

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700, fax 0174-636835

TEMPERATUURGRENZEN AAN DE TEELT VAN TOMAAT BIJ MINIMALISEREN VAN DE GASAANSLUITWAARDE

Fase 1. Voorstudie temperatuurval en technische oplossingen

Project 5084.1

A.A. Rijdsdijk
Naaldwijk, juli 2000

Rapport 285
Prijs f 35,00

INHOUD

SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	6
2. MATERIAAL EN METHODE	7
2.1 ECP MODEL	7
2.2 BUITENKLIMAAT	7
2.3 UITGANGSPUNTEN TEELT EN KASKLIMAAT	7
2.4 UITGANGSPUNTEN VOOR COMPENSATIE WARMTEKORT	8
3. RESULTATEN	9
3.1 AANSLUITWAARDE EN GEREALISEERDE TEMPERATUUR	9
3.2 EFFECT ENERGIESCHERM OP GEREALISEERDE TEMPERATUUR	9
3.3 EFFECT WARMTEBUFFER OP GEREALISEERDE TEMPERATUUR	10
3.4 EFFECT TEMPERATUURINTEGRATIE OP GEREALISEERDE TEMPERATUUR	10
4. EVALUATIE CDS-SYSTEEM	12
5. DISCUSSIE	13
6. CONCLUSIES	15
7. LITERATUUR	17
Bijlage 1. Temperatuurverloop bij verschillende aansluitwaarden	19
Bijlage 2. Effect van een energiescherm op het temperatuurverloop	21
Bijlage 3. Effect van temperatuurintegratie op de temperatuursomafwijking	23

SAMENVATTING

Als het CDS-systeem van kracht wordt is het voor een tuinder van groot belang zijn gaskosten te beperken door een zo laag mogelijke maximum gasafname per uur te contracteren. Daarmee loopt hij het risico dat er in zeer koude perioden een te lage temperatuur in de kas ontstaat. Voorafgaand aan een proef, waarbij het effect van een lage temperatuur op de groei en ontwikkeling van tomaat wordt onderzocht, is eerst gekeken hoe laag de kastemperatuur wordt bij verschillende aansluitwaarden onder extreem koude buitenomstandigheden. De resultaten hiervan staan in dit rapport, evenals maatregelen die genomen kunnen worden om dit warmtetekort op te heffen. De berekeningen zijn gemaakt voor een moderne, vierkante venlokas met een maximale gevelisolatie. Voor een vergelijk met een gemiddeld bedrijf zullen de gasaansluitwaarden met 10 tot 20% moeten worden verhoogd.

Als uitgangspunt is een tomatenteelt gekozen met planting in week 48. Met het ECP-model (Rijdsijk en Houter, 1993) is berekend wat het effect op de kastemperatuur is bij gasaansluitwaarden tussen 250 en 75 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ en als buitenklimaat de koudste periode van de afgelopen 10 jaar. Dit bleek 31 december 1996 tot 12 januari 1997 te zijn. Verder is een aanvullende berekening uitgevoerd voor de koudste periode die de afgelopen 30 jaar is opgetreden. Dit kan voor Nederlandse begrippen als het absolute minimum worden beschouwd. Er is berekend in hoeverre met een LS-10 schermdoek of PE-folie het warmtetekort kan worden voorkomen en naar de bijdrage die een warmtebuffer of temperatuurintegratie kunnen leveren bij het opheffen van het temperatuurtekort.

Wanneer de gasaansluitwaarde onder de 200 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ komt ontstaat een temperatuurtekort. Met een energiescherm kan de gasaansluitwaarde verder zakken voordat een temperatuurtekort optreedt. Bij een LS-10 doek en een aansluiting van 100 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ is het warmtetekort ten opzichte van de standaard slechts één graaddag. De besparing van een PE-folie is iets minder. Zonder doek is het warmtetekort 114,7 graaddagen. Een doek of folie heeft veel meer invloed dan het gebruik van een warmtebuffer of temperatuurintegratie. Met een warmtebuffer van 100 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ kunnen slechts 4,6 graaddagen worden overbrugd zonder LS-10 doek en 6,6 graaddagen met doek. Bij temperatuurintegratie kan een afwijking van 2,5 °C na 2 weken volgens onderzoek (de Koning, 1988) nog goed worden gecompenseerd. Dat betekent dus een compensatiemogelijkheid van 35 graaddagen. Hier zit echter voor een tuinder risico aan.

