Effecten combinatie temperatuurintegratie en energieschermen

N.J. van de Braak
J.B. Campen
F.L.K. Kempkes
H.F. de Zwart

september 2002

IMAG Rapport P2002-59

Onderzoek in het kader van het
Convenant Glastuinbouw en Milieu

Gefinancierd door:

Productschap Tuinbouw

landbouw, natuurbeheer en visserij

WAGENINGEN UR

Effecten combinatie temperatuurintegratie en energieschermen

N.J. van de Braak
J.B. Campen
F.L.K. Kempkes
H.F. de Zwart

© 2002
Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG)
Mansholtlaan 10-12
Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon 0317 - 476300
Telefax 0317 - 425670
www.imag.wageningen-ur.nl

IMAG-Rapport. Niets uit dit rapport mag elders worden vermeld, of worden vermenigvuldigd op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van IMAG.
Bronvermelding zonder weergave van de feitelijke inhoud is evenwel toegestaan, op voorwaarde van de volledige vermelding van: auteursnaam, jaartal, titel, instituut en rapportnummer.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, in any form of by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording of otherwise, without the prior written permission of IMAG.

Voorwoord

In het kader van het convenant Glastuinbouw en Milieu (GLAMI) hebben de overheid (ministeries van LNV en EZ) en de glastuinbouwsector (LTO Nederland) afspraken gemaakt over de maatschappelijke randvoorwaarden, met als horizon 2010. Als doelstellingen zijn geformuleerd:
"Het terugbrengen van het fossiele energiegebruik per eenheid product tot 35 % ten opzichte van dit gebruik in 1980" en "Het aandeel duurzame energie moet toegenomen zijn tot 4 %." De overheid heeft hier recent aan toegevoegd dat de glastuinbouw haar bijdrage moet leveren aan het terugdringen van de CO_2–uitstoot.

De inzet van energieschermen en kasklimaatregeling op basis van temperatuurintegratie kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de realisatie van die doelstellingen.

Tegen deze achtergronden zijn in de periode van december 2001 tot en met juli 2002 in opdracht van het ministerie voor LNV en het Productschap Tuinbouw (proj. nr. PT 10929) door het Instituut voor Milieu– en Agritechniek (IMAG bv), met medewerking van PPO–Naaldwijk de effecten op energieverbruik en kasklimaat onderzocht van energieschermen en temperatuurintegratie afzonderlijk en in combinatie met elkaar.

Inhoudsopgave

Voorwoord 1
Samenvatting 4
1 Inleiding 6
2 Onderzoeksopzet 7
2.1 Inleiding 7
2.2 Simulatiemodel 7
2.2.1 Temperatuurintegratie 7
2.2.2 Schermregeling 8
2.2.3 Kas en installatie 8
2.2.4 Klimaatinstellingen 8
2.3 Praktijkgegevens 9
2.4 Berekeningen en analyse 9
2.5 Tuindersbijeenkomst 9
3 Resultaten 10
3.1 Inleiding 10
3.2 Standaardomstandigheden 10
3.2.1 Paprika 10
3.2.2 Komkommer 11
3.2.3 Gerbera 13
3.3 Praktijkgegevens 15
3.3.1 Paprika 15
3.3.2 Komkommer 16
3.3.3 Gerbera 16
3.4 Invloed praktijkgegevens op energiebehoefte 17
3.4.1 Paprika 17
3.4.2 Komkommer 20
3.4.3 Gerbera 21
3.5 Gewascommissies 23
3.5.1 Paprika 23
3.5.2 Komkommer 24
3.5.3 Gerbera 25
4 Conclusies en aanbevelingen 26
4.1 Energiebesparingeffecten 26
4.2 Kasklimaateffecten 26
4.3 De praktijk 26
4.4 Aanbevelingen 27
Literatuur 28
Bijlage 1 Simulatiemodel KASPRO 29
Bijlage 2 Kas en installatie 31
Bijlage 3 Klimaatinstellingen 32
Bijlage 4 Interview tuinders 35

Samenvatting

Zowel temperatuurintegratie als schermen besparen energie. Tuinders lijken sceptisch te staan tegenover het gebruik van temperatuurintegratie en schermen met een schermkierregeling op vocht, in verband met de vrees voor onder andere te hoge luchtvochtigheid met als consequentie hoger risico voor ziekten en productieverlies. Een project op praktijkbedrijven zou kunnen bijdragen aan een betere acceptatie van beide energiebesparingsopties. Het ontbreekt echter aan informatie over de effecten van gecombineerde inzet van temperatuurintegratie en schermen op het energiegebruik en het kasklimaat. Alvorens met laag risico een project op bedrijven in de praktijk uit te voeren, waarin de scepsis van tuinders kan worden weggenomen ten aanzien van het gebruik van temperatuurintegratie en schermkierregeling, is het noodzakelijk eerst de effecten van de combinatie van beiden te onderzoeken.

Energiebesparing
Voor een drietal gewassen, paprika, komkommer en gerbera is met behulp van simulatieberekeningen de theoretisch haalbare besparing van de afzonderlijke inzet van temperatuurintegratie en schermen en een gecombineerde inzet van deze twee opties berekend. Ten opzichte van een situatie waarbij geen scherm en geen temperatuurintegratie worden toegepast, levert het gebruik van een scherm een besparing op van 32% bij paprika, 21% bij komkommer en 26% bij gerbera. De toepassing van alleen temperatuurintegratie over een etmaal met een bandbreedte van 2 °C geeft een besparing van respectievelijk 6, 12 en 4.5%. Het gecombineerde gebruik van temperatuurintegratie en schermen geeft voor de gewassen paprika, komkommer en gerbera respectievelijk een besparing van 37, 31 en 29%. De combinatie geeft dus steeds meer besparing dan de afzonderlijke opties.
Door middel van interviews is inzicht verkregen in de manier van gebruik van temperatuurintegratie en schermen zoals deze momenteel worden toegepast in de praktijk. Het gasverbruik bij de geïnterviewde tuinders was bij paprika, komkommer en gerbera gemiddeld respectievelijk 42, 42 en 45 m^3/m^2. Vergeleken met de gebruiken die uit de simulatieberekeningen komen voor gecombineerd gebruik van TI en schermen namelijk respectievelijk 41, 44 en 38 m^3/m^2, doen deze tuinders het gemiddeld lang niet slecht. Voor ieder van de gewassen, zijn de klimaatinstellingen van één van de geïnterviewde bedrijven gebruikt voor een analyse van de besparingsmogelijkheden in de praktijk. Hiervoor is met behulp van simulaties de bandbreedte, het aantal graaduren, de buitentemperatuur waarbij het scherm sluit en de ingezette maximale vochtkier gevarieerd. De grootste besparingen kunnen worden bereikt door een ruim ingestelde bandbreedte voor de temperatuurintegratie en door het reeds bij relatief hoge buitentemperatuur sluiten van het scherm. De op deze bedrijven behaalde besparing door temperatuurintegratie is bij paprika en gerbera ongeveer 3%, terwijl deze voor komkommer op ongeveer 7% ligt. De bereikte besparing is niet zo groot als theoretisch haalbaar en in praktijkproeven wel bereikt is. De belangrijkste redenen zijn de beperkte bandbreedte en de (vaak standaard) inzet van minimumbuis in plaats van selectieve inzet van minimumbuis op vocht. De op deze bedrijven bereikte besparingen door de inzet van schermen zijn voor paprika, komkommer en gerbera respectievelijk 38, 24 en 20%. Voor het gerberabedrijf is dat wat lager dan theoretisch haalbaar is, hetgeen is toe te schrijven aan de temperatuur waarbij het scherm gesloten wordt en het niet optimale gebruik van een schermkierregeling. De andere twee bedrijven doen het met de schermen beter dan de standaardberekening, hetgeen moet worden toegeschreven aan meer schermen overdag tijdens koude perioden. De komkommertelers presteren over de gehele lijn zowel met schermen als met temperatuurintegratie het best.
Zowel uit de interviews als uit raadpleging van de gewascommissies is gebleken dat in de praktijk door een aantal tuinders al een flink deel van de theoretisch haalbare besparing wordt gerealiseerd. Dat komt vooral door het gebruik van schermen. Toch valt er nog wel wat winst te behalen door de schermen bij hogere temperaturen al te sluiten, een goede kierregeling op vocht toe te passen en grotere bandbreedte bij de temperatuurintegratie toe te laten.

Kasklimaat
De combinatie van temperatuurintegratie en schermen geeft in de simulatie te zien dat hierbij het aantal uren dat er op luchtvochtigheid ingegrepen moet worden, toeneemt met 140 voor paprika tot circa 460 voor komkommer en gerbera. De inzet van temperatuurintegratie levert aan deze toename de grootste

bijdrage. Dit komt omdat bij het schermen, gebruik gemaakt wordt van een vochtkierregeling, zodat de RV door het regelen op vocht van de vochtkier rond het setpoint gehouden kan worden.
Uit de interviews is naar voren gekomen dat veel tuinders actief met hun klimaatinstellingen omgaan (minimum en maximum buistemperatuur, aanpassing van temperatuurniveau aan lichtomstandigheden enz.), zodat de besparingspotentie van temperatuurintegratie in de praktijk over de sectoren lager zal uitvallen dan de theorie aangeeft.
De tuinders die temperatuurintegratie toepassen zijn in het algemeen heel voorzichtig met de bandbreedte (tot plus en min 1 à 1.5 °C). De komkommertelers gaan hierin het verst (tot plus en min 4 °C) maar vooral in de nanacht wordt een kleine bandbreedte gebruikt om vochtproblemen bij het opstoken te voorkomen.
De belangrijkste redenen om voorzichtig met de bandbreedte om te gaan hebben te maken met vocht en de toestand van het gewas.
Unaniem positief zijn de tuinders over de mogelijkheid om eenvoudig een etmaaltemperatuur te realiseren. Minder te spreken zijn ze over de mate waarin de TI–programmatuur rekening houdt met de lichtsom met name in de koude perioden.
Op vocht geregelde schermkieren worden in de praktijk, zo lijkt het, nog niet overal optimaal toegepast. Het besef dat bij te hoge RV, kieren groter dan 4% wel meer energie kosten, maar de RV niet omlaag brengen, is nog lang niet overal doorgedrongen. Overigens zijn er ook tuinders die soms helemaal geen kier trekken en blijkbaar de te hoge RV voor lief nemen of het scherm niet meer inzetten zodra men verwacht met hoge vochtniveaus te maken te krijgen.

Aanbevelingen
Op het gebied van kennis bij tuinders, voorlichters en toeleverend bedrijfsleven:
Voor velen uit de doelgroepen bestaat nog veel onduidelijkheid wat temperatuurintegratie inhoudt en ontbreekt de kennis over de effecten van een goede schermkierregeling. De voordelen van het gebruik van een schermkierregeling op vocht zeker in combinatie met temperatuurintegratie worden in de praktijk daardoor nog niet benut. Eventuele vochtproblemen kunnen beter in de hand gehouden worden als tuinders beter gebruik maken van schermkieren en de minimumbuis selectief op vocht inzetten.
Het verdient dan ook aanbeveling in het voorlichtingstraject meer en meer continue aandacht aan deze onderwerpen te besteden.
Op het gebied van de klimaatregelprogrammatuur:
Het verdient aanbeveling nader onderzoek uit te voeren naar de relatie tussen lichtsom (assimilatie) en temperatuursom en de bijbehorende productie over een gegeven periode en de mogelijkheid om daar in de temperatuurintegratieregeling gebruik van te maken. Daarnaast zouden leveranciers van klimaatcomputers hun programmatuur moeten aanpassen zodat rekening wordt gehouden met de gevolgen voor het opstooktraject van temperatuurverlaging in de nacht, zodat natslaan van vruchten automatisch voorkomen wordt, en dit niet via het wijzigen van de bandbreedte in de hand gehouden hoeft te worden.
Op het gebied van risico's:
Om het risico van productieverlies te vermijden, worden meestal ruime veiligheidsmarges aangehouden bij de klimaatinstellingen. Om deze te kunnen verkleinen moet er een homogeen klimaat in de kas zijn. Daarnaast is een hulpmiddel nodig om vast te stellen of de men in de gevarenzone komt.
Het verdient aanbeveling via de voorlichtingskanalen steeds weer de aandacht te vestigen op de bestaande methoden om een gelijkmatig kasklimaat te krijgen en via het onderzoek nieuwe middelen te ontwikkelen zo'n klimaat te maken en te bewaken door bijvoorbeeld dauwpuntstemperatuurmetingen.
Op het gebied van gedrag:
"Zien is geloven", het verdient daarom aanbeveling om een project in de praktijk op een aantal voorbeeldbedrijven uit te voeren, met een goede begeleiding van de tuinders vanuit het onderzoek, bedrijfsleven en de voorlichting, waarin de scepsis van tuinders kan worden weggenomen ten aanzien van het gebruik van temperatuurintegratie en schermkierregeling.

1 Inleiding

Zowel de toepassing van temperatuurintegratie in de klimaatregeling als het gebruik van schermen zijn belangrijke methoden om het energiegebruik van tuinbouwkassen te reduceren. Temperatuurintegratie kan bij energie–intensieve teelten een besparing in de orde van 10% opleveren ten opzichte van de gebruikelijke klimaatregeling (o.a. Buwalda *et al.*, 1999,Van den Berg *et al.*, 2001 en Rijsdijk *et al.*, 1998). Voor gebruik van energieschermen in kassen voorzien van enkel glas is dat, afhankelijk van teelt en wijze van gebruik, tussen 10 en 25% op jaarbasis (De Zwart,1996). Het gebruik van een goede schermkierregeling kan bij energie–intensieve teelten leiden tot 6% meer besparing ten opzichte van de gebruikelijke handelwijze om tijdens blijvend hoge RV het scherm geheel te openen of bij de verwachting dat er hoge RV–niveaus kunnen ontstaan het scherm in het geheel niet meer te gebruiken (Kempkes, 2000).

Bij veel tuinders bestaat nog steeds scepsis over temperatuurintegratie en schermkierregeling op vocht, in verband met de vrees voor te hoge luchtvochtigheid met als consequentie hoger risico voor (schimmel)ziekten en dus productieverlies.
Het ontbreekt aan informatie over de effecten van gecombineerde inzet van temperatuurintegratie en schermkierregeling op het energiegebruik en het kasklimaat. Alvorens met laag risico een project op bedrijven in de praktijk uit te voeren, waarin de scepsis van tuinders kan worden weggenomen ten aanzien van het gebruik van temperatuurintegratie en schermkierregeling, is het noodzakelijk eerst de effecten van de combinatie van beiden te onderzoeken.

In opdracht van LNV en het Productschap Tuinbouw heeft IMAG bv in samenwerking met PPO–Naaldwijk een onderzoek uitgevoerd met als doelstelling de effecten op de energiebesparing en kasklimaat te bepalen van de combinatie van temperatuurintegratie en het gebruik van energieschermen met schermkierregeling.

Dit rapport beschrijft de opzet en resultaten van het onderzoek.

2 Onderzoeksopzet

2.1 Inleiding

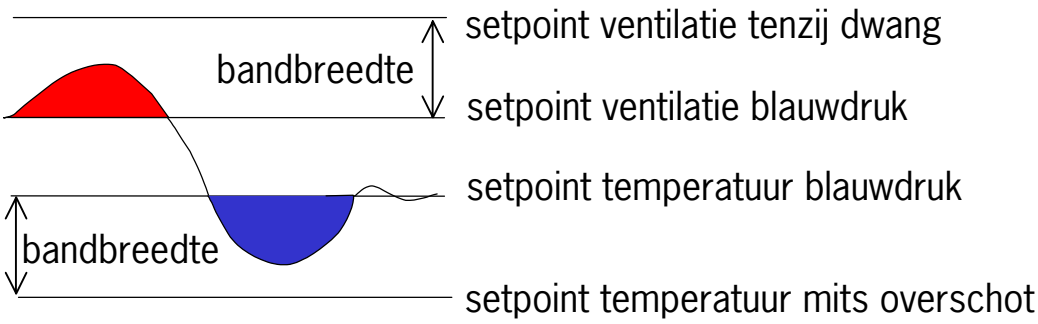
Om de resultaten van dit project nauw te laten aansluiten op de praktijk is naast een theoretische benadering van de energiebesparings- en klimaateffecten, ook informatie uit de praktijk verzameld en verwerkt in het projectresultaat. De theoretische benadering is gerealiseerd door met een computermodel van kas en gewas (KASPRO) simulaties uit te voeren. De invoergegevens van dit model bestaan uit gegevens van de kas, kasuitrusting en teeltgegevens. De uitkomsten van de simulaties bestaan uit energiegebruiken en kasklimaatgegevens.
In de praktijk zijn gegevens verzameld over de klimaatinstellingen voor de gewassen paprika, komkommer en gerbera, waarmee vervolgens simulatieberekeningen zijn uitgevoerd om de gerealiseerde besparingen in de praktijk te kunnen evalueren. Ten slotte zijn de resultaten voorgelegd en besproken met de landelijke gewascommissies van de drie onderzochte gewassen.
In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op het simulatiemodel, de gebruikte invoergegevens, de verzameling van gegevens uit de praktijk en de berekeningsgevallen.

2.2 Simulatiemodel

Met behulp van het kasklimaatsimulatiemodel KASPRO (Bijlage 1) zijn berekeningen uitgevoerd om uurlijkse gegevens van het energieverbruik en kasklimaat te genereren. Hiervoor zijn de buitenomstandigheden overeenkomstig het referentiejaar voor de glastuinbouw gebruikt (Breuer, 1989).
De inhoud en werking van KASPRO is in essentie beschreven door De Zwart (1996). Uitgangspunt in de berekeningen is een moderne kas van het Venlo-type. De klimaatregelaar die in het model gebruikt wordt, is vergelijkbaar met in de praktijk gebruikelijke regelaars, zodat het gesimuleerde kasklimaat op een zelfde manier gerealiseerd wordt als in de huidige tuinbouwkassen het geval is.
Om de effecten van temperatuurintegratie en schermgebruik op energieverbruik en kasklimaat te kunnen berekenen, zijn de modules voor schermbesturing en voor temperatuurintegratie in het kasklimaatsimulatiemodel zo aangepast, dat ze afzonderlijk en in interactie met elkaar kunnen worden gebruikt.

2.2.1 Temperatuurintegratie

De huidige implementatie van de temperatuurintegratieregeling in KASPRO is een toevoeging op de blauwdruk (standaard setpoint instellingen) zoals die voor de teelten is vastgelegd (Swinkels *et al.*, 2000). De toevoeging omvat een bandbreedte, een maximale temperatuursom en een integratieperiode.
De bandbreedte geeft aan hoever de ventilatielijn mag worden verhoogd en de stooklijn mag worden verlaagd ten opzichte van de blauwdruk. Het verschil tussen de blauwdruk en de werkelijke stooklijn, vermenigvuldigd met het aantal uren dat deze afwijking gehandhaafd wordt, noemen we de temperatuursom en wordt uitgedrukt in graaduren. De verhoging van de ventilatielijn ten opzichte van het blauwdrukniveau wordt aangebracht zolang de cumulatieve afwijking van de gerealiseerde temperatuursom minder dan een vastgesteld aantal graaduren is. De verlaging van de stooklijn wordt doorgevoerd zolang de cumulatieve afwijking van de gerealiseerde temperatuursom nog niet onder het vastgestelde aantal graaduren, in negatieve zin, gezakt is. De integratieperiode geeft aan in hoeveel tijd de opgebouwde positieve of negatieve temperatuursom weer moet zijn vereffend. In de praktijk varieert de integratieperiode tussen één dag en een week.
Figuur 1 laat de temperatuurintegratieregeling zien zoals deze in het model wordt gebruikt. Het setpoint ventilatie wordt verhoogd met de bandbreedte boven het setpoint ventilatie van de blauwdruk. Dit setpoint wordt alleen naar beneden gebracht als er dwang wordt uitgeoefend. De grootte van de dwang is afhankelijk van het aantal graaduren dat nog over is en de resteerde tijd van de integratieperiode om deze weg te werken. Er wordt alleen dwang uitgeoefend als minimaal de helft van de integratieperiode verstreken is.



