

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel 0297-352525
Fax 0297-352270

ISSN 0921-710X

VOORLICHTING OP BASIS VAN ONDERZOEK

Tien voorlichtingsboodschappen voor de glastuinbouw over energie

Project 7214, Een opdracht van NOVEM in het kader van de 'Meerjarenafspraak Energie'

E. van Rijssel, PBG Aalsmeer
C. Ploeger, LEI-DLO Den Haag

Aalsmeer, juni 1997

rapport 99

Prijs f 27,50 (inclusief de tekst en het literatuurbestand op diskette)

Rapport 99 wordt u toegestuurd na storting van f 27,50 op gironummer 174855 ten name van PBG Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 99: Voorlichting op basis van Onderzoek'.

920 26

INHOUD

WOORD VOORAF	4
SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
2. HET ONDERZOEK NAAR ENERGIEBESPARINGSMOGELIJKHEDEN	8
2.1 inrichting literatuurbestand	8
2.2 inventarisatie op auteurs	10
3 TRANSFORMATIE VAN ONDERZOEK NAAR VOORLICHTING	12
3.1 besparingsopties	12
3.2 clustering van besparingsopties	12
3.3 prioriteitsstelling	13
4. VOORLICHTINGSBOODSCHAPPEN	15
4.1 de opbouw van een voorlichtingsboodschap	15
4.2 uitwerking door onderzoek en voorlichting	15
4.2.1 Voorlichtingsboodschap 'Verwarmingsketel, afstelling en regeling'	17
4.2.2 Voorlichtingsboodschap 'CO ₂ -productie en -verdeling'	21
4.2.3 Voorlichtingsboodschap 'Warmte/Kracht'	30
4.2.4 Voorlichtingsboodschap 'Warmtebuffer'	33
4.2.5 Voorlichtingsboodschap 'Energiescherm'	36
4.2.6 Voorlichtingsboodschap 'Belichtingsstrategie'	43
4.2.7 Voorlichtingsboodschap 'Klimaatregeling, temperatuur en vocht'	50
4.2.8 Voorlichtingsboodschap 'Klimaatregeling CO ₂ -concentratie'	59
4.2.9 Voorlichtingsboodschap 'Minimumbuis-regeling'	65
4.2.10 Voorlichtingsboodschap 'Krijt op de kas'	70
LITERATUUR	74
BIJLAGEN	
a. De auteurs binnen het literatuurbestand	
b. De inhoud van het literatuurbestand op trefwoorden	
c. Toelichting op gebruikte terminologie en eenheden	

ISBN 920176

WOORD VOORAF

Het rapport dat voor u ligt is gemaakt in opdracht van de Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM). De opdracht van de NOVEM aan het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (PBG) is verstrekt in het kader van de 'Meerjarenafspraak Energie'. deze afspraak houdt in dat in het jaar 2000 de doelstelling: daling van het energieverbruik per eenheid product tot 50% ten opzichte van 1980' gerealiseerd wordt. De tussendoelstelling van 40% verlaging in 1995 is gehaald. De opdracht aan het PBG luidde om voorlichtingsboodschappen te schrijven op het gebied van energiebesparing. Hierin moesten onderzoeksresultaten meer toegankelijk worden gemaakt en verantwoord energieverbruik worden gestimuleerd.

Het project moest worden uitgewerkt in samenwerking met de DLO-instituten Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO) en Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO) en de voorlichtingdiensten De Landbouwvoorlichting (DLV), Organisatie voor tuinbouwadviseurs en -onderzoekers (OVTO) en het Nutsbedrijf Westland.

De boodschappen moesten worden gebaseerd op historisch onderzoek en geschreven in de taal van de gebruikers, voorlichters, installateurs en telers.

Vanuit het onderzoek is een overzicht gemaakt van de terreinen waarop voorlichtingsboodschappen geschreven konden worden. De voorlichting heeft hieruit een selectie gemaakt van onderwerpen waarvoor veel belangstelling bestond.

Vanuit het onderzoek zijn de eerste tekstvoorstellen opgesteld in een format dat door onderzoek en voorlichting gezamenlijk is vastgesteld. Het tekstvoorstel is door de voorlichting qua taalgebruik en lay-out aangepast aan de wensen van voorlichters en telers. Het onderzoek is uitgevoerd door E. van Rijssel (PBG) en C. Ploeger (LEI-DLO). Bijdragen zijn geleverd door M.G. Telle (IMAG-DLO), E. Coolen en A. van Drimmelen (DLV) en P. van Marion (Nutsbedrijf Westland). De eindredactie is gevoerd door het PBG dat ook heeft gezorgd voor het uitbrengen en verspreiden van het rapport en aanverwant voorlichtingsmateriaal.

SAMENVATTING

Onderzoek naar energiebesparingsmogelijkheden in de glastuinbouw is jarenlang sterk gestimuleerd. Eerst moest het onderzoek antwoorden vinden om in te spelen op sterk gestegen energie-prijzen. Later moesten wegen worden aangegeven om energiebesparing ook bij de lagere energieprijzen aantrekkelijk te maken.

De beschikbare literatuur op gebied van energieverbruik en energiebesparing is toegankelijk gemaakt door er trefwoorden aan toe te voegen. Het 'Universele Decimale Classificatiesysteem' (UDC), wat algemeen in wetenschappelijke bibliotheken wordt gebruikt, sluit niet aan op de gedetailleerde indeling waarover op het gebied van energie, kennis beschikbaar is of gewenst wordt. Voor trefwoorden op het gebied van energiebesparingsmogelijkheden is teruggegrepen op de visie 'Energiebesparingsonderzoek glastuinbouw' (Welles e.a., 1993), geschreven in opdracht van het ministerie LNV. Op heel veel terreinen blijkt kennis aanwezig te zijn, maar er zijn ook witte vlekken (bijlage b). Het beschikbare aantal titels van ruim 1200 is grotendeels afkomstig van Nederlandse auteurs, maar ook in andere landen in Europa en Noord-Amerika is over energiebesparing gepubliceerd.

De voorlichtingsboodschappen die uiteindelijk gemaakt zijn hebben vooral betrekking op de regeling die het gebruik van allerlei installaties moet optimaliseren maar ook op enkele installaties die binnen het verwarmingssysteem nog relatief nieuw zijn, zoals voor de CO₂-productie en -verdeling, de W/K-installatie en de warmtebuffer. De tien uitgewerkte voorlichtingsboodschappen hebben betrekking op de volgende energiebesparingsopties:

1. Verwarmingsketel, afstelling en regeling
2. CO₂-productie en -verdeling
3. Warmte/Kracht
4. Warmtebuffer
5. Energiescherm
6. Belichtingsstrategie
7. Klimaatregeling, temperatuur en vocht
8. Klimaatregeling CO₂-concentratie
9. Minimumbuis-regeling
10. Krijt op de kas

De geschreven voorlichtingsboodschappen bevatten een praktisch advies aan de teler en/of installateur. Voorafgaande aan het advies is de praktische betekenis van het onderwerp voor de praktijk aangegeven en het doel dat de teler voor ogen staat bij aanschaf van een installatie of een regeling. In hoeverre het doel bereikt kan worden met de huidige kennis, is beschreven onder de kop 'conclusies vanuit het onderzoek', terwijl onder de kop 'theoretische achtergrond' uitgebreider wordt ingegaan op het totaal aan beschikbare kennis.

Tot slot is aan dit rapport een diskette toegevoegd met de tekst van dit rapport en het gehele literatuurbestand (onder Cardbox).

1. INLEIDING

Onderzoek naar energiebesparingsmogelijkheden is vanuit de overheid en het bedrijfsleven sterk gestimuleerd. De eerste aanleiding hiervoor was de verdubbeling van de aardgasprijzen, eerst van 6 naar 11,5 ct/m³ tussen 1972 en 1975 en opnieuw van 15,5 naar 35 ct/m³ tussen 1979 en 1982, met een doorloop naar 45 ct/m³.

Er werden fondsen gevormd om via onderzoek mogelijkheden tot energiebesparing uit te werken. Via subsidies op investeringen is getracht een aantal mogelijkheden snel in te voeren om de sterke kostenstijgingen voor de glassector te beperken.

Na 1985 is de gasprijs zeer snel gedaald tot het huidige niveau van ca. 25 ct/m³. Aan de snelle daling van het gasverbruik per m² glas kwam al snel een einde en het gemiddeld verbruik in m³/m² glas is tussen 1985 en 1993 weer iets toegenomen.

De mogelijkheden om het gasverbruik te beperken zijn ook na 1985 nog toegenomen.

Veel onderzoek dat vanuit energiefondsen is opgestart is eind jaren '80 beëindigd. De animo om zuiniger aan te doen met het verbruik was echter beperkt, enerzijds door de vrij lage brandstofprijs, anderzijds door fouten die zijn gemaakt bij het snel terugdringen van het energieverbruik begin jaren '80. Fouten die in een aantal gevallen hebben geleid tot productieverliezen, direct of via uitval door ziekten.

Het milieubeleid heeft geleid tot een nieuwe poging om het energieverbruik en daarmee de CO₂-uitstoot terug te dringen. Via de 'Meerjarenafspraak Energie' heeft de sector glastuinbouw zich verplicht tot het veel efficiënter gebruik van energie per eenheid product.

In de praktijk worden lang niet alle onderzoeksresultaten algemeen toegepast. Het stimuleren van de toepassing van onderzoeksresultaten kan door het gemakkelijker toegankelijk maken van literatuur op dit gebied en het vertalen van onderzoeksconclusies naar voorlichtingsboodschappen. Het bij elkaar brengen van onderzoeksresultaten, het combineren van conclusies die elkaar aanvullen dan wel tegenspreken, is het doel van dit project.

Het project is oorspronkelijk opgezet door het IKC in samenwerking met het PBG, IMAG-DLO en LEI-DLO. Het heeft geresulteerd in een opdracht vanuit NOVEM aan het PBG om dit project samen met IMAG-DLO, LEI-DLO en voorlichtinggevendend (DLV, OVTO en Nutsbedrijven) te realiseren.

Leeswijzer

Het rapport is zo opgebouwd dat er in de hoofdstukken 2, 3 en 4 t/m 4.2, verslag wordt gedaan van de werkzaamheden in het project. Hoofdstuk 2 behandelt de literatuur, hoofdstuk 3 de clustering van besparingsmogelijkheden uitwerkbaar voorlichtingsboodschappen en de prioriteitsstelling waarmee ze zijn uitgewerkt. Hoofdstuk 4 schetst de opbouw van de voorlichtingsboodschappen.

De voorlichtingsboodschappen zelf staan opgenomen in de paragrafen 4.2.1 t/m 4.2.10. In de bijlagen wordt tot slot een overzicht gegeven over het literatuurbestand, de opgenomen auteurs (bijlage 1a), de opgenomen onderwerpen (bijlage 1b) en een toelichting op de gebruikte terminologie en eenheden (bijlage 1c).

2. HET ONDERZOEK NAAR ENERGIEBESPARINGSMOGELIJKHEDEN

Het energieonderzoek sinds 1980 was reeds in twee rapporten geïnventariseerd. Ten behoeve van het ministerie is in 1986 een evaluatie gemaakt van het energieonderzoek over de periode 1980-86 (Vuyk en Germing, 1986). In 1993 is in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij opnieuw een inventarisatie gemaakt van het reeds uitgevoerde energieonderzoek ten behoeve van een nieuwe 'programmering energie-onderzoek'. Dit rapport (Welles e.a., 1993) geeft een aanvulling op het uitgevoerde onderzoek sinds 1986, inclusief het lopende onderzoek. Bij de start van het project lag er een literatuurlijst (22 pag.) gereed met rapporten en artikelen over het (grotendeels in Nederland) uitgevoerde energieonderzoek. Er lag tevens een lijst van ruim 20 symposia en workshops over energie, met een internationaal overzicht van uitgevoerd onderzoek. De toegankelijkheid van dit onderzoek is echter beperkt. De UDC-codering die gebruikt wordt om de literatuur toegankelijk te maken sluit niet aan op de aandachtspunten die voor het energieverbruik in de glastuinbouw van belang zijn (Welles e.a., 1993 en Bijlage 2).

2.1 INRICHTING LITERATUURBESTAND

De opsomming van alle aandachtspunten die van belang zijn voor het energieverbruik op een glastuinbouwbedrijf (Welles e.a., 1993 en Bijlage 2), bleek een zeer werkbaar overzicht om de voorlichtingsbehoefte in kaart te brengen. De aandachtspunten zijn voor de voorlichting en de praktijk herkenbaar en bieden een concrete basis om een aantal besparingsopties af te bakenen.

