gecombineerde toepassing niet interessant.

### *Conclusie*

Het virtuele vat gecombineerd met incidentele capaciteit leidt alleen bij bedrijfssituatie C tot een kostenbesparing, die circa € 0 tot € 0,05 per m<sup>2</sup> per jaar hoger is dan bij enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit. De kostenbesparing ten opzichte van de situatie zonder anticipatie varieert daarbij van € 0,25 tot € 0,64 per m<sup>2</sup>.

### 5.2.3 Temperatuurintegratie en incidentele capaciteit

De capaciteit van temperatuurintegratie wordt bepaald door de grensbuitentemperatuur en het gasverbruik per uur per °C. De maximum in te zetten capaciteit wordt bepaald door de etmaaltemperatuursommen en minimumtemperatuur die een teler accepteert. Voor de winterperiode in 1987 zijn voor verschillende grensbuitentemperaturen in tabel 5.2 de etmaaltemperatuursommen en minimumtemperaturen weergegeven.

*Tabel 5.2 De laagste etmaaltemperatuursom (graaduren) en bijbehorende minimumtemperatuur (°C) (winterperiode 1987) bij verschillende grenswaarden van de buitentemperatuur*

	Grenswaarde buitentemperatuur			
	-12	-11	-10	-9
Eerste etmaal	127	102	52	27
Tweede etmaal	28	4	-44	-68
Derde etmaal	51	27	-21	-45
Vierde etmaal	75	51	3	-21
Vijfde etmaal	-9	-33	-81	-105
Zesde etmaal	85	61	13	-11
Minimumtemperatuur	14,9	13,9	12,9	11,9

De etmaaltemperatuursom in het vijfde etmaal is bepalend (zie tabel 5.2). Stel een teler vindt een etmaaltemperatuursom van -33 acceptabel als de som met het etmaal daarna maar niet negatief is. De uiterste grensbuitentemperatuur die hieraan voldoet is -11°C. De ruimte voor extra capaciteit door temperatuurintegratie is in bedrijfssituatie C 32 m<sup>3</sup>/ha.uur (8 m<sup>3</sup>/°C.uur.ha bij 4°C bandbreedte).

Per bedrijfssituatie zijn de kostenbesparingen in bijlage 4 naast elkaar gezet, uitgaande van een grensbuitemperatuur van  $-12^{\circ}\text{C}$  of  $-11^{\circ}\text{C}$ . Bij een vo-begrenzing van  $300\text{ m}^3/\text{uur}\cdot\text{ha}$  wordt alleen in situatie C bij deze combinatie een positieve kostenbesparing gerealiseerd (€ 0,80 per  $\text{m}^2$ ). Het verschil met de enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit is ongeveer € 0,21 ( $-11^{\circ}\text{C}$ ).

De kostenbesparing van de enkelvoudige en gecombineerde toepassing kan wat hoger uitpakken wanneer voor temperatuurintegratie een energiebesparing wordt ingerekend.

#### *Conclusie*

Hoe hoger de grenswaarde van de buitemperatuur, des te hoger is de kostenbesparing van temperatuurintegratie met incidentele capaciteit. In bedrijfssituatie C heeft een  $1^{\circ}\text{C}$  hogere grensbuitemperatuur een € 0,12 per  $\text{m}^2$  hogere kostenbesparing tot gevolg. Ten opzichte van enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit varieert de extra kostenbesparing van € 0,09 tot € 0,21 per  $\text{m}^2$ . Voor situatie A en B levert zowel de combinatie als enkelvoudige toepassing geen kostenbesparing op.

#### 5.2.4 Warmtebuffer en virtueel vat

Als deze beide anticipatiemogelijkheden gecombineerd worden toegepast kunnen twee strategieën worden gevolgd. Het gaat er hierbij om welke van de twee anticipatiemogelijkheden eerst wordt toegepast (piekcapaciteit) en welke aanvullend hierop. Vanwege de veel lagere kosten is het voor de hand liggend voor de piekcapaciteit warmtebuffercapaciteit in te zetten. Dit heeft als consequentie dat de verhouding vatvolume/vatcapaciteit van het virtuele vat ongunstiger wordt ten opzichte van enkelvoudige toepassing. Daarom biedt een beperkt vatvolume ( $500\text{ m}^3$  gas) voor het virtueel vat, in combinatie met warmtebuffer, nog de grootste kostenbesparing. De resultaten staan in tabel 5.1 voor de meest voorkomende bedrijfssituaties en zijn uitgebreider weergegeven in bijlage 5.

De kostenbesparing van de combinatie ligt in situatie C op een ongeveer gelijk niveau als enkelvoudige toepassing van warmtebuffer en van virtueel vat. Bij een hogere vo-begrenzing (=  $300\text{ m}^3/\text{uur}\cdot\text{ha}$ ) is de kostenbesparing van de combinatie groter dan de enkelvoudige toepassing en bedraagt circa € 0,08 per  $\text{m}^2$ .

Een buffervolume van  $150\text{ m}^3/\text{ha}$  in plaats van  $100\text{ m}^3/\text{ha}$  levert een circa € 0,05 hogere kostenbesparing op.

#### *Conclusie*

Alleen in situatie C levert de combinatie van warmtebuffer en virtueel vat een kostenbesparing op. Een extra kostenbesparing van de combinatie ten opzichte van de enkelvoudige toepassing wordt bereikt bij een vo van  $300\text{ m}^3/\text{uur}\cdot\text{ha}$  en bedraagt circa € 0,08 per  $\text{m}^2$ . Voor situatie A en B leveren zowel de combinatie als enkelvoudige toepassing geen kostenbesparing op.

### 5.2.5 Warmtebuffer en temperatuurintegratie

De warmtebuffer wordt in de combinatie met temperatuurintegratie aanvullend op de capaciteit van temperatuurintegratie ingezet. De andere volgorde is uit technisch oogpunt niet toepasbaar. De consequentie daarvan is, dat de warmtebuffercapaciteit relatief gering is, zo is uit de uursimulatie gebleken.

Mits het vo niet begrenzend is voor het maximumgasverbruik, kan met de combinatie temperatuurintegratie en warmtebuffer een hogere kostenbesparing worden gerealiseerd dan bij enkelvoudige toepassing. Bij een grenswaarde van de buitentemperatuur van  $-11^{\circ}\text{C}$  is de extra kostenbesparing € 0,27 voor bedrijfssituatie C ten opzichte van de enkelvoudige toepassing van warmtebuffer (zie bijlage 6).

Een grotere buffervolume van  $150\text{ m}^3/\text{ha}$  in plaats van  $100\text{ m}^3/\text{ha}$  levert een nauwelijks hogere kostenbesparing op.

#### *Conclusie*

Afhankelijk van de grenswaarde van de buitentemperatuur en de bedrijfssituatie loopt de extra kostenbesparing ten opzichte van enkelvoudige toepassing van temperatuurintegratie of warmtebuffer, uiteen van € 0,02 tot € 0,27 per  $\text{m}^2$ . De combinatie temperatuurintegratie en warmtebuffer levert het meeste op als temperatuurintegratie wordt bestemd voor de 'piekcapaciteit'. Voor situatie A en B leveren zowel de combinatie als enkelvoudige toepassing geen kostenbesparing op.

### 5.2.6 Virtueel vat en temperatuurintegratie

Het virtuele vat wordt in de combinatie met temperatuurintegratie aanvullend op de capaciteit van temperatuurintegratie toegepast omdat temperatuurintegratie alleen geschikt is voor de 'piekcapaciteit'. Dit heeft als consequentie dat de verhouding vatvolume/vatcapaciteit al snel relatief ongunstig is. Vandaar dat in alle gevallen een vatvolume van  $500\text{ m}^3$  als meest optimaal naar voren is gekomen met daarbij een beperkte capaciteit van het virtuele vat.

Mits het vo niet begrenzend is voor het maximumgasverbruik, kan met de combinatie temperatuurintegratie - virtueel vat een hogere kostenbesparing worden gerealiseerd dan bij enkelvoudige toepassing zo blijkt uit bijlage 7. Voor situatie C is het extra kostenvoordeel ten opzichte van enkelvoudige toepassing van temperatuurintegratie maximaal € 0,17-0,19 per  $\text{m}^2$  afhankelijk van de grenswaarde van de buitentemperatuur.

#### *Conclusie*

De combinatie temperatuurintegratie en virtueel vat levert alleen in situatie C een extra kostenbesparing op ten opzichte van de enkelvoudige toepassing bij nauwelijks of geen vobegrenzing. De kostenbesparing van deze combinatie loopt uiteen van € 0,29 tot € 0,43 per  $\text{m}^2$ .

### 5.2.7 Warmtebuffer en zware olie

Gezien de kostenverhouding zal de warmtebuffer voor de piekcapaciteit worden ingezet. Dit heeft tot gevolg dat de warmte dekking door zware olie groter is dan wanneer de capaciteit van zware olie ingezet zou worden voor de piekcapaciteit. Een eventuele voegbegrenzing gaat eerst ten koste van de capaciteit van de warmtebuffer maar zorgt ervoor dat de warmte dekking door zware olie groter wordt.

De zware olieprijs is relatief gunstig ten opzichte van de commodityprijs van aardgas. Hierdoor is de kostenbesparing van de inzet van zware olie groter, naarmate de warmte dekking groter is. De kostenbesparing in situatie C varieert van € 0,66 tot € 0,87 per m<sup>2</sup> per jaar ten opzichte van niet anticiperen (zie tabel 5.1). De kostenbesparing neemt toe bij een groter verwarmend oppervlak (VO = 300 m<sup>3</sup>/uur.ha) en bedraagt dan € 0,97-1,18 per m<sup>2</sup>. Met een maximum bedrijfs capaciteit van 0,9 MW voor zware olie (indien de milieuvergunning wordt verleend) is de kostenbesparing groter naarmate de bedrijfsoppervlakte kleiner is (zie bijlage 8 en 9). Voor situatie A en B is het verschil tussen het maximumgasverbruik en de capaciteit van het verwarmingssysteem dermate groot dat met de combinatie geen kostenbesparing is behalen; dit geldt overigens ook voor de enkelvoudige toepassing.

#### *Conclusie*

De combinatie zware olie en warmtebuffer laat in bedrijfssituatie C, afhankelijk van bedrijfsgrootte, voegbegrenzing, brandstofprijsniveau en investering in extra ketel, een kostenbesparing zien van € 0,23 tot € 1,41 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen. In bedrijfssituatie A en B wordt geen kostenbesparing behaald.

### 5.2.8 Virtueel vat en zware olie

Ook voor deze combinatie is de capaciteit van het virtuele vat bestemd voor de piekcapaciteit. Zou de capaciteit van het virtuele vat niet voor de piekcapaciteit worden ingezet, dan voegt het virtuele vat niets extra's toe aan de kostenbesparing omdat de vatvolume/vatcapaciteit verhouding te ongunstig is (relatief veel vatvolume en weinig vatcapaciteit).

Alleen in situatie C is met de combinatie een kostenbesparing te bereiken, die qua grootte redelijk overeenkomt met die voor de combinatie warmtebuffer en zware olie. De kostenbesparing van de combinatie loopt uiteen van € 0,66 tot € 0,87 per m<sup>2</sup> (zie tabel 5.1) en neemt toe tot € 0,98-1,23 per m<sup>2</sup> bij een voegbegrenzing van 300 m<sup>3</sup>/uur.ha (zie bijlage 10 en 11). Bij een grotere bedrijfsoppervlakte (3 ha) neemt de kostenbesparing vanwege een kleinere capaciteit voor zware olie en daarmee samenhangende lagere warmte dekking (zie bijlage 10 en 11).

#### *Conclusie*

De kostenbesparing van de combinatie virtueel vat en zware olie varieert in bedrijfssituatie C, afhankelijk van bedrijfsgrootte, brandstofprijsniveau, voegbegrenzing en investering in extra ketel, van € 0,33 tot € 1,23 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen. In bedrijfssituatie

A en B wordt geen kostenbesparing met de enkelvoudige en gecombineerde toepassing behaald.

#### 5.2.9 Temperatuurintegratie en zware olie

Temperatuurintegratie kan technisch gezien alleen worden toegepast voor de piekcapaciteit. Dit houdt in, dat ook voor deze combinatie de warmte dekking door zware olie door interpolatie is vastgesteld. Net als bij andere combinaties met temperatuurintegratie hangt de capaciteit af van de grenswaarde van de buitentemperatuur en het gasverbruik per °C. Hoe lager de grenswaarde van de buitentemperatuur is, des te hoger is de kostenbesparing die met temperatuurintegratie kan worden behaald en des te groter is de warmte dekking door zware olie. Daar tegenover staat dat de teeltrisico's toenemen bij een hogere grenswaarde van de buitentemperatuur.