Figuur 1 *Schematisch overzicht werking temperatuurintegratie.*

Het setpoint van de temperatuur wordt pas verlaagd met de bandbreedte onder het setpoint van de temperatuur van de blauwdruk als het aantal graaduren positief is. Er moeten dus eerst graaduren worden gewonnen voor deze worden uitgegeven (de zogenaamde "Hollandse methode"). Het aantal graaduren kan hiermee niet negatief worden. Het rode gebied in de figuur wordt verdiend, het blauwe gebied wordt uitgegeven. Als het oppervlak van het blauwe gebied gelijk is aan dat van het rode gebied, wordt het setpoint van de temperatuur weer gelijk gezet aan het setpoint temperatuur van de blauwdruk.

2.2.2 Schermregeling

Het scherm wordt gesloten bij buitentemperaturen beneden 10 ^{0}C (paprika en komkommer) of 8 ^{0}C (gerbera), en wordt geopend indien de globale straling groter dan 5 W.m^{-2} (gerbera en paprika) of 10 W.m^{-2} (komkommer) wordt. In het begin van de teelt van komkommer en paprika blijft het scherm in de koude periode ook overdag dicht. De schermregeling omvat tevens een vochtkierregeling. De vochtkier wordt ingezet als de RV in de kas het RV–setpoint nadert. Met nadruk wordt hier gezegd nadert, omdat er een RV–verschil ten opzichte van het RV–setpoint voor de kas kan worden ingesteld, waarbij de eerste vochtkier in het scherm wordt ingesteld. De vochtkier wordt vervolgens, indien de RV blijft stijgen, met stapjes van een half procent om de 6 minuten vergroot tot een maximale kier van 4%. Deze RV–verschil instelling ten opzichte van het RV–setpoint voor de kas, is ingevoerd, omdat indien het RV–setpoint als startwaarde voor de vochtkierregeling wordt ingezet, de RV op een te hoog niveau uitkomt (Kempkes, 2000).

2.2.3 Kas en installatie

In veel onderzoeksprojecten worden berekeningen gemaakt aan de hand van praktijkgegevens met betrekking tot de bedrijfsuitrusting en het binnenklimaat van karakteristieke tuinbouwbedrijven. Het gaat dan om moderne, innovatieve bedrijven die nu de trend zetten, maar in de nabije toekomst standaard zullen zijn. Om deze gegevens te standaardiseren en toegankelijk te maken zijn door Swinkels *et al.*, (2000) elf karakteristieke teelten beschreven. Deze elf teelten staan model voor de intensieve en extensieve glasgroenten–, snijbloemen– en potplantenteelt. De in dit project gebruikte gegevens voor kas en installaties zijn ontleend aan de beschrijving van Swinkels. Ontbrekende gegevens voor gerbera zijn verkregen van een gerberateler en een gewasspecialist van PPO. In Bijlage 2 zijn alle gegevens van de kas en installaties voor de drie teelten opgenomen.

2.2.4 Klimaatinstellingen

In dit project is voor de gewassen paprika en komkommer gebruik gemaakt van de door Swinkels *et al.*, (2000) beschreven klimaatinstellingen. De klimaatinstellingen voor gerbera, zijn de door de gewasspecialisten van PPO aanbevolen waarden. Alle gebruikte klimaatinstellingen zijn weergegeven in Bijlage 3

2.3 Praktijkgegevens

PPO-glastuinbouw heeft door middel van interviews bij tuinders informatie verzameld over het gebruik van schermen, schermkierregeling en temperatuurintegratie. De belangrijkste vragen uit deze interviews zijn hieronder weergegeven.

- Sinds wanneer gebruikt u temperatuurintegratie?
- Wat was de aanleiding om temperatuurintegratie toe te passen? (bijv. CDS of energiebesparing?)
- Wordt er ook rekening gehouden met weersvoorspelling?
- Welke streefwaarden van de kastemperatuur worden er voor uw gewas aangehouden?
- Welke bandbreedten voor temperatuurintegratie worden hierbij aangehouden?
- Wat is de maximale afwijking van de temperatuursom? (In graaduren)
- Binnen hoeveel dagen moet een afwijkende temperatuur worden gecompenseerd?
- Wat zijn de ervaringen met temperatuurintegratie tot nu toe?
- Wat voor type scherm wordt er gebruikt?
- Onder welke buitentemperatuur wordt het scherm gesloten? (of boven welk temperatuurverschil binnen/buiten)
- Welke maximale negatieve DIF wordt er gehanteerd?
- Grijpt u wel eens in op de temperatuurintegratieregeling? Zo ja waarom?
- Bent u tevreden over de productie in het afgelopen jaar?
- Bent u tevreden over de behaalde energiebesparing?
- Bent u tevreden met het gebruik van temperatuurintegratie?
- Zijn er dingen die u verbeterd zou willen zien aan het programma?
- Wilt u in de toekomst temperatuurintegratie meer of minder gaan gebruiken?

2.4 Berekeningen en analyse

Om de mogelijkheden van schermen in combinatie met temperatuurintegratie te bestuderen, zijn simulaties uitgevoerd met temperatuurintegratie en schermen afzonderlijk, gezamenlijk en zonder beide. Deze simulaties zijn uitgevoerd met de invoergegevens en klimaatregeling zoals beschreven in paragraaf 2.2.1 tot en met 2.2.4. De resultaten zijn bewerkt en geanalyseerd. De energiebesparing door temperatuurintegratie en schermen afzonderlijk en gezamenlijk is eveneens berekend. Het gedrag van temperatuur en luchtvochtigheid is vergeleken met de situaties waarin geen temperatuurintegratie of schermen worden toegepast. Vervolgens zijn aan de hand van de verzamelde gegevens uit de praktijk voor de drie gewassen nog simulaties uitgevoerd om de bereikte energiebesparing te vergelijken met de potentiële energiebesparing.
Door IMAG is in een eerder stadium een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd aan de temperatuurband en integratietermijn bij temperatuurintegratie (Van de Braak, 2001). De resultaten daarvan geven aan dat met een integratietermijn van 24 uur en een temperatuurband van plus en min 2 °C het grootste deel van de haalbare energiebesparing wordt bereikt. In de berekeningsgevallen waar TI is toegepast zijn deze waarden gebruikt.
Voor elk van de drie gewassen zijn de volgende gevallen gesimuleerd:

none:	geen scherm en geen TI en de eerder beschreven setpointinstellingen.
scherm:	none plus gebruik van scherm en schermkierregeling.
TI:	none plus temperatuurintegratie van 24 uur en bandbreedte van 2 graden (geen scherm).
beide:	none met zowel temperatuurintegratie als een scherm met schermkierregeling.

2.5 Tuindersbijeenkomst

De onderzoekresultaten zijn tijdens bijeenkomsten van de landelijke gewascommissies gerbera, komkommer, en paprika toegelicht en bediscussieerd.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

In paragrafen 3.2.1 tot en met 3.2.3 worden eerst de resultaten van de simulaties onder standaardomstandigheden gegeven. Vervolgens wordt in paragraaf 3.3 ingegaan op de resultaten van de interviews zoals deze door PPO op bedrijven in de praktijk is uitgevoerd. In paragraaf 3.4 worden de resultaten gegeven van de simulaties gebaseerd op de gegevens uit de praktijk. En tenslotte worden in paragraaf 3.5 de bevindingen tijdens de bijeenkomsten met de gewascommissies weergegeven.

3.2 Standaardomstandigheden

Bij de standaardomstandigheden wordt gerekend met een proportionele regeling (P–regeling) voor het vocht en een integratietijd van 24 uur. De bandbreedte, van de temperatuurintegratie, is naar boven en naar onder ingesteld op 2 graden. Voor de weergegevens is gebruik gemaakt van het SEL jaar.

3.2.1 Paprika

Tabel 1 geeft het jaarlijkse gasverbruik en aantal uren overschrijding van het RV–setpoint weer bij paprika voor de verschillende berekeningsgevallen. Een overschrijding van het RV–setpoint betekent dat er op de luchtvochtigheid wordt ingegrepen om deze weer op of onder het setpoint te krijgen.

Tabel 1 *Jaarlijks gasverbruik en aantal uren overschrijding van het RV–setpoint bij paprika.*

geval	gasverbruik $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	RV>85% uren
none	65	1559
TI	61	1715
scherm	44	1577
beide	41	1699

In Tabel 2 worden de absolute en relatieve besparingen op het gasverbruik weergegeven voor TI en schermen afzonderlijk en in combinatie.

Tabel 2 *Jaarlijkse besparing op het gasverbruik voor verschillende besparingsopties bij paprika.*

optie	besparing gas $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	besparing gas als 2e optie $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	besparing gas %	besparing gas als 2e optie %
TI	3.7	3.4	5.7	7.7
scherm	20.7	20.4	31.8	33.3
beide	24.1		37.1	

In de kolommen ‘besparing gas als 2e optie’ is de extra besparing bij toepassing van een optie aangegeven indien de andere optie al werd gebruikt. Met andere woorden indien er alleen TI, maar geen scherm wordt ingezet, dan wordt er 3.7 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$ bespaard. Wordt er al een scherm gebruikt, maar wordt vervolgens als 2e optie ook nog TI ingezet, dan wordt er als gevolg van de TI 3.4 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$ bespaard. De combinatie van de twee opties geeft een iets lagere absolute besparing dan de som van de afzonderlijke besparingen. De absolute besparing van de inzet als tweede optie is zowel voor TI als voor het schermen iets lager (0.3 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$) dan bij de inzet als eerste optie.
De relatieve besparing door TI of schermen als tweede optie neemt toe vergeleken met de toepassing als eerste optie. De conclusie is, dat de twee opties elkaar in absoluut effect weliswaar iets verlagen, maar dat de gecombineerde toepassing meer bespaard dan elke optie afzonderlijk.

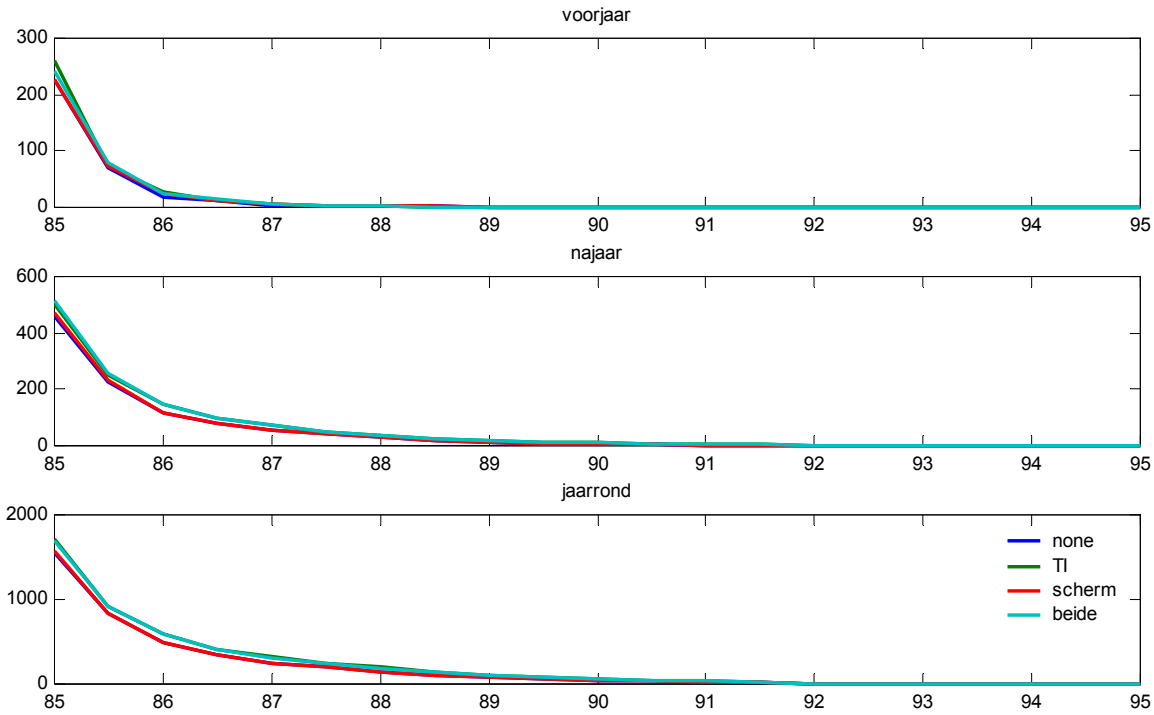
In Tabel 3 is de toename weergegeven van het aantal uren dat het RV–setpoint jaarlijks wordt overschreden, bij de afzonderlijke en gecombineerde toepassing van TI en schermen.

Tabel 3 *Toename jaarlijks aantal uren van de overschrijding van het RV–setpoint bij paprika.*

geval	uren RV>85%	uren RV>85% bij 2e optie
TI	156	122
scherm	18	–16
beide	140	

Uit Tabel 3 blijkt TI een groter effect te hebben op de overschrijding van het RV–setpoint dan het scherm. Uit een analyse van het aantal uren met een RV rondom het setpoint blijkt dat de vochtkierregeling bij het scherm kan de RV goed rond dit setpoint kan regelen.De vochtkierregeling doet dus wat er van verwacht wordt. Bij de gecombineerde toepassing van een scherm en TI, daalt de RV–overschrijding zelfs iets ten opzichte van alleen gebruik van TI, maar dit is marginaal op een totaal van circa 1600 uur.

In Figuur 2 is het aantal overschrijdingsuren van de van een bepaald RV–niveau (vanaf het RV–setpoint) bij paprika voor de verschillende berekeningsgevallen, voor de voor– en najaarsperiode en het gehele jaar weergegeven. Zo blijkt uit Figuur 2 dat in het voorjaar (totaal 2162 uur) de RV voor alle 4 de berekeningsgevallen ongeveer 75 uur groter is dan 85.5%.
De toename van de uren met RV > 85% bij de inzet van temperatuurintegratie wordt veroorzaakt doordat er met name in de nacht minder gestookt wordt, en er dus minder vocht door condensatie en lek afgevoerd zal worden.



Figuur 2 *Aantal uren van de overschrijding van een bepaald RV–niveau bij paprika voor de verschillende berekeningsgevallen voor de voor– en najaarsperiode en het gehele jaar.*

3.2.2 Komkommer

In Tabel 4 is het jaarlijkse gasverbruik en het aantal uren overschrijding van het RV–setpoint bij komkommer weergegeven voor de verschillende berekeningsgevallen.

Tabel 4 *Jaarlijks gasverbruik en aantal uren overschrijding van het RV–setpoint bij komkommer.*

geval	gasverbruik $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	RV>85% uren
none	64	1175
TI	56	1607
Scherm	51	1181
beide	44	1638

In Tabel 5 worden de absolute en relatieve besparingen op het gasverbruik weergegeven voor TI en schermen afzonderlijk en in combinatie.

Tabel 5 *Jaarlijkse besparing op het gasverbruik voor verschillende besparingsopties bij komkommer.*

optie	besparing gas $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	besparing gas als 2e optie $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	besparing gas %	besparing gas als 2e optie %
TI	7.6	6.7	11.9	13.2
scherm	13.2	12.3	20.7	21.9
beide	19.9		31.2	

Het scherm heeft hier veel minder effect dan bij de teelt van paprika. Dit wordt veroorzaakt door de gemiddeld lagere teelttemperatuur bij komkommer, doordat er bij komkommer in het najaar niet geschermd wordt en er door de snellere groei van komkommer in het voorjaar eerder gestopt wordt met schermen in verband met te hoge vochtniveaus.
In de kolommen 'besparing als 2e optie' is de extra besparing bij toepassing van een optie aangegeven indien de andere optie al werd gebruikt. De combinatie van de twee opties geeft een lagere absolute besparing dan de som van de afzonderlijke besparingen. De absolute besparing van de inzet als tweede optie is zowel voor TI als voor het schermen lager (0.9 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$) dan bij de inzet als eerste optie.
De relatieve besparing door TI en schermen als tweede optie neemt evenals bij paprika toe vergeleken met de toepassing als eerste optie. De conclusie is, dat bij komkommer de twee opties elkaars absolute effect minder verlagen dan bij paprika, maar de gecombineerde toepassing bespaart wel aanzienlijk meer dan elk van de opties afzonderlijk.

In Tabel 6 is de toename weergegeven van het aantal uren dat het RV–setpoint jaarlijks wordt overschreden, bij de afzonderlijke en gecombineerde toepassing van TI en schermen.

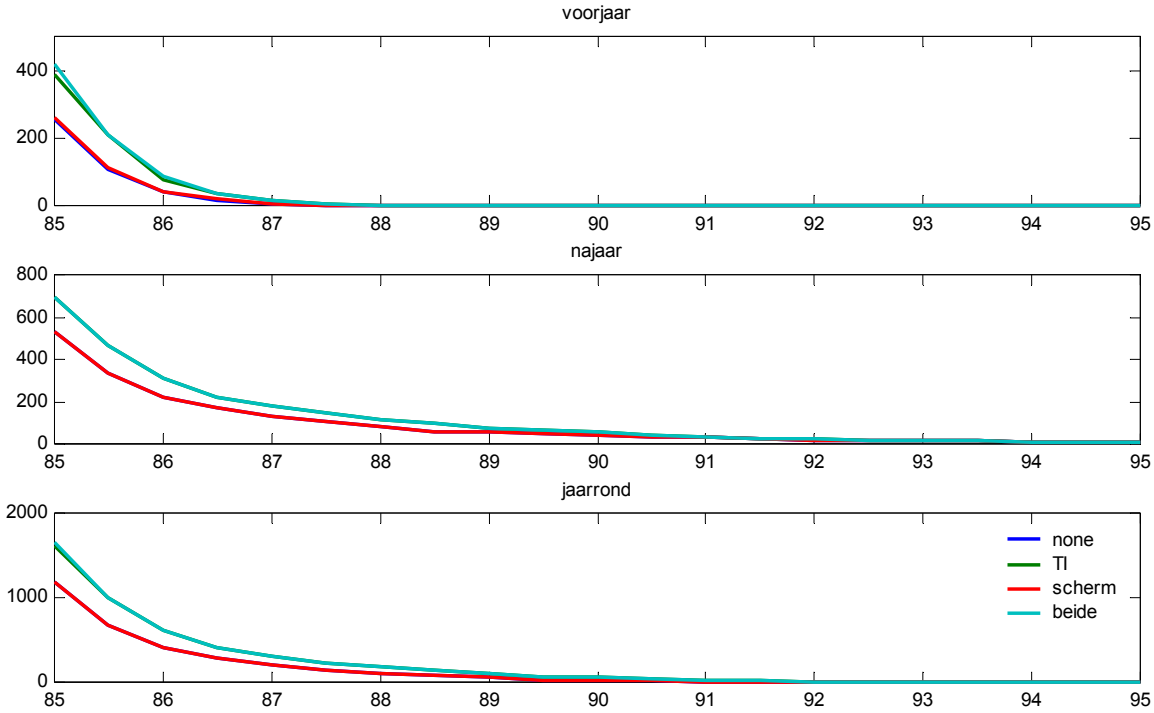
Tabel 6 *Toename jaarlijks aantal uren van de overschrijding van het RV–setpoint bij komkommer.*

geval	uren RV>85%	uren RV>85% bij 2e optie
TI	432	457
scherm	6	31
beide	463	

Ook hier blijkt, evenals bij paprika, dat TI het grootste effect heeft op de overschrijding van het RV–setpoint en dat de vochtkierregelaar goed functioneert. De versterking van het effect door de gecombineerde toepassing is bij komkommer groter (30 uur op ca. 1600 uur) dan bij paprika, maar blijft fractioneel.