Het voorstel om bovengenoemde aandachtspunten om te zetten in trefwoorden en daarmee de literatuur beter toegankelijk te maken viel bij de voorlichtinggevenden in zeer goede aarde. De lijst met aandachtspunten, tevens trefwoorden, bestaat uit de volgende indeling:

I	BEDRIJFSUITRUSTING t.b.v. KLIMAATBEHEERSING		
1	OPWEKKINGSINSTALLATIES		
1.1	verwarmingsketel	1.4	CO ₂ (rookgas)
1.2	heteluchtkachel		CO ₂ (zuiver)
1.3	W/K	1.5	condensor
		1.6	warmtebuffer
2	KASINSTALLATIES		
2.1	buisverwarming	2.7	daksproeiers
2.2	infraroodverwarming	2.8	nevelinstallatie
2.3	tabletverwarming	2.9	scherm
2.4	betonvloerverwarming	2.10	belichting
2.5	koeling	2.11	CO ₂ -verdeling
2.6	krijt op de kas		
3	KASCONSTRUCTIE		
3.1	constructie	3.3	luchtramen
3.2	dekmateriaal	3.4	gesloten kassen
II	BEDRIJFSKEUZE t.a.v. GEWAS EN PRODUCTIEMETHODE		
4	GEWASKEUZE (incl. productieperiode) EN VEREDELING		
4.1	gewaskeuze	4.2	veredeling
5	PRODUCTIESYSTEMEN		
5.1	ruimtebenutting	5.2	gesloten systemen

5.3 ontsmetting

III OPTIMALISERING EN REGELSTRATEGIEËN

6 REGELORGAAN-REGELING

6.1	ketel	6.7	koelnet
6.2	WK	6.8	scherm(en)
6.3	warmtebuffer	6.9	belichting
6.4	pomp(en)	6.10	CO ₂
6.5	verwarmingsnet	6.11	luchtramen
6.6	condensornet		

7 KLIMAATREGELING

7.1	algemeen	7.4	CO ₂
7.2	temperatuur (kas)		CO ₂ (zuiver)
7.3	vocht	7.5	integratie deelregelingen
		7.6	grond-/substraattemperatuur

8 KLIMAATMETING t.b.v. regeling

8.1	meetmethode	8.3	onderhoud sensoren
8.2	keuze meetpositie		

9 KLIMAATMETING t.b.v. controle, analyse en evaluatie

9.1 dataverwerking zie 8.1

IV ALTERNATIEVE ENERGIEBRONNEN

10 REST EN AFVALPRODUCTEN (WARMTE EN CO₂)

10.1	restwarmte	10.3	CO ₂ (zuiver)
10.2	afvalwarmte		

11 OVERIGE ENERGIEBRONNEN

11.1	warmtepomp	11.4	aardwarmte
11.2	windmolen	11.5	absorptiekoeling
11.3	zonnecollector		

12 ALTERNATIEVE BRANDSTOFFEN

12.1	kolen	12.3	biomassa
12.2	stortgas		

V BEDRIJFSKUNDIGE EVALUATIE ENERGIEBESPARENDE MAATREGELEN IN DE PRAKTIJK

13 BEDRIJFSREGISTRATIE-/VERGELIJKING (MBT en MPS)

13.1	energieverbruik	13.2	kasklimaat
------	-----------------	------	------------

14 BEDRIJFSMANAGEMENT

14.1	evaluatie	14.3	modellen
14.2	relaties	14.4	beslismodellen

VI BELEIDSONDERSTEUNING

15 BELEIDSONDERSTEUNING

15.1	sectormodel	15.3	beleidsevaluaties
15.2	scenario's		

VII SYMPOSIA (incl. workshops en seminars)

De bovengenoemde aandachtspunten zijn weer verder gedetailleerd om duidelijk te kunnen aangeven hoeveel kennis op sommige terreinen aanwezig is, maar ook op welke terreinen kennis ontbreekt (bijlage b).

De publicaties van de auteurs, die in de twee bovengenoemde overzichtsrapporten zijn opgenomen, zijn via 'Agralin' opgevraagd en overgebracht in een eigen literatuurbestand. Het bestand is nog uitgebreid met publicaties die overgenomen zijn uit literatuuroverzichten die binnen het PBG beschikbaar waren op het gebied van CO₂, licht en condensoren. Verder zijn nog publicaties opgenomen die bij de uitwerking van het project ter tafel kwamen en brochures die zijn opgevraagd bij diverse leveranciers van energieverbruikende installaties. Het 'eigen literatuurbestand' is opgebouwd in het systeem 'Cardbox', een veelgebruikt en vrij goedkoop zoekstelsel. Op basis van de

titels en eventueel beschikbare keywords zijn aan elk van de ongeveer 1200 publicaties trefwoorden toegevoegd.

Uit het overzicht van de opgenomen literatuur van 1238 titels (bijlage b) blijkt dat, globaal gezien, het gehele terrein van energieverbruik en klimaatbeheersing gedekt wordt. Opvallend is het zeer grote aantal titels op het terrein van de klimaatregeling, de relaties tussen gewas en klimaatfactoren en de modellering van de productie. Ook op het gebied van (energie)schermen en (assimilatie)belichting is veel gepubliceerd. Over de regeling van de diverse regelorganen, zoals bijvoorbeeld ketels, pompen, verwarmingsnetten en schermen is veel minder gepubliceerd. Wanneer meer in detail wordt gekeken naar relevante aandachtspunten voor het energieverbruik, dan blijkt dat er op vrij veel punten nauwelijks of geen kennis beschikbaar is, bijvoorbeeld over de branderafstelling van de ketels, de (gewenste) CO₂-doseercapaciteit, de sluiting van (energie)schermen en de invloed van ventilatie op het energieverbruik.

2.2 INVENTARISATIE OP AUTEURS

De auteurs die in het literatuurbestand zijn opgenomen blijken een groep van 273 personen te omvatten. Het grootste deel van de auteurs werkt(e) op Nederlandse onderzoekinstellingen LUW, DLO en PBG. Voor specifieke terreinen zijn artikelen van Nederlandse voorlichters opgenomen om beter terreindekkend te zijn. Naast Nederlandse auteurs bevat het bestand ook publicaties van buitenlandse onderzoekers, met name uit de ons omringende landen, de USA en Canada (tabel 1).

Tabel 1 - Opbouw literatuurbestand naar land van herkomst

Land		auteurs	titels
Nederland	onderzoek	124	781
	voorlichting	21	74
	overig	35	127
België		4	9
Denemarken		6	10
Duitsland		18	58
Engeland		7	21
Noorwegen		4	49
Overig Europa		4	7
USA		13	19
Canada		4	5
Overig		2	4
Onbekend		37	53
Totaal		273	1238

Gezien de opbouw van het bestand vanuit reeds beschikbare lijsten van, veelal

Nederlandse, auteurs mag niet worden verwacht dat dit onderzoek een volledig overzicht geeft van alle, wereldwijd beschikbare, literatuur op het terrein van energie in de (glas)tuinbouw. Het bestand is wel vrij volledig wat betreft het Nederlandse energieonderzoek vanaf 1980. Voor de inzichtelijkheid is een lijst toegevoegd van alle opgenomen auteurs met land van herkomst (bijlage a).

3. TRANSFORMATIE VAN ONDERZOEK NAAR VOORLICHTING

3.1 BESPARIINGSOPTIES

De aandachtspunten 1.1 tot en met 14.4 zijn in theorie allemaal terreinen waarop energiebesparing kan worden gerealiseerd. Uitwerking van al deze aandachtspunten afzonderlijk is veel werk en geeft geen juiste invulling van de behoefte uit de praktijk van de voorlichting.

Op basis van de effecten op het energieverbruik, de potentiële en reeds gerealiseerde praktijktoepassingen is een selectie gemaakt van relevante aandachtspunten voor het realiseren van energiebesparing op bedrijven. De lijst is doorgesproken met de voorlichtingsinstanties die in het project zijn betrokken. Gezamenlijk is geconstateerd dat er met name behoefte was aan duidelijkheid over de inpassing van W/K-eenheden en warmtebuffers in het verwarmingssysteem, over het regelen van kasinstallaties en over de regeling van het kasklimaat.

3.2 CLUSTERING VAN BESPARIINGSOPTIES

Uitwerking van aandachtspunten geheel los van elkaar is niet zinvol en ook niet goed mogelijk wanneer er veel wederzijdse beïnvloeding is. Naar analogie van het informatiemodel glastuinbouw is gekozen voor het clusteren van aandachtspunten die sterke samenhang met elkaar hebben.

De clustering heeft geleid tot het volgende resultaat:

Verwarmingsketels	CO ₂ -installatie (eisen)
CO ₂ -productie en -verdeling	beveiliging
	verdeelsysteem in de kas
Warmte/Kracht	perspectief en capaciteit
	rookgasreiniging
	waterzijdige aansluiting
	regeling aan/uit en hoog/laag
Condensor, condensornet	waterzijdige aansluiting
	regeling condensornet (bijmenging)
Warmtebuffer	perspectief en gewenste capaciteit
	waterzijdige aansluiting
	vul- en leeghaalregeling
Verwarmingsnetten	installatie (horizontale temperatuurverdeling)
	splitsing van netten (incl. afstemming)
	circulatiepompen, aan/uit regeling
	besturing via klimaatcomputer
Krijt op de kas	
Kasconstructie inclusief dekmaterialen	
Gewas- en rassenkeus	
Ruimtebenutting	
Belichtingsinstallatie	
Ketelregeling, -afstelling en -circuit	branderafstelling (rookgassamenstelling)
	ketelregeling
	regeling ketelcircuit
	regeling transportpompen
Schermregeling (energiescherm)	regeling
	installatie-eisen (horizontale temperatuur verdeling)
Belichtingsstrategie	regeling aan/uit
	ventilatietemperatuur

Klimaatinstelling	kastemperatuur raamopening / minimumbuis op vocht substraattemperatuur integratie deelregelingen
CO ₂ -regeling	gewenste concentratie hoog/laag weersinvloeden
Minimum buisregeling Klimaatmeting en onderhoud	sensorkeuze verwerking meetgegevens voor de regeling keuze positie meetbox onderhoud meetboxen
Dataverwerking	presentatie meetgegevens voor controle verwacht energieverbruik op basis setpoints verwerking meetgegevens voor registratie relaties energieverbruik tot o.a. weer, klimaatinstelling en schermgebruik
Restwarmte Alternatieve energiebronnen Alternatieve brandstoffen	

3.3 PRIORITEITSSTELLING

Het project heeft tot doel om de kennis omtrent de mogelijkheden tot energiebesparing op korte termijn, via voorlichting, op grote schaal te verspreiden. Toepassing ervan in de praktijk kan alleen op korte termijn en op grotere schaal worden bereikt wanneer er niet of nauwelijks geïnvesteerd hoeft te worden. Voorlichtingsboodschappen op het terrein van in- en afstelling van reeds aanwezige installaties hebben de hoogste prioriteit gekregen ¹⁾

- x CO₂-productie en -verdeling
- x Ketelregeling, -afstelling en -circuit
- x Schermregeling
- x Belichtingsstrategie
- x Klimaatinstelling
- x CO₂-regeling
- x Minimum buisregeling

Alle aandachtspunten met de hoogste prioriteit zijn uitgewerkt in voorlichtingsboodschappen.

Voorts hebben die aandachtspunten een hoge prioriteit gekregen waarvan de voorlichtingsboodschap gericht werd op de wijze van installatie en gebruik. Dit betreft dan aanpassingen waarvoor nauwelijks geïnvesteerd hoeft te worden:

- Verwarmingsketels
- x Warmte/Kracht
- x Warmtebuffer
- Verwarmingsnetten
- x Krijt op de kas
- Condensor en condensornet
- Klimaatmeting en onderhoud
- Dataverwerking

Van bovenstaande aandachtspunten zijn er drie uitgewerkt, gekozen in overleg met de projectmedewerkers uit de voorlichting. Warmte/kracht en warmtebuffer zijn gekozen omdat het vrij nieuwe installaties betreft. Bij installatie blijkt herhaaldelijk dat niet alles duidelijk is en begrepen wordt, waardoor de maximum energiebesparing niet wordt

¹⁾ x betekent dat de voorlichtingsboodschap in dit onderzoek is uitgewerkt,
- betekent dat de voorlichtingsboodschap in dit onderzoek niet is uitgewerkt.

gerealiseerd. Krijt op de kas is uitgewerkt omdat de indruk bestaat dat hierover onvoldoende bekend is.