In bedrijfssituatie C is bij een vo-begrenzing van 270 m<sup>3</sup>/ha.uur het verschil tussen maximumgasverbruik en vo-begrenzing nog zo groot dat temperatuurintegratie bij extreme buitentemperaturen niet toepasbaar is. Dit betekent dat temperatuurintegratie in combinatie met zware olie voor bedrijfssituaties zonder scherm (A, B en C) niet tot kostenbesparingen leiden.

##### *Conclusie*

De combinatie temperatuurintegratie en zware olie levert in bedrijfssituaties zonder een scherm (A, B en C) geen kostenbesparing op.

#### 5.2.10 Incidentele capaciteit en zware olie

De kostenbesparing die in situatie C met incidentele capaciteit en zware olie kan worden behaald, is het hoogste van alle combinaties (€ 1,08 - 1,63 per m<sup>2</sup>; zie tabel 5.1). Bij bedrijfssituatie C gaat de vo-begrenzing weliswaar wat ten koste van de in te zetten incidentele capaciteit, maar daardoor wordt de warmte dekking door zware olie juist hoger. De kostenbesparing van de combinatie wordt hoger bij een groter verwarmend oppervlak en wordt duidelijk kleiner bij een grotere bedrijfsoppervlakte (zie bijlage 13). Voor situatie A en B is geen kostenbesparing te behalen door het te grote verschil tussen maximumgasverbruik en capaciteit verwarmend oppervlak.

##### *Conclusie*

In bedrijfssituatie C loopt de kostenbesparing van incidentele capaciteit in combinatie met zware olie uiteen van € 0,73 tot € 1,81 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen, afhankelijk van bedrijfsgrootte, brandstofprijsniveau, vo-begrenzing en investering in ketel. In situatie A en B wordt met de combinatie geen kostenbesparing behaald.

#### 5.2.11 Scherm en warmtebuffer

De combinatie scherm en warmtebuffer levert voor bedrijfssituatie B en C in de gunstigste situatie (hoge aardgasprijs en gunstige schermvariant) een kostenbesparing op van € 0,19 resp. € 0,55 per m<sup>2</sup> (zie tabel 5.1). In die gunstige situatie is ook enkelvoudige toepassing

van scherm in situatie C interessant. Het scherm laat in de gemiddelde schermvariant (t.a.v. brandstofbesparing en licht en klimaateffect op de productie) een dermate hoge kostenstijging zien die niet wordt gecompenseerd door de warmtebuffer. Enkelvoudige toepassing van een scherm is in de gemiddelde schermvariant geen interessant alternatief.

Bij een ruimere vo-begrenzing ( $300 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$ ) is de kostenbesparing voor situatie B en C groter (zie bijlage 14). Bij deze vo-begrenzing en bij gunstige omstandigheden is ook enkelvoudige toepassing van scherm interessant in situatie B. Bij een scherpere vo-begrenzing ( $240 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$ ) is de combinatie ook aantrekkelijk voor bedrijfssituatie C in de meest gunstige situatie.

In situatie A wordt de combinatie scherm en warmtebuffer pas interessant bij een vo van  $300 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$ , hoge gasprijs en een gunstige schermvariant.

De kostenbesparing van de combinatie is voor de gunstige scherm situatie zelfs hoger dan die van de enkelvoudige toepassing van warmtebuffer.

Al met al levert de combinatie scherm en warmtebuffer alleen een kostenbesparing op wanneer er sprake is van hoge gasprijzen en een gunstige schermvariant en in het bijzonder voor bedrijfssituatie B en C.

### *Conclusie*

Een combinatie van scherm en warmtebuffer levert voor bedrijfssituatie B en C, afhankelijk van vo-begrenzing, een kostenbesparing op van € 0,19 tot € 0,76 per  $\text{m}^2$  ten opzichte van niet anticiperen bij hoge gasprijzen en in de gunstige schermvariant.

In de meest gunstige omstandigheden is ook enkelvoudige toepassing van scherm in bedrijfssituatie C interessant, ongeacht vo-begrenzing.

### 5.2.12 Scherm en incidentele capaciteit

Voor deze combinatie geldt hetzelfde als voor de combinatie scherm en warmtebuffer. De combinatie levert alleen een kostenbesparing op in bedrijfssituatie B en C onder de meest gunstige omstandigheden. De kostenbesparing van deze combinatie (€ 0,07 tot € 0,49 per  $\text{m}^2$ ) is wat lager dan die voor de combinatie scherm en warmtebuffer (zie tabel 5.1). In situatie C wordt met enkelvoudige toepassing van scherm, ongeacht vo-begrenzing, ook een kostenbesparing bereikt onder de gunstigste omstandigheden; in situatie B slechts bij een vo van  $300 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$  (zie bijlage 15).

In de gemiddelde schermvariant wordt geen kostenbesparing behaald ten opzichte van de situatie zonder anticipatie ongeacht bedrijfssituatie, gasprijs en vo-begrenzing.

Voor bedrijfssituatie A wordt de combinatie pas interessant bij een vo van  $300 \text{ m}^3/\text{uur.ha}$  en onder gunstige omstandigheden.

### *Conclusie*

Een combinatie van scherm en incidentele capaciteit levert voor bedrijfssituatie B en C, afhankelijk van vo-begrenzing, een kostenbesparing op van € 0,07 tot € 0,68 per  $\text{m}^2$  ten opzichte van niet anticiperen bij hoge gasprijzen en in de gunstige schermvariant. In de meest gunstige omstandigheden is ook enkelvoudige toepassing van scherm in bedrijfssituatie C interessant, ongeacht vo-begrenzing.

### 5.2.13 Scherm en virtueel vat

De kostenbesparing van de combinatie scherm en virtueel vat komen sterk overeen met die van de combinatie scherm en incidentele capaciteit (zie tabel 5.1 en bijlage 16). Voor de bedrijfssituatie B en C is de combinatie interessant onder de meest gunstige omstandigheden. Ook enkelvoudige toepassing van scherm is in situatie C onder de gunstige omstandigheden interessant, ongeacht vo-begrenzing; in situatie B is enkelvoudige toepassing bij een vo van 300 m<sup>3</sup>/uur.ha aantrekkelijk.

In situatie A wordt de combinatie pas interessant bij een vo van 300 m<sup>3</sup>/uur.ha en gunstige omstandigheden.

#### *Conclusie*

Een combinatie van scherm en virtueel vat levert voor bedrijfssituatie B en C, afhankelijk van vo-begrenzing, een kostenbesparing op van € 0,16 tot € 0,69 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen bij hoge gasprijzen en in de gunstige schermvariant. In de meest gunstige omstandigheden is ook enkelvoudige toepassing van scherm in bedrijfssituatie C interessant, ongeacht vo-begrenzing.

### 5.2.14 Scherm en temperatuurintegratie

De resultaten voor scherm en temperatuurintegratie komen goed overeen met de hiervoor beschreven combinaties met scherm (zie tabel 5.1 en bijlage 17). Voor de gemiddelde schermvariant is in de bedrijfssituaties zonder scherm nauwelijks tot geen kostenbesparing te behalen.

Ook hier geldt dat onder meest gunstige omstandigheden scherm in combinatie met temperatuurintegratie interessant is voor bedrijfssituatie B en C. Het scherm is eveneens bij enkelvoudige toepassing interessant in situatie B en C onder ideale omstandigheden; voor situatie C ongeacht vo-begrenzing.

In bedrijfssituatie A wordt bij een vo van 300 m<sup>3</sup>/uur.ha en bij gunstige omstandigheden een kostenbesparing gerealiseerd van € 0,16 per m<sup>2</sup>.

#### *Conclusie*

Een combinatie van scherm en temperatuurintegratie levert voor bedrijfssituatie B en C, afhankelijk van vo-begrenzing, een kostenbesparing op van € 0,17 tot € 0,73 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen bij hoge gasprijzen en in de gunstige schermvariant. In de meest gunstige omstandigheden is ook enkelvoudige toepassing van scherm in bedrijfssituatie C interessant, ongeacht vo-begrenzing.

### 5.2.15 Scherm en zware olie

De combinatie scherm en zware olie laat onder gunstige omstandigheden (hoge brandstofprijzen en gunstige schermvariant) een kostenbesparing zien van € 0,19 tot € 1,43 per m<sup>2</sup>, waarbij de kostenbesparing toeneemt van situatie A naar C (zie tabel 5.1). Deze combinatie is daarmee voor bedrijfssituatie C de meest interessante combinatie na incidentele capaciteit en zware olie en voor situatie A en B zelfs de economisch meest aantrekkelijke



combinatie. In situatie C is de combinatie ook interessant bij lage brandstofprijzen en bij een bedrijfsoppervlakte van 1,5 ha (zie bijlage 18 en 19).

De kostenbesparing wordt hoger naarmate het verwarmend oppervlak groter is (= ruimere vo-begrenzing); zie bijlage 18 en 19.

In situatie C wordt de combinatie met een gemiddelde schermvariant ook interessant bij hoge brandstofprijzen en bij hogere vo (vanaf 270 m<sup>3</sup>/uur.ha); de kostenbesparing bedraagt dan € 0,33 tot € 0,85 per m<sup>2</sup> (zie bijlage 18).

In situatie C is ook enkelvoudige toepassing van scherm interessant onder gunstige omstandigheden, ongeacht vo-begrenzing.

De kostenbesparing neemt af bij een grotere bedrijfsoppervlakte, omdat de capaciteit van zware olie afneemt en daarmee de warmte dekking. Wanneer voor zware olie niet in een aparte ketel hoeft te worden geïnvesteerd, neemt de kostenbesparing extra toe (circa € 0,23 per m<sup>2</sup> bij 1,5 ha en circa € 0,12 per m<sup>2</sup> bij 3 ha).

### *Conclusie*

Schermbin combinatie met zware olie levert onder de meest gunstige omstandigheden een kostenbesparing op voor bedrijfssituaties zonder scherm, variërend van € 0,19 tot € 1,64 per m<sup>2</sup>, waarbij de kostenbesparing hoger is in de rij van bedrijfssituatie A naar C. De combinatie is voor bedrijfssituatie A en B zelfs het aantrekkelijkste alternatief. Ook enkelvoudige toepassing van scherm is in situatie C interessant, ongeacht vo-begrenzing.

Met een gemiddelde schermvariant is de combinatie bij hoge brandstofprijzen ook aantrekkelijk in bedrijfssituatie C; de kostenbesparing varieert van € 0,33 tot € 0,85 per m<sup>2</sup>.

### 5.2.16 Varianten met een lager maximumgasverbruik per uur

Voor bedrijven zonder een scherm (bedrijfssituatie C) is nagegaan wat de effecten zijn van een lekdichtere kas en /of energiezuiniger gedrag, een lagere maximumbuistemperatuur en een lage delta T (plus windsnelheid) op het maximumgasverbruik per uur en daarmee op de kostenbesparing van de enkelvoudig toegepaste anticipatiemogelijkheden.

#### *Lekdichter kas en/of energiezuiniger gedrag*

Door een lekdichtere kas en/of energiezuiniger gedrag van telers neemt het maximumgasverbruik per uur af van 307 naar 252 m<sup>3</sup>/uur.ha. Dit komt redelijk overeen met de in dit onderzoek gehanteerde vo-begrenzing variant van 240 m<sup>3</sup>/uur.ha. De resultaten bij deze vo-begrenzing kunnen dan ook gehanteerd worden voor deze situatie, waarbij opgemerkt wordt dat een ruimere vo-begrenzing gunstiger is voor de kostenbesparing.

#### *Maximumbuistemperatuur 80°C in plaats van 90°C*

Als gevolg van een lagere maximum aanvoertemperatuur daalt de in de praktijk meest voorkomende vo-begrenzing (270 m<sup>3</sup>/uur.ha) naar 236 (bij 18°C teelttemperatuur) en 245 m<sup>3</sup>/uur.ha (14°C teelttemperatuur). Deze vo-begrenzing komen vrij goed overeen met de eerdere vermelde vo-begrenzing van 240 m<sup>3</sup>/uur.ha. Voor de resultaten wordt verwezen naar de betreffende paragrafen en bijlagen.