In Figuur 3 is het aantal overschrijdingsuren van de van een bepaald RV–niveau (vanaf het RV–setpoint) bij komkommer voor de verschillende berekeningsgevallen voor de voor– en najaarsperiode en het gehele jaar weergegeven.
Tussen 'none' & 'scherm' en 'TI' & 'beide' is door alle seizoenen heen een duidelijk verschil in aantal uren overschrijding van het RV–setpoint te onderscheiden, waarbij de berekeningsgevallen 'TI' & 'beide' meer uren met een hoge RV hebben. In het voorjaar is het aantal uren overschrijding van het RV–setpoint in alle gevallen beperkt. De meeste uren met hoge RV–niveaus van boven de 90% komen in het najaar voor.
Dat er in het najaar geen onderscheid te maken is tussen de gevallen 'none' & 'scherm' en de gevallen 'TI' & 'beide', komt omdat er in de standaardteelten in de herfst niet geschermd wordt. De lijn van het geval

'scherm' ligt dan ook precies over de lijn van het geval 'none'. Hetzelfde geldt voor de gevallen 'TI' en 'beide'.



Figuur 3 *Aantal uren van de overschrijding van een bepaald RV–niveau bij komkommer voor de verschillende berekeningsgevallen voor de voor– en najaarsperiode en het gehele jaar.*

3.2.3 Gerbera

De klimaatinstellingen voor de gerberateelt zijn afkomstig van gewasspecialisten van het PPO en van tuinders met het gewas gerbera. In Tabel 7 is het jaarlijkse gasverbruik en aantal uren overschrijding van het RV–setpoint bij gerbera weergegeven, voor de verschillende berekeningsgevallen.

Tabel 7 *Jaarlijks gasverbruik en uren overschrijding van het RV–setpoint bij gerbera.*

geval	gasverbruik $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	RV>85% uren
none	54	1605
TI	51	1956
scherm	40	1870
beide	38	2079

In Tabel 8 worden de absolute en relatieve besparingen op het gasverbruik weergegeven voor TI en schermen afzonderlijk en in combinatie.

Tabel 8 *Jaarlijkse besparing op het gasverbruik voor verschillende besparingsopties bij gerbera.*

optie	besparing gas $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	besparing gas als 2e optie $m^3.m^{-2}.a^{-1}$	besparing gas %	besparing gas als 2e optie %
TI	2.4	1.6	4.5	4.1
scherm	14.1	13.3	26.3	26.0
beide	15.7		29.3	

Van de drie onderzochte gewassen zijn de besparingen bij gerbera bij gebruik van alleen TI, zowel absoluut als procentueel, het kleinst. Dit wordt veroorzaakt door de combinatie van een gemiddeld lagere

teelttemperatuur, met name overdag een minimumbuis–instelling van jaarrond 42 °C en de belichting. Dat het scherm net iets meer bespaart dan bij komkommer kan worden toegeschreven aan het ontbreken van een teeltwisseling bij gerbera.
Het effect van interactie bij de combinatie van TI en schermen is bij gerbera in absolute zin niet groter dan bij komkommer (0.8 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$ vermindering van de besparing), maar omdat de besparing vooral bij TI al laag is, blijft er voor TI als tweede optie weinig besparing over.
De conclusies zijn, dat bij gerbera de twee opties elkaars absolute en relatieve effect verlagen, dat de gecombineerde toepassing wel meer bespaart dan elke optie afzonderlijk, maar dat de bijdrage aan de besparing van TI in de combinatie nog maar 4.5% ofwel 1.6 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$ is.

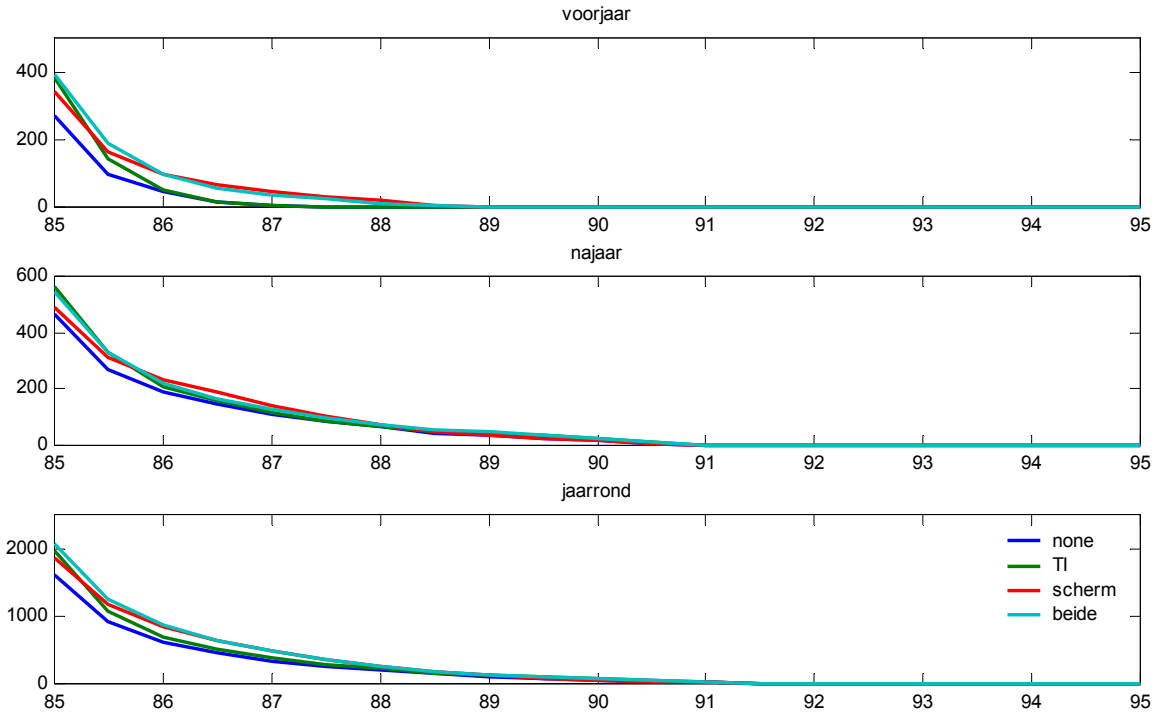
In Tabel 9 is de toename weergegeven van het aantal uren dat het RV–setpoint jaarlijks wordt overschreden, bij de afzonderlijke en gecombineerde toepassing van TI en schermen.

Tabel 9 *Toename jaarlijks aantal uren van de overschrijding van het RV–setpoint bij gerbera.*

geval	uren RV>85.5%	uren RV>85.5% bij 2e optie
TI	351	209
scherm	265	123
beide	474	

Absoluut gezien is de toename van het aantal uren overschrijding van het RV–setpoint bij gerbera het grootst van de drie onderzochte gewassen. Opmerkelijk is, dat hier het effect van het scherm groter is dan van TI. Omdat de gerbera belicht wordt, zal bij het gebruik van schermen het aantal uren met RV overschrijding ten opzichte van een situatie zonder scherm toenemen, immers door de assimilatiebelichting zal de verdamping op een hoger niveau blijven dan in een situatie zonder assimilatie belichting. Hetzelfde geldt voor de standaard toegepaste minimumbuis–instelling van jaarrond 42 °C. De schermkierregeling is in dit geval niet in staat de toename van het aantal vochtige uren zo laag te houden als bij paprika en komkommer.
In tegenstelling tot wat bij paprika en komkommer optreedt, verzwakken de opties elkaars effect. De gecombineerde toepassing geeft een lagere toename dan de som van de afzonderlijke toepassingen, al is het effect klein (ongeveer 140 uur op circa 1900 uur).

In Figuur 4 is het aantal overschrijdingsuren van een bepaald RV–niveau (vanaf het RV–setpoint) bij gerbera weergegeven voor de verschillende berekeningsgevallen voor de voor– en najaarsperiode en het gehele jaar. Bij vergelijking van Figuur 4 met Figuur 2 en Figuur 3, is te zien dat er bij gerbera meer uren zijn met hoger RV–niveau. Met name in het voorjaar is duidelijk te zien dat de ‘TI’ de RV maar beperkt laat stijgen. Het aantal uren met een RV hoger dan 86% is voor ‘none’ en ‘TI’ gelijk. De overschrijding wordt dan ook met name veroorzaakt door het schermgebruik.



Figuur 4 *Aantal uren van de overschrijding van een bepaald RV–niveau bij gerbera voor de verschillende berekeningsgevallen voor de voor en najaarsperiode en het gehele jaar.*

3.3 Praktijkgegevens

Alle gegevens die in de interviews zijn verzameld, zijn in Bijlage 4 weergegeven. De belangrijkste bevindingen worden in deze paragraaf besproken. Uit de verzamelde gegevens, is per gewasgroep een bedrijf gekozen waarvan de setpoint instelling vervolgens verder geanalyseerd is.

3.3.1 Paprika

Er zijn door PPO in totaal acht paprikatuinders, waarvan zeven zowel een scherm als temperatuurintegratie gebruiken, bereid gevonden zijn om mee te werken aan de interviews. Uit een analyse van de interviews blijkt dat er bij de deelnemers pas kort (0 – 3 jaar) gebruik gemaakt wordt van temperatuurintegratie. Of het door deze korte periode of door de onbekendheid met deze regelmethode komt, wordt niet duidelijk, maar men kijkt zogezegd de kat wat uit de boom. Dit wordt het beste geïllustreerd door de gekozen instellingen. De meeste telers passen geregeld handmatig de ingestelde temperatuursom aan, terwijl deze juist de vrijheid aan de regeling moet geven. Ook de toegepaste bandbreedten, zijn vaak klein gekozen, waarbij er een neiging is om wel naar de bovenkant (dus warmer, of met andere woorden: “het is in feite een lichtverhoging”) maar juist niet ten opzichte van de standaardinstellingen naar beneden (kouder) bij te stellen. Hierdoor wordt het moeilijker om te compenseren en wordt de temperatuurintegratie in feite beperkt en niet optimaal gebruikt. De belangrijkste perioden in het jaar om van temperatuurintegratie in relatie tot energiebesparing gebruik te maken, zijn het voor– en najaar. In deze perioden wordt bij de meeste bedrijven de bandbreedte op ongeveer 1°C gehouden. De integratieperiode wordt door de meeste bedrijven op 2 á 3 dagen ingesteld.
Hoewel de meeste tuinders tevreden zijn over de temperatuurintegratieregeling, wordt het effect op de energiebesparing door allen als marginaal tot nihil beschouwd. Dit kan een tweeledige oorzaak hebben. De ingezette bandbreedte is vaak beperkt, dus is het besparingspotentieel beperkt, en zoals door enkelen zelfs is aangegeven, paste men voordat de huidige programmatuur beschikbaar was al handmatig min of meer temperatuurintegratie toe, zonder het temperatuurintegratie te noemen. Dit kan geconcludeerd worden uit het feit dat iedereen de vereenvoudigde manier om tot een ingestelde etmaal temperatuur te komen roemt.

Dit betekent dat men voorheen handmatig bezig was om in koude perioden de temperatuur wat te laten dalen en dit in warme perioden weer wat op te voeren.
Er is geen duidelijke trend te ontdekken in de manier van schermen en de inzet van vochtkieren bij overschrijding van het RV–setpoint. Als er al een vochtkier wordt toegepast, dan wordt deze over het algemeen ook nog eens als een 'aan / uit regeling' ingezet met één vaste kierstand. Dat er weinig aandacht aan kieren wordt besteed is mogelijk het gevolg van de manier van schermgebruik. Bij de meeste telers wordt het scherm pas ingezet indien de buitentemperatuur onder de 8 °C daalt, waarbij ook nog eens duidelijk onderscheid gemaakt wordt tussen de voor– en nanacht. In de voornacht wordt het scherm pas bij lagere buitentemperaturen, 5 á 6 °C gesloten om een snellere afkoeling van dag- naar nachttemperatuur te kunnen realiseren.
Er is geen trend te ontdekken of bij een overschrijding van het RV–setpoint eerst een kierstand in het scherm of met het raam wordt gecreëerd om vocht af te voeren. Beiden zijn mogelijk omdat alle deelnemers een doek hebben, dat vocht kan doorlaten (formalux dan wel LS10–ultra). De deelnemers hebben wel aangegeven dat zij in de toekomst temperatuurintegratie meer gaan inzetten.
Het gasverbruik bij de geïnterviewde tuinders was gemiddeld 42 $m^3.m^{-2}$ en varieerde van 34 tot 48 $m^3.m^{-2}$.

3.3.2 Komkommer

Er zijn in totaal vier komkommertuinders die zowel schermen als temperatuurintegratie gebruiken, bereid gevonden mee te werken aan de interviews.
Wanneer de resultaten worden vergeleken met de resultaten van de paprikatelers, is er naast de te verwachten verschillen in klimaatregeling als gevolg van de verschillen in gewassen, een groot aantal overeenkomsten. Het meest opvallende verschil is, dat in tegenstelling tot de paprikatelers, de komkommertelers het systeem veel meer ruimte (bandbreedte) geven waarbinnen gestuurd mag worden. Dit wordt waarschijnlijk gedaan omdat komkommer in tegenstelling tot paprika een zogenaamd snel gewas is. Bij paprika wordt mogelijk meer ingegrepen of is men beducht voor het vrijgeven van de klimaatregeling om de gewassturing, en met name de zetting, niet uit handen te geven. Wel zijn de komkommertelers en paprikatelers het er unaniem over eens dat de programmatuur niet goed inspeelt op seizoensinvloeden. Hierbij wordt gedoeld op lichte perioden in de winter, waarin het over het algemeen koud weer is, en perioden in de zomer waar het dan in het algemeen warm is. Hoe men dit wel graag zou willen zien is niet duidelijk geworden.
Ook de komkommertelers geven aan op het systeem in te grijpen. De belangrijkste momenten om in te grijpen zijn:

- Wanneer het gerealiseerde klimaat veel uren in de plus of in de min zit, en het gewas dit volgens de teler niet meer kan of hoeft te compenseren (naar aanleiding van de stand van het gewas), wordt er een 'reset' gegeven.
- Bij veel of weinig licht en met name bij de overgangen, wordt de strategie aangepast.
- Dagelijks kijken wat de TI regeling van plan is en indien het naar eigen menig en of gevoel nodig is, stuurt men bij.

Door één tuinder werd nadrukkelijk naar een betere interactie tussen weersvoorspelling en schermregeling gevraagd.
Het gasverbruik bij de geïnterviewde tuinders was gemiddeld 42 $m^3.m^{-2}$ en varieerde van 39 tot 48 $m^3.m^{-2}$.

3.3.3 Gerbera

Er zijn zes gerberatelers gevonden die zowel temperatuurintegratie toepassen als een scherm gebruiken en die bereid waren aan de interviews mee te werken. Er is weinig verschil in gebruik van TI en de op- en aanmerkingen ten aanzien van de programmatuur vergeleken met de andere gewasgroepen. Eén deelnemer heeft oude programmatuur, waarmee geen meerdaagse temperatuurintegratie mogelijk is. Van de telers met latere software versies, gebruiken er twee alleen daagse temperatuurintegratie en de anderen meerdaagse. Evenals bij de andere teelten, geeft men ook hier aan dat met temperatuurintegratie eenvoudig op etmaaltemperatuur te regelen is, het meer regelmaat in het gewas geeft en dat het gewas meer kan hebben dan men gedacht had. Men is het er over eens dat TI in principe goed werkt en je er energie mee kan besparen. Teelttechnisch is het wel moeilijker. In de winter krijg je bijvoorbeeld een "te week" gewas. De vochtregeling benadeelt de TI. De temperatuur wil dan zakken, maar dan komt er

regelmatig een vochtbuis in (in de nachtperiode). Eén van de telers verwoorde het als volgt: "Als je op vocht gaat regelen, is de besparing weg".
Het gasverbruik bij de geïnterviewde tuinders was gemiddeld 45 $m^3.m^{-2}$ en varieerde van 44 tot 46 $m^3.m^{-2}$.

3.4 Invloed praktijkgegevens op energiebehoefte

Van de in paragraaf 3.3 beschreven praktijkgegevens, zijn voor elk van de gewassen van één van de deelnemende bedrijven de gegevens (klimaatsetpoints e.d.) in een invoerbestand (parameterfile) voor KASPRO vertaald. Hier is specifiek gekozen voor één bedrijf, omdat als er een (soort) gemiddelde van de bedrijven gekozen zou worden, elke nuancering zou verdwijnen. Immers een tuinder die een relatief laag setpoint verwarmen kiest in de zomer met enkele graden lichtverhoging, zal een vrijwel gelijk klimaat realiseren als iemand met een hoog setpoint verwarmen maar zonder lichtverhoging.
Met behulp van KASPRO zijn berekeningen uitgevoerd om de energiebehoefte van deze teelten te analyseren en de mogelijk– en onmogelijkheden van verdere energiebesparing te verkennen. Hiervoor zijn van een aantal belangrijke setpoints, zoals bandbreedte, integratieperiode, graaduren, schermgebruik en vochtkieren, die allemaal invloed hebben op het energieverbruik, de grenzen zoals deze in de interviews per gewasgroep naar voren zijn gekomen (en soms verder) opgelegd in de berekeningen, en zijn de gevolgen hiervan op het energieverbruik geanalyseerd. Voor het buitenklimaat zijn de gegevens van het KNMI uit 2001 gekozen, omdat de gekozen setpointinstellingen van de praktijkbedrijven op het klimaat van dat jaar zijn gebaseerd. Indien met het SEL-jaar gerekend zou worden, is het goed mogelijk dat er hogere of lagere besparingspercentages berekend worden, hoewel de trend van het energieverbruik afhankelijk van de setpointvariabele niet wezenlijk zal verschillen.

3.4.1 Paprika

Om te toetsen of KASPRO op de juiste wijze met de setpointinstellingen en de regelingen van het voorbeeldbedrijf omgaat, is het berekende energieverbruik (35 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$) vergeleken met dat van het voorbeeldbedrijf (34 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$). Dit blijkt dus goed overeen te komen, zodat aangenomen kan worden dat de setpointinstellingen en de kasconfiguratie van dit bedrijf in het model juist zijn.