De mogelijkheden om meer warmte uit ketels en condensors te halen zijn niet uitgewerkt omdat ze reeds in één rapport uitgebreid beschreven zijn door Van der Velden e.a. (Velden, 1991) en Van Rijssel (Rijssel, 1996). De overige punten hebben een lagere prioriteit gekregen en zijn daarom niet uitgewerkt.

Tot slot is lage prioriteit toegekend aan aandachtspunten waar zwaar voor moet worden geïnvesteerd zoals:

- Kasconstructie incl. dekmaterialen
- Ruimtebenutting
- Belichtingsinstallatie
- Restwarmte
- Alternatieve energiebronnen
- Alternatieve brandstoffen

De aandachtspunten met lage prioriteit zijn niet uitgewerkt omdat het effect op de daling van het energieverbruik laag wordt ingeschat. Een uitzondering vormt de restwarmte, doch dit wordt altijd grootschalig en projectmatig uitgevoerd zodat een voorlichtingsboodschap hierover, gericht op de individuele ondernemer, onnodig is.

Tot slot is voorbij gegaan aan het aandachtspunt:

- Gewaskeuze en productieperiode

Dit aandachtspunt is te complex voor een korte voorlichtingsboodschap omdat zowel de gewaskeuze als de keuze voor een andere productieperiode het productieplan van de teler en het afzetpatroon van de glassector als totaal ingrijpend kan veranderen.

4. VOORLICHTINGSBOODSCHAPPEN

4.1 DE OPBOUW VAN EEN VOORLICHTINGSBOODSCHAP

De voorlichtingsboodschappen zijn gemaakt rondom een advies aangaande het betreffende aandachtspunt. Voor het gebruik van het advies door voorlichtinggeevenden is het advies geplaatst in een context waarin opgenomen:

- a Betekenis van het aandachtspunt voor de praktijk
 - b Doel van het aandachtspunt
 - c Conclusies vanuit het onderzoek
 - d Advies voor de praktijk / de installateur enz.
 - e Theoretische achtergrond waarop het advies is gebaseerd
 - f Literatuuroverzicht
- ad a In de betekenis voor de praktijk is opgenomen in hoeverre productiebedrijven met het betreffende aandachtspunt in aanraking komen. Het effect van het aandachtspunt op het energieverbruik van een bedrijf wordt aangegeven en tevens wordt het betreffende aandachtspunt gedefinieerd om misverstanden rondom het advies te voorkomen.
- ad b In het doel wordt omschreven wat het productiebedrijf wil bereiken met het betreffende aandachtspunt.
- ad c In de conclusies van onderzoek wordt beschreven of datgene wat de teler wil bereiken ook inderdaad bereikt wordt of bereikt kan worden.
- ad d Het advies geeft weer hoe de teler, de installateur e.d. moet handelen om datgene te bereiken wat zij willen bereiken. Tevens wordt erin aangegeven wat niet bereikt kan worden en dus zinloos is om na te streven. De energiebesparing wordt gerealiseerd door zo efficiënt mogelijk te werken.
- ad e De theoretische achtergrond is toegevoegd om het inzicht te vergroten bij de voorlichtinggeevenden en de geïnteresseerde teler / installateur. Een helder inzicht helpt om de voorlichtingsboodschap juist te verstaan en juist over te brengen.
- ad f Het literatuuroverzicht biedt de mogelijkheid om het inzicht zelfstandig te verdiepen.

De kwaliteit van de voorlichtingsboodschappen is bewaakt door: a. goed te definiëren, b. bij de doelstelling van elk aandachtspunt door te dringen tot de essentie ten aanzien van de effecten op energieverbruik en productie, c. aan te geven welk deel van de doelstelling niet realiseerbaar blijkt te zijn en d. een controleerbare theoretische achtergrond te geven bij het advies.

4.2 UITWERKING DOOR ONDERZOEK EN VOORLICHTING

De voorlichtingsboodschappen zijn opgesteld voor de onderzoekparticipanten in het project na literatuurstudie. De beschikbare literatuur is veelal zo overvloedig dat het in dit project onmogelijk was om dit allemaal door te werken. Op basis van auteur, titel en bron is een selectie gemaakt om zo breed mogelijk kennis over het aandachtspunt te verzamelen. Voor het opstellen van een voorlichtingsboodschap is ongeveer drie tot vijf werkdagen uitgetrokken.

De tekst van de voorlichtingsboodschappen is geredigeerd door de voorlichtingsparticipanten in het project. Zij hebben gezorgd dat de tekst helder en toegankelijk is voor zowel de teler / installateur als voor de voorlichtinggeevenden.

Tot slot heeft de eindredacteur gezorgd voor een uniforme lay-out en voor de

begeleidende tekst rondom de opzet en uitvoering van het project.

4.2.1 Voorlichtingsboodschap 'Verwarmingsketel, afstelling en regeling' R. Telle (IMAG-DLO), P. van Marion (Nutsbedrijf Westland)

Betekenis van de ketelregeling, -afstelling en -circuit voor de praktijk

De ketel met (aardgas-)brander is op vrijwel alle glastuinbouwbedrijven aanwezig en bij de meeste verwarmingsinstallaties de hoofd-warmtebron. Het warmterendement per jaar van ketel-installaties in de praktijk toont grote verschillen. De regeling van de brander en de brander-afstelling is in veel gevallen niet optimaal.

Om de warmteopbrengst van de ketel-installatie te verhogen is in veel gevallen een rookgascondensator aanwezig, waarmee de latente (condensatie-)warmte uit de rookgassen kan worden teruggewonnen. Steeds vaker worden ook aanvullende warmtebronnen ingezet, zoals: Warmte/Kracht en restwarmte, zie voorlichtingsboodschap 'Warmte/Kracht'.

De verwarmingsketel wordt ook veelvuldig ingezet voor de productie van CO₂ uit aardgas voor bemesting van het gewas, zie voorlichtingsboodschap 'CO₂-productie en -verdeling'. In dit geval kan een warmtebuffer het rendement van de installatie verhogen door de overdag, tijdens CO₂-productie, vrijkomende 'overtollige' warmte op te slaan en deze 's nachts weer af te geven, zie voorlichtingsboodschap 'Warmtebuffer'.

Tenslotte gebruikt men in een aantal gevallen de ketel tussen sommige teelten in voor het stomen van de kasgrond om deze te ontsmetten.

Afstemming, afstelling en regeling van de ketel worden steeds belangrijker om warmteverliezen in het ketelhuis zoveel mogelijk te voorkomen.

Doel van de ketelinstallatie

De verwarmingsketel dient op het glastuinbouwbedrijf primair voor de efficiënte productie van warmte en secundair voor de productie van CO₂, als motor voor het functioneren van de verwarmingsinstallatie en het CO₂-doseersysteem in de kassen.

Conclusies onderzoek

- Het te installeren (maximum) ketelvermogen houdt verband met de teelt (gewenste kastemperatuur), met de locatie en met de uitvoering van de kas. Niet elke kas en niet elk gewas vraagt evenveel warmte. Gewoonlijk bedraagt het geïnstalleerd ketelvermogen 1800 à 2500 kW per hectare. Overcapaciteit leidt tot extra warmteverliezen in het ketelhuis.
- Een ketelregeling verhoogt het warmterendement van de ketel.
- Isolatie van de verwarmingsketel, transportleidingen, verdeel- en verzamelstuk beperken de warmteverliezen met ca. 3%.
- Sluit het expansievat aan op het verdeel- of verzamelstuk, eventueel via een verticale lus, zodat het vat niet warm wordt.
- Uit de temperatuur en de samenstelling, CO₂ en/of O₂ gehalte, van de rookgassen is af te leiden of het verbrandingsproces optimaal plaatsvindt.
- Bij onvolledige verbranding ontstaat CO en mogelijk etheen. Etheen is funest voor het gewas zodat bij centraal CO₂ doseren, CO-detectie afgesteld op max. 30 ppm, noodzaak is.
- NO_x ontstaat bij hoge (vlam)temperaturen, is schadelijk voor het gewas en dient te worden beperkt.
- Uit praktijkmetingen bij 'Energetische doorlichting glastuinbouw' (EDO) blijkt dat in éénderde van de onderzochte gevallen de werking van de condensator matig tot slecht is.

Advies omtrent de ketelhuis-installatie, doelgroep installateurs

- Controleer de branderafstelling: een goed functionerende brander geeft rookgassen met minimaal 9% CO₂ over het gehele regelbereik.
- Indien centraal CO₂ wordt gedoseerd: controleer of de brander een CO-vrije verbranding heeft en of de NO_x-waarden acceptabel zijn (onder 150 mg/m³). Controleer de plaatsing van de CO-detector: na de condensor (indien aanwezig), maar voor de CO₂-set in de onverdunde rookgassen.
- Controleer of het expansievat groot genoeg is: 4-5% van de totale waterinhoud van het verwarmingssysteem (vergeet de warmtebuffer niet, indien aanwezig).
- Controleer de aansluiting van het expansievat: indien mogelijk op een 'koude' leiding om warmteverliezen te voorkomen.
- Indien geen condensor is geplaatst: bereken of plaatsing van een condensor rendabel is op basis van de bedrijfstijd van de ketel en het jaar-gasverbruik.
- Kijk of de condensor (indien aanwezig) goed functioneert: uitgaande rookgas-temperatuur benadert ingaande watertemperatuur. Als de condensor op de retour is aangesloten, kijk dan of gebruik kan worden gemaakt van een apart lage-temperatuur-net om de uitgaande rookgas-temperatuur verder te verlagen.
- Controleer of de capaciteit van de condensor voldoende is voor de installatie: deze moet ongeveer 10% van de ketelcapaciteit bedragen.
- Kijk of toepassing van een warmtebuffer zinvol is, voorlichtingsboodschap 'Warmtebuffer' 4.2.9.
- Controleer de veiligheid van de installatie: keur de installatie één keer per twee jaar.

Advies omtrent de ketelhuis-installatie, doelgroep telers

- Laat de verwarmingsketel jaarlijks nazien en afstellen.
- De in Nederland geleverde gasbranders zijn zeer veilig. Om de veiligheid ook op langere termijn te waarborgen moet de branderinstallatie na in bedrijfstelling elke twee jaar worden gekeurd.
- Raadpleeg uw installateur voor de mogelijkheden en rentabiliteit van een (nieuwe) condensor op uw installatie (verhoging ketelrendement 5-15%).
- Indien een condensor aanwezig is met een aansluiting op een apart (condensor)-net, meng dan zo min mogelijk warmte bij uit de ketel voor een optimaal rendement.
- Controleer de condensor regelmatig (minimaal jaarlijks) op vervuiling. Vervuiling blokkeert de warmte-overdracht en kan daarom procenten rendement op uw jaar-gasverbruik kosten!
- Controleer of de alarmering op CO in de rookgassen werkt en staat afgesteld op een concentratie van 30 ppm in de onverdunde rookgassen.
- Controleer regelmatig de isolatie van ketel, leidingen en verdeelstuk. Hier kan gedurende het gehele jaar warmte verloren gaan.
- De minimum keteltemperatuur dient 65 °C te blijven om condensvorming te voorkomen. Alleen als een (bijstook-)ketel gedurende een langere (zomer-)periode wordt uitgeschakeld, mag deze temperatuur verder dalen.
- De klimaatregeling moet de afname van warm water begrenzen om te voorkomen dat plotseling grote temperatuurvariaties in de ketel optreden.
- Na het stomen moet de ketel ter bescherming van de vuurgang worden gespuid.

- Door toepassing van W/K of restwarmte, kan het jaargebruiksrendement van de bestaande ketel dalen. Houd ermee rekening bij economische haalbaarheidsberekeningen.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Voorbeeldsituatie (tekeningen en/of foto's) van goed geïnstalleerde en geïsoleerde ketelinstallaties. Eventueel voorbeelden van fouten (tekeningen en/of foto's), indien deze gevonden kunnen worden.

Theoretische achtergrond

De ketel is de belangrijkste warmtebron voor het kasverwarmingssysteem. De klimaatregeling maakt gebruik van verwarming, luchting, CO₂-dosering, scherming en belichting voor het sturen van het kasklimaat.