*Delta T = 25°C in plaats van 33°C*

Het is duidelijk dat de aardgaskosten dalen bij een lager maximumgasverbruik per uur (= lagere contractcapaciteiten). Voor de onderscheiden bedrijfssituaties (C2 en C3) leiden bovengenoemde maximumgasverbruiken per uur bij niet anticiperen tot de volgende totale aardgaskosten (euro/m<sup>2</sup>.jaar):

- bedrijfssituatie C (max. gasverbruik 307 m<sup>3</sup>/uur.ha) : € 13,81 per m<sup>2</sup>.jaar;
- bedrijfssituatie C2 (max. gasverbruik 236 m<sup>3</sup>/uur.ha) : € 12,61 per m<sup>2</sup>.jaar;
- bedrijfssituatie C3 (max. gasverbruik 193 m<sup>3</sup>/uur.ha) : € 11,69 per m<sup>2</sup>.jaar.

Voor de bedrijfssituaties C, C2 en C3 zijn de kostenbesparingen van enkelvoudige toepassingen van anticipatiemogelijkheden nagegaan ten opzichte van de situatie zonder anticiperen.

	Bedrijfssituatie		
	C max = 307 m <sup>3</sup> /uur.ha; vo=270 m <sup>3</sup> /uur.ha	C2 max = 236 m <sup>3</sup> /uur.ha	C3 max = 193 m <sup>3</sup> /uur.ha
Warmtebuffer	0,08	0,07	0,07
Virtueel vat	0,04	n.v.t.	n.v.t.
Temperatuurintegratie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Incidentele capaciteit 1987	0,42	0,43	0,35
Incidentele capaciteit 1985	0,11	0,11	0,09
Zware olie; hoge prijs; incl. ketel; 1,5 ha	0,82	0,93	1,07
Zware olie; hoge prijs; incl. ketel; 3 ha	0,39	0,43	0,46
Scherp (gemiddeld)	-0,81	-1,00	-1,24

### *Conclusie*

De kostenbesparingen bij enkelvoudige toepassingen van anticipatiemogelijkheden zijn bij lagere maximumgasverbruiken wat kleiner dan bij hogere maximumgasverbruiken, tengevolge van een kleinere warmtevraag vanuit de kas en/of scherpere vo-begrenzing. Uitzondering hierop vormt zware olie, omdat de warmtedekking van zware olie toeneemt bij lagere maximumgasverbruiken.

De totale aardgaskosten zijn bij een lager maximumgasverbruik per uur lager en nemen met circa € 0,19 per 10 m<sup>3</sup>/uur.ha af in het maximumgasverbruiktraject van 307 naar 236 m<sup>3</sup>/uur.ha.

### **5.3 Samenvattend resultatenoverzicht voor bedrijfssituaties met scherm**

De resultaten voor de bedrijfssituaties mét scherm (D en E) zijn weergegeven in tabel 5.3, waarbij voor situatie D twee klimaatjaren zijn onderscheiden. De meest perspectiefvolle enkelvoudige en gecombineerde toepassing van anticipatiemogelijkheden zijn cursief

weergegeven. Wanneer een bedrijf voor zware olie geen milieuvergunning verkrijgt zijn de eerstvolgende perspectiefvolle anticipatiemogelijkheden even ook cursief weergegeven.

Uit tabel 5.3 blijkt dat met een combinatie vrijwel altijd een hogere kostenbesparing kan worden gerealiseerd dan met de beide anticipatiemogelijkheden enkelvoudig toegepast. Als dit niet het geval is (n.v.t. in de tabel) is de reden dat te weinig of geen capaciteit van één van beide anticipatiemogelijkheden kan worden ingezet.

Combinaties met zware olie, ongeacht brandstofprijsniveau, leveren voor bedrijven met scherm (D en E) de grootste kostenbesparingen op ten opzichte van de situatie zonder anticiperen. Zware olie in combinatie met incidentele capaciteit is het meest gunstig, gevolgd door zware olie en virtueel vat. Ingeval een bedrijf geen milieuvergunning verkrijgt is de combinatie warmtebuffer en incidentele capaciteit het meest interessant voor alle bedrijfssituaties.

Tabel 5.3 Overzicht van de kostenbesparingen (euro per m<sup>2</sup> per jaar) van enkelvoudig toegepaste en combinaties van twee anticipatiemogelijkheden voor bedrijfssituaties mét scherm ten opzichte van de situatie zonder anticipatie d,e)

Anticipatiemogelijkheid	Bedrijfssituatie a,b)		
	D	D 1985	E
	Laag verbruik per °C per uur	Laag verbruik per °C per uur	Hoog verbruik per °C per uur
	Schermdag/nacht dicht	Schermdag/nacht dicht	Schermdag/nacht dicht/overdag open
	Maximum gasverbruik = 231	Maximum gasverbruik = 231	Maximum gasverbruik = 353
<b>Enkelvoudige toepassing</b>			
Zware olie c)	0,71 - 0,96	0,71 - 0,96	0,45 - 0,71
Incidentele capaciteit	0,48	0,24	0,25
Virtueel vat	0,33	0,48	0,42
Warmtebuffer	0,36	0,33	0,42
Temperatuurintegratie	0,22	0,22	n.v.t.
<b>Gecombineerde toepassing</b>			
Incidentele capaciteit/Zware olie c)	1,30 - 1,98	0,98 - 1,37	0,96 - 1,19
Virtueel vat/ Zware olie c)	0,75 - 1,47		0,72 - 1,44
Warmtebuffer/ Zware olie c)	1,09 - 1,41		1,08 - 1,17
Temperatuur integratie/ Zware olie c)	1,00 - 1,27	n.v.t.	n.v.t.
Warmtebuffer/ incidentele capaciteit	0,70	0,47	0,50
Virtueel vat/incidentele capaciteit	0,57	n.v.t.	<0,42
Temp.integratie/Incidentele capaciteit	0,59	n.v.t.	n.v.t.
Warmtebuffer/Virtueel vat	0,40		0,18
Warmtebuffer/Temperatuurintegratie	0,32		n.v.t.
Virtueel vat/Temperatuurintegratie	0,29		n.v.t.

a) Klimaatjaar 1987, VO-begrenzing = 270 m<sup>3</sup>/uur.ha, bestaande buffer = 100 m<sup>3</sup>, zware olie bij 1,5 ha bedrijf; b) Maximumgasverbruik (m<sup>3</sup>/uur.ha) in de situatie zonder anticipatie; c) Resultaten enkelvoudige toepassing of combinaties met zware olie bij lage respectievelijk hoge brandstofprijzen; d) Lege cellen: Combinaties zijn om technische en/of economische redenen op voorhand niet interessant en zijn derhalve niet doorgerekend; e) N.v.t.: Enkelvoudige of gecombineerde toepassing is om economische redenen niet interessant.

In bedrijfssituatie D zijn bij het klimaatjaar 1985 (koudste periode in de afgelopen dertig jaar) alleen de combinaties incidentele capaciteit/zware olie en warmtebuffer/incidentele capaciteit interessant. Voor bedrijfssituatie E zijn eveneens minder combinaties interessant, dat samenhangt met het hogere maximumgasverbruik in verhouding tot de vo-begrenzing.

Voor enkelvoudige toepassing zijn meerdere opties interessant waarbij zware olie de grootste kostenbesparing oplevert, ongeacht het brandstofprijsniveau.

Op de verschillende combinaties wordt in de volgende paragrafen nader ingegaan.

### 5.3.1 Warmtebuffer en incidentele capaciteit

Bij de enkelvoudig toegepaste anticipatiemogelijkheden bleek dat er met zowel warmtebuffer als incidentele capaciteit een kostenbesparing kan worden gerealiseerd, mits het verwarmend oppervlak niet of in geringe mate begrenzend is voor het maximumgasverbruik per uur (zie bijlage 2). Een nieuwe warmtebuffer leidt niet tot een kostenbesparing (Van der Velden et al., 2001). De berekeningen zijn in de eerste plaats uitgevoerd voor een bestaande buffer met een inhoud van 100 m<sup>3</sup> per ha (gemiddelde inhoud). Om het effect van een grotere buffer zichtbaar te maken, zijn ook enkele berekeningen voor een bufferinhoud van 150 m<sup>3</sup> per ha uitgevoerd.

Een vo-begrenzing van het maximumgasverbruik per uur heeft bij de enkelvoudig toegepaste anticipatie mogelijkheden grote gevolgen voor de te behalen kostenbesparingen. Als het verschil tussen het benodigde maximumgasverbruik per uur en de vo-begrenzing groot is valt ook met een combinatie van anticipatiemogelijkheden geen kostenbesparing te behalen.

Voor bedrijfssituatie C (zie ook 5.2.1) wordt de hierboven beschreven gedachtegang toegelicht. Daarbij zijn achtereenvolgens de mogelijkheden met alleen contractcapaciteit, enkelvoudige toepassing van een van beide anticipatiemogelijkheden en de combinatie van anticipatiemogelijkheden, naast elkaar gezet. De basis van de berekeningen wordt gevormd door de verdeling van het maximumgasverbruik per uur over contractcapaciteit, warmtebuffercapaciteit en incidentele capaciteit, rekening houdend met het aantal te contracteren etmalen incidentele capaciteit. Dit is schematisch weergegeven in figuur 5.1. Onder aan de figuur staan de energiekosten die horen bij een bepaalde verdeling van capaciteiten. Een deel van de benodigde capaciteit wordt begrensd door de beperkte capaciteit van het verwarmingsnet (vo-begrenzing). Uit figuur 5.1 blijkt dat incidentele capaciteit de grootste bijdrage levert aan het verlagen van de aardgaskosten, ondanks de grote invloed van de vo-begrenzing. De combinatie van een bestaande warmtebuffer en incidentele capaciteit levert in dit voorbeeld slechts een kleine extra kostenbesparing op, ten opzichte van enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit.

Per bedrijfssituatie (D en E) en vo-begrenzing, is via de verdeling van de capaciteiten over de anticipatiemogelijkheden en de contractcapaciteit, de kostenbesparing bepaald. Deze kostenbesparingen zijn weergegeven in tabel 5.3 en in bijlage 2.

De resultaten (bijlage 2) geven aan dat de combinatie van warmtebuffer met incidentele capaciteit een hogere kostenbesparing oplevert dan van een van beide anticipatie mogelijkheden apart. De kostenbesparing is des te hoger naarmate het verschil tussen het maximumgasverbruik (zonder vo-begrenzing) en de vo-begrenzing kleiner is. De kosten-

besparing bij combinatie van warmtebuffer en incidentele capaciteit varieert van € 0,42 tot € 0,70 per m<sup>2</sup>, afhankelijk van bedrijfssituatie en vo-begrenzing. Afhankelijk van de bedrijfsgrootte liggen de extra jaarkosten bij investeren in een nieuwe warmtebuffer van 100 m<sup>3</sup> tussen de € 0,91 en € 0,77 per m<sup>2</sup> per jaar. Zonder energiebesparing blijft investeren of uitbreiden van het buffervolume economisch niet aantrekkelijk.

Een buffervolume van 150 m<sup>3</sup>/ha in plaats van 100 m<sup>3</sup>/ha levert een circa € 0,05 hogere kostenbesparing op. Uitzondering hierop is situatie E met een vo-begrenzing van 300 m<sup>3</sup>/ha.uur, waar de extra kostenbesparing € 0,13 bedraagt.

### *Conclusie*

De combinatie van warmtebuffer en incidentele capaciteit resulteert in een kostenbesparing, die afhankelijk van bedrijfssituatie en vo-begrenzing, circa € 0,18 tot € 0,26 per m<sup>2</sup> per jaar hoger is dan bij enkelvoudige toepassing van incidentele capaciteit. De kostenbesparing varieert van € 0,42 tot € 0,70 met de winter van 1987 als uitgangspunt. Wordt 1985 als klimaatjaar genomen dan is de kostenbesparing in situatie D € 0,42 per m<sup>2</sup> als gevolg van een lagere in te zetten incidentele capaciteit.

### 5.3.2 Virtueel vat en incidentele capaciteit

De mogelijke capaciteit van het virtuele vat wordt voor een belangrijk deel bepaald door het volume van het vat. Door 'trial and error' zijn vatvolume en -capaciteit bepaald die de hoogste kostenbesparing tot gevolg hebben. Dit is gedaan per bedrijfssituatie. De resultaten van de meest voorkomende bedrijfssituaties staan in tabel 5.3 en een uitgebreid resultatenoverzicht staat in bijlage 3.

Ten opzichte van enkelvoudige toepassing van virtueel vat en incidentele capaciteit is de kostenbesparing van de combinatie groter als het vo niet begrenzend is voor het maximumgasverbruik. Het verschil met enkelvoudige toepassing is maximaal € 0,09 per m<sup>2</sup> voor situatie D (1987). De kostenbesparing van de combinatie ten opzichte van niet anticiperen bedraagt circa € 0,18 tot circa € 0,70 per m<sup>2</sup>, afhankelijk van bedrijfssituatie en vo-begrenzing.