Met een gasaansluitwaarde van 200 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ kan de winter van '96 – '97 goed worden overbrugd. Bij aanleg van een LS-10 doek kan het ook met een gasaansluitwaarde van 100 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$. De kostenbesparing van deze lagere aansluitwaarde is binnen het CDS-systeem uitgerekend. Daaruit blijkt dat de jaarkosten 51.228 gulden per ha lager uitkomen. De afschrijving van het scherm en de opbrengstderving moeten hier nog van afgetrokken worden. Bij een PE-folie is een gasaansluitwaarde van 150 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ voldoende. Het verschil in jaarkosten ten opzichte van de standaard komt dan op 30.983 gulden per jaar.

1. INLEIDING

Het openstellen van de gasmarkt betekent een verandering in de tarieven en tariefstructuren. Een kleinere gasaansluiting bespaart kosten, maar vergroot de kans op een te lage temperatuur onder winterse omstandigheden. Om de afweging te maken tussen kostenbesparing door een lage aansluitwaarde tegen het risico op opbrengstvermindering tijdens een extreme koudeperiode moeten de effecten van een langdurige koudeperiode op de productie kwantitatief bekend zijn.

Voordat in een proef het effect van koude op de groei en ontwikkeling wordt onderzocht dient eerst bekend te zijn wat voor een koudeperiode onder Nederlandse omstandigheden kan worden verwacht. Daartoe wordt in een eerste fase van dit project met het ECP-model uitgerekend wat de kastemperatuur wordt bij verschillende gasaansluitingen tijdens de koudste episode die de laatste 10 jaar in Nederland is opgetreden. Vervolgens wordt bekeken in hoeverre een temperatuurval kan worden beperkt door toepassing van technische mogelijkheden (energiescherm of een warmtebuffer) of door klimaatregeling (temperatuurintegratie). De resultaten van deze voorstudie worden gebruikt voor een economische evaluatie en voor het opzetten van een proef waarbij tomaten aan koude worden blootgesteld.

2. MATERIAAL EN METHODE

2.1 ECP MODEL

Een gevalideerd kas- en gewasmodel (ECP model; Rijdsijk en Houter, 1993) is toegepast om het energiegebruik te berekenen van een standaard tomatenteelt onder extreem koude buitenomstandigheden. Het model is zo aangepast dat het mogelijk is een maximum branderstand in te voeren. Het model berekent wat de kastemperatuur wordt indien onder koude omstandigheden de maximum branderstand onvoldoende is om de verwarmingstemperatuur te handhaven.

2.2 BUITENKLIMAAT

Het model rekent met uurgemiddelden van het buitenklimaat. Voor het bepalen van de koudste periode van afgelopen 10 jaar zijn datafiles van de weertoren van het PBG te Naaldwijk genomen. Van deze weertoren zijn de meest complete datafiles beschikbaar. De gerealiseerde extremen zullen minder zijn dan in het binnenland mag worden verwacht, omdat de zee voor nivellering van het klimaat zorgt. De winter van 1996 – 1997 bleek de laagste temperatuur te hebben en tevens de langste periode met een lage temperatuur. De laagste temperatuur werd gerealiseerd in de nacht van 1 op 2 januari 1997 en bedroeg $-12,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vanaf 20 december werden nachttemperaturen van -4 á $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ gemeten. De koudste periode liep van 31 december 1996 tot 12 januari 1997. De temperatuur over deze hele periode was gemiddeld $-5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, bij een gemiddelde windsnelheid van $3,8\text{ m.s}^{-1}$. Het verloop van buitentemperatuur en windsnelheid is grafisch weergegeven in bijlage 1. De berekeningen in dit verslag zijn voor deze periode uitgevoerd. De ergste koude die de afgelopen 30 jaar in Nederland is voorgekomen was in januari 1985. Toen werd in de Bilt een minimum temperatuur van $-18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ gemeten bij een windsnelheid van 12 m.s^{-1} (Benninga en van der Velden, 2000). Voor een beperkt aantal situaties is ook uitgerekend wat het effect van dit absolute minimum op de kastemperatuur is.

2.3 UITGANGSPUNTEN TEELT EN KASKLIMAAT

Er is gekozen voor een 'standaard' tomatenteelt met planting in week 48. Er wordt geteeld in een Venlokas met een CV-installatie met een rendement van 82% op de bovenwaarde. De rookgascondensor geeft een extra rendement van 5%. Er is een warmtebuffer van $100\text{ m}^3\text{.ha}^{-1}$ beschikbaar. Het model gaat uit van een oneindige kas, ofwel een kas zonder gevels. In de praktijk zal het gasverbruik 5 tot 10% hoger uitkomen dan berekend, afhankelijk van lengte / breedteverhouding en isolatie van de gevel.