Het gevraagde vermogen aan warmte of een gevraagde hoeveelheid CO₂ wordt bepaald door de klimaatcomputer, die fungeert als intermediair tussen het kasklimaat en de verwarmingsinstallatie. De computer vergelijkt de gewenste waarden (set points) van luchttemperatuur, luchtvochtigheid en CO₂-concentratie met de actuele waarden en onderneemt actie bij afwijkingen die groter zijn dan toegestaan. De klimaatregeling moet voorkomen dat het verwarmingscircuit plotseling teveel warmte uit de ketel trekt waardoor grote temperatuurswisselingen in de ketel optreden en er schade aan de ketel ontstaat (Zwarts, 1993). Het verwarmingsysteem transporteert de gevraagde energie naar de kas en geeft deze af door middel van een hogere buistemperatuur. De hete buizen verwarmen door convectie de kaslucht, waardoor een luchtbeweging ontstaat. De tevens veroorzaakte straling is van invloed op de temperatuur van het gewas. Het warmterendement van de ketels in de praktijk varieert. Bij momentane meting blijkt dat bij de maximum capaciteit 93,0 - 96,7% van de verbrandingsenergie (onderwaarde) als warmte beschikbaar komt. Bij minimum capaciteit is dit 95,3 - 98,2% (Nawrocki e.a., 1991). Het door de brander te leveren vermogen is regelbaar tussen minimum en maximum capaciteit. De brander is hiertoe uitgerust met een luchtregeling en een gasregeling. Hiermee wordt de gewenste warmtelevering geregeld en tevens bij elke stand de juiste verhouding tussen gas en lucht onderhouden.

Uit de samenstelling en de temperatuur van de rookgassen is af te leiden of het verbrandingsproces optimaal plaatsvindt (Nawrocki e.a., 1991). Bij een theoretisch volledige verbranding van aardgas bevatten de rookgassen waterdamp, kooldioxyde (CO₂) en stikstof (uit de lucht). Bij de verbranding van 1 m³ aardgas ontstaat 1,78 kg CO₂ die kan worden gebruikt voor CO₂-bemesting. In de praktijk zal de verbranding echter nooit volledig zijn. Er worden stikstofoxiden (NO_x: 40-60 ppm), koolmonoxide (CO: 20-50 ppm) en soms ook etheen (C₂H₄: 0,2-0,4 ppm) gevormd, vaak nog bij de oude benaming ethyleen genoemd (Rijsdijk en Nederhof, 1989).

NO_x is schadelijk voor het gewas en dient te worden beperkt. De huidige NO_x-arme gasbranders (1996) produceren 60 tot 100 mg NO_x per m³ rookgassen, wat lager is dan de meeste bestaande gasbranders (150 tot 200 mg/m³).

CO wordt gevormd bij onvolledige verbranding, bijvoorbeeld door een onjuist gas/luchtmengsel. CO is voor de mens zeer giftig. Het kan in hoeveelheden boven 30 ppm een aanwijzing zijn dat er ook etheen (C₂H₄) wordt gevormd. Etheen is funest voor het gewas. Bij centraal CO₂ doseren is een CO-detector, afgesteld op max. 30 ppm, noodzaak (Nunnink, 1996).

Uit praktijkmetingen bij 'Energetische doorlichting glastuinbouw' (EDO, 1996) blijkt dat in één derde van de onderzochte gevallen de werking van de condensor matig tot slecht is. De uitgaande rookgastemperatuur is hoger dan de inkomende watertemperatuur.

Literatuuroverzicht

1. Breuer J.J.G. 1987. Jaarbelastingsduurkromme en energiebesparing voor de Nederlandse glastuinbouw : een studie naar relevante invloeden. IMAG Wageningen NL 90 67 p.
2. Nunnink E. 1996. Rookgas: "Let op die zwarte darmen, zei ik nog". Groenten en Fruit, Vakdeel glasgroenten 6/11 p. 14-15
3. Nawrocki K.R. Velden van der N.J.A. 1991. Gebruiksrendementen aardgasgestookte ketels in de glastuinbouw; gissen is missen, meten is (z)weten. IMAG-DLO, Nota 91-55 (intern verslag)
4. Rijssel van E. 1983. Stoken met voorbedachten rade; Verslag van een onderzoek naar de oorzaken van verschillen in brandstofverbruik bij de teelt van vroege stooktomaten. Den Haag, LEI, onderzoekverslag no 3.
5. Velden N.J.A. van der Sluis B. van der, 1995. Energie-efficiency in de glastuinbouw. Vakblad voor de Bloemisterij Vol 50/7 p. 32-35.
6. Zwarts G. 1993. Telers moeten minder slordig met ketels omspringen : tips om gebruik te verbeteren. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 48 No. 14 p. 43
7. Zwarts G. 1993. Verwarming : ketel is niet van steen. Groenten + Fruit : weekblad voor de voedingstuinbouw. Vakdeel glasgroenten Vol. 3 No. 23 p. 19

4.2.2 Voorlichtingsboodschap 'CO₂-productie en -verdeling'

E. van Rijssel (PBG), P. van Marion (Nutsbedrijf Westland)
(zie ook 4.2.8 'klimaatregeling CO₂-concentratie').

Betekenis CO₂-dosering voor de praktijk

Het verrijken van de kaslucht met CO₂ is in de glastuinbouw, met uitzondering van de potplantenteelt, een normale teeltmaatregel. In de kas vindt de verdeling over het kasoppervlak plaats via een CO₂-verdeelsysteem.

CO₂-productie vindt plaats door verbranding van fossiele brandstoffen waarvan de rookgassen geheel of ten dele worden aangewend om de CO₂-concentratie in de kas te verhogen, indien noodzakelijk met voorbehandeling van deze rookgassen.

Rookgas vanuit de gasgestookte verwarmingsketel op het eigen bedrijf, eventueel na bijmengen met lucht, is de meest voorkomende bron van CO₂. Het gebruik van CO₂-kanonnen vindt nog vrijwel alleen plaats op heteluchtbedrijven. In opkomst is het gebruik van gereinigde rookgassen van W/K-installaties bij het eigen bedrijf en gebruik van aangevoerde rookgassen van STEG-eenheden. De (gedeeltelijke) aankoop van zuivere CO₂ is een alternatief.

De verdeling van CO₂ over het teeltoppervlak vindt plaats via buizen bovenin of slurven onderin de kas, die aansluiten op de transportleiding van rookgas of zuiver CO₂.

Een CO₂-doseerinstallatie verhoogt de jaarkosten met 30-35 ct/m² (KWIN 1995/96). Het gebruik van CO₂-kanonnen kost ca. 45 ct/m².jaar. Het gasverbruik stijgt door het doseren van CO₂, afhankelijk van de doseerstrategie, tot ca. 7 m³/m².jaar.

CO₂-dosering verhoogt de productie, ook in de potplantenteelt, met 10 tot 40%.

Doel van de CO₂-installatie

Het glastuinbouwbedrijf heeft een CO₂-installatie om CO₂ gelijkmatig over de gehele kas te doseren en de CO₂-concentratie te kunnen verhogen naar een instelbaar niveau met als doel verhoging van de productie en/of de productkwaliteit.

Indien de CO₂ op het eigen bedrijf wordt geproduceerd (ketel of W/K-installatie), dient schade door toevoer van etheen (oude naam: ethyleen) en NO_x naar de kas te worden voorkomen.

Conclusies onderzoek

- Het systeem van centraal CO₂-doseren met rookgassen van de verwarmingsketel voldoet goed. De ketelbranders kunnen een volledige verbranding bereiken bij alle branderstand en de mogelijkheden om te kunnen terugregelen naar zeer kleine vlamstanden zijn vergroot. De beveiliging tegen etheen met als indicator een continue CO-meting, die de rookgastoevoer afsluit bij onvolledige verbranding, voldoet.
- De verdeelsystemen om de CO₂ via slurven laag bij de grond in te blazen, of via een minder vertakt buizenet boven in de kas, voldoen bij een juiste technische installatie. Een slechte verdeling komt echter nog geregeld voor door fouten bij de aanleg en door ongecontroleerd gebruik (mededeling P. van Marion uit evaluatie EDO-rapportages). Een slechte verdeling wordt vaak pas laat 'ontdekt'.
- De CO₂-dosering met kanonnen, waarin aardgas of lichte olie wordt verbrand, is snel teruggelopen en komt nu met name nog voor op heteluchtbedrijven. Deze kanonnen zorgen zowel voor de productie van CO₂ als voor verdeling.

Advies omtrent de CO₂-installatie, doelgroep installateurs

Ketel-installatie:

- Controleer of de (minimale en maximale) branderstand voor CO₂ overeenkomt met

de wensen van de teler. Globale richtlijn: 30-100 m³/ha.uur.

- Controleer of alle rookgassen bij de (hoogste) CO₂-branderstand ook daadwerkelijk worden afgezogen door de CO₂-ventilator.
- Controleer of de druk in de vuurgang van de ketel niet te sterk wordt beïnvloed door het afzuigen van rookgassen. Gebruik eventueel geleidestukken voor de gassen.
- Controleer de plaatsing van de CO-detector: na de condensor (indien aanwezig), maar voor de CO₂-set in de onverdunde rookgassen.
- Controleer de werking van de CO-detector: alarm bij meer dan 30 ppm CO in de onverdunde rookgassen.
- Kijk of een condensor aanwezig is en zo ja, of deze goed functioneert. De rookgas-temperatuur na de condensor hoort de watertemperatuur die de condensor ingaat te benaderen. Als de condensor op de retour is aangesloten, kijk dan of gebruik kan worden gemaakt van een apart lage-temperatuurnet om de rookgastemperatuur na de condensor verder te verlagen.
- Kijk of er een warmtebuffer aanwezig is en of deze juist is geïnstalleerd. Zie voorlichtingsboodschap 'Warmtebuffer', paragraaf 4.2.9.
- Controleer of het expansievat groot genoeg is: 4-5% van de waterinhoud van het verwarmingssysteem.

CO₂-installatie:

- Controleer de draairichting van de ventilator.
- Controleer of het systeem volgens het ontwerp is geïnstalleerd. Laat, indien nodig, het verdeelsysteem opnieuw berekenen.
- Controleer of het drukverval (max. 600 Pa) en de overdruk in de hoofdleiding(en) van het verdeelsysteem overeenkomen met de berekende ontwerp-waarden. Zo niet, controleer of de juiste smoorplaatjes zijn geplaatst.
- Stel het bijmengen van lucht in de rookgassen zo af dat de pvc-hoofdleidingen in het CO₂-verdeelsysteem niet worden beschadigd: temperatuur lager dan 70 °C.
- Zorg voor een goede afvoer van condenswater uit het verdeelsysteem, ook indien de rookgassen eerst door een condensor zijn gegaan; er treedt altijd nog condensatie op. Zorg daarom dat de hoofdleiding op afschot ligt.

Advies omtrent de CO₂-installatie, doelgroep telers

Technische randvoorwaarden voor de toepassing van CO₂.

Veiligheid van het gewas:

- De brandstof moet vrij zijn van zwavel: gebruik aardgas, propaan of gezuiverde petroleum.
- Er moet een volledige verbranding plaatsvinden, al dan niet via een naverbranding, waardoor de rookgassen vrij zijn van etheen (gewasafhankelijk <0,05-0,5 ppm). Dit is te meten als CO (<30 ppm).
- Bij de verbranding moet zo weinig mogelijk NO_x gevormd worden of de gevormde NO_x moet via nabehandeling uit de rookgassen worden verwijderd: rookgasreiniging voor W/K-installaties (NO_x < 1 ppm in de kas).
- De CO₂-dosering moet automatisch gestopt worden bij aanwezigheid van etheen of te veel NO_x in de rookgassen.

Controle en onderhoud:

- Laat het CO₂-verdeelsysteem (bij oplevering) controleren op basis van de ontwerp-berekeningen: juiste overdruk in de hoofdleidingen en een uniforme CO₂-verdeling in de kasruimten.
- Controleer of de alarmering op CO in de rookgassen staat afgesteld op een concentratie van 30 ppm in de onverdunde rookgassen.
- Laat de verwarmingsketel jaarlijks nazien en afstellen.
- Laat de afstelling van het bijmengen van lucht in het verdeelsysteem jaarlijks nazien. Controleer elk kwartaal of alle verdeelslurven op druk komen. Verstoppingen leiden tot een slechte CO₂-verdeling in de kas.
- Controleer maandelijks de condenswaterafvoer uit het verdeelsysteem. Vochtophoping is één van de belangrijkste oorzaken van een slechte CO₂-verdeling.