Bandbreedte
De ingestelde bandbreedte varieert tussen de bedrijven en ook tussen de verschillende dagdelen. Het voorbeeldbedrijf geeft een groot deel (voorjaar en zomer) van het jaar slechts een bandbreedte van ± 0.5 °C. In de winter en herfst kan dit oplopen tot ± 1.5 á 2 °C. Het bedrijf met de meest ruime instelling van de bandbreedte geeft ± 2 °C tot ± 4 °C.
In onderstaande Tabel 10 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven voor een range van bandbreedten. Hierbij is de integratieperiode voor alle berekeningen gelijk gehouden (7 dagen). Het maximaal aantal graaduren varieert door het seizoen van 60 graaduren in de winter tot 300 graaduren in de zomer. Het scherm wordt bij een buitentemperatuur lager dan 12 °C gesloten.
Zowel het gasverbruik als aantal uren overschrijding van het RV–setpoint zijn relatief uitgedrukt ten opzichte van het voorbeeldbedrijf. Uit Tabel 10 blijkt dat het voorbeeldbedrijf door het inzetten van TI ongeveer 3% (100/102.6) heeft bespaard. Bij een verdere vergroting van de bandbreedte kunnen nog eens enkele procenten extra bespaard worden. De variatie in de bandbreedte heeft ook invloed op het aantal uren overschrijding van het RV–setpoint. Bijna de totale vermindering van uren dat het RV–setpoint wordt overschreden komen van momenten dat het nacht is en er geschermd wordt. Dat het aantal uren overschrijding van het RV–setpoint bij een toenemende bandbreedte daalt, heeft een paar oorzaken.
De belangrijkste wordt veroorzaakt door er bij het voorbeeldbedrijf geen vochtkier wordt ingezet, maar wel een temperatuurkier. Bij een grotere bandbreedte komt het regelmatig voor dat er in de nacht, als het scherm gesloten is, op temperatuur een zogenaamde temperatuurkier wordt ingezet, waardoor dan tevens vocht wordt afgevoerd. Daardoor zal de RV dalen en daarmee het aantal uren overschrijding van het RV–setpoint. Daarnaast daalt de gemiddelde kasluchttemperatuur met ongeveer 0.5 °C bij een bandbreedte van 4 ten opzichte van een bandbreedte van 0. De vochtproductie (verdamping) daalt ook iets maar er wordt wel iets meer vocht tegen het kasdek (dat kouder blijft) gecondenseerd. Met andere woorden, er is wat meer vochtafvoer. Daartegenover staat dat er, doordat er minder vochtoverschrijding is, ook wat minder gelucht hoeft te worden. Al met al is de vochtafvoer iets groter bij de grotere bandbreedte. Samen met de

wat kleinere vochtproductie daalt hierdoor het absoluut vochtgehalte van de kaslucht iets. Uiteindelijk daalt door de combinatie van een lager absoluut vochtgehalte van de kaslucht en een lagere kasluchttemperatuur de RV van de kaslucht, welke resulteert in een vermindering van het aantal uren van de overschrijding RV–setpoint.

Tabel 10 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het paprika voorbeeldbedrijf bij verschillende bandbreedten en het relatief aantal uren (jaarrond) met een RV groter dan 85.5%.*

bandbreedte	vb. bedr.	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
gasverbruik rel. (%)	100.0	102.6	101.1	99.4	97.9	96.8	96.1	95.6	95.2	95.0
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	97.8	99.7	101.6	102.1	101.5	99.9	97.3	93.6	90.6

Integratieperiode

De integratieperiode op het voorbeeldbedrijf is 7 dagen, wat in vergelijking met de andere bedrijven, waar de integratieperiode tussen de 1 en 5 dagen varieert, veel is. In de berekeningen is de integratieperiode gevarieerd tussen de 1 en 7 dagen en is het effect hiervan op het energieverbruik en de RV geanalyseerd. De resultaten zijn in Tabel 11 weergegeven. Een integratieperiode van 0 dagen komt overeen met het geval dat geen temperatuurintegratie wordt gebruikt.

Tabel 11 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het paprika voorbeeldbedrijf bij verschillende integratieperioden en het relatief aantal uren (jaarrond) met een RV groter dan 85.5%.*

integratieperiode [dagen]	vb. bedr.	0	1	2	3	4	5	6
gasverbruik rel. (%)	100.0	102.6	100.4	100.5	100.3	100.3	100.1	99.9
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	97.6	99.8	100.1	100.2	100.1	100.3	100.3

Zoals uit Tabel 11 blijkt is de invloed van de integratieperiode langer dan 1 dag erg klein, iets wat ook al eerder werd gerapporteerd door Van de Braak en De Zwart (2001). Hierbij moet echter wel de opmerking geplaatst worden dat in de modelberekeningen geen rekening met de weersvoorspelling wordt gehouden. De effecten daarvan in combinatie met meerdaagse integratie kunnen daardoor niet worden gekwantificeerd.

Graaduren

Het ingestelde aantal graaduren op het voorbeeldbedrijf varieert met de verschillende seizoenen van 60 in de winter tot 300 in de zomer. Het ingestelde aantal graaduren moet altijd in relatie tot de integratieperiode gezien worden, immers 60 graaduren bij een integratieperiode van 1 dag geeft heel andere mogelijkheden aan de regeling dan 60 graaduren bij een integratieperiode van 7 dagen. Bij de geïnterviewde paprikatelers is een grote verscheidenheid aan deze instelling naar voren gekomen. Een groot aantal graaduren geeft de regeling (veel) vrijheid, maar of deze ook gebruikt kan of mag worden, wordt altijd bepaald door de ingestelde bandbreedte en integratietijd. De gekozen instellingen op het voorbeeldbedrijf, zijn zodanig dat er, energetisch, geen verdere besparing wordt bereikt boven een maximaal aantal graaduren van 50. Dit in combinatie met een integratieperiode van 7 dagen. Het blijkt ook dat alleen in de zomerdag (als er weinig energie verbruikt wordt voor de verwarming) een groot aantal graaduren (100) ook daadwerkelijk gebruikt wordt, maar weinig oplevert.

Schermgebruik

De manier van schermen (het openen en sluiten) verschilt in het algemeen niet zo erg veel tussen de deelnemers. De meeste deelnemers gebruiken in de voornacht een lagere buitentemperatuur als setpoint waarbij het scherm gesloten wordt, om de kasluchttemperatuur voldoende snel te kunnen laten dalen. De ingestelde setpoints kunnen echter grote invloed hebben op de vochtniveaus die uiteindelijk in de kas zullen optreden. In het algemeen geldt hierbij dat hoe hoger de buitenluchttemperatuur waarbij het scherm gesloten mag worden, des te meer uren met hogere RV–niveaus voorkomen. Voor het voorbeeldbedrijf is het setpoint waarop het scherm gesloten wordt 12 °C buitentemperatuur. In de berekeningen is deze waarde gevarieerd tussen 2 en 12 °C. De gevolgen hiervan op het energieverbruik en het aantal uren met RV overschrijding van het setpoint zijn in Tabel 12 weergegeven. De in deze tabel aangegeven “T buiten Max.” is de buitentemperatuur waar beneden het scherm gesloten wordt en waarboven het scherm geopend wordt. Het voorbeeldbedrijf heeft door het schermgebruik 38% (100/160.9) bespaard.

Tabel 12 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het paprika voorbeeldbedrijf bij verschillende buitentemperaturen waar het scherm gesloten wordt, het aantal uren (relatief ten opzichte van het voorbeeldbedrijf) waarbij de RV in de kas groter is dan 85.5 % en het aantal uren waarbij het scherm meer dan 50% gesloten is.*

T buiten max. (°C)	vb. bedr.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	*)
gasverbruik rel. (%)	100.0	101.8	104.6	107.8	111.0	114.9	118.5	123.1	128.0	132.4	136.5	160.9
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	95.0	88.1	82.6	78.6	75.8	73.5	71.9	71.1	70.8	70.6	70.5
totaal geschermde uren	3255	3011	2713	2450	2214	1985	1787	1554	1319	1117	944	0

*) geen scherm

Zoals uit Tabel 12 blijkt heeft het schermgebruik zowel grote invloed op het energieverbruik, als op de RV. Ook blijkt dat de meeste uren met een hoog RV–niveau worden gerealiseerd op momenten dat het scherm niet gebruikt wordt, immers als er geen scherm wordt gebruikt, is er nog altijd 70% van het aantal uren met een RV > 85.5% ten opzichte van het voorbeeldbedrijf over. De overschrijding van het RV–setpoint neemt met name met hoge buitentemperaturen fors toe. Om toch nog bij relatief hoge buitentemperaturen te kunnen schermen en daarmee energie te besparen en tevens het vocht enigszins in de hand te houden, kunnen vochtkieren worden ingezet.

Vochtkieren

Het voorbeeldbedrijf zet geen vochtkier in het scherm op momenten dat het scherm gesloten is en het RV–setpoint wordt overschreden. In Tabel 13 zijn het relatief gasverbruik ten opzichte van het voorbeeldbedrijf bij verschillende maximum vochtkierstanden en het relatief aantal uren met overschrijding van het RV–setpoint gegeven.

Tabel 13 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het paprika voorbeeldbedrijf bij verschillende maximum vochtkierstanden en het aantal uren (relatief ten opzichte van het voorbeeldbedrijf) waarbij de RV in de kas groter is dan 85.5 %.*

vochtkier (%)	vb. bedr.	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
gasverbruik rel. (%)	100.0	101.3	101.4	101.5	101.4	101.4	101.4	101.4	101.4
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	87.4	83.2	81.5	80.4	79.4	78.4	78.0	78.0

Uit Tabel 13 blijkt dat een vochtkier groter dan 3 á 4% geen verdere reductie van het aantal uren met overschrijding van het RV–setpoint geeft. Uit Tabel 13 zou geconcludeerd kunnen worden dat het inzetten van vochtkieren een negatief effect heeft op het energieverbruik. Het inzetten van vochtkieren kan energie besparen doordat de RV in de hand gehouden kan worden als het scherm gebruikt wordt. In de praktijk wordt het scherm vaak niet meer ingezet als verwacht wordt dat de RV te hoog op kan lopen. Bij de inzet van vochtkieren kan er meer uren geschermd worden en daarmee wordt energie bespaard. (Kempkes, 2000) Met andere woorden: “Het gebruik van een scherm met vochtkier is nog altijd te verkiezen boven geen scherm”.
Het geringe effect op het gasverbruik is een gevolg van de temperatuurintegratie. Op momenten dat er een kleine kier wordt getrokken en er is nog compensatie mogelijk door de temperatuurintegratieregeling, zal eerst (indien aanwezig) de vereveningruimte worden opgebruikt.
In de simulatie wordt een schermkierregeling gebruikt die met kleine stappen (0.3% en een wachttijd tussen de stappen) werkt. Hierdoor wordt mogelijke koudeval voorkomen en wordt de regeling rustiger met een gunstig effect op het energieverbruik.

Conclusie

De grootste besparingsresultaten worden bereikt door een grote bandbreedte van de temperatuurintegratie en door het reeds bij relatief hoge buitentemperaturen sluiten van het scherm. De hieruit voortvloeiende verhoging van het aantal uren met RV’s boven het setpoint, kunnen beperkt worden door een goed werkende vochtkierregeling, waarbij met kleine stappen, wachttijden en kleine maximum kieren gewerkt wordt. De bereikte besparing is niet zo groot als theoretisch haalbaar en in praktijkproeven wel bereikt is (Rijsdijk, 1998). De belangrijkste redenen zijn de beperkte bandbreedte, de inzet van minimumbuis en het niet gebruik maken van negatieve DIF. De inzet van negatieve DIF kan de gewasopbouw op de langere duur beïnvloeden (van den Berg 2001). Positieve DIF (dag is warmer dan de nacht) geeft meer strekking en kan

de uitgroei van blad positief beïnvloeden. Negatieve DIF verkort de internodiën lengte. Effecten van DIF zijn alleen over langere perioden bestudeerd.

3.4.2 Komkommer

Om te toetsen of KASPRO op de juiste wijze met de setpointinstellingen en de regelingen van het voorbeeldbedrijf omgaat, is het berekende energieverbruik (44 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$) vergeleken met dat van het voorbeeldbedrijf (44 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$). Dit blijkt dus zeer goed overeen te komen.

Bandbreedte

In Tabel 14 zijn de resultaten van de variatie van de bandbreedte op het relatief gasverbruik en de overschrijding van het RV–setpoint weergegeven. De inzet van temperatuurintegratie heeft dit voorbeeldbedrijf 7% (100/107.2) energiebesparing opgeleverd. In tegenstelling tot paprika, neemt hier het aantal uren overschrijding van het RV–setpoint toe bij een toenemende bandbreedte. Dit komt voornamelijk doordat het absoluut vochtniveau slechts zeer weinig daalt bij een toenemende bandbreedte. Ook betreft het hier slechts enkele tientallen uren, terwijl het bij paprika om enkele honderden uren gaat.

Tabel 14 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het komkommer voorbeeldbedrijf bij verschillende bandbreedten en het relatief aantal uren (jaarrond) met een RV groter dan 85.5%.*

bandbreedte	vb. bedr.	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
gasverbruik rel. (%)	100.0	107.2	103.9	101.9	100.2	99.1	98.2	97.4	96.5	96.1
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	89.3	94.3	97.1	99.6	101.1	102.6	103.8	104.5	104.5

Integratieperiode

De resultaten op het energieverbruik en de vochthuishouding bij een variatie van de integratieperiode zijn in Tabel 15 weergegeven. Zoals uit de tabel blijkt, is de invloed van de integratieperiode in dit geval zeer gering. Het voorbeeldbedrijf past een integratieperiode van 4 dagen toe.

Tabel 15 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het komkommer voorbeeldbedrijf bij verschillende integratieperioden en het relatief aantal uren (jaarrond) met een RV groter dan 85.5%.*

Integratieperiode [dagen]	vb. bedr.	0	1	2	3	4	5	6
gasverbruik rel. (%)	100.0	107.0	100.3	100.7	100.3	100.0	99.9	100.0
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	89.6	97.8	99.9	98.1	99.8	99.9	100.1

Graaduren

Het ingestelde aantal graaduren op het voorbeeldbedrijf is door de verschillende seizoenen altijd 36. Het ingestelde aantal graaduren moet altijd in relatie tot de integratieperiode gezien worden, immers 60 graaduren bij een integratieperiode van 1 dag geeft heel andere mogelijkheden aan de regeling dan 60 graaduren bij een integratieperiode van 7 dagen. Bij de geïnterviewde komkommertelers is een grote verscheidenheid aan deze instelling naar voren gekomen en varieert tussen de 30 en 300. Uit de berekeningen bleek slechts een geringe invloed van het aantal graaduren op het energieverbruik. Deze invloed is wel aanwezig indien het aantal graaduren in combinatie met de bandbreedte en integratieperiode wordt gewijzigd.

Schermgebruik

In Tabel 16 zijn de berekeningsresultaten van de variatie op de buitentemperatuur waarop het scherm sluit weergegeven. Het voorbeeldbedrijf heeft door het schermgebruik 24% (100/131) bespaard. Indien het scherm bij een hogere buitentemperatuur dan de 8 °C van het voorbeeldbedrijf gesloten wordt, kunnen er nog enkele procenten bespaard worden. Het totaal aantal uren schermgebruik, varieert uiteraard sterk met de buitentemperatuur waarop het scherm gesloten wordt. Het totaal aantal uren verschilt met de paprika omdat in de komkommerteelt in het najaar niet geschermd wordt.

Tabel 16 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het komkommer voorbeeldbedrijf bij verschillende buitentemperaturen waar het scherm gesloten wordt, het aantal uren (relatief ten opzichte van het voorbeeldbedrijf) waarbij de RV in de kas groter is dan 85.5 % en het aantal uren waarbij het scherm meer dan 50% gesloten is.*

T buiten max. (°C)	vb. bedr.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	*)
gasverbruik rel. (%)	100.0	96.5	97.5	98.6	100.0	101.7	103.3	105.8	108.9	111.8	114.6	131.0
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	107.2	105.2	102.6	100.0	98.7	97.5	96.0	95.2	94.6	94.2	94.2
totaal geschermde uren	2063	2639	2456	2259	2063	1881	1709	1480	1233	1036	848	0

*) geen scherm

Vochtkieren

De resultaten van de variatie van de vochtkier op het relatief gasverbruik en overschrijding van het RV–setpoint zijn weergegeven in Tabel 17. Het voorbeeldbedrijf zet een maximale vochtkier in van 9% met stappen van 3%. In de berekeningen is met kleinere stappen en een stapgrootte van 0.3% gerekend. Het meeste effect op de vochtafvoer is al bereikt bij een maximale kierstand van 3.5 á 4 %.

Tabel 17 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het komkommer voorbeeldbedrijf bij verschillende maximum vochtkierstanden en het aantal uren (relatief ten opzichte van het voorbeeldbedrijf) waarbij de RV in de kas groter is dan 85.5 %.*

vochtkier (%)	vb. bedr.	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
gasverbruik rel. (%)	100.0	99.1	99.3	99.3	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	113.3	110.1	108.6	107.5	107.3	107.5	107.1	106.7

Het geringe effect op het gasverbruik is een gevolg van de temperatuurintegratie. Op momenten dat er een kleine kier wordt getrokken en er is nog compensatie mogelijk door de temperatuurintegratieregeling, zal eerst, indien aanwezig, de vereveningruimte worden opgebruikt.

Conclusie

De grootste besparingsresultaten worden bereikt door de een grote bandbreedte van de temperatuurintegratie en door het reeds bij relatief hoge buitentemperaturen sluiten van het scherm. De bereikte besparing is niet zo groot als theoretisch haalbaar en in praktijkproeven wel bereikt is (Van den Berg, 2001). De belangrijkste redenen zijn de beperkte bandbreedte en de standaard inzet van minimumbuis in plaats van selectieve inzet op vocht.

3.4.3 Gerbera

Om te toetsen of KASPRO op de juiste wijze met de setpointinstellingen en de regelingen van het gerbera voorbeeldbedrijf (met belichting) omgaat, is het berekende energieverbruik (45 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$) vergeleken met dat van het voorbeeldbedrijf (46 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$). Hierbij is er van uitgegaan dat alle voor de belichting noodzakelijke elektriciteit met behulp van een wk–installatie is opgewekt. Het berekende energieverbruik blijkt goed overeen te komen met het werkelijke energieverbruik, zodat aangenomen wordt dat de setpointinstellingen en de kasconfiguratie van dit bedrijf in het model juist zijn. De resultaten van deze praktijkberekening kunnen wat afwijken van de “blauwdruk” resultaten, omdat in de blauwdruk, (paragraaf 3.2.2), geen assimilatiebelichting is opgenomen en in deze berekeningen wel gebruikt gemaakt wordt van belichting met een geïnstalleerd vermogen van 40 $W.m^{-2}$ die in de periode 1 september tot 1 mei maximaal 11 uur per dag is ingeschakeld.