Om na te gaan of de gewenste kastemperatuur gerealiseerd kan worden bij verschillende gasaansluitingen zijn vooral de setpoints voor verwarming van belang. In de koude periode rondom de jaarwisseling stond een verwarmingstemperatuur ingesteld van $19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ overdag met een stralingsverhoging van $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ over het traject van $80\text{--}130\text{ W.m}^{-2}$. De nachttemperatuur stond ingesteld op $18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Omschakeling van dag naar nacht

geschiedde vanaf een half uur voor zonsopkomst tot aan zonsopkomst. Voor de overgang van nacht naar dag geldt hetzelfde.

2.4 UITGANGSPUNTEN VOOR COMPENSATIE WARMTETEKORT

Standaard wordt de warmtebuffer alleen gebruikt om vanaf het voorjaar CO₂ te kunnen doseren. In de berekeningen wordt gekeken in hoeverre met een warmtebuffer een warmtetekort (negatieve temperatuursom) is te ondervangen. Uitgangspunt is een buffer van 100 m³.ha⁻¹. Verder wordt het nut van een beweegbaar scherm (LS-10) of foliescherm (PE-folie) berekend. Behalve in de techniek kan de oplossing ook worden gezocht in de klimaatregeling. Het effect van de toepassing van een meerdaagse temperatuurintegratieregeling wordt besproken, wel of niet in combinatie met technische oplossingen.

3. RESULTATEN

3.1 AANSLUITWAARDE EN GEREALISEERDE TEMPERATUUR

De tomatenteelt is doorgerekend met verschillende maximum branderstanden, aflopend van $250 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$ tot $75 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$. Het effect hiervan op het temperatuurverloop in de kas is te zien in Bijlage 1. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de gemiddelde temperatuur die werd gerealiseerd.

Tabel 1. Gerealiseerde kastemperatuur bij verschillende aansluitwaarden over de periode van 31-12-'96 tot 12-01-'97.

Max. branderst. ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$):	250	200	150	100	75
Tdag ($^{\circ}\text{C}$)	20.0	19.9	19.3	13.9	10.2
Tnacht ($^{\circ}\text{C}$)	18.5	18.5	18.1	12.9	9.1
Tetmaal ($^{\circ}\text{C}$)	19.1	19.1	18.6	13.3	9.5
Verschil Tsom (graaddagen)	0.0	-0.1	-6.3	-69.6	-114.7

Opvallend is dat met een maximum branderstand van $200 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$ het gewenste kasklimaat zo goed als geheel kon worden gerealiseerd. Bij een lagere branderstand neemt het warmtetekort snel toe. Vooral het verschil tussen 150 en $100 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$ is groot.

3.2 EFFECT ENERGIESCHERM OP GEREALISEERDE TEMPERATUUR

Het effect van een aansluitwaarde van $100 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$ is ook berekend voor een bedrijf waar het energieverlies wordt beperkt door het gebruik van een energiescherm. Er is gerekend met een LS-10 doek en een PE-folie. Beide schermen waren continu gesloten. Het effect hiervan op het temperatuurverloop in de kas is te zien in Bijlage 2. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de gemiddelde temperatuur die werd gerealiseerd.

Tabel 2. Gerealiseerde kastemperatuur in $^{\circ}\text{C}$ bij een aansluitwaarde van $100 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$ zonder en met gebruik van een scherm, over de periode van 31-12-'96 tot 12-01-'97.

Gebruikte scherm:	geen	LS-10	PE-folie
Tdag ($^{\circ}\text{C}$)	13.9	19.8	18.1
Tnacht ($^{\circ}\text{C}$)	12.9	18.4	16.9
Tetmaal ($^{\circ}\text{C}$)	13.3	19.0	17.4
Verschil Tsom t.o.v. $250 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$ (graaddagen)	-69.6	-1.0	-20.2

Een LS-10 doek heeft een besparing van rond de 30%. Dit blijkt genoeg te zijn om bij een branderstand van $100 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$ gemiddeld de gewenste kastemperatuur bijna te kunnen handhaven. Ten opzichte van een branderstand van $250 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}\text{u}^{-1}$ bij een teelt zonder scherm wordt in de koude periode een temperatuurachterstand van slechts 1 graaddag gerealiseerd. Een PE-folie geeft

duidelijk minder energiebesparing. De temperatuurachterstand loopt op tot ruim 20 graaddagen.

De absolute minimum kasttemperatuur die in Nederland kan worden verwacht is ook uitgerekend bij een gasaansluitwaarde van $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$. Daartoe is voor het buitenklimaat een temperatuur van $-18,3 \text{ }^\circ\text{C}$ aangehouden bij een windsnelheid van $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ gedurende de nacht. In tabel 3 is te zien wat de kasttemperatuur wordt als dit buitenklimaat gedurende korte of langere tijd heerst.