Meer rendement:

- Overweeg de aanschaf van een warmtebuffer (60-120 m³/ha, afhankelijk van de doseer-strategie) om onnodig CO₂-verlies te voorkomen, de CO₂-concentratie te kunnen opvoeren en/of om het aantal doseeruren te verhogen.
- Wanneer het verdeelsysteem de CO₂ boven in de kas inblaast, bekijk dan de mogelijkheid om de rookgassen via slurven tussen het gewas in te blazen. Inblazen boven in de kas leidt bij geopende luchtramen al snel tot een groter CO₂-verlies dan nodig is.
- Stel u op de hoogte van de maximale CO₂-concentratie voor uw gewas om gewasschade te voorkomen. Voor vrijwel alle gewassen is een streefwaarde voor de CO₂-concentratie tot 900 ppm veilig; mogelijkheden voor verdere verhoging zijn afhankelijk van het gewas en van het groeistadium van het gewas.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

- Voorbeeldsituaties (met foto's) van gemaakte fouten en de gevolgen daarvan voor het regelen van de CO₂-concentratie en concentratieverschil in de kas.

Theoretische achtergrond

Gebruik rookgassen voor CO₂-dosering

Het verbrandingsproces moet leiden tot een volledige verbranding bij een zeer beperkte luchtvermaat om etheenschade te voorkomen. Modulerende branders met een atmosferische verbranding bleken aanvankelijk niet geschikt, ventilatorbranders zijn wel in staat om de gas/lucht-verhouding bij diverse branderstanden nauwkeurig te regelen (Meijndert, 1974).

De rookgassen van W/K-installaties (verbrandingsmotoren) bevatten zowel etheen als NO_x, ook als aardgas als energiebron gebruiken. De rookgassen zijn daardoor niet direct te gebruiken voor CO₂-dosering. De rookgasreiniging en -detectie, zoals die nu (1996) wordt ontwikkeld en op praktijkbedrijven getest, biedt goede perspectieven om op korte termijn de W/K-installaties als veilige CO₂-bron te kunnen gaan benutten.

Doseerschade aan gewassen door etheen en NO_x

Schade kan optreden door verontreiniging van de rookgassen of bij langdurig doseren zonder ventilatie in goed afgedichte kassen, door ophoping van een zeer geringe verontreiniging in de rookgassen. De schadebeelden zijn als volgt:

Symptomen van etheenschade bij kasgewassen zijn: remming van de (lengte)groei, afname apicale dominantie, voortijdige veroudering van bladeren en bloemen, misvorming en afstoting van bladeren en knoppen (Hand, 1990; Dings en Meeuws, 1989).

De gevoeligheid van gewassen voor etheen is door Deense onderzoekers gemeten (Hoyer en Adriansen, 1994).

Etheengevoelig (schade bij concentratie $>0,01$ ppm in de kas) zijn veel (bloeiende) potplanten: Begonia, Beloperone, Clerodendrum, Euphorbia pseudo-cactus, Fuchsia, Hibiscus, Impatiens, Kalanchoë, Kohleria, Primula vulgaris, Saintpaulia, Schlumbergera, Sinningia, Stephanotis en Streptocarpus en ook een aantal snijbloemen: Antirrhinum majus, Bouvardia, Cymbidium, Dianthus, Gypsophila, Lilium en een aantal cultivars van Alstroemeria en roos.

Minder etheengevoelig (schade bij concentratie $>0,1-0,5$ ppm in de kas) zijn de potplanten: Anthurium scherzerianum, Asparagus densiflorus, Dieffenbachia, Dracaena, Ficus benjamina, F.pumila, Hedera en Yucca en ook de snijbloemen: Anthurium, Dahlia, Gerbera en Nerine.

Niet gevoelig waren de potplanten: Asplenium nidus, Chamaedorea elegans, Codiaeum variegatum, Cordyline, Nephrolepis exaltata, Scindapsis pictus en Senecio x cruentus en de snijbloemen: Alchemilla mollis, Amaranthus, Astilbe, Liatris, Solidago en Tanacetum parthenium.

Symptomen van NO_x-schade zijn beschadiging op celniveau, membranen en wanden. De schade wordt zichtbaar als grillige lichtgekleurde vlekken op het blad en kan optreden bij NO_x-concentraties > 1 ppm in de kas (Rijsdijk, 1989).

Schade treedt minder snel op wanneer de huidmondjes gesloten blijven door een (te) hoge CO₂-concentratie (Hand, 1990; Rijsdijk 1989). Gewassen die gevoelig zijn voor NO_x zijn: sla, roos en de potplanten Dieffenbachia en Saintpaulia (Hand, 1990).

Beveiligen tegen (etheen)schade aan de gewassen

Beveiliging tegen etheenschade bij rookgasdosering uit de verwarmingsketel is goed mogelijk door een continue meting van de CO-concentratie in de (onverdunde!) rookgassen. Etheen dat ontstaat door onvolledige verbranding gaat samen met het ontstaan van CO. De CO-concentratie is echter veel hoger en eenvoudiger te meten dan de etheen-concentratie. De grenswaarde voor CO is vastgesteld op 30 ppm in de onverdunde rookgassen achter de condensor (Rijsdijk, 1989).

Ophoping van etheen in de kas kan alleen worden voorkomen door ventilatie. De natuurlijke ventilatie via kieren kan bij windstil weer te klein zijn. Dit valt op doordat de CO₂-concentratie na stoppen van de dosering erg langzaam terugloopt (Nederhoff, 1984). Over de mogelijkheid tot beveiliging tegen het voorkomen van NO_x zijn geen publicaties gevonden.

Schade door etheen en NO_x kan ook ontstaan door ophoping van deze gassen in de atmosfeer (smog). Deze schade treedt echter op bij geopende luchtramen en is daardoor goed te onderscheiden van NO_x-schade door CO₂-dosering.

CO₂-schade door overdosering

Naast schade door rookgasverontreiniging kan er ook schade ontstaan door overdosering van CO₂. Schadebeelden ontstonden in de begintijd van het doseren toen CO₂-meting in de kassen nog niet mogelijk was en er op een aantal bedrijven continu dag en nacht werd gedoseerd. Bij de huidige klimaatregeling wordt het gewenste CO₂-gehalte ingesteld en de gerealiseerde concentratie gemeten. Het knelpunt voor overdosering is met de doseerregeling verschoven van de doseerstrategie naar de CO₂-verdeling in de kas. Een uniforme verdeling hoeft geen probleem op te leveren als voldaan wordt aan de volgende voorwaarden:

- a. voldoende overdruk in het verdeelsysteem en
- b. geen drukverval in het systeem, onder andere door verstoppingen of waterophoping in de verdeelleidingen (condensvorming).

CO₂-schade kan ontstaan bij instellingen van de gewenste CO₂-concentratie > 900 ppm,

met name bij gevoelige gewassen en cultivars of bij grote concentratieverschillen binnen de kasafdeling. De schade komt dan tot uiting in groeireductie en bij nog hogere concentratie in bladschade (chlorose, necrose en gedraaid blad) (Berkel, 1984; Hand, 1990). De schade wordt veroorzaakt door het geheel of gedeeltelijk sluiten van de huidmondjes bij verhoogde CO₂-concentratie, waardoor uiteindelijk de uitwisseling van gassen niet meer mogelijk is. De hoogte van de CO₂-concentratie die schade veroorzaakt verschilt per gewas (Stapel 1996).

Volgens Deens onderzoek (Mortensen, 1987) ligt de oorzaak van gewasschade in:

- a. een te hoge bladtemperatuur bij hoog lichtniveau, vooral na donker weer;
- b. afbreken van chlorofyl bij zetmeelophoping in het blad, met name bij hoog lichtniveau en lage temperatuur en
- c. afname van verdamping en opname voedingsstoffen.

Afzuigen van rookgassen en bijmengen van lucht

De hoeveelheid rookgassen die kunnen worden afgezogen wordt bepaald door de gewenste doseercapaciteit. Een modulerende branderregeling afhankelijk van de CO₂-concentratie in de kas is gewenst om aan de wisselende behoefte aan CO₂ te voldoen bij een minimum aan energieverbruik (Uffelen, 1988).

De meeste CO₂ regelprogramma's werk(t)en via een aan/uit principe. Hierbij moet een keuze worden gemaakt voor de doseercapaciteit:

- a. als de doseercapaciteit wordt gekozen op basis van een hoge CO₂-behoefte, wordt niet geprofiteerd van de laagst mogelijke branderstand. Dit leidt tot energieverpilling door pendelend gedrag van de ketel bij een lage warmtebehoefte;
- b. een lage doseercapaciteit leidt tot lagere productie-winst doordat de gewenste CO₂-concentratie niet wordt gehaald in situaties met hoog CO₂-verbruik.

Mengen van lucht en rookgassen gebeurt om de temperatuur van de doseergassen te verlagen, waardoor het in de rookgassen aanwezige water zal condenseren en kan worden afgevoerd. Tevens wordt hierdoor beschadiging van het verdeelsysteem door te hoge temperaturen voorkomen. Een minimale bijmenging is nodig om voldoende volume en druk in het aanwezige verdeelsysteem op te bouwen om tot een uniforme verdeling te komen (Uffelen, 1988). Rookgassen die na passage van een condensor worden afgezogen behoeven minimaal te worden bijgemengd. Beperken van het doseervolume bespaart elektriciteit omdat minder ventilatorvermogen wordt vereist.

Het verdeelsysteem in de kas

Bij voldoende ruimte tussen gewas en kasdek kunnen de rookgassen via geperforeerde buizen of slurven, boven het gewas, worden verdeeld. Een uniforme verdeling is hiermee echter moeilijk te bereiken en bij geopende luchtramen zijn de ventilatieverliezen relatief groot.

Verdelen van de rookgassen onder in de kas via geperforeerde slurven van 50-120 mm diameter is veel efficiënter. Alle slurven dienen wel op druk te komen om een uniforme verdeling te bereiken, doch dit is eenvoudig te controleren.

Een ongelijke verdeling is vrijwel altijd te wijten aan drukwegval in de transportleiding, ophoping van condenswater (bij rookgas-CO₂) in het verdeelsysteem, of geplukt/gevallen blad op de slurven. Deze problemen kunnen eenvoudig worden vermeden:

- a. door het juist afstemmen van de inblaasopening naar de slurf en de druk in de verdeelleiding door middel van zogenaamde smoorplaatjes;
- b. door condens in het verdeelsysteem correct af te voeren door middel van verzamelputjes met dompelpompen;
- c. door condensvorming in het verdeelsysteem te voorkomen door meer lucht bij de rookgassen te mengen. Condensvorming vindt dan pas bij een hogere temperatuur en in kleinere hoeveelheden plaats. Dit condens moet ook worden afgevoerd en

d. voorkom dat de uitstroom wordt gehinderd, verwijder regelmatig geplukt en/of gevallen blad.
 CO₂-kanonnen bevatten grote ventilatoren om de kaslucht boven het gewas in beweging te brengen. Via de luchtbeweging wordt de warmte en de CO₂ verdeeld, een methode die niet erg energiezuinig is en ook niet erg efficiënt (Langer, 1990).

Gebruik warmtebuffer

De behoefte aan CO₂ voor aanvulling van de concentratie in de kassen is niet gekoppeld aan de warmtevrage. Zelfs bij geopende luchtramen in de zomer kan overdag de CO₂-concentratie in de kas ver dalen onder de buitenluchtconcentratie van ca. 360 ppm (Mortensen, 1990; Nederhoff, 1990).

Als CO₂ uit de ketel of W/K-installatie wordt gebruikt, kan een minimum buistemperatuur worden aangehouden om CO₂ te kunnen blijven doseren. Dit verhoogt echter het energieverbruik en stuurt de luchtramen (verder) open. Het openen van de luchtramen beperkt de mogelijkheid om meer te doseren dan tot aan de buitenluchtconcentratie. Gebruik van een warmtebuffer voor opslag van overtollige warmte (overdag) kan dus de gasrekening beperken en ook nog productieverhogend werken (Vermeulen, 1987a/88; Zandbelt, 1987). Het blijkt echter dat bij gebruik van een warmtebuffer vaak meer of langer wordt gedoseerd dan zonder warmtebuffer, zodat het gasverbruik alsnog kan stijgen (0-3 m³/m².jaar).