Bandbreedte

De bandbreedte is gevarieerd van 0 °C, hetgeen betekent geen temperatuurintegratie, tot plus en min 4 °C ten opzichte van de ingestelde setpoints van de kasluchttemperatuur. In Tabel 18 zijn de resultaten op het energieverbruik en de overschrijding van het RV–setpoint, relatief ten opzichte van het voorbeeldbedrijf weergegeven. Uit de berekeningen blijkt dat de temperatuurintegratie, zoals deze is ingezet op het voorbeeldbedrijf, ruim 3% (100/103.2) energie bespaart. Een verruiming van de ingestelde bandbreedte kan de besparing verder vergroten. Keerzijde hiervan is dat het aantal uren, jaarrond, met een RV boven het RV–setpoint wat gaat toenemen.

Tabel 18 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het gerbera voorbeeldbedrijf bij verschillende bandbreedten en het relatief aantal uren (jaarrond) met een RV groter dan 85.5%.*

bandbreedte	vb. bedr.	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
gasverbruik rel. (%)	100.0	103.2	101.0	99.0	97.5	96.6	95.8	95.3	95.0	94.7
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	89.6	98.7	103.8	106.9	111.1	112.8	114.0	115.3	116.8

Integratieperiode

Op het voorbeeldbedrijf is de integratieperiode 1 dag. Om de invloed van de integratieperiode op het energieverbruik te bepalen is de integratieperiode tussen 0 (geen temperatuurintegratie) en 7 dagen gevarieerd. Het maximum aantal graaduren, dat van de blauwdruk (standaard instelling) mag worden afgeweken, is 20, wat bij de gekozen instellingen op het voorbeeldbedrijf ruim voldoende is. Echter bij langere integratieperioden is dit erg weinig. Daarom is in deze berekeningen het maximum aantal graaduren afwijking van de blauwdruk verhoogd naar 200. Uit de berekeningsresultaten, Tabel 19, blijkt dat dit slechts marginale gevolgen heeft voor zowel het energieverbruik als de vochthuishouding. Dit heeft twee (mogelijke) oorzaken; De TI–regelaar in het simulatiemodel maakt geen gebruik van de weersvoorspelling, zodat mogelijk potentiële besparingsruimte niet benut wordt. Het voorbeeldbedrijf maakt slechts gebruik van beperkte bandbreedten, waarbinnen de regeling vrijheid krijgt. De oplossing van deze twee knelpunten, maar met name de combinatie van deze twee kan extra besparing opleveren.

Tabel 19 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het gerbera voorbeeldbedrijf bij verschillende integratieperioden.*

integratieperiode [dagen]	vb. bedr.	0	1	2	3	4	5	6
gasverbruik rel. (%)	100.0	103.0	100.0	100.2	100.0	99.9	99.8	99.8
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	90.1	100.0	99.0	99.7	99.6	100.2	100.5

Graaduren

Het aantal graaduren, moet zoals eerder verklaard, altijd in relatie tot de integratieperiode en de bandbreedte gezien worden. Indien het aantal graaduren op het voorbeeldbedrijf meer is dan het aantal uren van de integratieperiode vermenigvuldigd met de bandbreedte, kan het aantal graaduren nooit de beperkende factor worden. Alleen bij meerdaagse temperatuurintegratie en grote bandbreedten, kan het inzetten van graaduren om de regeling te beperken van nut zijn. Indien de integratieperiode op het voorbeeldbedrijf verlengd wordt naar 7 dagen (overige instellingen blijven gelijk), dan wordt het aantal graaduren de beperkende factor, indien deze kleiner dan ongeveer 80 is ingesteld.

Schermgebruik

Het energieverbruik wordt zeer sterk beïnvloed door de buitentemperatuur waarbij het scherm gesloten, dan wel geopend wordt. In Tabel 20 zijn de resultaten van het sluiten bij verschillende buitentemperaturen op het relatief energieverbruik en de overschrijding van het RV–setpoint, tijdens het schermen ten opzichte van het voorbeeldbedrijf, weergegeven. De inzet van een scherm levert het voorbeeldbedrijf een besparing van ongeveer 20% (100/125.3) op. Dit kan nog wat verbeterd worden door reeds bij hogere buitentemperaturen het scherm te sluiten. Het gevolg hiervan is wel dat de RV iets vaker het setpoint zal overschrijden, ondanks de inzet van een vochtkier in het scherm bij overschrijding van het RV–setpoint. Het aantal geschermde uren varieert sterk bij de verschillende setpoints.

Tabel 20 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het gerbera voorbeeldbedrijf bij verschillende buitentemperaturen waarbij het scherm gesloten wordt, het aantal uren (relatief ten opzichte van het voorbeeldbedrijf) waarbij de RV in de kas groter is dan 85.5 % en het aantal uren waarbij het scherm meer dan 50% gesloten is.*

T buiten max. (°C)	vb. bedr.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	–30
gasverbruik rel. (%)	100.0	97.2	97.9	98.9	100.0	101.3	102.4	104.3	106.5	108.9	125.3
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	107.4	104.9	103.5	100.0	97.5	95.8	94.2	91.9	91.3	85.1
totaal geschermde uren	2105	2700	2518	2304	2105	1916	1752	1524	1287	1079	0

*) geen scherm

Vochtkieren

Als het scherm gesloten is, en de RV tot boven het setpoint oploopt, zijn er een paar mogelijkheden om de RV te laten dalen. Er kan een kier in het scherm getrokken worden, het raam kan op een kier worden gezet

of het scherm wordt geheel geopend, met andere woorden niet langer gebruikt. Deze laatste optie is niet verder uitgewerkt, maar kan enigszins vergeleken worden met de resultaten uit de vorige paragraaf, immers veel tuinders proberen vochtproblemen te voorkomen door het scherm pas bij lage buitentemperaturen in te zetten. Uit eerder onderzoek (Kempkes, 2000) is gebleken dat het eerst inzetten van een kier in het scherm wat voordeliger is dan eerst het raam te openen. Bij deze berekeningen, is de maximale vochtkier gevarieerd tussen 0 en 4%, tevens de ingestelde waarde op het voorbeeldbedrijf. In Tabel 21 zijn de resultaten weergegeven. Opvallend is, dat de ingezette maximale kierstand nagenoeg geen invloed heeft op het energieverbruik, maar wel duidelijk op de vochthuishouding. Bij een maximale kierstand van 3 á 3.5% vindt er geen verdere daling van de overschrijding van het RV-setpoint meer plaats. Het aantal uren dat het scherm volledig gesloten is (ongeveer 450 uur) varieert slechts enkele uren bij de verschillende maximale schermkierstanden.

Tabel 21 *Relatief gasverbruik ten opzichte van het gerbera voorbeeldbedrijf bij verschillende maximum vochtkierstanden en het aantal uren (relatief ten opzichte van het voorbeeldbedrijf) waarbij de RV in de kas groter is dan 85.5 % op momenten dat het scherm in gebruik is.*

vochtkier (%)	vb. bedr.	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
gasverbruik rel. (%)	100.0	99.5	99.8	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
uren RV> 85.5% rel. (%)	100.0	110.3	104.5	101.4	100.5	100.3	99.9	100.0	100.2

Het geringe effect op het gasverbruik is een gevolg van de temperatuurintegratie. Op momenten dat er een kleine kier wordt getrokken, en er is nog compensatie mogelijk als gevolg van de temperatuurintegratieregeling, dan zal eerst (indien aanwezig) de vereveningruimte worden opgebruikt. In de simulatie wordt een schermkierregeling gebruikt die met kleine stappen (0.3% en een wachttijd tussen de stappen) werkt. Hierdoor wordt mogelijke koudeval voorkomen en wordt de regeling rustiger met een gunstig effect op het energieverbruik.

Conclusie
De grootste besparingsresultaten worden bereikt door een grote bandbreedte van de temperatuurintegratie en door het reeds bij relatief hoge buitentemperaturen sluiten van het scherm. De hieruit voortvloeiende verhoging van het aantal uren met RV's boven het setpoint, kunnen beperkt worden door een goed werkende vochtkierregeling, waarbij met kleine stappen, wachttijden en kleine maximum kieren gewerkt wordt. De bereikte besparing is niet zo groot als theoretisch haalbaar en in praktijkproeven wel bereikt is (Buwalda, 1999). De belangrijkste redenen zijn de beperkte bandbreedte en de (standaard) inzet van minimumbuis in plaats van een minimumbuis op vocht.

3.5 Gewascommissies

De resultaten zoals deze in paragraaf 3.2, 3.3 en 3.4 zijn beschreven, zijn per gewas aan de desbetreffende gewascommissie gepresenteerd. In de volgende paragrafen is per gewas een samenvatting van de discussie na de presentatie van de onderzoeksresultaten voor de gewascommissies weergegeven.

3.5.1 Paprika

De paprikateelt in Nederland beslaat momenteel zo'n krappe 1100 ha. Alle paprikatelers gebruiken schermen. De referentieberekening met de blauwdruk zonder scherm, paragraaf 3.2.1, is niet realistisch. Het door het model berekende gasverbruik van 44 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$ voor de blauwdruk met scherm, ligt in de buurt van de praktijk die tussen de 40 en 45 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$ zit.
Als redenen voor de kleine bandbreedte die nu wordt ingezet worden genoemd:

1. De temperatuurverdeling in de kas is niet homogeen genoeg, daardoor zal met een grote bandbreedte bij temperatuurverlaging lokaal een te lage temperatuur ontstaan en een te hoge RV. Dat heeft dan nadelige gevolgen zoals bijvoorbeeld Fusarium aantasting.
2. Als het eenmaal verkeerd gaat met het gewas, is dat de hele teelt niet meer goed te maken, mede daarom is men in het algemeen bang alles aan de computer over te laten; je kunt geen risico nemen!
3. In de paprikateelt wil men, afhankelijk van de plantbelasting, het gewas regelmatig generatief sturen. Dit wordt vaak bereikt door kort voor zonsondergang een (forse) minimumbuis van 50 á 55 °C in te zetten.

Hiermee wordt dan de top van het gewas aan het eind van de dag “zwart gestookt”. Dit belemmert dat de TI-regeling bij dalende buitentemperatuur de kastemperatuur dan juist omlaag brengt.
4. De opstookhelling wordt bij grotere bandbreedte steiler, omdat de nacht en dagtemperatuur vaak uit elkaar worden getrokken. Als gevolg hiervan kunnen de vruchten in temperatuur achter blijven, waardoor problemen met condensatie op de vruchten kan ontstaan.

Paprika is een langzaam groeiend gewas, dat een onregelmatige (vluchten) productie heeft. De groei in de eerste twee maanden bepaalt het hele verloop van de verdere teelt. Het klimaat moet dan goed zijn om een voldoende generatief gewas te krijgen.
Veel tuinders passen al lange tijd een soort handmatige TI toe, door een maximum buis te gebruiken kun je namelijk een vergelijkbaar effect krijgen als met TI (bij lage buitentemperatuur wordt dan een lagere kastemperatuur gehaald; dat wordt gecompenseerd door bijv de temperatuur hoger te zetten als er meer licht is).
Een RV van 85% wordt hoog gevonden. Een hoge RV is riskant in verband met Fusarium
Om de toepassing van TI te vergroten, zou er iets gedaan moeten worden aan de temperatuurverdeling in de kas waardoor de risico’s voor lokaal te grote temperatuurafwijkingen en daarmee het ontstaan van vochtproblemen, verdwijnen.
Wellicht dat er in de programmatuur rekening gehouden zou moeten worden met de condensatietemperatuur op het gewas, zodat de regeling momentaan de bandbreedte aan kan passen. Voordeel hiervan is dat er in principe meer vrijheid aan het systeem gegeven kan worden en dat het systeem zelf kan ingrijpen indien kritische grenzen ten aanzien van de vochthuishouding bereikt worden. Dit zou tot een grotere besparing kunnen leiden.

3.5.2 Komkommer

Het areaal van komkommer is ongeveer 800 ha. Vrijwel alle komkommertelers gebruiken schermen waarbij het aantal geschermde uren varieert bij de aanwezige tuinders van 750 tot 1500 (meeste tussen 1000 en 1200 uur). Deze grote variatie in geschermde uren wordt voornamelijk bepaald door de plantdatum. In de winter wordt ook overdag in het begin van de teelt door sommige telers het scherm dicht gehouden, terwijl anderen het scherm openen afhankelijk van buitentemperatuur en de hoeveelheid licht.
De bandbreedte kan vrij ruim worden ingesteld, maar deze wordt vooral in de nanacht beperkt. Bij het opstoken naar dagtemperatuur bestaat anders de mogelijkheid dat de vruchten klam worden. Als de TI-regeling de nachttemperatuur (te ver) heeft verlaagd, wordt de helling bij het opstoken steiler en dan kunnen de vruchten in temperatuur achterblijven. “Als je de bandbreedte dan niet verkleint kom je te nat de nacht uit.”
Bovendien moet ’s ochtends de tank leeg (warmtebuffer). Daarom wordt op deze uren vaak een minimum buis ingezet van een paar uur vóór tot een paar uur na zon op. Soms is 50 tot 55 ^{o}C buis nodig. Hierdoor worden gewas en vruchten, op temperatuur gebracht, zodat deze niet klam worden of nat kunnen slaan.
Bij slechte prijzen wordt soms de concessie gedaan de tank niet leeg te maken. Als gevolg hiervan kan overdag dan minder CO_2 gegeven worden. Het gebruik van zuiver CO_2 als alternatief is te duur (tankhuur en prijs per kg).
De minimumbuis wordt vrijwel nooit ingezet op vocht. De RV wordt geregeld met het raam, waarna indien de kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen komt, de verwarming vanzelf wel bijkomt.

Er worden verschillende redenen aangegeven waarom TI door veel tuinders nog niet wordt gebruikt:
1. De programmatuur kan het nog niet, er zijn veel telers die geen software–abonnement hebben.
2. De computer kan niet met de nieuwe softwareversies omgaan zodat met nieuwe programmatuur ook een nieuwe computer gekocht moet worden.
3. Het voordeel van het gebruik van TI is beperkt (7% op 40 m^3) ten opzichte van de kosten (programma en computer € 9000 tot 14000).
4. Door slim met de minimum– en maximumbuis te werken, kan TI nagebootst worden; dat kost wel veel tijd achter de computer en je moet naar het gewas blijven kijken.
5. De voorlichting vreest dat tuinders teveel aan de computer gaan overlaten en te weinig naar het gewas gaan kijken.

Uit de interviews op de bedrijven is naar voren gekomen dat regelmatig (handmatig) de TI wordt ge-reset of bijgesteld, waarbij de graadurensom wordt aangepast. Dit wordt voornamelijk gedaan als compensatie niet nodig wordt gevonden, waarbij eigenlijk de gemiddelde etmaaltemperatuur wordt gecorrigeerd, als die te hoog of te laag is gewest in relatie tot het weer dat zich heeft voorgedaan. Met andere woorden, de ingestelde etmaal temperatuur paste niet bij de hoeveelheid licht. Dit komt vooral voor in januari en februari. Unaniem wordt als zeer groot voordeel van de TI–regeling genoemd het gemakkelijk kunnen regelen op een etmaaltemperatuur. Het voordeel hiervan is dat zonodig de klimaatregeling ook overgelaten kan worden aan personeel dat niet zo goed de relatie van het gewas en het vereiste klimaat kent.

De temperatuurintegratie is een handig hulpmiddel, maar de programmatuur en klimaatcomputers alleen zijn niet toereikend; ze weten niet wat het gewas doet en kunnen daar geen rekening mee houden. Als het gewas aan het interen is, kan de klimaatcomputer dat niet zien, zodat je wel handmatig moet ingrijpen, wat niet altijd wil zeggen dat dit tot een juiste beslissing van de tuinder leidt.
Omdat in veel programmatuur geen TI–regeling is opgenomen, zou het handig zijn als er een hulpmiddel kwam waarmee op de bestaande computers TI makkelijker kan worden nagebootst, zodat handmatig setpoints kunnen worden aangepast om toch gebruik te maken van de mogelijkheden die TI biedt.
In de programmatuur zou rekening gehouden moeten worden met de gevolgen van temperatuurverlaging in de nacht voor het opstooktraject, zodat natslaan van vruchten automatisch voorkomen wordt, en dit niet via het wijzigen van de bandbreedte in de hand gehouden hoeft te worden.

3.5.3 Gerbera

Het areaal van gerbera is ongeveer 275 ha waarvan momenteel op circa 20 ha belichting wordt toegepast. De verwachting is dat daar in 2002 nog ongeveer 20 ha aan belichting bijkomt. Het belichtingsniveau is meestal 5000 lux, wat overeenkomt met een geïnstalleerd elektrisch vermogen van circa 40 $W.m^{-2}$.

De voornaamste reden voor de tuinders om een kleine bandbreedte in te stellen heeft gewasfysiologische achtergronden, daarnaast moeten de nachttemperaturen lager zijn dan de dagtemperatuur, zodat de toepassing van negatieve DIF niet mogelijk is.
Veel van de klimaatsetpoints zijn er op gericht om de RV in de hand te houden. Gerbera is erg gevoelig voor smet/botrytis, daarom moeten hoge RV's (groter dan 85% worden vermeden). Hoewel de tolerantie afhankelijk is van de cultivar, moet, omdat er bijna altijd een groot aantal cultivars in één kascompartiment aanwezig is, steeds het RV–setpoint van de meest gevoelige cultivar worden aangehouden.
Zo heeft men vaak de luchtlijn dicht op de stooklijn staan omdat, als er bijvoorbeeld in het voorjaar zon is en de RV wordt te hoog, men snel wil luchten om vocht af te voeren. Hiermee gaat het effect van de TI verloren, waar je de stook- en luchtlijn juist uit elkaar moet halen om graaduren te kunnen sparen.
Bij een overschrijding van het RV–setpoint, wordt er een minimum buis ingezet met een temperatuur van zo'n 40 °C, zodat voldoende luchtbeweging ontstaat. Dit is meestal wel in eerste instantie een gewasnet van 28 of 35 mm.
Afhankelijk van de gekozen teeltmethode (wanneer wil je pieken met de productie) mag in de winter, indien overdag een hoge temperatuur wordt gehaald, in de nacht door een grotere bandbreedte de nachttemperatuur gerust naar 15 á 14 °C dalen.

Als een kosten / baten analyse gemaakt wordt, is een besparing van 4% op 50 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$, wat ca. 2 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$ en daarmee hooguit €3 000 per ha oplevert, geen problemen met botrytis waard, omdat deze kosten al snel een veelvoud van de mogelijke opbrengst zijn. Met andere woorden, het risico dat men neemt is te groot om de grenzen van TI op te zoeken.