Tabel 3. Gerealiseerde kasttemperatuur in $^\circ\text{C}$ bij een aansluitwaarde van $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ en een vast buitenklimaat van $-18,3 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatuur en een windsnelheid van $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Blootstellingsduur:	2 uur	4 uur	8 uur
Geen scherm	3,8	2,9	1,9
LS-10 doek	12,3	11,7	11,0
PE folie	9,1	8,2	7,1

3.3 EFFECT WARMTEBUFFER OP GEREALISEERDE TEMPERATUUR

In hoeverre een warmtebuffer de energie kan leveren om een temperatuurtekort teniet te doen is uit te rekenen. Er wordt verondersteld dat de buffer met $50 \text{ }^\circ\text{C}$ is op te warmen (bijvoorbeeld van 40 tot $90 \text{ }^\circ\text{C}$). Het rendement is op 95% gesteld. De soortelijke warmte van water is $4,18 \text{ KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Dat betekent dat een warmtebuffer van $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ca. $2000 \text{ KJ} \cdot \text{m}^{-2}$ aan warmte kan leveren. Tijdens de koudeperiode bleek ca. $6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ nodig om $1 \text{ }^\circ\text{C}$ tussen binnen en buiten te overbruggen. Dit is gelijk aan $21,6 \text{ KJ} \cdot \text{u}^{-1}$. Met een volle warmtebuffer kunnen 111 graaduren, ofwel $4,6$ graaddagen worden geleverd. Bij gebruik van een energiescherm neemt de warmtebehoefte af. Bij een gesloten LS-10 scherm neemt het warmteverlies met 30% af tot ca. $4,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. In dat geval kan met dezelfde buffer een temperatuurtekort van $6,6$ graaddagen worden overbrugd.

3.4 EFFECT TEMPERATUURINTEGRATIE OP GEREALISEERDE TEMPERATUUR

In plaats van een tank met warm water kan ook het gewas zelf als een warmtebuffer worden benut. Er is aangetoond dat planten een warmtetekort tolereren als dit binnen bepaalde tijd maar wordt gecompenseerd, zodat de gemiddelde temperatuur over langere tijd op de gewenste waarde blijft (de Koning,). Bij tomaat bleek hierbij dat een afwijking gedurende twee weken nog goed gecompenseerd kan worden. In dit onderzoek is berekend of een branderstand van $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ voldoende is om binnen twee weken het temperatuurtekort te kunnen compenseren met temperaturen van maximaal $2,5$ of $5 \text{ }^\circ\text{C}$ boven het setpoint. Het resultaat is te zien in Bijlage 3.

Het blijkt dat de periode rondom de extreem koude weken ook nog zo koud zijn dat geen hogere temperatuur wordt gerealiseerd dan het setpoint. Er is maar een beperkte mogelijkheid tot compenseren. Als over een periode van twee weken wordt gecompenseerd met temperaturen van maximaal $2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ boven het

setpoint dan is de temperatuursomafwijking aan het eind -58,9 graaddagen. Wanneer een afwijking van maximaal +5 °C wordt getolereerd dan blijft een temperatuursomafwijking van -46,4 graaddagen over. Als in combinatie met een warmtebuffer wordt gewerkt dan kan een deel van de warmte (bijvoorbeeld tot 2,5 °C) naar het gewas worden gestuurd en een deel naar de opslagtank. Het is dan mogelijk om met een toegestane afwijking tot 2,5 °C toch op -46,4 graaddagen uit te komen. Als aan het begin van de periode met een volle buffer wordt gestart dan gaan hier nog eens 4,6 graaddagen vanaf. Netto blijft een temperatuurtekort van 41,8 graaddagen over.

4. EVALUATIE CDS-SYSTEEM

Gasunie heeft het CDS ingevoerd voor de nu vrije klanten met een verbruik boven de 50 miljoen m³. Op 1 januari 2000 gaat het in voor de klanten boven de 10 miljoen m³. Om te zien wat bovengenoemde uitgangspunten binnen het CDS-systeem betekenen voor de uiteindelijke gaskosten is hiermee een berekening gemaakt. De berekeningen zijn uitgevoerd met de berekeningsmodule van het LEI, welke op de internetsite van het PT staat (www.tuinbouw.nl). Het gasverbruik van een standaard tomatenteelt in het teeltseizoen '96 - '97 is als uitgangspunt gekozen en vergeleken met een teelt waarbij een scherm of folie is gebruikt (tabel 4). Het gasverbruik is met 10% verhoogd om het effect van een gevel mee te rekenen.