Literatuuroverzicht

1. Berkel van N. 1984. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂, doseerschade
 Injurious effects of high CO₂-concentrations on cucumber, tomato, Chrysanthemum and Gerbera. Acta Horticulturae 162: 101-112
Relevante onderzoeksresultaten:
 - Chlorose gevolgd door necrose
 - Tomaat jong blad > 790, oud blad > 1500;
 - Komkommer oud blad > 1500 ppm;
 - Chrysant > 2200 ppm;
 - Potchrysant 300, 1500, 3000, 4500 ppm;
 - Gerbera > 800 ppm;
 - Tomaat > 2200 ppm.
2. Berkel van N. 1987. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, CO₂, doseerschade
 Chrysant is zeer gevoelig voor ethyleen : reeds 0,05 ppm veroorzaakt schade.
 Vakblad voor de bloemisterij Vol. 42 No. 17 p. 66-67
Relevante onderzoeksresultaten:
 - bij Chrysant > 0,05 ppm vertraagde knopaanleg en doorwas.
3. Brand P.M.F. 1987. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, Heteluchtkachel
 Verbeteren CO₂-dosering: Centraal doseren op heteluchtbedrijven.
 De Tuinderij: Vol. 67 No. 11 p. 36
Relevante onderzoeksresultaten:
 - Op veel bedrijven koolzuurgasvoorziening via CO₂-kanonnen, geeft ongelijke warmteverdeling;
 - Partieel uitschakelen van CO₂-kanonnen leidt tot ongelijke verdeling CO₂;
 - Bij CO₂-kanonnen te veel CO₂-verliezen bij geopende luchtramen;
 - Op bedrijven met slangenverwarming is ook een keteltje aanwezig. Centraal CO₂-dosering met ketel is effectiever dan met kanonnen, mits verlaging van rookgastemperatuur.
4. Dings E.E.H.M. Meeuws G.J.J.M. 1989. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, CO₂,

doseerschade

Ethyleenschade herkennen en vervolgens voorkomen.

Vakblad voor de Bloemisterij 44(1989): 181

Relevante onderzoeksresultaten:

- bij Lelie bladvergeling, knopverdroging en knopval;
- bij Roos >0,5 ppm kortere stelen, platknoppen, bladvergeling en blad- en knopval.

5. Hand D.W. 1990. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, CO₂, doseerschade
CO₂ enrichment in greenhouses : problems of CO₂ acclimation and gaseous air pollutants.
Acta Horticulturae No. 268 p. 81-101

Relevante onderzoeksresultaten:

- *groeireductie > 900 ppm CO₂ bij potplanten;*
- *bladnecrose > 1000-1500 ppm CO₂ bij potplanten;*
- *minder en kleiner blad > 1500 CO₂ ppm;*
- *NO_x gevoelige gewassen zijn: sla, roos, Dieffenbachia en Saintpaulia;*
- *Bij hoge CO₂-concentratie en hoge temperatuur neemt de NO_x-gevoeligheid af.*

6. Hoyer L. Adriansen E. 1994. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, CO₂, doseerschade
Empfindlichkeit gegen Ethylen - Qualität und Haltbarkeit.
Deutscher Gartenbau 32: 1852-1853

Relevante onderzoeksresultaten:

- *schadegrenzen en schadegevoeligheid per gewas.*

7. Meijndert J. e.a. 1974. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, verwarmingsketel, CO₂
Toepassing van aardgas voor verwarming en CO₂-toediening.
Proefstation voor Tuinbouw onder Glas en Consulentschap Groente- en Fruitteelt onder
glas, Informatiereeks nr 23, 37 p

Relevante onderzoeksresultaten: Berkel van N. en Verveer J. p13-15

- *Geen atmosferische druk maar ventilator-geregelde druk voor volledige verbranding bij modulerende branders;*
- *Vlambeveiliging nodig om vervuiling en CO-vorming te voorkomen (CO in rookgas < 15 ppm);*
- *Voor handhaven 1000-1500 ppm CO₂ in de kas is ± 5 m³ gas/1000 m².uur nodig.*

Relevante onderzoeksresultaten: Berkel van N. Meijndert J. Verveer J. p16-17

- *Bij rookgasdosering zijn 2 ventilatoren nodig, één voor rookgasafzuiging bij lage druk en met een vaste hoeveelheid, en één voor transport en verdeling naar de kas.*
- *Rookgasafzuiging mag de verbranding niet beïnvloeden;*
- *Er is beveiliging nodig op CO-concentratie, lineair verband tussen CO- en ethyleen-productie;*
- *Bij afschakeling van rookgasafzuiging moet het rookkanaal afgesloten worden om waterdamp toevoer en condensvorming in het ketelhuis te voorkomen;*
- *Schadegrens ethyleen ligt op 0,05 ppm in de onverdunde rookgassen.*

Relevante onderzoeksresultaten: Meijndert J. p 25-29

- *CO₂-productie moet bij kleine vlam precies groot genoeg zijn om continu CO₂ te kunnen doseren, ca. 8 m³/1000 m².uur;*
- *Een hoog CO₂-gehalte in de rookgassen maakt het mogelijk om met kleine ventilator-capaciteit te volstaan.*

8. Mortensen L.M. 1987. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂, doseerschade
Review: CO₂ enrichment in greenhouses : Crop responses
Scientia horticulturae Vol. 33 No. 1/2 p. 1-25

Relevante onderzoeksresultaten:

- *schade bij hoge CO₂-concentratie door te hoge bladtemperatuur bij hoog lichtniveau, vooral na donker weer;*
- *chlorofyl wordt afgebroken bij zetmeelophoping in het blad, treedt met name op bij hoog lichtniveau en lage temperatuur;*

- *schade bij hoge CO₂-concentratie door afname van verdamping en opname voedingsstoffen.*
9. Mortensen L.M. Grimstad S.O. 1990. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
The effect of CO₂ enrichment on tomato yield during greenhouse ventilation
Norwegian Journal of Agricultural Science 4 p 71-75
 10. Nederhoff E. Goedhart M. 1984. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
Zelf ventilatie meten aan de hand van het CO₂-verloop. Tuinderij 32 p 16-19
 11. Nederhoff E. 1990. Trefwoorden: Kasklimaat, CO₂
Afhankelijk van buitenconcentratie: CO₂ doseren met ramen open geen weggegooid geld.
Vakblad voor de Bloemisterij 38 p 52-53
 12. Nieuwkerk J.P. Theelen J.J.H. 1986. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties,
Warmtebuffer, CO₂
Lange terugverdientijd voor lage gasprijs: Warmte-opslag bij CO₂-doseren.
Vakblad voor de Bloemisterij nr 46 p 72-73
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *door extra CO₂ doseren neemt warmteoverschot toe;*
 - *bij gebruik rest- en afvalwarmte wordt buffer interessanter.*
 13. Rijdsdijk A.A. 1989. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, CO₂, doseerschade
Gewas in de kas ondervindt schade van rookgassen.
Vakblad voor de bloemisterij Vol. 44 No. 22 p. 53
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *bij onvolledige verbranding ontstaan zowel ethyleen als CO;*
 - *concentratie van CO duidelijk hoger dan van ethyleen en daardoor beter te meten;*
 - *CO-concentratie < 30 ppm in onverdunde rookgassen na condensor om ethyleenschade te voorkomen;*
 - *NO_x-gevoeligheid wordt groter bij hogere temperatuur en rv, kleiner bij hoog CO₂;*
 - *bij ca. 1 ppm No_x kan schade optreden, lichtgekleurde bladvlekken door kapotte celmembranen en -wanden.*
 14. Stapel-Cuijpers L.H.M. Blaquièrre Tj. 1996. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
Invloed van CO₂ op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, rapport 47, 46 p
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *CO₂ wordt gebonden aan enzym Rubisco, concurreert hierbij met O₂;*
 - *CO₂-opname gebeurt bij vrijwel alle planten alleen overdag, woestijn- en steppeplanten kunnen uitzondering zijn;*
 - *Verhoging CO₂-concentratie heeft groot positief effect op productie en/of kwaliteit van zeer veel snijbloemen en potplantengewassen (overzichtstabellen in de publicatie).*
 15. Vermeulen P. 1987. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, warmtebuffer, CO₂
CO₂-doseren met warmte-opslag is rendabel.
Groenten en Fruit Vol. 42 No. 30 p. 116-117
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *Een warmtebuffer van 90 m³/ha economisch optimaal.*
 16. Vermeulen P. 1987. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, CO₂ (zuiver)
Kosten en baten CO₂ doseren in de zomer: Berekenen kostenplaatje voor aanvullend CO₂-gehalte. Vakblad voor de Bloemisterij nr 4 p 44-45
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *Doseren zuiver CO₂ alleen goedkoper dan eigen aanmaak bij prijs < 10 ct/kg;*

- *CO₂ doseren jaarrond tot min. 400 ppm is met warmtebuffer goedkoper dan zonder.*
17. Vermeulen P. 1987a. Trefwoorden: Opwekkingsinstallatie, warmtebuffer
Kosten en baten CO₂-doseren in zomer: CO₂-doseren met warmteopslag is rendabel.
Vakblad voor de Bloemisterij 4 p 40-43
 18. Vermeulen P. 1988. Trefwoorden: Klimaatregeling CO₂
Kosten en baten berekening van CO₂-dosering en handhaven minimum CO₂-gehalte.
Proefstation voor Tuinbouw onder glas, intern verslag 20, 56 p
 19. Verveer J. 1986. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, CO₂, doseerhoeveelheid
Afstemmen doseerinstallatie en regeling: Nu is het tijd voor controle en correctie.
Tuinderij nr 19 p 22-24
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *grote verschillen in doseerhoeveelheid per uur. Afstemmen gaatjesafstand in de verdeeldarmen nodig voor optimale verdeling.*
 20. Verveer J. 1987. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, Warmtebuffer, CO₂
Wanneer is warmte-opslag verantwoord? Tuinderij nr 13 p 16-18
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *De hoeveelheid CO₂-gassen die naar de kas wordt gevoerd wordt bepaald door de ventilatorcapaciteit in het doseersysteem;*
 - *De CO₂-concentratie in de doseergassen is te regelen door bijmenging van buitenlucht, stand van regelkleppen in de aanzuigbuizen van rookgas en buitenlucht;*
 - *De CO₂-concentratie moet geregeld worden door een regeling op basis van gemeten concentratie in de kas. Bij tekort aan rookgassen moet de branderstand omhoog;*
 - *Het economisch rendement van de warmte-buffer is sterk afhankelijk van de meeropbrengst van het gewas door extra CO₂;*
 - *Bij plaatsing van een warmte-buffer is herberekening nodig van de capaciteit expansievat.*
 21. Verveer J.B. 1987. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, CO₂, algemeen
Zorgvuldig CO meten voor veilige CO₂-dosering.
Vakblad voor de Bloemisterij nr 4 p 49
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *meetapparatuur etheenmeting duur, CO-meting veel goedkoper.*
 22. Wondergem A. 1990. Trefwoorden: Opwekkingsinstallaties, WK
Verlaging NO_x-vorming in gasmotoren en turbines.
Energiespectrum, mei 1990 p 72-73
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *In W/K-installaties op aardgas zit geen SO₂ in de rookgassen, wel NO_x;*
 - *Een uitstoot < 65 g/GJ is in 1993 te verwachten (2 g/m³ aardgasverbruik).*

4.2.3 Voorlichtingsboodschap 'Warmte/Kracht'

M.G. Telle (IMAG-DLO), P. van Marion (Nutsbedrijf Westland)

Betekenis van W/K-installaties voor de praktijk

Op 1 januari 1996 stond er in de glastuinbouw totaal een W/K-capaciteit van 671 MW_e opgesteld. Hiervan was 302 MW_e in beheer van telers en 369 MW_e bij nutsbedrijven (een toename van 69 MW_e over 1995).

De W/K als besparingsoptie geniet bij tuinders een grote populariteit. De bedrijven die assimilatiebelichting toepassen gebruiken zowel de opgewekte elektriciteit als de koelwarmte en besparen op energiekosten. Grotere bedrijven, zowel met als zonder assimilatiebelichting, profiteren van de korting op warmte- en eventueel elektralevering die de nutsbedrijven aanbieden. De opmars van W/K in de tuinbouw is momenteel vertraagd omdat de nutsbedrijven sinds 1995 met W/K-toepassing aan een limiet zijn gebonden en de wijze van afrekening tussen nutsbedrijven en de SEP per 1 januari 1997 is herzien. Het gebruik van W/K in beheer bij telers is, als gevolg van W/K-plaatsing door nutsbedrijven, in betekenis afgenomen.

Gebruik van CO₂ uit W/K-installaties is mogelijk met gebruik van rookgasreinigers.

Doel

De tuinbouwondernemer maakt gebruik van W/K-installaties vanwege een lagere prijs voor de afname van elektriciteit en/of warmte.

Het Nutsbedrijf past W/K toe om een gunstiger inkoopstructuur met de SEP te realiseren. Met de geplaatste installaties wordt vermeden dat pieken in de afname optreden (peak-shaving). Het nutsbedrijf geeft een deel van het voordeel door aan de teler.