Als 1985 voor incidentele capaciteit als uitgangspunt wordt genomen, blijft er na inzet van het virtuele vat geen capaciteit over voor incidentele capaciteit en is er geen voordeel van een combinatie.

### *Conclusie*

Het virtuele vat gecombineerd met incidentele capaciteit leidt tot een kostenbesparing van circa € 0,18 tot circa € 0,70 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen, afhankelijk van bedrijfssituatie en vo-begrenzing. De kostenbesparing valt voor bedrijfssituatie D weg wanneer een extreme koude winter (zoals in 1985) optreedt.

### 5.3.3 Temperatuurintegratie en incidentele capaciteit

De capaciteit van temperatuurintegratie wordt bepaald door de grenswaarde van de buitentemperatuur en het gasverbruik per uur per °C. De maximum in te zetten capaciteit wordt bepaald door de etmaaltemperatuursommen en minimumtemperatuur die een teler accep-

teert. Voor de winterperiode in 1987 zijn voor verschillende grensbuitemperaturen in tabel 5.2 (zie 5.2.3) de etmaaltemperatuursommen en minimumtemperaturen weergegeven. De etmaaltemperatuursom in het vijfde etmaal is bepalend (zie tabel 5.2). Stel een teler vindt een etmaaltemperatuursom van -33 acceptabel als de som met het etmaal daarna maar niet negatief is. De uiterste grensbuitemtemperatuur die hieraan voldoet is -11°C. De ruimte voor extra capaciteit door temperatuurintegratie is in bedrijfssituatie D 28 m<sup>3</sup>/ha.uur (7m<sup>3</sup>/°C.uur.ha bij 4°C bandbreedte).

Voor de meest voorkomende bedrijfssituaties zijn de resultaten weergegeven in de overzichtstabel 5.3, waarbij is uitgegaan van een grenswaarde van de buitemtemperatuur van -12°C. Per bedrijfssituatie zijn de kostenbesparingen in bijlage 4 naast elkaar gezet, uitgaande van een grensbuitemtemperatuur van -12°C of -11°C. Bij een vo-begrenzing van 270 m<sup>3</sup>/uur.ha wordt alleen in situatie D (overdag gesloten scherm) bij deze combinatie een positieve kostenbesparing gerealiseerd. Het maximale verschil met enkelvoudige toepassing is ongeveer € 0,20 (-11°C). In situatie E is zelfs bij een vo-begrenzing van 300 m<sup>3</sup>/uur.ha het verschil met het benodigde maximumgasverbruik zo groot dat temperatuurintegratie niet toepasbaar is (zie bijlage 4).

De kostenbesparing van de enkelvoudige en gecombineerde toepassing kan wat hoger uitpakken wanneer voor temperatuurintegratie een energiebesparing wordt ingerekend.

### *Conclusie*

Hoe hoger de grenswaarde van de buitemtemperatuur, des te hoger is de kostenbesparing van temperatuurintegratie met incidentele capaciteit. Een 1°C lagere grensbuitemtemperatuur heeft een € 0,08 per m<sup>2</sup> hogere kostenbesparing tot gevolg in situatie D. De kostenbesparing varieert van € 0,59 tot € 0,67 per m<sup>2</sup> voor bedrijfssituatie D. Bedrijfssituatie E biedt geen mogelijkheden voor de toepassing van temperatuurintegratie vanwege het grote verschil tussen het benodigde maximumgasverbruik en de VO-begrenzing.

### 5.3.4 Warmtebuffer en virtueel vat

Als deze beide anticipatiemogelijkheden gecombineerd worden toegepast kunnen twee strategieën worden gevolgd. Het gaat er hierbij om welke van de twee anticipatiemogelijkheden eerst wordt toegepast (piekcapaciteit) en welke aanvullend hierop. Vanwege de veel lagere kosten is het voor de hand liggend voor de piekcapaciteit warmtebuffercapaciteit in te zetten. Dit heeft als consequentie dat de verhouding vatvolume/vatcapaciteit van het virtuele vat ongunstiger wordt ten opzichte van enkelvoudige toepassing. Daarom biedt een beperkt vatvolume (500 m<sup>3</sup> gas) voor het virtueel vat, in combinatie met warmtebuffer, nog de grootste kostenbesparing. De resultaten staan in tabel 5.3 voor de meest voorkomende bedrijfssituaties en zijn uitgebreid weergegeven in bijlage 5.

De kostenbesparing van de combinatie ligt op een iets hoger niveau dan enkelvoudige toepassing van warmtebuffer en op een iets lager niveau bij enkelvoudige toepassing van een virtueel vat. De combinatie van warmtebuffer en virtueel vat resulteert voor situatie D in een kostenbesparing van € 0,07 en voor situatie E in geen voordeel ten opzichte van enkelvoudige toepassing. De extra kostenbesparing van de combinatie is bij bedrijfssituatie D voor alle vo-trappen gelijk, omdat het maximumgasverbruik daaronder ligt. De

kostenbesparing in situatie D en D ten opzichte van niet anticiperen bedraagt € 0,40 tot circa € 0,70 per m<sup>2</sup>.

Een buffervolume van 150 m<sup>3</sup>/ha in plaats van 100 m<sup>3</sup>/ha levert een circa € 0,05 hogere kostenbesparing op. Uitzondering hierop is situatie E met een vo-begrenzing van 300 m<sup>3</sup>/ha.uur, waar de extra kostenbesparing € 0,08 bedraagt.

#### *Conclusie*

De kostenbesparing van een warmtebuffer (100 m<sup>3</sup>/ha) en virtueel vat in bedrijfssituatie met scherm varieert van € 0,40 tot circa € 0,70 per m<sup>2</sup>, afhankelijk van bedrijfssituatie en vo-begrenzing, ten opzichte van niet anticiperen. De capaciteit van warmtebuffer en virtueel vat wordt op een overeenkomstige wijze bepaald. Dit heeft tot gevolg dat er na de 'piekcapaciteit' voor de andere anticipatiemogelijkheid betrekkelijk weinig capaciteit overschiet.

#### 5.3.5 Warmtebuffer en temperatuurintegratie

De warmtebuffer wordt in de combinatie met temperatuurintegratie aanvullend op de capaciteit van temperatuurintegratie ingezet. De andere volgorde is uit technisch oogpunt niet toepasbaar. De consequentie daarvan is, dat de warmtebuffercapaciteit relatief gering is, zo is uit de uursimulatie gebleken.

Mits het vo niet begrenzend is voor het maximumgasverbruik, kan met de combinatie temperatuurintegratie en warmtebuffer een hogere kostenbesparing worden gerealiseerd dan bij enkelvoudige toepassing. Bij een grenswaarde van de buitentemperatuur van -11°C is de extra kostenbesparing maximaal € 0,10 per m<sup>2</sup> voor bedrijfssituatie D, ten opzichte van de meest gunstige enkelvoudige toepassing (warmtebuffer; zie bijlage 6). Voor situatie E is temperatuurintegratie niet toepasbaar vanwege het grote verschil tussen het benodigde maximumgasverbruik en de vo-begrenzing.

Een grotere buffervolume van 150 m<sup>3</sup>/ha in plaats van 100 m<sup>3</sup>/ha levert een nauwelijks hogere kostenbesparing op.

#### *Conclusie*

Afhankelijk van de grenswaarde van de buitentemperatuur loopt de kostenbesparing in bedrijfssituatie D ten opzichte van niet anticiperen uiteen van € 0,32 tot € 0,46 per m<sup>2</sup>. Een geopend scherm overdag (situatie E) biedt geen mogelijkheden voor toepassing van temperatuurintegratie, vanwege een te groot verschil tussen het maximumgasverbruik per uur en de vo-begrenzing.

#### 5.3.6 Virtueel vat en temperatuurintegratie

Het virtuele vat wordt in de combinatie met temperatuurintegratie aanvullend op de capaciteit van temperatuurintegratie toegepast omdat temperatuurintegratie alleen geschikt is voor de 'piekcapaciteit'. Dit betekent dat de verhouding vatvolume/vatcapaciteit relatief snel ongunstig is. Vandaar dat in alle gevallen een vatvolume van 500 m<sup>3</sup> als meest optimaal naar voren is gekomen met daarbij een beperkte capaciteit van het virtuele vat.

Mits het vo niet begrenzend is voor het maximumgasverbruik, kan met de combinatie temperatuurintegratie - warmtebuffer een hogere kostenbesparing worden gerealiseerd dan bij enkelvoudige toepassing zo blijkt voor de meest voorkomende bedrijfssituaties uit tabel 5.3 en voor meer varianten uit bijlage 7. Voor situatie D is het extra kostenvoordeel ten opzichte van enkelvoudige toepassing van temperatuurintegratie maximaal € 0,04 per m<sup>2</sup>. De reden van deze geringe extra kostenvoordelen is de ongunstige verhouding tussen vatvolume en vatcapaciteit. De kostenbesparing in bedrijfssituatie D bedraagt € 0,29 tot € 0,38 per m<sup>2</sup>, afhankelijk van de grenswaarde, ten opzichte van niet anticiperen. Voor situatie E is er geen kostenbesparing.

#### *Conclusie*

De combinatie temperatuurintegratie en virtueel vat levert geen of een geringe extra kostenbesparing op ten opzichte van de enkelvoudige toepassing. De kostenbesparing van deze combinatie in bedrijfssituatie D loopt uiteen van € 0,29 tot € 0,38 per m<sup>2</sup>. Een bedrijfssituatie met een geopend scherm overdag (situatie E) biedt geen mogelijkheden voor toepassing van temperatuurintegratie.

#### 5.3.7 Warmtebuffer en zware olie

Gezien de kostenverhouding zal de warmtebuffer voor de piekcapaciteit worden bestemd en de capaciteit van zware olie aanvullend daarop. Dit heeft tot gevolg dat de warmte dekking door zware olie groter is dan wanneer de capaciteit van zware olie ingezet zou worden voor de piekcapaciteit. In hoeverre dit een hogere dan wel een lagere kostenbesparing tot gevolg heeft hangt af van de prijsverhouding tussen aardgas en zware olie. Een eventuele vo-begrenzing gaat eerst ten koste van de capaciteit van de warmtebuffer maar zorgt ervoor dat de warmte dekking door zware olie groter wordt.

De zware olieprijs is relatief gunstig ten opzichte van de commodityprijs van aardgas. Hierdoor is de kostenbesparing bij de inzet van zware olie groter, naarmate de warmte dekking groter is. Met een maximum bedrijfscapaciteit van 0,9 MW voor zware olie (indien de milieuvergunning wordt verleend) is de kostenbesparing groter naarmate de bedrijfsoppervlakte kleiner is en het verschil tussen maximumgasverbruik en vo-begrenzing groter is. In combinatie met warmtebuffer is de warmte dekking groter dan bij enkelvoudige toepassing en daarmee ook de kostenbesparing, die varieert van € 1,08 tot € 1,41 per m<sup>2</sup> per jaar ten opzichte van niet anticiperen (zie tabel 5.3). De kostenbesparingen van de combinaties zijn wat groter dan die van de enkelvoudige toepassingen tezamen. Bij een laag energieprijsniveau zijn de kostenbesparingen lager dan bij een hoger prijsniveau. De kostenbesparing neemt in situatie E toe bij een groter verwarmend oppervlak en blijft in situatie D gelijk (zie bijlage 8 en 9).

#### *Conclusie*

De combinatie zware olie en warmtebuffer laat, afhankelijk van bedrijfssituatie, bedrijfsgrootte, brandstofprijsniveau, vo-begrenzing en investering in extra ketel een kostenbesparing zien van € 0,41 tot € 1,64 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen. De kostenbesparing van de combinatie is enigszins groter dan de kostenbesparingen van de enkelvoudige toepassingen tezamen.



### 5.3.8 Virtueel vat en zware olie

Bij deze combinatie is de capaciteit van het virtuele vat bestemd voor de piekcapaciteit. Zou de capaciteit van het virtuele vat niet voor de piekcapaciteit worden ingezet, dan voegt het virtuele vat niets extra's toe aan de kostenbesparing omdat de vatvolume/vatcapaciteit verhouding te ongunstig is (relatief veel vatvolume en weinig vatcapaciteit).