Tabel 4. Gasverbruik van een standaard tomatenteelt met en zonder scherm of folie in het teeltseizoen '96 - '97.

Teelt	Gasverbruik (m ³ .m ⁻²)
Standaard tomatenteelt	57,3
Standaard tomatenteelt met LS-10 doek ¹ .	51,3
Standaard tomatenteelt met PE-folie ² .	52,1

¹. Het doek is gesloten tussen zon onder en 1 uur na zon op, vanaf begin teelt tot half mei.

². Het folie is continu gesloten vanaf begin teelt tot half maart.

De overige uitgangspunten bij de berekeningen zijn:

- Commodityprijs: 24,836 ct.m⁻³
- Afstand tot entripoint: 75 km (Westland)
- Afstand tot Westbroek: 200 km (Westland)
- Diensten regionaal energiebedrijf: 3 ct.m⁻³

In tabel 5 staan de gaskosten volgens het CDS-systeem voor de verschillende uitgangspunten in vergelijking met de huidige gasprijs en in vergelijking met de standaard tomatenteelt. De berekeningen zijn gemaakt bij verschillende aansluitwaarden.

Tabel 5. Gaskosten volgens CDS voor de verschillende uitgangspunten in vergelijking met de huidige gasprijs en met de standaard tomatenteelt.

teelt	Aansluiting (m ³ .ha ⁻¹ .u ⁻¹)	Gasprijs (ct.m ⁻³)			Totale gaskosten (gld.ha ⁻¹)		
		volgens CDS	t.o.v. huidig	t.o.v. standrd	volgens CDS	t.o.v. huidig	t.o.v. standaard
Standaard	250	40,37	6,37	0,00	231310	38836	0
	200	37,18	3,59	-3.19	213017	20543	-18293
	150	33,98	0,39	-6.39	194725	2251	-36585
	100	30,79	-2,80	-9.58	176432	-16042	-54878
LS-10	200	38,67	5,04	-1.70	198374	25840	-32936
	150	35,10	1,47	-5.27	180081	7548	-51229
	100	31,54	-2,09	-8.83	161789	-10745	-69521
PE-folie	200	38,45	4,82	-1.92	200326	25134	-30984
	150	34,94	1,31	-5.43	182034	6841	-49276
	100	31,43	-2,20	-8.94	163741	11451	-67569

5. DISCUSSIE

Het ECP-model (Rijsdijk en Houter, 1993) gaat bij de berekeningen uit van een oneindige kas, ofwel een kas zonder gevels. Voor een modern, vierkant tuinbouwbedrijf met beperkte gevelisolatie moet het berekend gasverbruik met ca. 10% worden verhoogd om op het werkelijk verbruik uit te komen. Voor bedrijven met minder gunstige lengte-/breedteverhoudingen kan het meerverbruik oplopen tot zo'n 20%. Dat betekent dat de uitkomsten van de berekeningen gelden bij maximum branderstanden die 10 tot 20% hoger liggen.

In dit onderzoek is de koudste periode binnen de afgelopen 10 jaar als uitgangspunt gekozen voor de berekeningen. Onderzoek door het LEI laat zien dat er in de afgelopen 30 jaar perioden zijn geweest waarin het nog kouder is geweest dan de periode waarmee is gerekend (Benninga en van der Velden, 2000). Zo is bijvoorbeeld door het weerstation in de Bilt tussen 4 en 10 januari 1985 een temperatuur van $-18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ gemeten bij een windsnelheid van 12 m.s^{-1} .