Indien TI zou helpen bij het afvlakken van pieken in het gasverbruik, ook bij meerdaagse integratie, dan zou dat wel een goede reden zijn om het meer te gebruiken.
Als het grootste voordeel van de TI-regeling wordt genoemd dat je zo eenvoudig op etmaaltemperatuur kunt regelen.
Er zou meer draagvlak voor het gebruik van TI komen, wanneer de besparende effecten van meerdaagse integratie in combinatie met een "geen–smet–garantie" door dauwpuntstemperatuurmetingen gerealiseerd zou kunnen worden.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Energiebesparingeffecten

De energiebesparingen die worden bereikt door de inzet van schermen en temperatuurintegratie lopen voor de drie onderzochte gewassen flink uiteen. Dat geldt zowel voor de theoretisch haalbare besparingen die met behulp van computersimulaties zijn berekend, als voor de besparingen die in de praktijk worden bereikt.
In alle gevallen is de besparing van het gecombineerd gebruik van temperatuurintegratie en schermen wat kleiner dan de som van de afzonderlijke besparingen, maar toevoegen van één van de opties aan de andere leidt altijd tot meer besparing. Het scherm zorgt voor de grootste besparing.
Op basis van de standaard instellingen geeft gebruik van een scherm bij paprika volgens de simulaties een besparing van 32% (20.7 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$). Door daar temperatuurintegratie met een bandbreedte van plus en min 2 °C en een integratieperiode van 24 uur aan toe te voegen wordt de besparing vergroot naar 37% (24.1 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$). Bij gerbera is dat respectievelijk 26% (14.1 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$) en 29% (15.7 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$)en bij komkommer respectievelijk 21% (13.2 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$) en 31% (19.9 $m^3.m^{-2}.a^{-1}$).
De gevoeligheidsanalyses op basis van gegevens van de praktijkbedrijven laten zien dat:
De grootste besparingsresultaten bereikt worden een ruim ingestelde bandbreedte voor de temperatuurintegratie en door het reeds bij relatief hoge buitentemperaturen sluiten van het scherm. De in de praktijk behaalde besparing door de inzet van temperatuurintegratie is bij paprika en gerbera ongeveer 3%, terwijl deze voor komkommer ongeveer 7% is. De bereikte besparing is niet zo groot als theoretisch haalbaar en in praktijkproeven wel bereikt is (Rijsdijk, 1998; Buwalda, 1999; van den Berg 2001). De belangrijkste redenen zijn de beperkte bandbreedte, de (standaard) inzet van minimumbuis in plaats van selectieve inzet van minimumbuis op vocht en het niet gebruik maken van negatieve DIF. Met het gebruik van schermen bereiken de onderzochte praktijkbedrijven reeds hoge energiebesparingen, door in koude perioden ook overdag te schermen, soms zelfs meer dan volgens onze standaardberekening verwacht mag worden. Toch kunnen in een aantal gevallen nog enkele procenten meer bespaard worden door de schermen bij hogere buitentemperaturen te sluiten en een goede kierregeling op vocht toe te passen.

4.2 Kasklimaateffecten

Bij gebruik van standaard instellingen (o.a. RV 85%) geven de simulaties aan, dat door gebruik van schermen of temperatuurintegratie het aantal uren dat op de luchtvochtigheid moet worden ingegrepen, toeneemt. Bij gecombineerd gebruik neemt dat aantal uren ook toe. Bij paprika en gerbera is dat minder dan de som van de afzonderlijke effecten, maar bij komkommer meer. Door het gebruik van een scherm, met een goede kierregeling op vocht, is bij paprika het jaarlijks aantal uren met te hoge RV 1577 door er temperatuurintegratie aan toe te voegen, komen daar 122 uur bij. Bij komkommer is dat respectievelijk 1181 uur en 457 uur en bij gerbera respectievelijk 1870 uur en 209 uur.
De gevoeligheidsanalyses op basis van gegevens van een praktijkbedrijven laten zien dat de uit de toepassing van schermen en TI voortvloeiende verhoging van het aantal uren met te hoge RV, kunnen worden beperkt door een goed werkende vochtkierregeling, waarbij met kleine stappen, wachttijden en kleine maximum kieren gewerkt wordt.

4.3 De praktijk

Vooropgesteld moet worden dat ons de indruk is gegeven, dat van de onderzochte gewassen bijna alle tuinders schermen gebruiken. Bovendien gaan veel tuinders actief met hun klimaatinstellingen om (minimum en maximum buistemperatuur, aanpassing van temperatuurniveau aan lichtomstandigheden enz.), zodat de besparingspotentie van temperatuurintegratie in de praktijk wat lager zal uitvallen dan de theorie aangeeft.

De tuinders die temperatuurintegratie toepassen zijn in het algemeen heel voorzichtig met de bandbreedte (tot plus en min 1 à 1.5 °C). De komkommertelers gaan hierin het verst (tot plus en min 4 °C) maar vooral in de nanacht wordt een kleine bandbreedte gebruikt om vochtproblemen bij het opstoken te voorkomen.
De belangrijkste redenen om voorzichtig met de bandbreedte om te gaan hebben te maken met vocht en de toestand van het gewas: Bij gerbera moet door de variatie van cultivars in één kas rekening gehouden worden met het gewas dat het meest gevoelig is voor smet, bij paprika kunnen fouten in de beginfase nooit meer goed gemaakt worden en bij komkommers ontstaan met name bij het opstoken in de ochtend vochtproblemen.
Unaniem positief zijn de tuinders over de mogelijkheid om eenvoudig een etmaaltemperatuur te realiseren. Minder te spreken zijn ze over de mate waarin de TI–programmatuur rekening houdt met de lichtsom met name in de koude perioden.
Op vocht geregelde schermkieren worden in de praktijk, zo lijkt het, nog niet overal optimaal toegepast. Het besef dat bij te hoge RV, schermkieren groter dan 4% wel meer energie kosten maar de RV niet omlaag brengen is nog lang niet overal doorgedrongen. Overigens zijn er ook tuinders die soms helemaal geen kier trekken en blijkbaar de te hoge RV voor lief nemen of het scherm niet meer inzetten zodra men verwacht met hoge vochtniveaus te maken te krijgen.

4.4 Aanbevelingen

De resultaten van dit onderzoek leiden tot een aantal aanbevelingen:

Kennis bij tuinders, voorlichters en toeleverend bedrijfsleven. De resultaten van dit project laten zien dat gebruik van schermen met een kierregeling en gebruik van temperatuurintegratie goed samen gaan. Voor velen uit de doelgroepen bestaat nog veel onduidelijkheid wat temperatuurintegratie inhoudt en ontbreekt de kennis over de effecten van een goede schermkierregeling. De voordelen van het gebruik van een schermkierregeling op vocht zeker in combinatie met temperatuurintegratie worden in de praktijk daardoor nog niet benut. Eventuele vochtproblemen kunnen beter in de hand gehouden worden als tuinders beter gebruik maken van schermkieren en de minimumbuis selectief op vocht inzetten. Het verdient dan ook aanbeveling in het voorlichtingstraject meer en meer continue aandacht aan deze onderwerpen te besteden.

Klimaatregelprogrammatuur. De huidige regelprogrammatuur voor temperatuurintegratie houdt volgens de tuinders die in het onderzoek zijn betrokken te weinig rekening met effecten van de hoeveelheid licht en verhoogde RV gedurende bepaalde perioden.
Het verdient daarom aanbeveling nader onderzoek uit te voeren naar de relatie tussen lichtsom (assimilatie) en temperatuursom en de bijbehorende productie over een gegeven periode en de mogelijkheid om daar in de klimaatregeling gebruik van te maken. Daarnaast zouden leveranciers van klimaatcomputers hun programmatuur moeten aanpassen zodat rekening wordt gehouden met de gevolgen van temperatuurverlaging in de nacht voor het opstooktraject, zodat natslaan van vruchten automatisch voorkomen wordt, en dit niet via het wijzigen van de bandbreedte in de hand gehouden hoeft te worden.

Risico's. De voornaamste beperkende factor voor tuinders om de bandbreedte te vergroten is de vrees voor vochtproblemen, met als gevolg ziekten en productieverlies. Financieel weegt de energiebesparing vaak niet op tegen het risico van productieverlies. Hierdoor worden meestal ruime veiligheidsmarges aangehouden. Om deze marges te kunnen verkleinen moet de temperatuurverdeling in de kas goed zijn zodat er een gelijk klimaat in de gehele kas aanwezig is. Daarnaast is een hulpmiddel nodig om vast te stellen of de men in de gevarenzone komt.
Het verdient daarom aanbeveling enerzijds via de voorlichtingskanalen steeds weer de aandacht te vestigen op de bestaande methoden om een homogeen kasklimaat te realiseren, anderzijds via het onderzoek nieuwe middelen te ontwikkelen om zo'n klimaat te maken en de bewaking daarvan door bijvoorbeeld dauwpuntstemperatuurmetingen mogelijk te maken.

Gedrag. "Zien is geloven" geldt ook voor veel tuinders, het verdient daarom aanbeveling om een project in de praktijk op een aantal voorbeeldbedrijven uit te voeren, met een goede begeleiding van de tuinders vanuit het onderzoek, bedrijfsleven en de voorlichting, waarin de scepsis van tuinders kan worden weggenomen ten aanzien van het gebruik van temperatuurintegratie en schermkierregeling.

Literatuur

Bakker *et al.*, 1998. Kas van de Toekomst;Eindrapportage haalbaarheidsstudie.

Breuer, J.J.G. en N.J. van de Braak, 1989 Reference Year for Dutch Greenhouses, Acta Horticulturae 248, 1989

Buwalda F., Rijsdijk A.A., Van Leeuwen G.J.L., Hattendorf A., Vogelezang J.V.M.,1999. Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen. PBG Rapport 176

Campen J.B., De Zwart H.F., Van de Braak N.J., Kool H.D.M.. Janssen E.G.O.N.,2001. Koeling en Ontvochtiging in de Floriadekas IMAG Rapport P2001–102

De Zwart, H.F., G.L.A.M. Swinkels en C.J.M.Vernooy, 1999. Praktijk evaluatie van het gebruik van warmtebuffers in de tomaten– en paprikateelt, IMAG Nota P99–99, 60pp.

De Zwart, H.F, 1996, Analyzing energy–saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. Ph.D. Dissertation, Landbouwuniversiteit, Wageningen, 236pp.

Kempkes, F.L.K., N.J. van de Braak, A.T.M. Zwinkels, G. Houter, 2000, Schermkieren in de praktijk, onderzoek naar verbeterde regeling, temperatuurverschillen en gewasontwikkeling bij paprika, IMAG Nota P2000–30, 44pp.

Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2000–2001; groenten – snijbloemen – potplanten IKC glasgroenten, Naaldwijk, 2000.

Raaphorst M.G.M., Ruijs M.N.A., Nienhuis J.K., van de Braak N.J., de Zwart H.F., Schoonderbeek G.G., Heller E.M.B. en Opdam J.J.G., 2001. Evaluatie systeemontwerpen voor ontvochtigen en energievoorziening, Rapport PPO 521, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector glastuinbouw.

Rijsdijk, A.A., J.V.M Vogelezang, G.J.L. van Leeuwen, F.R. van Noort, G. Heij, G.E. Mulderij, J. de Hoog en H. Jasperse, 1998. Temperatuurintegratie op etmaalbasis, onderzoek op PBG en praktijkbedrijven bij potplant, roos en paprika, rapport 135, 73pp.

Swinkels, G.L.A.M., Huijs, J.P.G. en de Zwart H.F.,2000. Standaardteelten, IMAG nota P2002–85, 44pp.

Van de Braak, N.J. en de Zwart H.F.,2001. Analyse energiebesparing door temperatuurintegratie, IMAG nota P2001–98, 15pp.

Van den Berg, G.A., F. Buwalda en E.C. Rijpsma, 2001. Praktijkdemonstratie meerdaagse temperatuurintegratie, Rapport PPO 501, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector glastuinbouw, 49pp.

Bijlage 1 Simulatiemodel KASPRO

Het simulatiemodel (KASPRO) is een uit diverse parameters samengesteld model van de eigenschappen van een kas, gewasgegevens, ingestelde setpoints en buitenklimaat, dat de relevante variabelen berekent als functie van tijd. Dit maakt berekening van de energieconsumptie en gewasproductie mogelijk.
De basis van het model wordt gevormd door de energie–, water– en CO_2–balansen van de in beschouwing genomen samenhangende onderdelen van het systeem. Het resulteert in een set van niet lineaire, eerste orde differentiaalvergelijkingen die numeriek worden opgelost.
Het kasklimaatmodel heeft als startpunt de kasklimaatregelaar.
Kaslucht bevat samenhangende componenten waarvan de temperatuur, vochtigheid en CO_2–concentratie als primaire variabelen worden beschouwd. De kasklimaatregelaar vergelijkt deze waarden met setpoints. De setpoints zijn functies van tijd en buitenklimaat en aangenomen wordt dat de teler ze van parameters voorziet.
Op grond van de vergelijkingen zal de regelaar het volgende acties uitvoeren:

- Past de stand van de mengklep van de warmwatertoevoer aan, ten einde de temperatuur van de verwarmingbuizen te wijzigen. Meestal wordt de temperatuur van twee afzonderlijke verwarmingssystemen, waarvan één met pijpen dicht bij de grond en één met pijpen in of boven het gewas.
- Past de stand van de luchtramen aan voor warmte– en vochtuitwisseling tussen de kas– en buitenlucht.
- Start en stopt de CO_2–gift naar de kas.

Naast het kasklimaat, stuurt de regelaar de apparaten aan die van belang zijn voor de warmtevoorziening (ketel,warmtepomp, WKK en opslagtank) en de CO_2–productie van de ketel. De regelactiviteiten hebben direct of indirect invloed op het brandstofverbruik. Dit is duidelijk het geval bij verhoging van de buistemperatuur, hoewel de brandstof om in de warmtebehoefte te voorzien, al uren eerder opgewekt kan worden en tijdelijk worden opgeslagen in een warmteopslagtank.
Geopende ramen hebben een effect op de energieconsumptie wanneer de regelactiviteiten worden uitgevoerd op grond van het setpoint luchtvochtigheid gedurende perioden van energievraag. De CO_2–gift veroorzaakt een brandstofverbruik indien CO_2 wordt verkregen uit uitlaatgassen van de ketel of de WK–installatie tijdens perioden zonder energievraag.
Omdat het warmtedistributiesysteem in kassen gewoonlijk bestaat uit een warm–watercircuit van pijpen met een groot thermisch vermogen met typische afkoelingseigenschappen, wordt extra aandacht besteed aan de beschrijving van het dynamisch gedrag (De Zwart, 1996). De tank voor korte termijn warmteopslag met zijn grote thermische vermogen is gemodelleerd met een uitgebreid gelaagd model overeenkomstig de uitgangspunten gepresenteerd door Yoo en Pak (1993). Naast de kasklimaatregelaar zijn de kasluchtomstandigheden ook afhankelijk van de warmte, vocht en CO_2–uitwisseling tussen de kaslucht en zijn directe omgeving. Om deze interacties te beschrijven onderscheidt het model samenhangende componenten voor het gewas, de bodem en het kasdek.
De grond onder de kas vertegenwoordigt een grote warmteopslagcapaciteit met een sterk dempend effect op fluctuaties van de kasluchttemperatuur. Om een goede afspiegeling van dit effect te verkrijgen is de grond onderverdeeld in 7 lagen.
Het kasdek vormt een belangrijke belemmering voor warmteverlies naar de buitenlucht. Indien de temperatuur van het dek echter onder het dauwpunt van de kaslucht komt, veroorzaakt het dekoppervlak ontvochtiging van de kas.
De buitenomstandigheden dienen als omgevingsfactoren voor het model. De buitenluchttemperatuur en de hemeltemperatuur beïnvloeden de warmteverliezen door convectie en straling bij het kasdek en daardoor de temperatuur van het dek. De buitentemperatuur, vochtigheid en CO_2–concentratie hebben een directe invloed op de primaire toestandsvariabelen via luchtuitwisseling door geopende ramen of kieren. De windsnelheid is een belangrijke indirecte weerconditie omdat deze invloed heeft op de convectieve warmte–uitwisseling aan het dek en in belangrijke mate de luchtuitwisseling door de ramen bepaalt.
Een belangrijk weergegeven is de globale straling. Directe en diffuse straling wordt geabsorbeerd, gereflecteerd en doorgelaten door het dek, het gewas en de grondoppervlakte. Bovendien is straling op gewashoogte belangrijk voor de fotosynthese. Voor de berekening van de warmte–, vocht– en CO_2–stromen

tussen de samenhangende componenten, zijn de relaties voor de warmtestroming ontleend aan een aantal auteurs. De warmtestraling is berekend met gebruikmaking van relaties gebaseerd op de wet van Stefan–Boltzmann, en bevat "view factoren", absorptie en emissie. Interceptie van de straling door het gewas is behandeld in overeenstemming met Goudriaan (1988). De transmissie van licht door het dek is berekend middels een methode beschreven door Bot (1983). De convectieve warmte–uitwisseling aan de binnen en buitenkant van het dek is beschreven in de relaties eveneens gepresenteerd door Bot. De ventilatiestromen, in tuinbouwkundige context is gebaseerd op natuurlijke ventilatie, en is berekend op basis van de theorie gepresenteerd door De Jong (1990). De gewasverdamping, een belangrijk onderdeel van het model, is afgeleid van het werk van Stanghellini (1987). De convectieve warmteoverdracht van verwarmingsbuizen en convectieve warmte uitwisseling van de bodem is eveneens beschreven door Bot. De warmtegeleiding in de grond is benaderd vanuit de algemene warmtegeleidingtheorie.
Ten gevolge van de complexiteit en de niet lineariteit van het model, is de integratie van differentiaal vergelijkingen uitgevoerd in numerieke voorwaartse integratie. De stapgrootte is zodanig gekozen dat de temperatuurverandering van de toestandsvariabelen minder is dan 0.1 °C. Dat betekend dat de tijdsduur per integratiestap vaak niet meer dan 15 sec bedraagt. Wanneer het buitenklimaat en de klimaatregelaar activiteiten stabiel zijn, neemt de stapgrootte toe tot 2 minuten, hetgeen overeen komt met de meetfrequentie van de klimaatregelaar.
Vergelijking van de resultaten van het model met metingen in een semi–praktijk kas (4 afdelingen van 200 m^2 elk) toonden een zeer goede overeenkomst. Absolute verschillen tussen model en metingen voor de luchttemperatuur voor gemiddelde 10 minuten waarden bedroegen minder dan 0.5 °C in 90% van de tijd. De warmteconsumptie werd gesimuleerd met een nauwkeurigheid van 95% en de regelactiviteiten m.b.t. ramen open/dicht controle en de CO_2–gift toonden een goede gelijkenis. (de Zwart, 1996).
De beschrijving van het buitenklimaat gaat uit van typisch Nederlandse weersomstandigheden. Deze dataset is weergegeven in het SEL–jaar (Breuer en Van de Braak, 1989).

Literatuur

Breuer, J.J.G. en N.J. van de Braak, 1989 Reference Year for Dutch Greenhouses, Acta Horticulturae 248, 1989
Bot, G.P.A., 1983. Greenhouse climate: from physical processes to a dynamic model. Ph. D. dissertation Agricultural University Wageningen, The Netherlands.
Goudriaan, J., 1988. The bare bones of leaf–angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. Agricultural and forest meteorology, 43:155–169.
Jong, T., de, 1990. Natural ventilation of large multi–span greenhouses. Ph. D. Thesis Agricultural University Wageningen, The Netherlands.
Stanghellini, C, 1987. Transpiration of greenhouse crops. An aid to climate management. Ph. D. dissertation, Landbouwuniversiteit, Wageningen.
Yoo H. en E. Pak, 1993. Theoretical model of the charging process for stratified thermal storage tanks. Solar Energy, 51(1993)6 pp. 513–519.
Zwart H.F., de, 1996. Analyzing energy–saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. IMAG–DLO rapport 96–05, 236 blz.