Conclusies onderzoek

- De bedrijfstijd van W/K-installaties die op warmtevraag draaien hangt sterk af van de teelt. De inzet varieert van 4000 tot 6000 uur per jaar. Toepassing van een warmtebuffer zal de bedrijfstijd met ca. 500 uur verhogen. Een buffer zal tevens het pendelen (voortdurend in- en uitschakelen) voorkomen en het aantal deellast-uren beperken.
- De verkregen korting bij plaatsing van de installatie door het nutsbedrijf varieert van nutsbedrijf tot nutsbedrijf door grote verschillen in contractopbouw.
- Gebruik van CO₂ uit W/K -installaties is mogelijk met gebruik van rookgasreinigers. Deze zijn het experimentele stadium voorbij. Een verzekering voor gewasschade bij het doseren van gereinigde rookgassen uit W/K-installaties is sinds begin 1997 beschikbaar. Tuinders blijken onvoldoende inzicht in de economische voor- en nadelen te hebben.

Advies omtrent warmte/kracht, doelgroep telers

- Laat bij aanschaf van assimilatiebelichting tevens een offerte maken voor plaatsing van een W/K- installatie. Vraag ook offerte voor aansluiting op het openbare net.
- Wissel de contractvoorwaarden onderling uit en bezie of herziening van het contract gunstig en mogelijk is.
- Ga bij gebruik van een eigen W/K-installatie de mogelijkheid na voor warmte- levering aan collegatelers.
- Voor grote bedrijven met veel warmtevraag is aanvraag van een W/K-installatie bij het Nutsbedrijf wellicht zinvol.

- Laat een bedrijfseconomische berekening uitvoeren om te zien of plaatsing van een W/K-installatie een zinvolle optie is. Betrek hierin de volgende punten:
 - Benodigd elektrisch vermogen en warmtevraag;
 - Te verwachten aantal draaiuren;
 - Tarieven van aardgas, elektriciteit en terugleververgoedingen;
 - Investeringskosten en exploitatiekosten inclusief besparing gasverbruik van de verwarmingsketel;
 - Subsidie;
 - Inzet van de W/K bij CO₂-dosering.
- Wees behoedzaam en overweeg inschakeling professionele hulp bij het onderhandelen over terugleververgoedingen en over warmte-contracten met een nutsbedrijf dat een zeker monopolie heeft.

Theoretische achtergrond

De warmte die bij een teelt nodig is om de kas op de gewenste temperatuur te houden wordt meestal door een aardgasketel geleverd. Dit gebeurt door het proces van verbranding dat een thermisch rendement heeft (zonder condensor) van ca. 85% op bovenwaarde.

Gebruik restwarmte bij elektriciteitsproductie

Uit de thermodynamica is bekend dat aardgas effectiever kan worden aangewend door een deel van de energie te gebruiken voor productie van arbeid. Arbeid is een energievorm van hogere waarde dan warmte. Produceren van arbeid gebeurt onder andere in een verbrandingsmotor en kan met behulp van een generator worden omgezet in hoogwaardige elektriciteit. In de glastuinbouw vindt dit plaats met een W/K-installatie, een tot één geheel samengebouwd systeem bestaande uit een aardgasmotor, een draai-stroomgenerator voor de opwekking van elektriciteit en hulpapparatuur. In dit systeem ontstaat warmte als bruikbaar restproduct. De installatie wordt met de waterzijdige aansluitingen aangesloten op het verwarmingssysteem van de kas en met de elektrische aansluitingen aan het elektrisch net. Het nuttig totaalrendement, elektrisch ca. 35% en thermisch tot ca. 50%, kan oplopen tot 85%.

Een elektriciteitscentrale haalt een elektrisch rendement van hoogstens 55% en, omdat de restwarmte meestal niet wordt benut, ook een totaal rendement van hoogstens 50% (Verveer 1995).

Gebruik CO₂ uit de rookgassen van de W/K

In de uitlaatgassen van W/K-installaties bevinden zich schadelijke verbindingen als stikstofdioxide (NO_x) en koolwaterstofverbindingen (C_xH_y) als gevolg van de explosieve verbranding van aardgas. Ook wordt er bruikbaar kooldioxyde (CO₂) gevormd. Om dit CO₂ te kunnen doseren zijn installaties beschikbaar die de uitlaatgassen zuiveren van NO_x en C_xH_y.

Onderscheid tuinbouwbedrijven met W/K in bedrijfstypen

Tuinbouwbedrijven zijn in te delen in 'warmtebedrijven' en 'belichtingsbedrijven' (Verveer, 1995). Warmtebedrijven hebben een normale warmtevraag en een geringe elektriciteitsvraag. De W/K-installatie is verbonden met het openbare net en de geproduceerde elektriciteit wordt (deels) door het energiebedrijf afgenomen.

Belichtingsbedrijven hebben een normale warmtevraag en een hoge elektriciteitsvraag vanwege assimilatiebelichting. Als alle geproduceerde elektriciteit en warmte op het bedrijf zelf wordt verbruikt heet dit een eilandbedrijf.

Op warmtebedrijven wordt de installatie gedimensioneerd op de warmtevraag van het

bedrijf. Omdat het eigen verbruik aan elektriciteit hier relatief gering is, zal teruglevering aan het nutsbedrijf plaats vinden. De leveringsvoorwaarden hebben te maken met het beheer over de installatie. Ligt het beheer bij het nutsbedrijf, dan wordt de elektriciteit door het nutsbedrijf afgenomen en de warmte wordt geleverd aan het glastuinbouwbedrijf via een warmteleveringscontract. De financiële aantrekkelijkheid van warmtelevering door het nutsbedrijf hangt nauw samen met opbouw van het contract (Verhoeven e.a., 1996). Indien de W/K-installatie in eigen beheer wordt gehouden verloopt de teruglevering van elektriciteit aan het nutsbedrijf via duidelijke vooraf gemaakte afspraken.

Op de belichtingsbedrijven wordt de installatie gedimensioneerd op de vraag naar elektriciteit. De warmte en de elektriciteit kan in voldoende mate op het eigen bedrijf worden benut, of warmte kan worden geleverd aan nabij gelegen glastuinbouwbedrijven, om W/K-toepassing rendabel te maken. Op de bedrijven is W/K-toepassing als eilandbedrijf vaak interessant vanwege de besparing op aansluitkosten op het net. Ook vereist teruglevering van elektriciteit aan het openbare net extra hulpapparatuur bij de W/K-installatie.

Literatuuroverzicht:

1. Meerjarenafpraak 1992
Meerjarenafpraak tussen de Nederlandse glastuinbouwsector en de Staat, vertegenwoordigd door de Ministers van Economische Zaken en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij over verbetering van de energie-efficiëntie.
2. Breuer J.J.G.
Jaarbelastingduurkromme en energiebesparing voor de Nederlandse glastuinbouw : Een studie naar relevante invloeden. IMAG Wageningen NL 90 67p
3. Neijenhuis J. 1994
Energie: Teler moet warmtecontract weigeren. Vakdeel Glasgroenten 4/22 p10-11
4. Schans R.J. van der. 1996
Voortgangsrapportage plan van aanpak W/K in de glastuinbouw. Periode Eerste kwartaal 1996. Driebergen, PW/K
5. Vegter B. 1995
De grote energiebespaarder heeft last van 'groeiremmers'. Vakblad voor de Bloemisterij 50/35 p 42-43.
6. Velden N. van der, Sluis B. van der. 1995
Energie-efficiency in de glastuinbouw stagneert. Vakblad voor de Bloemisterij 50/7 p32-34.
7. Verhoeven A.T.M. Velden N.J.A. van der Verhaegh A.P. 1996
Levering van warmte aan glastuinbouwbedrijven. Warmte/kracht-contracten en bedrijfseconomische aspecten. LEI-DLO Den Haag, mededeling 563, 90 p
8. Verhoeven A.T.M. 1996
Variatie in contracten warmtekracht. Groenten en Fruit/Glasgroenten vol 6 nr 24
9. Verhoeven A.T.M. Velden van der N.J.A. Verhaegh A.P. 1996
Financiële voordeel WK afhankelijk van contract. Vakblad voor de Bloemisterij Vol 51 nr 23
10. Verveer J. 1996
Handboek verwarming glastuinbouw. Nutsbedrijf Westland N.V.

4.2.4 Voorlichtingsboodschap 'Warmtebuffer'

M.G. Telle (IMAG-DLO), P. van Marion (nutsbedrijf Westland)

Betekenis van de warmtebuffer voor de praktijk

Met een warmtebuffer kan energie doelmatiger worden aangewend als een periode met een overschot aan geproduceerde warmte binnen een etmaal wordt gevolgd door een periode met warmtevraag.

De tijdens het CO₂-dosereren vrijgekomen ketelwarmte hoeft niet via een hogere minimum buistemperatuur te worden afgelucht maar kan tijdelijk worden opgeslagen. De lucht-ramen kunnen langer dicht blijven en de haalbare CO₂-concentratie wordt daardoor hoger.

Toepassing van een warmtebuffer leidt tot een energiebesparing van 10 tot 13% vergeleken met hetafluchten van de overtollige warmte.

Doel van een warmtebuffer

De warmtebuffer is een onderdeel van het verwarmingscircuit dat wordt gebruikt voor het tijdelijk opslaan van overtollige warmte met het doel die warmte op een later tijdstip nuttig in de kas aan te wenden.

Conclusies onderzoek

- De thermische verliezen van een warmtebuffer zijn beperkt tot 1-2%, mits de installatie goed is geïsoleerd en de opgeslagen warmte binnen één etmaal weer wordt gebruikt. De benutting van de opgeslagen warmte hangt af van de buffergrootte en de warmtebehoefte in de kas.
- De teler verandert na plaatsing van een buffer meestal zijn teeltstrategie. Hij gaat overdag meer CO₂ toedienen voor hetzelfde geld. Het komt voor dat de dagelijkse warmtevraag hierbij wordt overschreden en de buffer 's morgens niet leeg is. Om 's morgens toch over een lege buffer te beschikken wordt 's nachts de kastemperatuur verhoogd. Modelstudies hebben uitgewezen dat in relatie tot de CO₂-gift de fotosynthese met 1,6 tot 2,2% per jaar kan stijgen.
- Met name in de hoogzomer-periode kan de effectieve benutting van de warmte teruglopen tot 50% of minder, zeker indien ook wordt geschermd. Een inschatting van het gebruiksrendement is dus grotendeels afhankelijk van het nuttig gebruik van de opgeslagen warmte en ligt gemiddeld over het gehele jaar meestal op circa 90%.

Advies omtrent de warmtebuffer, doelgroep telers

- Kies de grootte zodanig dat de buffer in meer dan 90% van de gebruiksdagen 's morgens leeg is. Overleg hiervoor met uw adviseur of installateur.
- Neem contact op met uw computerleverancier over het regelprogramma.
- Laat het buffervat zo dicht mogelijk bij het verdeelstuk plaatsen en zorg voor voldoende pompcapaciteit om snel te kunnen vullen en leeghalen.
- Zorg dat de leidingen naar de tank ongeveer even dik zijn als de leidingen naar de ketel.
- Als twee buffers worden toegepast moeten deze hydraulisch in serie aangesloten worden.
- Zie toe op voldoende isolatie tussen tank en steunen en van aan- en afvoerleidingen.
- Let op de veiligheid. Om schade door onderdruk te vermijden is een beluchtingsventiel gewenst. Daarbij hoort een ontluchter om corrosie te voorkomen.

Theoretische achtergrond

Buffergrootte

De buffer moet qua grootte vol kunnen, maar binnen een etmaal ook weer leeg. Gangbare grootten zijn 50 tot 120 m³ bufferinhoud per hectare. Per bedrijf is de optimale grootte verschillend. Twee zaken zijn daarvoor bepalend. Ten eerste de warmteproductie tijdens het CO₂ doseren en ten tweede hoeveel ervan moet worden opgeslagen. Dit hangt samen met het gewas en de capaciteit van de CO₂-unit. Met behulp van de gasmeter, de CO₂-uren en de branderstand is een schatting te maken van de warmteproductie overdag. De hoeveelheid via minimumbuis afgevoerde warmte is te berekenen uit de buistemperatuur en de lengte en het type buizen. De warmtevraag in de nacht kan worden bepaald door op enige karakteristieke dagen met de gasmeter het nachtverbruik te registreren.

In de bloemisterij kan in de nacht de warmtevraag vanwege schermen beperkt zijn (Verveer, 1995).

Aansluiting en regeling

In de praktijk zijn er twee methoden om de ketel en de buffer aan het verdeelstuk te koppelen: in serie of parallel. Elke installateur heeft zijn eigen visie op de methode van aansluiten. Parallelschakeling heeft in vergelijking tot serieschakeling het voordeel van simpeler regeling en minder kleppen (De Zwart, 1996).