Net als bij de combinatie warmtebuffer en zware olie levert deze combinatie een hogere kostenbesparing op dan de som van de kostenbesparingen bij enkelvoudige toepassing. De hoogte van de kostenbesparing van de combinatie loopt uiteen van € 0,35 tot € 1,47 per m<sup>2</sup>, afhankelijk van bedrijfsgrootte, brandstofprijsniveau vo-begrenzing en investering in extra ketel (zie bijlage 10 en 11).

#### *Conclusie*

Voor de combinatie virtueel vat en zware olie loopt de kostenbesparing, afhankelijk van bedrijfssituatie, bedrijfsgrootte, verhouding olieprijs/gasprijs, vo-begrenzing en investering in extra ketel uiteen van € 0,35 tot € 1,71 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen.

### 5.3.9 Temperatuurintegratie en zware olie

Temperatuurintegratie kan technisch gezien alleen worden toegepast voor de piekcapaciteit. Dit houdt in, dat ook voor deze combinatie de warmte dekking door zware olie door interpolatie is vastgesteld. Net als bij andere combinaties met temperatuurintegratie hangt de capaciteit af van de grenswaarde van de buitentemperatuur en het gasverbruik per °C. Hoe lager de grenswaarde van de buitentemperatuur is, des te hoger is de kostenbesparing die met temperatuurintegratie kan worden behaald en des te groter is de warmte dekking door zware olie. Daar tegenover staat dat de teeltrisico's toenemen bij een hogere grenswaarde van de buitentemperatuur. In bedrijfssituatie E is bij een vo-begrenzing van 270 m<sup>3</sup>/ha.uur het verschil tussen maximumgasverbruik en vo-begrenzing zo groot dat temperatuurintegratie bij extreme buitentemperaturen niet toepasbaar is. Voor bedrijfssituatie D geldt dat de combinatie temperatuurintegratie en zware olie een aanzienlijke kostenbesparing oplevert, vooral omdat de capaciteit van de zware olie niet ten koste gaat van die van de temperatuurintegratie en de kostenbesparing door zware olie groter is naarmate de warmte dekking groter is. De kostenbesparing loopt uiteen van € 1,00 tot € 1,27 inclusief investering in extra ketel bij een vo-begrenzing van 270 m<sup>3</sup>/uur.ha en grenswaarde buitentemperatuur van -12°C (zie ook bijlage 12).

#### *Conclusie*

Voor de combinatie temperatuurintegratie en zware olie is er alleen een kostenbesparing in situatie D (gesloten scherm overdag) mogelijk. De kostenbesparing loopt uiteen van € 1,00 tot € 1,36 per m<sup>2</sup>, afhankelijk van de grenswaarde van de buitentemperatuur en de hoogte van de aardgas en olieprijs.

### 5.3.10 Incidentele capaciteit en zware olie

De kostenbesparing die met incidentele capaciteit kan worden behaald in combinatie met zware olie, is nog wat hoger dan de kostenbesparing van andere combinaties met zware olie (zie tabel 5.3). Dit geldt voor bedrijfssituatie D en E (behalve hoog prijsniveau). Bij bedrijfssituatie E gaat de vo-begrenzing weliswaar wat ten koste van de in te zetten incidentele capaciteit, maar daardoor wordt de warmte dekking door zware olie juist hoger. De kostenbesparing van de combinatie loopt afhankelijk van bedrijfssituatie en brandstofprijzen uiteen van € 0,47 tot € 2,21, afhankelijk bedrijfssituatie, prijsniveau, vo-begrenzing en bedrijfsgrootte, ten opzichte van niet anticiperen (zie bijlage 13).

#### *Conclusie*

Voor de combinatie incidentele capaciteit en zware olie loopt de kostenbesparing, afhankelijk van bedrijfsgrootte, olieprijs/gasprijs, vo-begrenzing, investering, bedrijfssituatie en klimaatjaar uiteen van € 0,47 tot € 2,21 per m<sup>2</sup> ten opzichte van niet anticiperen.

## 6. Discussie

### *Schermsituatie*

Deze anticipatiemogelijkheid heeft betrekking op bedrijfssituaties waarin een energiescherm nog niet voorkomt (A, B en C) en voornamelijk tomaten worden geteeld. De combinaties waarin een energiescherm onderdeel van is komen er in een gemiddelde schermsituatie (10% energiebesparing, -5% licht en -1% klimaateffect) zelfs bij hoge energieprijzen niet gunstig uit. Ook enkelvoudige toepassing van een scherm levert voor deze bedrijfssituaties geen kostenbesparing op.

Wanneer op het bedrijf een gunstige schermsituatie kan worden bereikt (20% energiebesparing, -2% licht en -2% klimaateffect) dan kunnen combinaties van scherm met andere anticipatiemogelijkheden alleen bij hoge energieprijzen een kostenbesparing behalen ten opzichte van niet anticiperen en in het bijzonder voor bedrijfssituaties B en C. De combinaties leveren in die gunstige omstandigheden (ten aanzien van schermtoepassing en energieprijzen) ook een extra kostenbesparing ten opzichte van enkelvoudige toepassing van de anticipatiemogelijkheden. De enkelvoudige toepassing van scherm levert in bedrijfssituatie C zelfs een kostenbesparing op bij lage energieprijzen in de gunstige schermvariant.

Aan de hoogte van de brandstofprijzen kan een teler weinig doen (externe factor). Wel kan de teler door effectief en efficiënt met het scherm om te gaan de aantrekkelijkheid van energieschermen voor tomatenbedrijven binnen handbereik brengen. Dit geldt met name voor bedrijven zonder scherm die een relatief laag maximumgasverbruik per uur ( $\text{m}^3/\text{uur}\cdot\text{ha}$ ) hebben (in dit onderzoek bedrijfssituatie C). Om een gunstige schermsituatie op (beginnende) bedrijven te bereiken, verdient het aanbeveling de kennis en ervaringen in onderzoek, voorlichting en praktijk optimaal te laten verspreiden en delen.

Voor de duidelijkheid zei vermeld dat de bedrijfssituaties zonder scherm in hoofdzaak betrekking hebben op bedrijven met een tomatenteelt. Voor zover bedrijven met een komkommer of paprikateelt nog geen (vast of beweegbaar) scherm hebben ligt het economisch perspectief van een scherm aanzienlijk gunstiger dan voor een tomatenteelt.

### *Zware olie*

Net als in de studie van enkelvoudige toepassing van anticipatiemogelijkheden bij vruchtgroenten komen combinaties met zware olie er als beste uit de bus. Bij gebruik van zware olie als alternatieve brandstof wordt de gehele inrichting van het bedrijf vergunningplichtig in het kader van het Besluit Glastuinbouw. Voor zware olie kan een milieuvergunning worden verkregen bij een installatievermogen onder de 0,9 MW. Het is echter niet zeker dat de milieuvergunning ook daadwerkelijk door de gemeente aan het glastuinbouwbedrijf wordt afgegeven.

De (gedeeltelijke) overschakeling van aardgas naar zware olie als brandstof is uit milieuoogpunt (emissie van NOx) minder gewenst. Het past bovendien niet direct bij het beeld dat de glastuinbouwsector naar de omgeving wil uitstralen, namelijk het streven naar

een veilige en duurzame glastuinbouw. De sector (ondernemers en vertegenwoordigers) dient zich af te vragen of zware olie als alternatieve brandstof om de energiekostenstijging als gevolg van de liberalisatie van de energiemarkt tegen te gaan moet worden gepromoot.

Wat betreft de inzet van zware olie als alternatieve brandstof geldt het denkpatroon ook voor andere alternatieve brandstoffen als lichte olie en propaan.

#### *Bio-olie*

Behalve zware olie staat momenteel bio-olie als alternatieve brandstof sterk in de belangstelling. Het gaat dan met name om plantaardige oliën en vetten. De doorrekening van bio-olie kan relatief eenvoudig plaatsvinden, omdat de rekenwijze overeenkomt met die voor zware olie. Wel zullen de juiste parameterwaarden (zoals tarieven, verbrandingswaarde, ketelrendement, eventuele investeringen, enzovoort) beschikbaar moeten komen om de rekenexercitie uit te kunnen voeren.

#### *Nieuw tariefsysteem van AgroEnergy voor aardgas*

AgroEnergy hanteert vanaf 1 januari 2003 een nieuw tariefstructuur voor haar klanten. Op verzoek van PT en LNV is een verkennende studie uitgevoerd naar de gevolgen van de nieuwe tariefstructuur van AgroEnergy in het algemeen en in het bijzonder voor de rekenmethodiek, die is gehanteerd in deze en voorgaande studies en is gebaseerd op het 'oude' CDS tariefstructuur (Ruijs et al., 2003). De belangrijkste bevindingen zijn hieronder weergegeven.

Het nieuwe tariefsysteem wijkt op een punt duidelijk af van het tariefsysteem dat AgroEnergy voor 2002 hanteerde. Dit heeft betrekking op de dienstencomponent van het Commodity Diensten Systeem. De dienstencomponent bestaat uit twee onderdelen: transport en capaciteit. De wijziging betreft het capaciteitsdeel van de diensten. De capaciteit wordt niet meer gebaseerd op uurbasis, maar op 24-uursbasis. Voor capaciteit hanteert AgroEnergy voortaan de term flexibiliteit. Het dagvolume moet van tevoren worden opgegeven. Het dagvolume mag niet meer dan 8% naar of beneden afwijken van de opgegeven waarde (= bandbreedte), wil men geen toeslag riskeren. De toeslag bedraagt 50% van de voor het bedrijf geldende commodityprijs. De nieuwe tariefstructuur houdt een andere denkwijze van de teler in.

Het bepalen van dagvolumes door telers is niet eenvoudig. De aandacht ging voorheen uit naar het maximumverbruik per uur in de winterperiode. Behalve het dagverbruik is nu ook het patroon over het gehele jaar van belang. De LEI-rekenmodellen en onderliggende formules voor de simulatie van het gasverbruik maken het niet mogelijk voor het gehele jaar dagverbruiken te bepalen. Uit simulatie met een IMAG-rekenmodel voor een tomatenteelt blijkt dat de 8%-bandbreedte, waarbinnen de flexibiliteitsprijs geldt, regelmatig zal worden overschreden en tot toeslagen zullen leiden. De afwijkingen zijn minder groot wanneer energiebesparende maatregelen worden getroffen die de isolatiewaarde van de kas vergroten.

De nieuwe tariefstructuur, waarbij de flexibiliteit is gebaseerd op 24-uursbasis, houdt in dat incidentele capaciteit en virtueel vat als afzonderlijke opties zijn komen te vervallen. Deze opties zijn onderdeel van de flexibiliteit.

Voor de anticipatiemogelijkheden warmtebuffer, temperatuurintegratie, scherm en alternatieve brandstoffen moet een teler nagaan op welke wijze hij/zij de anticipatiemoge-

lijkheden wil inzetten: het reduceren van de maximumuurcapaciteit (transport) of het beheersen van de dagvolumes (flexibiliteit). Daarbij geldt dat het aandeel in de gaskosten van de flexibiliteit iets groter is dan dat van het transport.

Met een *warmtebuffer* is de kostenbesparing kleiner dan die volgens het oude CDS als de buffer alleen wordt ingezet voor het transport. Voor het compenseren van het dagvolume hangt de kostenbesparing af van de inzetwijze van de buffer.

*Temperatuurintegratie* kan op vergelijkbare wijze worden ingezet als de warmtebuffer. Bij temperatuurintegratie kunnen evenwel problemen ontstaan om de gemiddelde etmaaltemperatuur te bereiken.

*Schermen* leveren op 24-uurbasis dezelfde capaciteitsreductie op als op uurbasis, mits overdag wordt geschermd. De absolute afwijkingen ten opzichte van het gecontracteerde dagvolume zijn met een scherm kleiner dan zonder scherm.

*Alternatieve brandstoffen* (met name zware olie) zullen bij de nieuwe tariefstructuur vermoedelijk dezelfde kostenbesparingen opleveren als volgens het CDS. Alternatieve brandstoffen kunnen alleen worden ingezet om een overschrijding te beperken (>108% van het gecontracteerde dagvolume).