De mogelijkheden die in dit rapport zijn genoemd om een periode met een warmtetekort op te vangen zijn allen betrekkelijk nieuw voor tomatentelers. Gebruik van de **warmtebuffer** is het eenvoudigst en meest voor de hand liggend. De meeste tomatentelers beschikken over een warmtebuffer en deze in de winter gebruiken geeft geen teeltrisico's. Het brengt wel extra moeite en/of kosten met zich mee. De buffer kan in de winter constant 'vol' gehouden worden als een soort verzekering, ook op momenten dat het niet nodig is. Dit kost warmteverlies maar vraagt verder geen aandacht. Om de warmteverliezen te beperken kan de buffer ook alleen gevuld worden als er een episode met zeer koud weer aankomt. Dit vraagt om een continue oplettendheid of een regelprogramma dat op basis van een weersverwachting werkt. Deze extra moeite of investering moet afgewogen worden tegen de energie die zo wordt bespaard. Verder moet in de overweging meegenomen worden dat de warmtebuffer maar een beperkte koudeperiode kan overbruggen. De tweede optie die met een beperkte investering kan worden toegepast is **temperatuurintegratie**. In de berekeningen is uitgegaan van de grenzen die in onderzoek zijn vastgesteld (de Koning, 1988). Deze liggen nog ver af van de grenzen die tuinders durven aan te houden, zo blijkt uit een praktijkproef met een gecombineerde temperatuurintegratieregeling (CTI-regeling), die het PBG momenteel in samenwerking van Hoogendoorn Automatisering B.V. uitvoert. Aan temperatuurintegratie zit een teeltrisico verbonden en dat is iets wat tuinders zoveel mogelijk uit de weg gaan. Korte koudeperiodes kunnen met een warmtebuffer en temperatuurintegratie uitstekend worden ondervangen. De enige manier om in een langere koudeperiode met een lage maximum branderstand te kunnen werken is gebruik maken van een **schermdoek of folie**. Aangezien scherminstallaties bij tomatenbedrijven nauwelijks aanwezig zijn is het voor de hand liggend om een folie in voorraad te nemen voor een eventuele koude periode. De moeilijke beslissing die hiermee gepaard gaat is wanneer het folie in de kas wordt getrokken en wanneer het er weer uit mag. Hierbij moet het lichtverlies en minder gunstige klimaat onder een folie worden afgewogen tegen de stookkosten en de kans op het optreden van een opvolgende koudeperiode.

Uit de berekeningen in hoofdstuk 3 blijkt dat een maximum branderstand van $200\text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{u}^{-1}$ voldoende is om de gewenste kastemperatuur in bijna alle gevallen te realiseren. Alleen op de koudste momenten ontstaat een klein, te verwaarlozen,

temperatuurtekort. Wanneer gebruik wordt gemaakt van een LS-10 doek dan is het mogelijk om bij een maximum branderstand van $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ de gewenste temperatuur praktisch in alle gevallen aan te houden. Het temperatuurtekort van 1 graaddag is eenvoudig en zonder enig risico met een warmtebuffer of temperatuurintegratie op te vangen. De gaskosten die hiermee binnen CDS worden bespaard ten opzichte van de standaard met een maximum branderstand van $200 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ bedragen 51.228 gulden per jaar. Dit zal op moeten wegen tegen de extra kosten voor het aanleggen van een scherm en de verwachte opbrengstderving door de schaduwwerking van het schermpakket.

Als niet voor een doek maar voor een folie wordt gekozen dan zal de maximum branderstand hoger moeten worden gekozen dan $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$, omdat de besparing ten opzichte van een doek wat lager is. Bij een maximum branderstand van $150 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ zal de gewenste temperatuur wel te realiseren zijn. De besparing op gaskosten ten opzichte van de standaard met een maximum branderstand van $200 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ komt dan uit op 30.983 gulden per jaar. De kostenbesparing ten opzichte van het aanleggen van een beweegbare scherminstallatie moet in dit geval worden afgewogen tegen de ongemakken van een vast folie.

6. CONCLUSIES

Uitgaande van een modern, groot warehouse met maximale gevelisolatie kan gesteld worden dat:

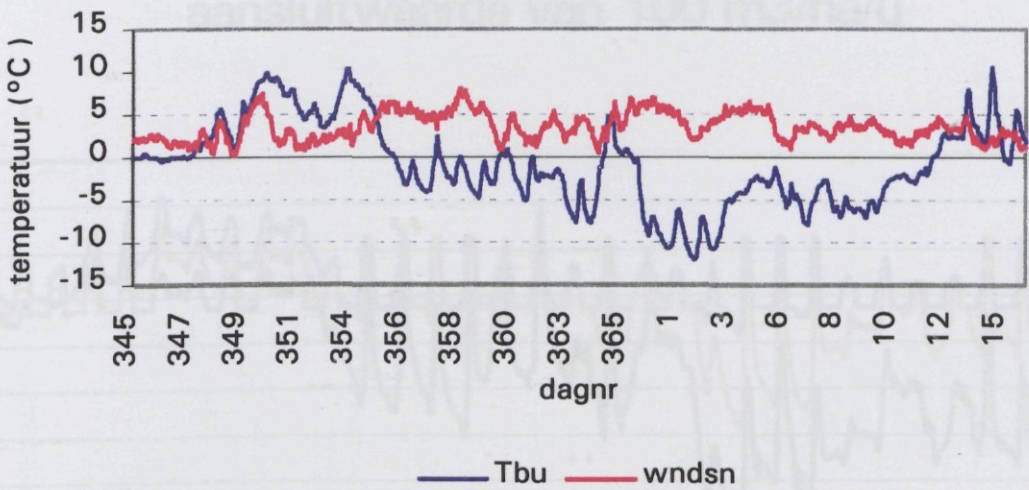
- een maximum branderstand onder de $200 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ onder extreem koude buitenomstandigheden een temperatuurtekort oplevert.
- het temperatuurtekort snel toeneemt naarmate de maximum branderstand verder wordt verlaagd.
- slechts een beperkt deel van dat temperatuurtekort met een warmtebuffer en/of temperatuurintegratie kan worden gecompenseerd.
- de enige oplossing die echt 'zoden aan de dijk zet' het gebruik van een energiescherm is.
- bij gebruik van een scherm een warmtebuffer en temperatuurintegratie ook meer invloed hebben.
- bij gebruik van een LS-10 de maximum branderstand aanzienlijk verlaagd kan worden.
- met een LS-10 doek binnen CDS tienduizenden guldens per jaar op gaskosten wordt bespaard.
- bij de keuze van de gasaansluitwaarde rekening gehouden moet worden met de gewenste CO₂ dosering in de zomer.