Bijlage 2 Kas en installatie

rode paprika	
groeimedium	steenwol
plantdatum	25–11
ruimdatum	7–11
kasoppervlak	20 000 m^2
ketelvermogen	3 MW
rookgascondensor	ja
warmtebuffer	80 $m^3.ha^{-1}$
CO_2–dosering	uit rookgassen ketel, dmv darmen, capaciteit 85 $m^3.ha^{-1}.h^{-1}$
scherm	transparant beweegbaar
hoofdnet	8 pijpen van 51 mm per 6.4 m kap
secondair net	4 pijpen van 28 mm per 6.4 m kap

komkommer	
groeimedium	steenwol
plantdatum	jaarrond drie teeltcycli: 14 dec tot 14 mei, 15 mei tot 31 juli en 1 aug tot 5 nov
ruimdatum	
kasoppervlak	20 000 m^2
ketelvermogen	3 MW
rookgascondensor	ja
warmtebuffer	100 $m^3.ha^{-1}$
CO_2–dosering	uit rookgassen ketel, dmv darmen, capaciteit 85 $m^3.ha^{-1}.h^{-1}$
scherm	beweegbaar energiescherm
hoofdnet	8 pijpen van 51 mm per 6.4 m kap
secondair net	4 pijpen van 28 mm per 6.4 m kap

gerbera	
groeimedium	steenwol
plantdatum	jaarrond
ruimdatum	
kasoppervlak	20 000 m^2
ketelvermogen	3 MW
rookgascondensor	ja
warmtebuffer	100 $m^3.ha^{-1}$
CO_2–dosering	uit rookgassen ketel, dmv darmen, capaciteit 85 $m^3.ha^{-1}.h^{-1}$
scherm	beweegbaar energiescherm
hoofdnet	8 pijpen van 51 mm per 6.4 m kap
secondair net	4 pijpen van 28 mm per 6.4 m kap

Bijlage 3 Klimaatinstellingen

Paprika (rood)

setpoints	
temperatuur	25–11 tot 16–12: dag en nacht 22.5 °C 16–12 tot 06–01: dag 22.5 °C, nacht 20 °C 06–01 tot 27–01: dag 22 °C, nacht 18 °C 27–01 tot 07–11: dag 21 °C, nacht 19 °C
RV	85% maximaal
CO_2	1000 ppm maximaal

Verder geldt de volgende klimaatregeling:

Verwarming
De stooklijn waarop het kasklimaat wordt geregeld, is gebaseerd op de dag– en nachtsetpoints, waarbij de helling bij de overgangen tussen deze setpoints op 1 °C.h^{-1} gesteld is. De stijging naar het dagsetpoint wordt op een zodanig moment ingezet dat de dagwaarde bij zonsopkomst bereikt is. De verlaging naar de nachttemperatuur wordt ingezet bij zonsondergang. Het setpoint wordt overdag met 2 °C verhoogd over het zonnestralingstraject van 100 tot 300 W.m^{-2} (buiten de kas gemeten).

Minimum buis
De minimumbuistemperatuur bedraagt jaarrond dag en nacht 35 °C. In het zonnestralingstraject 100 tot 300 W.m^{-2} wordt de minimumbuistemperatuur afgebouwd naar de actuele kastemperatuur.

Ventilatie
De ventilatielijn staat vanaf de start van de teelt tot 16 december 5 °C boven de stooklijn, vervolgens tot 6 januari op 3 °C, tot 27 januari op 2 en de rest van de teelt op 1.5 °C boven de stooklijn. Bij het afbouwen van de stooklijn bij het invallen van de avond loopt de ventilatielijn een half uur achter op de stooklijn. De ramen worden voor iedere graad overschrijding van de ventilatielijn 10% geopend. Indien de lijzijdige luchting meer dan 60% geopend is (dus bij een kasluchttemperatuur van 6 °C boven de ventilatielijn), gaan de loefzijdige ramen meelopen.
Behalve op temperatuur worden de ramen ook nog geregeld op vocht. Bij overschrijding van de ingestelde maximale RV worden de ramen met een PI–regelaar geopend. Zonodig wordt daarbij ook nog bijgestookt.

Buffer/CO_2
CO_2–dosering vindt plaats van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang en zolang de buffer nog niet geheel gevuld is.

Scherm
Er wordt een transparant beweegbaar scherm gebruikt dat continu gesloten is van 25 november tot 5 december. Van 5 december tot 6 januari is het scherm overdag geopend als de zonnestraling meer dan 100 W.m^{-2} bedraagt. Na 6 januari is het scherm overdag geopend als de zonnestraling meer dan 5 W.m^{-2} bedraagt. Het scherm is ‘s nachts dicht, mits de buitentemperatuur kleiner is dan 10 °C. in de periode juni – september wordt er niet geschermd Wanneer de RV 0.5 % boven het setpoint komt wordt het scherm op een kier getrokken.

Komkommer

setpoints	
temperatuur	14–12 tot 03–01: dag 22 °C, nacht 21 °C 04–01 tot 31–01: dag 21 °C, nacht 20 °C 01–02 tot 14–05: dag 21 °C, nacht 18.5 °C 17–05 tot 06–06: dag 22 °C, nacht 21 °C 07–06 tot 13–06: dag 21 °C, nacht 19.5 °C 14–06 tot 31–07: dag 20.5 °C, nacht 18 °C 02–08 tot 22–08: dag 22 °C, nacht 21 °C 23–08 tot 29–08: dag 21 °C, nacht 20 °C 30–08 tot 05–11: dag 20.5 °C, nacht 18 °C
RV	85% maximaal
CO_2	800 ppm maximaal

Verder geldt de volgende klimaatregeling:

Verwarming
Aan de hand van dag– en nachtsetpoints wordt de stooklijn bepaald, waarbij de helling bij de overgangen tussen deze setpoints op 1 °C.h^{-1} gesteld is. De stijging naar het dagsetpoint wordt op een zodanig moment ingezet dat de dagwaarde bij zonsopkomst bereikt is. De verlaging wordt ingezet een uur voor zonsondergang. Het setpoint wordt overdag met 2 °C verhoogd over het zonnestralingstraject van 100 tot 200 W.m^{-2} (buiten de kas gemeten).

Minimum buis
Er wordt jaarrond een minimum buis van 35 °C toegepast, die lichtafhankelijk tussen 100 en 300 W.m^{-2} naar de kasluchttemperatuur wordt afgebouwd.

Ventilatie
De ventilatielijn staat van 14 december tot 16 februari 2 °C boven de stooklijn. Van 16 februari tot 7 november staat de ventilatielijn op de stooklijn. Bij het afbouwen van de stooklijn bij het invallen van de avond loopt de ventilatielijn een half uur achter op de stooklijn.
De ramen worden voor iedere graad overschrijding van de ventilatielijn 10% geopend. Indien de lijzijdige luchting meer dan 40% geopend is (dus bij een kasluchttemperatuur van 4 °C boven de ventilatielijn), gaan de loefzijdige ramen meelopen.
Behalve op temperatuur worden de ramen ook nog geregeld op vocht. Bij overschrijding van de ingestelde maximale RV worden de ramen met een PI–regelaar geopend. Zonodig wordt daarbij ook nog bijgestookt.

Buffer/CO_2
CO_2–dosering vindt plaats van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang en zolang de buffer nog niet geheel gevuld is.

Scherm
Er wordt een transparant beweegbaar scherm gebruikt dat continu gesloten is van 14 december tot 5 januari. Na 5 januari is het scherm overdag geopend als de zonnestraling meer dan 10 W.m^{-2} bedraagt Van 5 januari tot 1 maart is het scherm ‘s nachts dicht, mits buitentemperatuur groter is dan 10 °C, van 1 maart tot 1 mei wanneer de buitentemperatuur lager is dan 5 °C. In de praktijk schermen de meeste telers weinig.

Gerbera

setpoints	
temperatuur	01–01 tot 01–04: dag 18.5 °C, nacht 21 °C 01–04 tot 01–10: dag 18 °C, nacht 17.5 °C 01–10 tot 31–12: dag 17 °C, nacht 17 °C
RV	85% maximaal
CO_2	800 ppm maximaal

Verder geldt de volgende klimaatregeling:

Verwarming
Aan de hand van dag– en nachtsetpoints wordt de stooklijn bepaald, waarbij de helling bij de overgangen tussen deze setpoints op 1 °C.h^{-1} gesteld is. De stijging naar het dagsetpoint wordt op een zodanig moment ingezet dat de dagwaarde bij zonsopkomst bereikt is. De verlaging wordt ingezet een uur voor zonsondergang. Het setpoint wordt overdag in de periode januari – maart met 1.5 °C verhoogd over het zonnestralingstraject van 100 tot 300 W.m^{-2} (buiten de kas gemeten), maar in de periode april – september geldt er een lichtverlaging van 1.5 °C.

Minimum buis
Er wordt jaarrond een minimum buis toegepast van 42 °C.

Ventilatie
De ventilatielijn staat het gehele jaar 1 °C boven de stooklijn. Bij het afbouwen van de stooklijn bij het invallen van de avond loopt de ventilatielijn een half uur achter op de stooklijn.
De ramen worden voor iedere graad overschrijding van de ventilatielijn 10% geopend. Indien de lijzijdige luchting meer dan 40% geopend is (dus bij een kasluchttemperatuur van 4 °C boven de ventilatielijn), gaan de loefzijdige ramen meelopen.
Behalve op temperatuur worden de ramen ook nog geregeld op vocht. Bij overschrijding van de ingestelde maximale RV wordt de buistemperatuur verhoogd, waardoor de ramen (verder) geopend worden omdat de door de warmere buizen de ruimtetemperatuur zal stijgen.

Buffer/CO_2
CO_2–dosering vindt plaats van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang en zolang de buffer nog niet geheel gevuld is.

Scherm
Er wordt een transparant beweegbaar scherm gebruikt dat in de nacht gesloten wordt zodra de buitentemperatuur onder de 8 °C zakt. Het scherm wordt overdag geopend als de zonnestraling meer dan 5 W.m^{-2}. In de praktijk schermen de meeste telers weinig.

Belichting
In de standaard blauwdruk wordt geen gebruik gemaakt van assimilatiebelichting.

Bijlage 4 Interview tuinders

Paprika (7 bedrijven)

merk klimaat computer

Hoogendoorn	Hoogendoorn	Hoogendoorn	Priva	Priva	Priva	Sercom

Sinds wanneer gebruikt u temperatuurintegratie?

2000	sept. 2001	2001	2000	2001	2001	1998

Wat was de aanleiding om temperatuurintegratie toe te passen?

teeltsturing (etmaaltemperatuur)				x	x	x	
CDS		x	x		x		
energiebesparing	x	x	x			x	
anders, nl.							TI zat op computer

Wordt er ook rekening gehouden met weersvoorspelling? Zo ja, hoeveel dagen vooruit? (°C)

nee							x
ja	7 dagen 3 x per dag	7 dagen 3 x per dag	7 dagen 3xper dag	3 dagen 8 x per dag	2 dagen 4 x per dag	3 dagen 4 x per dag	

Welke streefwaarden van de kastemperatuur worden er voor uw gewas aangehouden? (°C)

seizoen	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend
dec – 15 jan	22	20			22		23
15 jan – 15 feb	20.5	20	22	20	20	20	22
voorjaar	20.5	20	20	20	20.5	22	20
zomer	12	20	20	21	20	21	20.5 [1)]
najaar	19	20	20	20	19.5	21	20 [2)]

1) bij zon op 18.5 °c
2) bij zon op 19°c

seizoen	middag	middag	middag	middag	middag	middag	middag
dec – 15 jan	22	21			22		23
15 jan – 15 feb	21	21	22	21	21	19	22
voorjaar	21	21	21	23	22	22	21
zomer	12	21	21	23	22	20	22
najaar	21	21	21	22	21	20	21

seizoen	avond	avond	avond	avond	avond	avond	avond
dec – 15 jan	22	17			22		23
15 jan – 15 feb	19	17	21	17	19.5	18	18
voorjaar	18	17	18	16.5	19	22	17.5
zomer	12	16.5	17	16	18	20	17.5
najaar	17	16.5	18	18	19	19	18

seizoen	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht
dec – 15 jan	22	19			22		23
15 jan – 15 feb	20	19	21	18	19.5	19	18
voorjaar	19	19	19	18.8	20	22	17.5
zomer	12	18.5	19	18	19	20	17.5
najaar	18	18.5	19	19	19	20	18

seizoen	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal
dec – 15 jan	22	20			22		23
15 jan – 15 feb	20	20.5 – 21	21.5	19	20.7	19.5 – 20	19
voorjaar	21	20.5 – 21	19.5	20.5	21.5	22	ca. 20.5
zomer	12	max. 22	20.5	21	21.5 – 22	21	22
najaar	19.5	21	20.5	20.5–21	19.5 – 20	21	21

seizoen	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging
dec – 15 jan	–	–	–	–	–	–	–
15 jan – 15 feb	0.5	–	1	–	0.7 – 0.8	–	–
voorjaar	0.8	–	1	0.5 – 2	–	1	1
zomer	–	–	–	–	–	–	–
najaar	–	–	–	–	–	–	–

Welke streefwaarden van de ventilatie worden er voor uw gewas aangehouden? (°C)

	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend
winter	[1]	+5	+1	+5	5	+2	26
voorjaar	0	+3	+1	+0.5	1	+1	21
zomer	–1	+1	+1	–1	+0.5	+0.5	23
najaar	20	+2 – +3	+1	+1	+0.5	+0.5	21

	middag	middag	middag	middag	middag	middag	middag
winter		+5	24	+5	5	+2	26
voorjaar	+2.5	+3	24	+2	1	+2	26
zomer		+1	24	0 tot +.5	+0.5	+1	23
najaar	23	+2 – +3	24	+1	+0.5	+0.5	24.5

	avond	avond	avond	avond	avond	avond	avond
winter		+5	+1	+5	5	+2	26
voorjaar	+0.8	+3	+1	+2	3	+3	+0.5
zomer		+1	+1	–2	+0.5	+3	23
najaar	23	+2 tot +3	+1	+1	+0.5	+1	+0.5

	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht
winter		+5	+1	+5	5	+2	26
voorjaar	+5	+3	+1	+2	3	+3	+0.5
zomer		+1	+1	0 tot +.5	+0.5	+1	23
najaar	23	+2 tot +3	+1	+1	+0.5	+0.5	+0.5

[1] alleen op RV luchten

Welke bandbreedten voor temperatuurintegratie (toegestane kastemperatuur) worden hierbij aangehouden? (°C)

	ochtend		ochtend [5]		ochtend		ochtend		ochtend		ochtend		ochtend	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
dec – 15 jan	21	23			[2]	[2]	18	24	19	23				
15 jan – 15 feb	19	21.5			[2]	[2]	18	24	19	23	0	0	0	0
voorjaar	20.5	21.5	–1	2	17	19	19.5	26	20	23	–1	+1	0	0
zomer	[1]				18	20	19.5	30	19	23	–1	+1	0	0
najaar	19	22	–2.5	2.5	18	19	19	26	19	23	–1	+1	0	0

	middag		middag		middag		middag		middag		middag		middag	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
dec – 15 jan	21	23			[2]	[2]	19	25 [3]	20	26				
15 jan – 15 feb	20	22			[2]	[2]	19	25 [3]	20	26	0	0	0	0
voorjaar	20.5	22	–1	2	19	21	19	27	22	26	–2	+3	0	0
zomer	[1]				18	21	19	30	21	25	–2	+3	0	0
najaar	20	22	–2.5	2.5	19	21	19	26	20	26	–2	+3	0	0

	avond		avond		avond		avond		avond		avond		avond	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
dec – 15 jan	21	23			2)	2)	15	18	21 4)	22 4)				
15 jan – 15 feb	17.5	19.5			2)	2)	15	18	21 4)	22 4)	0	0	–0.5 - –2.0	0
voorjaar	17.4	18	–1	1	17	19	15	20	19	21	–3	0	–0.5 - –2.0	0
zomer	1)				15	19	14	22	17	19	–3	0	–0.3 - –1.0	0
najaar	17	22	–2.5	2.5	16	18	15	19	19	21	–3	0	0	0

	nacht		nacht		nacht		nacht		nacht		nacht		nacht	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
dec – 15 jan	21	23			2)	2)	15	20	21	22				
15 jan – 15 feb	18	20			2)	2)	15	20	21	22	0	0	–0.5 - –2.0	0
voorjaar	19	20.5	–1	1	17	19	15	20	20	22	–1	+1	–0.5 - –2.0	0
zomer	1)				15	19	15	20	18	20	–1	+1	–0.5 - –2.0	0
najaar	17	22	–2.5	2.5	18	19	15	20	18	20	–1	+1	0	0

1) temperatuur zo laag mogelijk houden
2) in de winter geen vertrouwen in het systeem
3) deze temperatuur wordt niet gehaald
4) niet te koud je wilt gewas maken
5) Waarden in tabel zijn wat hij denkt in te gaan stellen. Daarbij wil hij aanhouden: hoe warmer buiten, hoe groter de bandbreedte

Wat is de maximale afwijking van de temperatuursom? (In graaduren)

zomer	300	–	250	handmatig	handmatig	–	–
herfst	150	–	250	handmatig	handmatig	–	–
winter	60	–	100	handmatig	handmatig	–	–
lente	100	–	150	handmatig	handmatig	–	–
integratieperiode	7D	2–5D	3D	3D	1–3D	3D	1D

Wat voor type scherm(en) wordt er gebruikt?

phormilux	phormilux	phormilux	LS10 ultra	phormilux	phormilux	LS10 Ultra

Onder welke buitentemperatuur of boven welk temperatuurverschil binnen/buiten wordt het scherm gesloten? (°C)

onder	12	6		7 – 8				
delta T binnen/buiten			10	10	8	1)	10	1)

1) Het scherm wordt gesloten op basis van warmtevraag. Bij een verbruik van meer dan 50% van de verwachtte warmtevraag wordt het scherm gesloten. Bij 35% gaat het scherm weer open. Overdag wordt er een lichtgrens gehanteerd zodat het scherm open moet zijn.

Wordt het scherm ook overdag gesloten? Zo ja. beneden welke instraling en in welke periode?

nee	x			x		
ja, bij instraling beneden:		2 tot 5 °C	<150 w		T <0 & < 100 W	<100 W	<120 W

Wordt er een kierregeling toegepast? Zo ja, wat is de maximale kiergrootte, stapgrootte, setpoint vochtkier, setpoint temperatuurkier?

nee	x	x	x				x
ja							
maximale kiergrootte is:				4	2	4	
stapgrootte is:				4	0.5	?	
of:							
totaal aantal stappen:				1	4		
setpoint vochtkier is					vochtdeficit 3	3	
setpoint temperatuurkier is				21	n.v.t.	n.v.t.	

Als het scherm dicht is, wordt er dan eerst met het scherm of met het raam op vocht geregeld?

scherm		x	x	x	x	x	
raam	x						x
		met buis				eerst buis	

Welke maximale negatieve dif wordt er gehanteerd?

geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF

Grijpt u wel eens in op de temperatuurintegratieregeling? Zo ja waarom?

nee		x		x	x	x	
ja, reden:	gewassturing		gewassturing				gewassturing

Wat zijn de ervaringen met temperatuurintegratie tot nu toe?