Uit de verkenning kan het volgende worden geconcludeerd:

- De door het LEI ontwikkelde en op het 'oude' CDS gebaseerde rekenmethodiek leent zich er niet goed voor om de effecten van de nieuwe tariefstructuur van AgroEnergy te bepalen. De dagvolumes kunnen niet worden bepaald, waardoor de effecten van de nieuwe tariefstructuur niet goed kunnen worden ingeschat.
- Het werkelijk dagverbruik zal veelvuldig buiten de 8%-bandbreedte op de gecontracteerde dagvolumes vallen met als gevolg toeslagen op de flexibiliteitsprijs. Door te anticiperen kan het aantal bandbreedteoverschrijdingen (veel) lager zijn.
- In de nieuwe tariefstructuur van AgroEnergy zijn incidentele capaciteit en virtueel vat als afzonderlijke opties vervallen. Dit kan nadelig zijn ten opzichte van het 'oude' CDS als niet dezelfde energiekostenbesparingen worden behaald.
- De anticipatiemogelijkheden warmtebuffer, temperatuurintegratie, scherm en alternatieve brandstoffen, kunnen bij de nieuwe tariefstructuur worden ingezet voor het beperken van de transportcapaciteit (uurbasis) of het beheersen van het dagvolume (24 uur). Dit vraagt van de teler een andere denkwijze, die er niet eenvoudiger op is geworden.

## 7. Conclusie en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies

De conclusies worden onderverdeeld in algemene conclusies, conclusies voor de bedrijfssituaties zonder scherm (voornamelijk tomatenbedrijven) en voor bedrijfssituaties met scherm (hoofdzakelijk komkommer en paprikabedrijven).

#### *Algemeen*

1. Combinaties van twee anticipatiemogelijkheden brengen meestal een hogere energiekostenbesparing met zich mee dan als ze enkelvoudig worden toegepast. De kostenbesparing is meestal lager dan de som van de enkelvoudig toegepaste anticipatiemogelijkheden. De reden hiervan is dat met het reduceren van de 'piekcapaciteit' de hoogste kostenbesparing wordt behaald.
2. Voor vrijwel alle combinaties geldt dat een eventuele begrenzing van het verwarmend oppervlak een (grote) negatieve invloed heeft op de te behalen kostenbesparing. Bij vruchtgroente gewassen is vrijwel altijd sprake van een vobegrenzing als er geen scherm aanwezig is op het bedrijf (A, B en C) of als het scherm overdag open (E) is bij extreem winterse omstandigheden.
3. Combinaties met zware olie blijken van alle combinaties economisch het meest aantrekkelijk. Zware olie als brandstof is uit milieuoogpunt en voor het imago van de glastuinbouw een minder gewenste ontwikkeling.

#### *Bedrijfssituaties zonder scherm*

1. Voor bedrijven met een relatief laag maximumgasverbruik per uur per ha (bedrijfssituatie C) is de combinatie zware olie en incidentele capaciteit het aantrekkelijkst. Daarna volgen combinaties van zware olie met scherm, met virtueel vat of (een aanwezige) warmtebuffer.
2. Voor bedrijven met een gemiddeld tot hoog maximumgasverbruik per uur per ha (A en B) is de combinatie scherm en zware olie het aantrekkelijkste alternatief bij hoge brandstofprijzen en een gunstige schermvariant. Voor bedrijven met een hoog maximumgasverbruik (A) blijkt deze combinatie het enige interessante alternatief.
3. Voor bedrijven met een hoog maximumgasverbruik (A) zijn weinig interessante combinaties aanwezig, omdat het verwarmend oppervlak begrenzend is in relatie tot het door de kas benodigde maximumgasverbruik per uur.
4. Als alternatief voor zware olie zijn onder de meest gunstige omstandigheden de combinaties met een energiescherm het aantrekkelijkst voor bedrijven met een gemiddeld (B) tot laag maximumgasverbruik per uur per ha (C). Bij minder gunstige omstandigheden is de combinatie warmtebuffer en incidentele capaciteit alleen interessant voor bedrijven met laag maximumgasverbruik per uur per ha (C).
5. Voor een gemiddelde schermvariant is een combinatie van energiescherm met zware olie alleen interessant in bedrijfssituatie C bij gelijktijdige hoge energieprijzen.

6. In bedrijfssituatie C is voor bedrijven met een gemiddelde schermvariant ook een kostenbesparing te behalen met enkelvoudige toepassing van schermen.
7. Het matige perspectief voor schermen om in te spelen op de liberalisering van de aardgasmarkt (en tevens de energiebesparing) heeft betrekking op vruchtgroentebedrijven met een tomatenteelt en is niet van toepassing op bedrijven zonder scherm met een komkommer of een paprikateelt.

#### *Bedrijfssituaties met scherm*

1. De combinatie zware olie en incidentele capaciteit is van alle combinaties het aantrekkelijkst. Daarna volgen combinaties van zware olie met virtueel vat of (een aanwezige) warmtebuffer.
2. Als alternatief voor zware olie is de combinatie warmtebuffer en incidentele capaciteit het aantrekkelijkst, gevolgd door de combinatie virtueel vat en incidentele capaciteit respectievelijk temperatuurintegratie en incidentele capaciteit.
3. Voor bedrijven met het scherm onder koude omstandigheden overdag gesloten (D; 1987) leveren alle combinaties een kostenbesparing op. Bij extreem koude periode (D; 1985) blijven alleen de combinaties van incidentele capaciteit en zware olie en warmtebuffer en incidentele capaciteit over.

#### *Effecten van de nieuwe tariefstructuur van AgroEnergy*

1. Met de gebruikte rekenmethodiek en rekenmodellen in deze studie kan geen kwalitatieve uitspraak worden gedaan over de effecten van de nieuwe tariefstructuur op de kostenbesparingen van de anticipatiemogelijkheden.
2. De nieuwe tariefstructuur vraagt een andere denkwijze van de teler, die er niet eenvoudiger op is geworden. Er zijn nu twee soorten capaciteiten die dienen te worden gecontracteerd, waarop geanticipeerd kan worden.

## **7.2 Aanbevelingen**

1. Bio-olie - op basis van plantaardige oliën en vetten - staat op dit moment sterk bij glastuinbouwondernemers in de belangstelling. De bijdrage van deze brandstof aan de energiekostenbesparing dient nader te worden onderzocht, mede vanwege haar positieve bijdrage aan het behalen van de energienormen (GLAMI-normen) in het kader van het Besluit Glastuinbouw.
2. In de praktijk worden op dit moment lage contractcapaciteiten met energieleveranciers afgesloten. Dit wordt mede ingegeven door de zachte winters in de afgelopen jaren. Het verdient aanbeveling de risico's omtrent de bepaling van de contractcapaciteit onder wisselende winterse omstandigheden nader te bestuderen bij lage contractcapaciteiten.
3. Met betrekking tot de nieuwe tariefstructuur van AgroEnergy is inzicht gewenst in de dagverbruiken om een vergelijking te kunnen maken met het oude CDS tariefstructuur. Tevens verschaft dit inzicht in de mate waarin de 8%-bandbreedte, waarbinnen geen toeslag wordt geheven, wordt overschreden.





## Literatuur

Benninga, J. en R. Bakker, *Pilotanalyse, aardgasverbruiken per uur op bedrijven met tomaat en paprika*. Intern rapport, LEI, Den Haag, 2001.

Benninga, J., N. van der Velden en J. Nienhuis, *Anticipatiemogelijkheden glastuinbouw liberalisering aardgasmarkt; Tussenrapportage belichte roos*. Intern rapport. LEI, Den Haag, 2002.

Nienhuis, J.K., J. Benninga en N.J.A. van der Velden, *Anticipatiemogelijkheden glastuinbouw liberalisering aardgasmarkt; Tussenrapportage extensieve gewassen*. Intern rapport. LEI, Den Haag, 2002.

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

Ravensbergen, P., J. Benninga en C. Vernooij, *Op zoek naar de grens; Een analyse van het gasverbruik per uur op vruchtgroente- en rozenbedrijven gemeten in koude periode*. Rapport 2.02.14. LEI, Den Haag, 2002.

Ruijs, M.N.A., J. Benninga en N.J.A. van der Velden, *Nieuwe tariefstructuur Agro Energy in de geliberaliseerde aardgasmarkt*. Intern rapport. LEI, Den Haag, 2003.

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, J. Benninga en J.K. Nienhuis, *Anticipatiemogelijkheden glastuinbouw liberalisering aardgasmarkt; Tussenrapportage vruchtgroente*. Rapport 2.01.12. LEI, Den Haag, 2001.

Velden, N.J.A. van der, *Analyse homogene groepen*. Intern rapport. LEI, Den Haag, 2002.



## Bijlage 1 Investering in stookinstallatie voor zware olie

Uitgangspunten:

- maximale installatievermogen: 0,9 MW per bedrijf;
- capaciteit: komt overeen met 108 m<sup>3</sup>/uur.ha.

Investeringsbedragen

<i>Onderdeel</i>	<i>Investering (euro)</i>
Tank, wand en stelling	9.100
Leidingen	900
Brander	20.000
Ketel	28.000
Totaal	58.000

Bijlage 2 Kostenbesparing door warmtebuffer en incidentele capaciteit, zowel enkelvoudig als in combinatie, voor verschillende bedrijfssituaties, waarbij het maximumgasverbruik begrensd kan zijn door het verwarmend oppervlak (vo) (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie			
	C	D (1987)	D (1985)	E
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	307	231	231	353
vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha				
Warmtebuffer enkelvoudig	0,02	0,36	0,33	0,25
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,25	0,48	0,24	0,09
Combinatie	0,25	0,70	0,42	n.v.t.
vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha				
Warmtebuffer enkelvoudig	0,08	0,24	0,33	0,42
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,42	0,48	0,24	0,25
Combinatie	0,46	0,70	0,42	0,50
vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha				
Warmtebuffer enkelvoudig	0,29	0,36	0,33	0,42
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,59	0,48	0,24	0,43
Combinatie	0,76	0,70	0,42	0,69

Bijlage 3 Kostenbesparing door de combinatie virtueel vat en incidentele capaciteit voor verschillende bedrijfssituaties, waarbij het maximumgasverbruik begrensd kan zijn door het verwarmend oppervlak (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie			
	C	D (1987)	D (1985)	E
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	307	231	231	353
vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha				
Virtueel vat enkelvoudig	0,00	0,33	0,48	0,18
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,25	0,48	0,24	0,09
combinatie	0,25	0,57	n.v.t.	<0,18
vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha				
Virtueel vat enkelvoudig	0,04	0,33	0,48	0,42
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,42	0,48	0,24	0,20
combinatie	0,32	0,57	n.v.t.	<0,42
vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha				
Virtueel vat enkelvoudig	0,28	0,33	0,48	0,70
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,59	0,48	0,24	0,43
combinatie	0,64	0,57	n.v.t.	<0,70

Bijlage 4 Kostenbesparingen voor de combinatie temperatuurintegratie - incidentele capaciteit voor verschillende bedrijfssituaties, grensbuitemperaturen en vo-begrenzings (exclusief energiebesparing) (€/m<sup>2</sup>.jaar).

	Bedrijfssituatie					
	C	C	D (1987)	D (1987)	E	E
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	307	307	231	231	353	353
Grens buitemtemperatuur	-11°C	-12°C	-11°C	-12°C	-11°C	-12°C
	vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	n.v.t.	n.v.t.	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,25	0,25	0,48	0,24	0,09	0,09
Combinatie	n.v.t.	n.v.t.	0,67	0,59	n.v.t.	n.v.t.
	vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	n.v.t.	n.v.t.	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,42	0,42	0,48	0,24	0,25	0,25
Combinatie	n.v.t.	n.v.t.	0,67	0,59	n.v.t.	n.v.t.
	vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	0,26	0,10	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,59	0,59	0,48	0,24	0,43	0,43
Combinatie	0,80	0,68	0,67	0,59	n.v.t.	n.v.t.

Bijlage 5 Kostenbesparingen voor de combinatie warmtebuffer en virtueel vat voor verschillende bedrijfssituaties en vo-begrenzings (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie		
	C	D (1987)	E
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	307	231	353
vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Warmtebuffer enkelvoudig	0,02	0,36	0,25
Virtueel vat enkelvoudig	n.v.t.	0,33	0,18
combinatie	n.v.t.	0,40	n.v.t.
vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Warmtebuffer enkelvoudig	0,08	0,36	0,42
Virtueel vat enkelvoudig	0,04	0,33	0,42
combinatie	0,07	0,40	<0,42
vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Warmtebuffer enkelvoudig	0,29	0,36	0,42
Virtueel vat enkelvoudig	0,28	0,33	0,70
combinatie	0,37	0,40	<0,70

## Bijlage 6 Kostenbesparingen voor de combinatie warmtebuffer en temperatuurintegratie voor verschillende bedrijfssituaties en vo-begrenzingsen (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie					
	C	C	D	D	E	E
Grenswaarde buitentemperatuur	-11	-12	-11	-12	-11	-12
	V0-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	n.v.t.	n.v.t.	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Warmtebuffer enkelvoudig	0,02	0,02	0,36	0,36	0,25	0,25
Combinatie	n.v.t.	n.v.t.	0,46	0,32	n.v.t.	n.v.t.
	V0-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	n.v.t.	n.v.t.	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Warmtebuffer enkelvoudig	0,08	0,08	0,24	0,24	0,42	0,42
Combinatie	n.v.t.	n.v.t.	0,46	0,32	n.v.t.	n.v.t.
	V0-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	0,26	0,10	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Warmtebuffer enkelvoudig	0,29	0,29	0,36	0,36	0,42	0,42
Combinatie	0,56	0,31	0,46	0,32	n.v.t.	n.v.t.