7. LITERATUUR

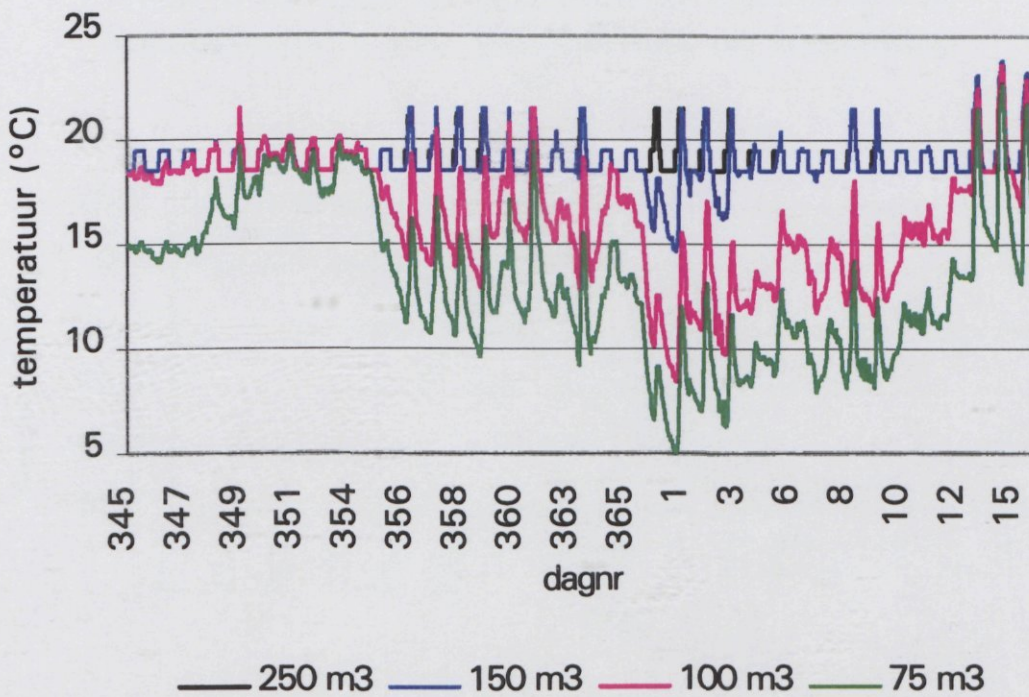
- Benninga, J. en N. van der Velden. Extreem lage buitentemperaturen komen regelmatig voor. Vakblad voor de bloemisterij 22: 48-49
- Koning, A.N.M. de, 1988. The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 63: 465-471
- Rijdsijk A.A. en Houter G., 1993. Validation of a model for energy consumption, CO₂ consumption and crop production (ECP-model). Acta Hort. 328: 125-131.