+	+	?	+	neg	?	+

Bent u tevreden over de behaalde energiebesparing?

nee	ja	marginaal	marginaal	marginaal		ja

Gaat u vanwege TI ook anders om met de vochthuishouding? Zo ja op welke manier?

nee		x	x	x	x		x
ja, reden:	gewascondmod					1)	

1) Nog geen ervaring mee, maar je zal 's nachts waarschijnlijk meer moeten accepteren dat het vochtdeficit te hoog wordt en dat de plant daardoor te hard moet werken.

Wilt u in de toekomst temperatuurintegratie meer of minder gaan gebruiken?

meer	x	x	x		x	x	x
minder							
even veel				x			

Wat is uw energieverbruik geweest in 2001? ($m^3.m^{-2}.a^{-1}$)

34.1	40	?	41	42	47.5	38.4

Komkommer (4 bedrijven)

merk klimaat computer

Hoogendoorn	Hoogendoorn	Hoogendoorn	Hoogendoorn

Sinds wanneer gebruikt u temperatuurintegratie?

april 2001	2001	2000	kerst 2001

Wat was de aanleiding om temperatuurintegratie toe te passen?

teeltsturing (etmaaltemperatuur)		x	x	x
CDS		x	x	x
energiebesparing	x	x	x	x
anders, nl.				

Wordt er ook rekening gehouden met weersvoorspelling? Zo ja, hoeveel dagen vooruit?

nee				
ja	7 dagen 4 x per dag	7 dagen	7 dagen	5 dagen

Welke streefwaarden van de kastemperatuur worden er voor uw gewas aangehouden? (°C)

seizoen	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend
voorjaar	20	21	19.5	20
zomer	1)	21	19.5	20
najaar	1)	20	19.5	20
winter	–	20	19.5	20

seizoen	middag	middag	middag	middag
voorjaar	20	22	1)	22
zomer	1)	22	1)	22
najaar	1)	21	1)	22
winter	–	21	1)	22

seizoen	avond	avond	avond	avond
voorjaar	18	1)	1)	18
zomer	1)	1)	1)	18
najaar	1)	1)	1)	18
winter	–	19	1)	18

seizoen	nacht	nacht	nacht	nacht
voorjaar	18 – 21	1)	1)	19 – 19.5
zomer	17 – 20	1)	1)	16 – 17
najaar	1)	1)	1)	19 – 19.5
winter	–	18	1)	
seizoen	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal
voorjaar	20.5	20.2	21 – 21.5	21
zomer	21	20.5	21 – 21.5	21
najaar	1)	19.5	21 – 21.5	21
winter	–	19.5	21 – 21.5	21

seizoen	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging
voorjaar	–	0.8	–	2
zomer	1° 2)	1	–	2
najaar	–	0.5	–	2
winter	–	0.7	–	2

1) maakt niet uit, zolang de grenzen voor TI maar niet worden overschreden.
2) lichtsomverhoging bij 1200 – 1500 Joules

Welke streefwaarden van de ventilatie worden er voor uw gewas aangehouden? (°C)

	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend
voorjaar	24	0.5	+1 [2) 3)]	+1
zomer	+0 [1)]	0.5	+1 [2) 3)]	+,5
najaar	–1 [1)]	0.5	+1 [2) 3)]	+1
winter	–	2	+1 [2) 3)]	30

	middag	middag	middag	middag
voorjaar	24	0.5	+1,5 [3)]	24
zomer	+2	0.5	+1,5 [3)]	21
najaar	0	0.5	+1,5 [3)]	22
winter	–	2	+1,5 [3)]	30

	avond	avond	avond	avond
voorjaar	24	0.5	+2 [3)]	24
zomer	+3	0.5	+2 [3)]	17
najaar	+1	0.5	+2 [3)]	20
winter	–	2	+2 [3)]	30

	nacht	nacht	nacht	nacht
voorjaar	24	0.5	+2 [3)]	24
zomer	+8	0.5	+2 [3)]	17
najaar	+1	0.5	+2 [3)]	20
winter	–	2	+2 [3)]	30

1) snel ventileren voor vochtafvoer
2) in de ochtend zit er een lichtverlaging van 1° op het ventilatiesetpoint
3) er wordt ook geventileerd bij 1° boven de max. temperatuur

Welke bandbreedten voor temperatuurintegratie (toegestane kastemperatuur) worden hierbij aangehouden? (°C)

	ochtend		ochtend		ochtend		ochtend	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
voorjaar	20	24	19	22	19.5	20	20	24
zomer	17	25	19	22	19.5	20	20	24
najaar	16	25	19	22	19.5	20	20	24
winter	–	–	19	22	19.5	20	18	24
	middag		middag		middag		middag	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
voorjaar	18	24	20	24	16	24	20	24
zomer	17	25	20	24	16	24	20	24
najaar	16	25	20	22	16	24	20	24
winter	–	–	20	24	18	24	18	24

	avond		avond		avond		avond	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
voorjaar	18	24	16	19	16	24	17	20
zomer	17	25	16	19	16	24	15	20
najaar	16	25	17	19	16	24	17	20
winter	–	–	17	20	18	24	18	24

	nacht		nacht		nacht		nacht	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
voorjaar	18	24	16	20	16	24	17	20
zomer	17	25	16	20	16	24	15	20
najaar	16	25	17	19	16	24	17	20
winter	–	–	17	20	18	24	18	24

Wat is de maximale afwijking van de temperatuursom? (In graaduren)

zomer	300	36	300	150
herfst	150	36	300	75
winter	30	36	100	75
lente	50	36	300	75
integratieperiode	3–5D	4D	5D	5D

Wat voor type scherm(en) wordt er gebruikt?

SLS10 ultra	phormilux	phormilux	LS10 ultra

Onder welke buitentemperatuur of boven welk temperatuurverschil binnen/buiten wordt het scherm gesloten? (°C)

onder	4 – 10	8	7 – 8	9
delta T binnen/buiten				

Wordt het scherm ook overdag gesloten? Zo ja. beneden welke instraling en in welke periode?

nee		x	x	
ja, bij instraling beneden:	1)			2)

1) Alleen in januari gaat het scherm overdag dicht bij een instraling lager dan 100W (bij 150W gaat het scherm weer open).
2) Alleen na het poten in de winter wordt 1 week overdags geschermd. In de zomer wordt alleen bij een jong gewas overdags geschermd, met 1 meter kier.

Wordt er een kierregeling toegepast? Zo ja, wat is de maximale kiergrootte, stapgrootte, setpoint vochtkier, setpoint temperatuurkier?

nee				
ja				
maximale kiergrootte is:	4	9	9	6
stapgrootte is:	1	3	3	3
of:				
totaal aantal stappen:	4	3	3	2
setpoint vochtkier is	n.v.t.	90%	90 %	
setpoint temperatuurkier is	0.5 – 0.8 boven stooklijn	1.5 ° boven streefemp.	1.5 ° boven streeftemp.	

Als het scherm dicht is, wordt er dan eerst met het scherm of met het raam op vocht geregeld?

scherm	x	x	x	x
raam	x			

Welke maximale negatieve dif wordt er gehanteerd?

geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF

Grijpt u wel eens in op de temperatuurintegratieregeling? Zo ja waarom?

nee			x	
ja, reden:	1)	2)		3)

1) Kijkt iedere dag wat TI van plan is en stuurt zonodig bij; soms is er een achterstand in graaduren, maar n.a.v. de stand van het gewas hoeft er niet gecompenseerd te worden en wordt er gereset; programma houdt te weinig rekening met stralingsinvloed in het voorjaar (jan.–feb.).
2) Wanneer het gerealiseerde klimaat veel uren in de plus of in de min zit, en het gewas dit volgens de teler niet meer kan compenseren (n.a.v. stand gewas), wordt er gereset; in de winter is het bij zonnig weer rel. koud buiten en bij donker weer rel. warm. Dit is precies andersom als in de zomer, het programma gaat hier niet goed mee om.
3) Wanneer het gewas bij een langere periode van mooi weer een grote som heeft opgebouwd, dan hoeft dat van de teler niet altijd gecompenseerd te worden (kijkend naar de stand van het gewas). Bij langere periode van donker weer kan de teler zich dit ook voorstellen, maar dit is nog niet voorgekomen.

Wat zijn de ervaringen met temperatuurintegratie tot nu toe?

+	+	+	+

Bent u tevreden over de behaalde energiebesparing?

ja	?	ja	?

Gaat u vanwege TI ook anders om met de vochthuishouding? Zo ja op welke manier?

nee	x			
ja, reden:		1)	2)	3)

1) voorheen werd er geregeld op RV, nu op vochtdeficit
2) je hebt eerder meer vocht en moet dus alerter zijn
3) voorheen werd vocht gestuurd op verschil met de ingestelde RV. Nu wordt het gewascondensatiemodel gebruikt, waarbij wordt gekeken naar het verschil tussen de dauwpuntstemperatuur en de vruchttemperatuur. Dat er nu anders op vocht wordt geregeld komt meer doordat teler nu beschikt over gewascondensatiemodel dan door gebruik TI

Wilt u in de toekomst temperatuurintegratie meer of minder gaan gebruiken?

meer		x		
minder				
even veel	x		x	x

Wat is uw energieverbruik geweest in 2001? ($m^3.m^{-2}.a^{-1}$)

48	43.9	38	39

Gerbera (6 bedrijven)

merk klimaat computer

Hoogendoorn	Hoogendoorn	Hoogendoorn	Hoogendoorn	Hoogendoorn	Hoogendoorn

Sinds wanneer gebruikt u temperatuurintegratie?

1997	1999	01–09–2001	1997	1997	01-09-2001

Wat was de aanleiding om temperatuurintegratie toe te passen?

teeltsturing (etmaaltemperatuur)	x	x		x	
CDS	x	x			
energiebesparing	x	x	x	x	x	x
anders, nl.						1)

1) subsidie op klimaatcomputer

Wordt er ook rekening gehouden met weersvoorspelling? Zo ja, hoeveel dagen vooruit?

nee						
ja	7 dagen	1 dagen	3 dagen	7 dagen	7 dagen	7 dagen

Welke streefwaarden van de kastemperatuur worden er voor uw gewas aangehouden? (°C)

seizoen	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend
voorjaar	18	18	18.5	18.5	19	18.0
zomer	18.5	18.0	19	18.5	19	18.0
najaar	18	18.0	18	18.2	18.5	18.0
winter	17.5	18.0	17	17.5	19	18.0

seizoen	middag	middag	middag	middag	middag	middag
voorjaar	18	18	17	18.5	20	18.0
zomer	18.5	18.0	17.5	18.5	19	18.0
najaar	18	18.0	16	18.2	18.5	18.0
winter	17.5	18.0	15.5	17.5	19	18.0

seizoen	avond	avond	avond	avond	avond	avond
voorjaar	16	15.0	16	16.5	23	16.0
zomer	17	15.0	16	16.5	24	16.0
najaar	15	14.0	15	16.5	20	16.0
winter	16	14.0	15	16.5	21	16.0

seizoen	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht
voorjaar	16	15.0	15	19.5	15	16.0
zomer	17	15.0	16	19.5	14	16.0
najaar	15	14.0	16	18.5	14	16.0
winter	16	14.0	14.5	18.5	15	16.0

seizoen	nanacht	nanacht	nanacht	nanacht	nanacht	nanacht
voorjaar	16	–	–	–	–	–
zomer	17	–	–	–	–	–
najaar	15	–	–	–	–	–
winter	16	–	–	–	–	–

seizoen	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal	etmaal
voorjaar	18 – 18,5	18.0	17	17.5	20	17.5
zomer	19 – 20	18.0	18	17.5	21	17.5
najaar	17,1 – 7,5	16.0	17	16.5	18	17.5
winter	16,5 – 17	16.0	16	16.5	19	17.5

seizoen	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging	lichtverhoging
voorjaar	+0,5	1.0	+1	+1	–	1.0
zomer	+1	1.0	+1	+1	–	1.0
najaar	–	1.0	+1	+2	–	1.0
winter	+0,5	1.0	+1	+2	–	1.0

Welke streefwaarden van de ventilatie worden er voor uw gewas aangehouden? (°C)

	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend	ochtend
voorjaar	20	1.0	+0.5	+0.5	1.0	+0.5
zomer	18.5	1.0	+0.5	+0.5	1.0	+0.5
najaar	18.5	1.0	+0.5	+0.5	1.0	+0.5
winter	19.5	1.0	+0.5	+0.5	1.0	+0.5

	middag	middag	middag	middag	middag	middag
voorjaar	20	1.0	+1.5	+0.5	1.0	+0.5
zomer	18.5	1.0	+1.5	+0.5	1.0	+0.5
najaar	18.5	1.0	+1.5	+0.5	1.0	+0.5
winter	19.5	1.0	+1.5	+0.5	1.0	+0.5

	avond	avond	avond	avond	avond	avond
voorjaar	17	1.0	+0.5	+1	3.0	1.0
zomer	17.5	1.0	+0.5	+1	3.0	1.0
najaar	15.5	1.0	+0.5	+1	3.0	1.0
winter	17	1.0	+0.5	+1	3.0	1.0

	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht	nacht
voorjaar	17	1.0	+0.5	+0.2	1.0	1.0
zomer	17.5	1.0	+0.5	+0.2	1.0	1.0
najaar	15.5	1.0	+0.5	+0.2	1.0	1.0
winter	17	1.0	+0.5	1	1.0	1.0

	nanacht	nanacht	nanacht	nanacht	nanacht	nanacht
voorjaar	20.5	–	–	–	–	–
zomer	20	–	–	–	–	–
najaar	19.5	–	–	–	–	–
winter	20	–	–	–	–	–

Welke bandbreedten voor temperatuurintegratie (toegestane kastemperatuur) worden hierbij aangehouden? (°C)

	ochtend		ochtend		ochtend		ochtend		ochtend		ochtend	
seizoen	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
voorjaar	17.5	18.5	18	20	-1	+1	-0.5	+0.5	18.5	20	16	18.5
zomer	18	19	18	20	-1	+1	-0.5	+0.5	18	19.5	16	18.5
najaar	17.5	18.5	17	20	-1	+1	-0.25	+0.25	17.5	18.5	16.5	17.5
winter	17	18	17	20	-1	+1	-0.5	+0.5	18	19.5	16	18.5

	middag		middag		midda		middag		middag		middag	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
voorjaar	17.5	18.5	18	20	-1.5	+1.5	-0.5	+0.5	19	21	16	18.5
zomer	18	19	18	20	-1.5	+1.5	-0.5	+0.5	19	22	16	18.5
najaar	17.5	18.5	17	20	-1.5	+1.5	-0.25	+0.25	17.5	18.5	16	18.5
winter	17	18	17	20	-1.5	+1.5	-0.5	+0.5	18	20	16	18.5

	voornacht		avond		avond		avond		avond		avond	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
voorjaar	15	17.5	15	17	-1.5	+1.5	-1.5	+1.5	20	24	15	17
zomer	16.5	17.5	15	17	-1.5	+1.5	-1.5	+1.5	22	25	15	17
najaar	14.5	15	13	17	-1.5	+1.5	-1.5	+1.5	18	20	15	17
winter	15.5	18	13	17	-1.5	+1.5	-1.5	+1.5	19	23	15	17

	nanacht		nacht		nacht		nacht		nacht		nacht	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
voorjaar	18	20	15	19	-1	+2	-0.5	+0.5	14	16	15	17
zomer	18.5	19.5	15	19	-1	+2	-0.5	+0.5	14	16	15	17
najaar	18	19	13	19	-1	+2	-0.5	+0.5	14	16	15	17
winter	17.5	18.5	13	19	-1	+2	-0.5	+0.5	14	16	15	17

Wat is de maximale afwijking van de temperatuursom? (In graaduren)

zomer	–	–	150	–	80 1D	200
herfst	–	–	150	–	80 3D	200
winter	–	–	150	–	80 5D	200
lente	–	–	150	–	80 3D	200
integratieperiode	1D	1D	3D	1D	1 –5D	5D

Wat voor type scherm(en) wordt er gebruikt?

LS 14 energiedoek	formilux 44	PH 20	PH 44	LS 14	LS 15

Onder welke buitentemperatuur of boven welk temperatuurverschil binnen/buiten wordt het scherm gesloten? (°C)

onder	4 – 10 [1]		6	7 – 13 [2]	5 –12 [3]	5 – 7
delta T binnen/buiten		8	10			

1) loopt sterk uiteen afhankelijk van gewas en vocht
2) voornacht 7°C (windinvloed 2°), nanacht 12-13°C
3) voornacht 5°C (windinvloed 2°), nanacht 12°C

Wordt het scherm ook overdag gesloten? Zo ja. beneden welke instraling en in welke periode?

nee						
ja, bij instraling beneden:	[1]	x	x	x	x > 650 W.m^{-2}	x

1) Alleen bij extreme kou in winter (bij lage temperatuur en lage instraling.

Wordt er een kierregeling toegepast? Zo ja, wat is de maximale kiergrootte, stapgrootte, setpoint vochtkier, setpoint temperatuurkier?

nee					[2]	
ja						
maximale kiergrootte is:	4	10	4	3		5
stapgrootte is:	1			1		
of:						
totaal aantal stappen:	4	1		3		
setpoint vochtkier is	[1]	90%	4	82 – 87%		87 – 92%
setpoint temperatuurkier is	n.v.t.	+2	+7.5	n.v.t.		18 – 25 °C 15%

1) voornacht 90% (tussen 90–94% vocht wordt er 4% kier gegeven)
2) niet op vocht en temperatuur in de nacht

Als het scherm dicht is, wordt er dan eerst met het scherm of met het raam op vocht geregeld?

scherm	x		x	x [1]		x [2]
raam	x	1e buis dan raam		x [1]	RV > 92%	x [2]

1) scherm wanneer het buiten koud is, raam wanneer het buiten warmer dan 8°C is
2) scherm en raam gaan beiden open (vocht moet meteen worden afgevoerd)

Welke maximale negatieve dif wordt er gehanteerd?

geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF	geen – DIF

Grijpt u wel eens in op de temperatuurintegratieregeling? Zo ja waarom?

nee	x	x		x	x
ja, reden:			vocht problemen	gewas	

Wat zijn de ervaringen met temperatuurintegratie tot nu toe?

+	redelijk	–	goed	goed	–

Bent u tevreden over de behaalde energiebesparing?

–	ja	–	ja	ja	–

Gaat u vanwege TI ook anders om met de vochthuishouding? Zo ja op welke manier?

nee	x	x		x	x	x
ja, reden:			1)			

1) Door de vochthuishouding zijn er voor het verwarmen meer veiligheden ingesteld, waardoor TI minder tot zijn recht komt.

Wilt u in de toekomst temperatuurintegratie meer of minder gaan gebruiken?

meer	x	x	x	x	
minder					
even veel			x		x 1)

1) bandbreedte kan niet verder dan hij nu staat (minimum 15°C, maximum 18,5°C)

Wat is uw energieverbruik geweest in 2001? ($m^3.m^{-2}.a^{-1}$)

46	44–45	21 1)	44.0	34.5 2)	46.0

1) periode week 21 t/m 52
2) exclusief energie input assimilatiebelichting; (belichting 5000 lux van september – maart), normaal wordt er jaarrond 11,5 uur per dag belicht (overdag).