## Bijlage 7 Kostenbesparingen voor de combinatie virtueel vat en temperatuurintegratie voor verschillende bedrijfssituaties en vo-begrenzingsen (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie					
	C	C	D	D	E	E
Grenswaarde buitentemperatuur (°C)	-11	-12	-11	-12	-11	-12
	V0-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	n.v.t.	n.v.t.	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Virtueel vat enkelvoudig	n.v.t.	n.v.t.	0,33	0,33	0,25	0,25
Combinatie	n.v.t.	n.v.t.	0,38	0,29	n.v.t.	n.v.t.
	V0-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	n.v.t.	n.v.t.	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Virtueel vat enkelvoudig	n.v.t.	n.v.t.	0,33	0,33	n.v.t.	n.v.t.
Combinatie	n.v.t.	n.v.t.	0,38	0,29	n.v.t.	n.v.t.
	V0-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Temperatuurintegratie enkelvoudig	0,26	0,10	0,34	0,22	n.v.t.	n.v.t.
Virtueel vat enkelvoudig	0,28	0,28	0,33	0,33	0,42	0,42
Combinatie	0,43	0,29	0,38	0,29	n.v.t.	n.v.t.

## Bijlage 8 Kostenbesparingen voor de combinatie warmtebuffer en zware olie voor verschillende bedrijfssituaties (1,5 ha) en vo-begrenzings (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie en brandstofprijs					
	C		D		E	
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	307; prijs hoog	307; prijs laag	231; prijs hoog	231; prijs laag	353; prijs hoog	353; prijs laag
	vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Warmtebuffer enkelvoudig	0	0	0,36	0,36	0,25	0,25
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	1,01	0,72	1,19	0,94	0,92	0,60
Combinatie exclusief ketel	1,01	0,72	1,64	1,32	1,29	1,04
Combinatie inclusief ketel	0,78	0,48	1,41	1,09	1,05	0,64
	vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Warmtebuffer enkelvoudig	0,08	0,08	0,36	0,36	0,42	0,42
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	1,06	0,81	1,19	0,94	0,95	0,68
Combinatie exclusief ketel	1,13	0,90	1,64	1,32	1,40	1,11
Combinatie inclusief ketel	0,87	0,66	1,41	1,09	1,17	1,08
	vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Warmtebuffer enkelvoudig	0,29	0,29	0,36	0,36	0,42	0,42
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	1,07	1,19	1,19	0,94	0,87	0,65
Combinatie exclusief ketel	1,41	1,20	1,64	1,32	1,46	1,20
Combinatie inclusief ketel	1,18	0,97	1,41	1,09	1,22	0,96

Bijlage 9 Kostenbesparingen voor de combinatie warmtebuffer en zware olie voor verschillende bedrijfssituaties (3 ha) en vo-begrenzings (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie en brandstofprijs					
	C		D		E	
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	307; prijs hoog	307; prijs laag	231; prijs hoog	231; prijs laag	353; prijs hoog	353; prijs laag
	vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Warmtebuffer enkelvoudig	0	0	0,36	0,36	0,25	0,25
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	0,47	0,35	0,51	0,44	0,39	0,27
Combinatie exclusief ketel	0,47	0,35	0,94	0,81	0,68	0,53
Combinatie inclusief ketel	0,36	0,23	0,82	0,69	0,56	0,41
	vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Warmtebuffer enkelvoudig	0,08	0,08	0,36	0,36	0,42	0,42
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	0,50	0,40	0,51	0,44	0,42	0,31
Combinatie exclusief ketel	0,51	0,49	0,94	0,81	0,86	0,73
Combinatie inclusief ketel	0,43	0,37	0,82	0,69	0,75	0,62
	vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Warmtebuffer enkelvoudig	0,29	0,29	0,36	0,36	0,42	0,42
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	0,55	0,45	0,51	0,44	0,40	0,36
Combinatie exclusief ketel	0,56	0,74	0,94	0,81	0,99	0,78
Combinatie inclusief ketel	0,76	0,63	0,82	0,69	0,77	0,66

## Bijlage 10 Kostenbesparingen voor de combinatie virtueel vat en zware olie voor verschillende bedrijfssituaties (1,5 ha) en vo-begrenzings (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie en brandstofprijs					
	C		D		E	
Maximumgas-verbruik zonder vo-begrenzing	307; prijs hoog	307; prijs laag	231; prijs hoog	231; prijs laag	353; prijs hoog	353; prijs laag
	vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Virtueel vat enkelvoudig	0	0	0,33	0,33	0,18	0,18
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	1,01	0,72	1,19	0,94	0,92	0,60
Combinatie exclusief ketel	n.v.t.	n.v.t.	1,71	1,07	1,43	1,02
Combinatie inclusief ketel	n.v.t.	n.v.t.	1,47	0,75	1,19	0,61
	vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Virtueel vat enkelvoudig	0,04	0,04	0,33	0,33	0,42	0,42
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	1,06	0,81	1,19	0,94	0,95	0,68
Combinatie exclusief ketel	1,13	0,83	1,71	1,07	1,67	0,73
Combinatie inclusief ketel	0,89	0,59	1,47	0,75	1,44	0,72
	vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Virtueel vat enkelvoudig	0,28	0,28	0,33	0,33	0,70	0,70
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	1,07	0,90	1,19	0,94	0,87	0,65
Combinatie exclusief ketel	1,46	1,20	1,71	1,07	1,95	1,52
Combinatie inclusief ketel	1,23	0,98	1,47	0,75	1,71	1,29

## Bijlage 11 Kostenbesparingen voor de combinatie virtueel vat en zware olie voor verschillende bedrijfssituaties (3 ha) en vo- begrenzingen (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie en brandstofprijs					
	C		D		E	
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	307; prijs hoog	307; prijs laag	231; prijs hoog	231; prijs laag	353; prijs hoog	353; prijs laag
	vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Virtueel vat enkelvoudig	0	0	0,33	0,33	0,18	0,18
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	0,47	0,35	0,51	0,44	0,39	0,27
Combinatie exclusief ketel	n.v.t.	n.v.t.	0,82	0,92	0,66	0,47
Combinatie inclusief ketel	n.v.t.	n.v.t.	0,71	0,79	0,54	0,35
	vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Virtueel vat enkelvoudig	0,04	0,04	0,33	0,33	0,42	0,42
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	0,50	0,40	0,51	0,44	0,42	0,31
Combinatie exclusief ketel	0,61	0,36	0,82	0,92	0,90	0,74
Combinatie inclusief ketel	0,65	0,33	0,71	0,79	0,79	0,63
	vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha					
Virtueel vat enkelvoudig	0,28	0,28	0,33	0,33	0,70	0,70
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	0,55	0,45	0,51	0,44	0,40	0,36
Combinatie exclusief ketel	0,63	0,35	0,82	0,92	0,56	1,07
Combinatie inclusief ketel	0,74	0,63	0,71	0,79	0,46	0,95

Bijlage 12 Kostenbesparingen voor de combinatie temperatuurintegratie en zware olie voor verschillende grensbuitentemperaturen voor situatie D (€/m<sup>2</sup>.jaar)

Grensbuitentemperatuur	Energieprijs hoog	Energieprijs laag
-11°C		
Temperatuurintegratie enkelvoudig	0,34	0,34
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	0,63	0,55
Combinatie exclusief ketel	1,60	1,31
Combinatie inclusief ketel	1,36	1,07
Grensbuitentemperatuur		
-12°C		
Temperatuurintegratie enkelvoudig	0,22	0,22
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	0,68	0,60
Combinatie exclusief ketel	1,50	1,23
Combinatie inclusief ketel	1,27	1,00

## Bijlage 13 Kostenbesparingen voor de combinatie incidentele capaciteit en zware olie voor bedrijfssituatie C, D ('85 en '87) en E (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie en brandstofprijs							
	C; '87		D; '85		D; '87		E	
	307; prijs hoog	307; prijs laag	231; prijs hoog	231; prijs laag	231; prijs hoog	231; prijs laag	353; prijs hoog	353; prijs laag
vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha; 1,5 ha								
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,42	0,42	0,24	0,24	0,48	0,48	0,26	0,26
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	1,06	0,81	1,19	0,94	1,19	0,94	0,95	0,68
Combinatie exclusief ketel	1,86	1,32	1,61	1,31	2,21	1,62	1,42	0,97
Combinatie inclusief ketel	1,63	1,08	1,37	0,98	1,98	1,30	1,19	0,96
vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha; 1,5 ha								
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,60	0,60	0,24	0,24	0,48	0,48	0,43	0,43
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	1,07	0,90	1,19	0,94	1,19	0,94	0,87	0,65
Combinatie exclusief ketel	2,17	1,47	1,61	1,31	2,21	1,62	1,73	1,19
Combinatie inclusief ketel	1,81	1,24	1,37	0,98	1,98	1,30	1,37	1,18
vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha; 3 ha								
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,42	0,42	0,24	0,24	0,48	0,48	0,26	0,26
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	0,50	0,40	0,51	0,44	0,51	0,44	0,42	0,31
Combinatie exclusief ketel	1,08	0,76	0,71	0,84	1,05	1,17	0,73	0,58
Combinatie inclusief ketel	1,12	0,73	0,61	0,72	0,93	1,04	0,53	0,47
vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha; 3 ha								
Incidentele capaciteit enkelvoudig	0,60	0,60	0,24	0,24	0,48	0,48	0,43	0,43
Zware olie enkelvoudig excl. Ketel	0,55	0,45	0,51	0,44	0,51	0,44	0,40	0,36
Combinatie exclusief ketel	0,98	0,74	0,71	0,84	1,05	1,17	0,89	1,39
Combinatie inclusief ketel	1,09	0,93	0,61	0,72	0,93	1,04	0,78	0,64

Bijlage 14 Kostenbesparing door scherm <sup>1</sup> en warmtebuffer, zowel enkelvoudig als in combinatie voor verschillende bedrijfssituaties, waarbij het maximumgasverbruik begrensd kan zijn door het verwarmend oppervlak (vo). (simulatie op basis van 11 etmalen) (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie		
	A	B	C
Maximum gas-verbruik zonder vo-begrenzing	445	376	307
Vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Scherm enkelvoudig:			
- hoge energieprijis	-2,31/-0,72	-2,15/-0,56	-1,30/0,04
- lage energieprijis	-2,78/-1,66	-2,62/-1,51	-1,77/-0,90
Warmtebuffer enkelvoudig	0	0	0,02
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-2,25/-0,66	-1,79/-0,20	-1,03/0,31
- lage energieprijis	-2,72/-1,60	-2,26/-1,15	-1,50/-0,63
Vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Scherm enkelvoudig:			
- hoge energieprijis	-2,31/-0,72	-1,67/-0,17	-0,81/0,28
- lage energieprijis	-2,78/-1,66	-2,14/-1,12	-1,28/-0,66
Warmtebuffer enkelvoudig	0	0	0,08
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-2,04/-0,45	-1,31/0,19	-0,54/0,55
- lage energieprijis	-2,51/-1,39	-1,78/-0,76	-1,01/-0,39
Vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Scherm enkelvoudig:			
- hoge energieprijis	-1,80/-0,26	-1,15/0,18	-0,29/0,49
- lage energieprijis	-2,28/-1,21	-1,62/-0,77	-0,76/-0,45
Warmtebuffer enkelvoudig	0	0,02	0,29
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-1,53/0,01	-0,79/0,54	-0,02/0,76
- lage energieprijis	-2,01/-0,94	-1,26/-0,41	-0,49/-0,18

1) Gemiddelde schermssituatie: 10% energiebesparing, -5% licht en -1% klimaateffect

Gunstige schermssituatie: 20% energiebesparing, -2% licht en -2% klimaateffect (cursief)