Bijlage 1. Temperatuurverloop bij verschillende aansluitwaarden

Verloop buitenklimaat '96 - '97

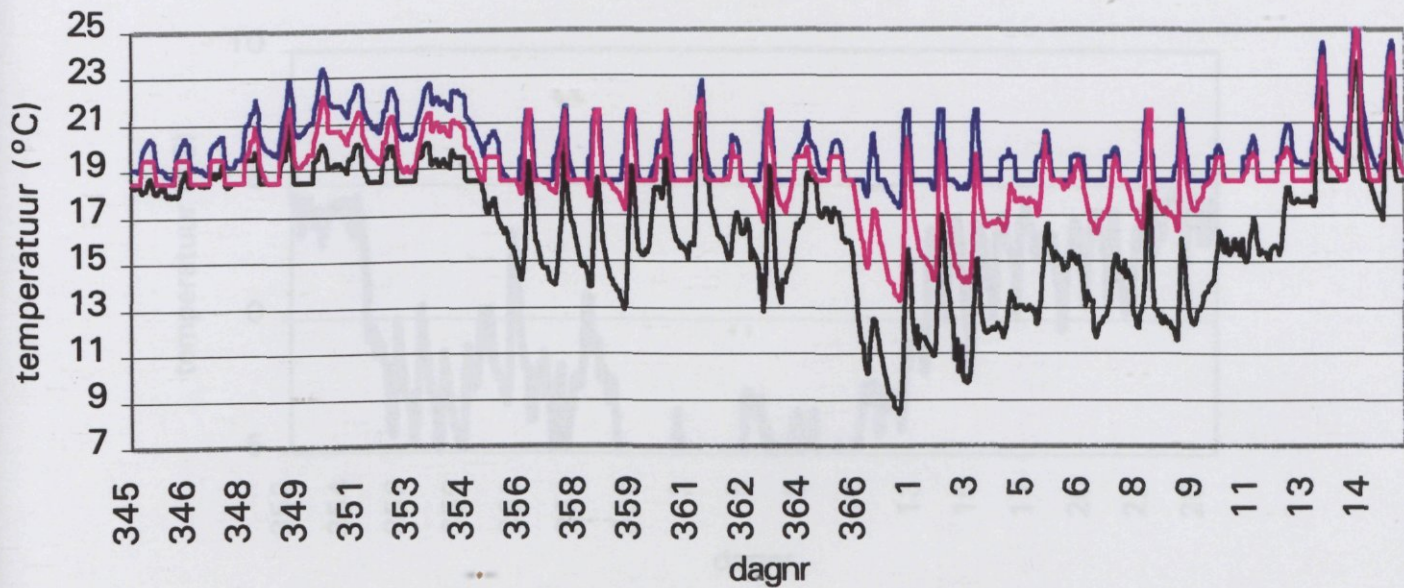


Temperatuurverloop bij verschillende aansluitwaarden



Bijlage 2. Effect van een energiescherm op temperatuurverloop

Effect energiescherm op temperatuurverloop bij een aansluitwaarde van 100 m³/ha/u

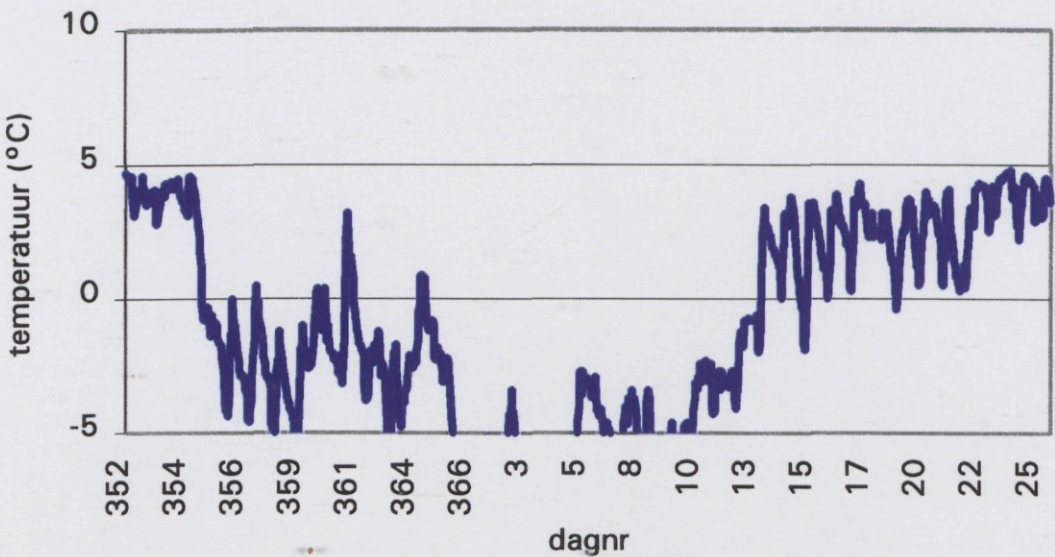


— 100 m3 — 100 m3 LS10 — 100 m3 PE-folie



**Bijlage 3. Effect van temperatuurintegratie op
temperatuursomafwijking**

**Temperatuurverschil tussen aansluitwaarde
100 m3/ha/u en setp. + 5 'C en standaard**



**Temperatuursomafwijking (graaddagen) bij een
aansluitwaarde van 100 m3/ha/u en toepassing
TI**