Bijlage 15 Kostenbesparing door scherm <sup>1)</sup> en incidentele capaciteit (klimaatjaar 1985), zowel enkelvoudig als in combinatie voor verschillende bedrijfssituaties, waarbij het maximumgasverbruik begrensd kan zijn door het verwarmend oppervlak (vo) (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie		
	A	B	C
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	445	376	307
vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Schermsituatie:			
- hoge energieprijis	-2,31/-0,72	-2,15/-0,56	-1,30/0,04
- lage energieprijis	-2,78/-1,66	-2,62/-1,51	-1,77/-0,90
Incidentele capaciteit enkelvoudig (21 etmalen)	0	0	0
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-2.20/-0,61	-1.91/-0,32	-1.11/0,23
- lage energieprijis	-2.67/-1,55	-2.38/-1,27	-1.58/-0,71
vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Schermsituatie:			
- hoge energieprijis	-2,31/-0,72	-1,67/-0,17	-0,81/0,28
- lage energieprijis	-2,78/-1,66	-2,14/-1,12	-1,28/-0,66
Incidentele capaciteit enkelvoudig (21 etmalen)	0	0	0.11
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-2.03/-0,44	-1.43/0,07	-0.62/0,47
- lage energieprijis	-2.50/-1,38	-1.90/-0,88	-1.09/-0,47
vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Schermsituatie:			
- hoge energieprijis	-1,80/-0,26	-1,15/0,17	-0,29/0,49
- lage energieprijis	-2,28/-1,21	-1,62/-0,77	-0,76/-0,49
Incidentele capaciteit enkelvoudig (21 etmalen)	0	0	0.28
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-1.52/0,02	-0.91/0,42	-0.10/0,68
- lage energieprijis	-2.00/-0,93	-1.38/-0,53	-0.57/-0,26

1) Gemiddelde schermssituatie: 10% energiebesparing, -5% licht en -1% klimaateffect

Gunstige schermssituatie: 20% energiebesparing, -2% licht en -2% klimaateffect (cursief)

Bijlage 16 Kostenbesparing door scherm <sup>1)</sup> en virtueel vat, zowel enkelvoudig als in combinatie voor verschillende bedrijfssituaties, waarbij het maximumgasverbruik begrensd kan zijn door het verwarmend oppervlak (vo), (virtueel vat voor 11 etmalen) (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie		
	A	B	C
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	445	376	307
vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Scherminkelvoudig:			
- hoge energieprijis	-2,31/-0,72	-2,15/-0,56	-1,30/0,04
- lage energieprijis	-2,78/-1,66	-2,62/-1,51	-1,77/-0,90
Virtueel vat enkelvoudig	0	0	0
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-2,22/-0,63	-1,82/-0,23	-1,10/0,24
- lage energieprijis	-2,69/-1,57	-2,29/-1,18	-1,57/-0,70
vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Scherminkelvoudig:			
- hoge energieprijis	-2,31/-0,72	-1,67/-0,17	-0,81/0,28
- lage energieprijis	-2,78/-1,66	-2,14/-1,12	-1,28/-0,66
Virtueel vat enkelvoudig	0	0	0,04
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-2,04/-0,45	-1,34/0,16	-0,61/0,48
- lage energieprijis	-2,51/-1,39	-1,81/-0,79	-1,08/-0,46
Vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Scherminkelvoudig:			
- hoge energieprijis	-1,80/-0,26	-1,15/0,18	-0,29/0,49
- lage energieprijis	-2,28/-1,21	-1,62/-0,77	-0,76/-0,45
Virtueel vat enkelvoudig	0	0	0,28
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-1,53/0,01	-0,82/0,51	-0,09/0,69
- lage energieprijis	-2,01/-0,94	-1,29/-0,44	-0,56/-0,25

1) Gemiddelde schermsituatie: 10% energiebesparing, -5% licht en -1% klimaateffect  
 Gunstige schermsituatie: 20% energiebesparing, -2% licht en -2% klimaateffect (cursief)

Bijlage 17 Kostenbesparing door scherm <sup>1)</sup> en temperatuur-integratie, zowel enkelvoudig als in combinatie voor verschillende bedrijfssituaties, waarbij het maximumgasverbruik begrensd kan zijn door het verwarmend oppervlak (vo) (€/m<sup>2</sup>.jaar)

	Bedrijfssituatie		
	A	B	C
Maximumgasverbruik zonder vo-begrenzing	445	376	307
Vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Schermsituatie:			
- hoge energieprijis	-2,31/-0,72	-2,15/-0,56	-1,30/0,04
- lage energieprijis	-2,78/-1,66	-2,62/-1,51	-1,77/-0,90
Temperatuurintegratie enkelvoudig	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-2,39/-0,80	-1,81/-0,22	-1,06/0,28
- lage energieprijis	-2,86/-1,74	-2,28/-1,17	-1,53/-0,66
Vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Schermsituatie:			
- hoge energieprijis	-2,31/-0,72	-1,67/-0,17	-0,81/0,28
- lage energieprijis	-2,78/-1,66	-2,14/-1,12	-1,28/-0,66
Temperatuurintegratie enkelvoudig	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-1,89/-0,30	-1,33/0,17	-0,57/0,52
- lage energieprijis	-2,36/-1,24	-1,80/-0,78	-1,04/-0,42
Vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha			
Schermsituatie:			
- hoge energieprijis	-1,80/-0,26	-1,15/0,18	-0,29/0,49
- lage energieprijis	-2,28/-1,21	-1,62/-0,77	-0,76/-0,45
Temperatuurintegratie enkelvoudig	N.v.t.	N.v.t.	0,38
Combinatie:			
- hoge energieprijis	-1,38/0,16	-0,01/0,52	-0,05/0,73
- lage energieprijis	-1,86/-0,79	-1,28/-0,43	-0,52/-0,21

1) Gemiddelde schermssituatie: 10% energiebesparing, -5% licht en -1% klimaateffect  
 Gunstige schermssituatie: 20% energiebesparing, -2% licht en -2% klimaateffect (cursief)

## Bijlage 18 Kostenbesparingen voor de combinatie energie- scherm<sup>1)</sup> en zware olie voor verschillende bedrijfssituaties (1,5 ha) en vo-begrenzings (€/m<sup>2</sup>.jaar)

Max gasverbruik zonder vo- begrenzing Brand- stoftarief	Bedrijfssituatie					
	A		B		C	
	445 hoog	445 laag	376 hoog	376 laag	307 hoog	307 laag
Vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha						
Schermscherm enkelvoudig	-2.31 <i>-0,72</i>	-2.78 <i>-1,66</i>	-2.15 <i>-0,56</i>	-2.62 <i>-1,51</i>	-1.30 <i>0,04</i>	-1.77 <i>-0,90</i>
Zware olie enkel- voudig excl. ketel	0.90	0.47	0.91	0.57	1.01	0.72
Combinatie excl. ketel	-1.17 <i>0,42</i>	-1.94 <i>-0,82</i>	-0.96 <i>0,63</i>	-1.68 <i>-0,57</i>	0.08 <i>1,42</i>	-0.77 <i>0,10</i>
Combinatie incl. ketel	-1.40 <i>0,19</i>	-2.17 <i>-1,05</i>	-1.19 <i>0,40</i>	-1.91 <i>-0,80</i>	-0.16 <i>1,18</i>	-1.00 <i>-0,13</i>
Vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha						
Schermscherm enkelvoudig	-2.31 <i>-0,72</i>	-2.78 <i>-1,66</i>	-1.67 <i>-0,17</i>	-2.14 <i>-1,12</i>	-0.81 <i>0,28</i>	-1.28 <i>-0,66</i>
Zware olie enkel- voudig excl. ketel	0.81	0.51	0.91	0.64	1.06	0.81
Combinatie excl. ketel	-1.17 <i>0,42</i>	-1.84 <i>-0,72</i>	-0.48 <i>1,02</i>	-1.20 <i>-0,18</i>	0.57 <i>1,66</i>	-0.28 <i>0,34</i>
Combinatie incl. ketel	-1.40 <i>0,19</i>	-2.07 <i>-0,95</i>	-0.71 <i>0,79</i>	-1.43 <i>-0,41</i>	0.33 <i>1,43</i>	-0.51 <i>0,11</i>
Vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha						
Schermscherm enkelvoudig	-1.80 <i>-0,26</i>	-2.28 <i>-1,21</i>	-1.15 <i>0,18</i>	-1.62 <i>-0,77</i>	-0.29 <i>0,49</i>	-0.76 <i>-0,45</i>
Zware olie enkel- voudig excl. ketel	0.81	0.57	0.95	0.72	1.07	1.19
Combinatie excl. ketel	-0.66 <i>0,88</i>	-1.34 <i>-0,27</i>	0.04 <i>1,37</i>	-0.68 <i>0,17</i>	1.09 <i>1,87</i>	0.24 <i>0,55</i>
Combinatie incl. ketel	-0.89 <i>0,65</i>	-1.57 <i>-0,50</i>	-0.19 <i>1,14</i>	-0.91 <i>-0,06</i>	0.85 <i>1,64</i>	-0.02 <i>0,32</i>

1) Gemiddelde schermsituatie: 10% energiebesparing, -5% licht en -1% klimaateffect  
Gunstige schermsituatie: 20% energiebesparing, -2% licht en -2% klimaateffect (cursief)

## Bijlage 19 Kostenbesparingen voor de combinatie energie- scherm<sup>1)</sup> en zware olie voor verschillende bedrijfssituaties (3 ha) en vo-begrenzungen (€/m<sup>2</sup>.jaar)

Max gasverbr zonder vo- begrenzing Brandstoftarief	Bedrijfssituatie					
	A		B		C	
	445	445	376	376	307	307
	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag
Vo-begrenzing 240 m <sup>3</sup> /uur.ha						
Schermscherm enkelvoudig	-2.31 <i>-0.72</i>	-2.78 <i>-1.66</i>	-2.15 <i>-0.56</i>	-2.62 <i>-1.51</i>	-1.30 <i>0.04</i>	-1.77 <i>-0.90</i>
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	0.35	0.20	0.42	0.28	0.47	0.35
Combinatie excl. ketel	-1.74 <i>-0.15</i>	-2.34 <i>-1.22</i>	-1.56 <i>0.03</i>	-2.14 <i>-1.03</i>	-0.68 <i>0.66</i>	-1.28 <i>-0.41</i>
Combinatie incl. ketel	-1.86 <i>-0.27</i>	-2.46 <i>-1.34</i>	-1.68 <i>-0.09</i>	-2.25 <i>-1.15</i>	-0.79 <i>0.54</i>	-1.40 <i>-0.53</i>
Vo-begrenzing 270 m <sup>3</sup> /uur.ha						
Schermscherm enkelvoudig	-2.31 <i>-0.72</i>	-2.78 <i>-1.66</i>	-1.67 <i>-0.17</i>	-2.14 <i>-1.12</i>	-0.81 <i>0.28</i>	-1.28 <i>-0.66</i>
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	0.34	0.22	0.44	0.32	0.50	0.40
Combinatie excl. ketel	-1.74 <i>-0.15</i>	-2.29 <i>-1.17</i>	-1.08 <i>0.42</i>	-1.66 <i>-0.64</i>	-0.19 <i>0.90</i>	-0.79 <i>-0.17</i>
Combinatie incl. ketel	-1.86 <i>-0.27</i>	-2.41 <i>-1.29</i>	-1.20 <i>0.30</i>	-1.77 <i>-0.76</i>	-0.30 <i>0.78</i>	-0.91 <i>-0.29</i>
Vo-begrenzing 300 m <sup>3</sup> /uur.ha						
Schermscherm enkelvoudig	-1.80 <i>-0.26</i>	-2.28 <i>-1.21</i>	-1.15 <i>0.18</i>	-1.62 <i>-0.77</i>	-0.29 <i>0.49</i>	-0.76 <i>-0.45</i>
Zware olie enkelvoudig excl. ketel	0.36	0.25	0.46	0.36	0.55	0.45
Combinatie excl. ketel	-1.23 <i>0.31</i>	-1.79 <i>-0.72</i>	-0.56 <i>0.77</i>	-1.14 <i>-0.29</i>	0.33 <i>1.11</i>	-0.27 <i>0.04</i>
Combinatie incl. ketel	-1.35 <i>0.19</i>	-1.91 <i>-0.84</i>	-0.68 <i>0.65</i>	-1.25 <i>-0.41</i>	0.22 <i>0.99</i>	-0.39 <i>-0.08</i>

1) Gemiddelde schermsituatie: 10% energiebesparing, -5% licht en -1% klimaateffect  
 Gunstige schermsituatie: 20% energiebesparing, -2% licht en -2% klimaateffect (cursief)