Aanpassing van de klimaatcomputer is noodzakelijk. De computerleverancier moet tijdig worden geraadpleegd om een optimale afstemming tussen computer en warmtebuffer aan te brengen. De efficiëntie van de buffer is te controleren via een grafiekenprogramma (De Zwart, 1996).

Door onderdruk kunnen opslagtanks vervormen. Deze ontstaat door verkeerd gebruik van afsluiters, door te kleine leidingdiameters of door een te kleine expansie-installatie. Om schade te voorkomen is een beluchtingsventiel nodig, waarbij tegelijkertijd een ontluchter moet worden geplaatst. Deze laatste voorkomt corrosie (Verveer et al, 1996). De warmtebuffer wordt bij voorkeur zo dicht mogelijk bij het verdeelstuk geplaatst. De leidingdiameters naar de opslag zijn dan als regel even groot als die naar de ketel. Als plaatsing bij het verdeelstuk niet mogelijk is moet de leidingdiameter ruimer worden aangehouden om de leidingweerstand te beperken (Verveer et al, 1996, Swarts en Deenen, 1995).

Liggende of staande vaten

In het buffervat bevinden zich een koude en een warme watermassa. Mits er in het vat geen of een geringe stroming optreedt is de grenslaag tussen deze massa's stabiel en vindt er geen menging plaats. Het voordeel van een staande tank is dat de oppervlakte van de grenslaag niet verandert als het peil ervan stijgt of daalt. Bij een liggende tank verandert dit wel, waardoor meer menging zal plaatsvinden. Een nadeel van een staande tank is dat een groot gewicht door een relatief klein grondoppervlak moet worden gedragen. Een zwaardere fundering is dus noodzakelijk. Soms lost men dit op met meer vaten te plaatsen. In dat geval dienen deze in serie geschakeld te worden. (Verveer, 1995; Swarts en Deenen, 1995).

Energiebesparing

Hoeveel energie met een warmtebuffer bespaard wordt is afhankelijk van de wijze van toepassing en de uitgangssituatie. De mate van energiebesparing is afhankelijk van de strategie die er was in de situatie zonder warmtebuffer. Indien de tuinder gewend was veel CO₂ toe te dienen en het warmteoverschot af te luchten wordt de energiebesparing bij het gebruiken van een buffer maximaal. Was dat niet het geval, dus de CO₂-dosering

werd in de uitgangssituatie beperkt om geen al te groot warmte-overschot te creëren, dan is het vaststellen van de mate van energiebesparing gecompliceerder. Als de warmteproductie de dagelijkse totale vraag van de kas overtreft, krijgt de tuinder in de nacht de buffer niet meer leeg op warmtevraag (De Zwart, 1996) en moet alsnog worden afgelucht of moet zo mogelijk de nachttemperatuur verhoogd worden.

Literatuuroverzicht

1. Verveer J.B. e.a. 1995
Handboek verwarming glastuinbouw. Nutsbedrijf Westland. N.V. Misset Uitgeverij bv
2. Zwart de H.F. 1996
Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. De Zwart [S.I.] NL 236 p.
3. Zwarts G., Deenen H.P.M. 1995
Vraag en antwoord over warmte-opslag. Vakblad voor de Bloemisterij 50/7. p46-47.

4.2.5 Voorlichtingsboodschap 'Energiescherm'

C. Ploeger (LEI-DLO), A. van Drimmelen (DLV)

Betekenis van (energie)schermen voor de praktijk

Installatie van een scherm vindt vaak plaats ter verbetering van het kasklimaat, voor vermindering van de verdampingsdruk onder extreme weersomstandigheden. In de bloemisterij dient het vaak voor zonwering, in de glasgroente om condensatie tegen het kasdek tegen te gaan. Bij belichting kan een scherm worden geïnstalleerd voor beperking van de lichtuitstoot. De schermen zijn gemaakt van meer of minder vochtdoorlatend folie of doek; de meeste kunnen bewegen, sommige zijn vast. Indien het scherm toch al aanwezig is, wordt er ook in meer of mindere mate energiebesparing mee bereikt. Deze voorlichtingsboodschap is gericht op schermtoepassing voor beperking van het energieverbruik in de kas. Over de bedrijfseconomische aspecten van de klimaatsvoordelen is geen literatuur gevonden. De toepassing voor lichtafscherming valt buiten het bestek van deze voorlichtingsboodschap.

Doel van het energieschermgebruik

Een teler sluit tijdens 'de nacht' de (energie)schermen om met een lager energieverbruik eenzelfde kastemperatuur en een gunstiger rv te realiseren. De teler houdt hierbij rekening met het netto bedrijfsresultaat.

Conclusies onderzoek

- **Energieverbruik**
Energieschermen leveren gemiddeld een energiebesparing op van 20%. Dit is lager dan de besparing die berekend is voor dubbel glas (30%) of voor gecoat glas (25%). De spreiding in aantal uren dat het scherm gesloten wordt is echter groot.
- **Rendement**
Lichtverlies als gevolg van schermtoepassing veroorzaakt productieverlies. Dit lichtverlies wordt veroorzaakt door de installatie in geopende toestand en door het aantal uren dat het scherm overdag in gebruik is. Uit berekeningen van IMAG-DLO komen lichtverliezen naar voren van 2,6 tot 7,3%, voor de scherminstallatie in geopende toestand. Lichtverlies van 1% resulteert (bij glas-groentegewassen) in productieverlies van $\pm 1\%$ op jaarbasis, waardoor scherm-toepassing bij een gasprijs van ca. 25 ct/m³ economisch niet interessant is.
- **Horizontale temperatuurverschillen**
Horizontale temperatuurverschillen leiden tot productieverlies. Deze temperatuurverschillen worden niet alleen door energieschermen veroorzaakt, maar onder gesloten schermen zijn deze verschillen vaak groter.
- **Luchtvochtigheid**
Een goed geregeld scherm kan een extra hulpmiddel zijn om de luchtvochtigheid te beheersen.
Regeling van de luchtvochtigheid gebeurt in de praktijk weinig nauwkeurig. Meestal wordt het scherm alleen open- of dichtgestuurd. Een schermregeling waarbij de schermstand proportioneel geregeld wordt op luchtvochtigheid is daarbij een belangrijke verbetering. Een bijkomend voordeel van een dergelijke regeling is dat aanzienlijk meer energie wordt bespaard dan met een uitsluitend open/dicht geregeld scherm. De vochtier moet geregeld kunnen worden met stappen van maximaal 0,25%.

Advies omtrent gebruik van (energie)schermen, doelgroep telers

Energieverbruik (richtlijnen voor het gebruik van schermen)

- Gebruik het scherm in de zomer alleen onder extreme omstandigheden als energiescherm.
- Open het scherm bij toenemende vochtigheid enkele procenten.
- Sluit de schermen niet direct helemaal bij de temperatuurovergang naar het nachtniveau, maar wacht eerst tot de kasttemperatuur is gedaald.
- Gebruik de ramen (in combinatie met verwarming) om op rv te regelen.

Luchtvochtigheid

- Maak bij schermgebruik gebruik van een kierregeling om de luchtvochtigheid te regelen. Deze regeling kan het beste in het klimaatregelingsprogramma worden ingebouwd (proportionele opening).

Advies omtrent installatie van (energie)schermen, doelgroep voorlichtinggeevenden

Rendement

- Zet de voor- en nadelen van (energie)schermen uiteen voordat een teler besluit tot het aanbrengen. Het gebruik van schermen is zowel afhankelijk van de technische mogelijkheden als van de bedrijfseconomische gevolgen.
- Houd bij berekening van het rendement rekening met de jaarkosten van de installatie en het scherm (afschrijving, rente en onderhoud), maar ook het lichtverlies en de eventuele positieve invloed van het scherm op de productie.
- Momenteel is het installeren van een energiescherm in de glasgroenteteelt over het algemeen nog niet rendabel. Nieuwe ontwikkelingen kunnen ervoor zorgen dat de installatie over enkele jaren wel interessant is.
- Houd bij nieuwbouw van kassen rekening met de installatie van een energiescherm (inclusief gevelscherm). Er zijn al mogelijkheden het scherm pakket in de liggerconstructie van de kas te integreren. Hierdoor kan het lichtverlies tot 0,3% worden teruggebracht.

Suggesties voor illustratie

- Eén of meer grafieken over glasareaal met energiescherm en energieverbruik;
- Grafiek over penetratiegraad in samenhang met isolatiegraad;
- Grafieken met gemiddelde, maximale en minimale schermduur bij glastuinbouwbedrijven, zowel met een scherm als met een doek.

Theoretische achtergrond

Effecten schermgebruik op energieverbruik en productie

Met energieschermen kan aanzienlijke energiebesparing worden bereikt. Het door het scherm veroorzaakte lichtverlies veroorzaakt echter een productieverlies van betekenis (Verhaegh, 1981). Door toepassing van een energiescherm veranderen in de kas vele factoren tegelijk. Het is daarom van belang de natuurkundige achtergronden (zoals de warmte-inhoud van lucht, ventilatieverliezen, stralingsverliezen, convectieverliezen en waterdampstromen) te kennen (Meinders et al, 1982).

Invloed van schermtoepassing op energieverbruik en relatieve vochtigheid in kassen

Het gebruik van een scherm heeft altijd invloed op de luchtvochtigheid in de kas.

Meestal is de luchtvochtigheid hoger (namelijk als een dampdicht scherm gesloten is), maar soms ook lager (bij een vochtdoorlatend scherm of bij toepassing van een vochtkier) (Holsteijn, 1991a).

Voor de beschrijving van de luchtuitwisseling als eenvoudige functie van raam- en schermstand en temperatuurverschil is een meer fundamentele benadering en nauwkeurige analyse van alle deelprocessen bij het transport van lucht en waterdamp door en langs een scherm noodzakelijk (Braak, 1994). Hiervoor is in 1996 een nieuwe proef opgezet door IMAG-DLO en PBG.

Bedrijfseconomische evaluatie en toekomstige ontwikkelingen

Bij de huidige prijsverhoudingen, technische prestaties en bedrijfsomstandigheden is het energiescherm (voor glasgroenteteeltbedrijven) economisch niet interessant. Belangrijke toekomstige invloedsfactor op dit resultaat is de verhoging van de technische prestaties van het energiescherm. De hoogte van de gasprijs en een subsidie op de benodigde investeringen hebben een beperkte invloed (Velden, 1996b).

Literatuuroverzicht

1. Braak van de N.J. Knies P. 1994. Trefwoorden: Kasinstallaties, scherm, besparing, vocht. Onderzoek naar de invloed van schermtoepassing op energieverbruik en relatieve vochtigheid in kassen. IMAG-DLO Wageningen NL rapport 94-20 44 p.

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Het is niet gelukt om de luchtuitwisseling te beschrijven als eenvoudige functie van raam- en schermstand en temperatuurverschil. Een meer fundamentele benadering en nauwkeurige analyse van alle deelprocessen bij het transport van lucht en waterdamp door en langs een scherm is noodzakelijk om te komen tot een bruikbare beschrijving ten behoeve van een kasklimaatmodel. In 1996 wordt hiervoor een nieuwe proef uitgevoerd;*
- *Berekeningen met het IMAG-DLO-simulatiemodel DESSIM90 geven aan dat door toepassing van een opening van 2% het nadelige effect van het scherm op het aantal 'vochtige' uren (vrijwel geheel) worden weggenomen. Dat heeft wel tot gevolg dat er minder energie wordt bespaard dan bij 0,5% opening;*
- *Zowel polyetheenfolie als de dampdoorlatende folie Hyplast voldoen als schermmateriaal aanzienlijk minder goed op het gebied van vochtbeheersing dan LS 15 of gelijkwaardig materiaal;*
- *Op basis van de resultaten van het onderzoek kunnen praktische richtlijnen voor het gebruik van LS 15 in een tuinbouwkas worden geformuleerd:*
 - *schermen niet in de zomer gebruiken;*
 - *bij toenemende vochtigheid het scherm enkele procenten openen;*
 - *bij de temperatuurovergang naar het nachtniveau de schermen later en niet direct geheel sluiten;*
 - *ramen (in combinatie met verwarming) gebruiken om op rv te regelen.*

2. Holsteijn van G.P.A. 1987. Trefwoorden: Kasinstallaties, scherm, temperatuurverschillen. Met energiescherm op weg naar kleinere temperatuurverschillen. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 42 nr 49 p. 26-29

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Horizontale temperatuurverschillen leiden tot opbrengstverlies;*
- *Horizontale temperatuurverschillen worden niet alleen door energieschermen veroorzaakt, maar onder gesloten schermen zijn deze verschillen vaak groot;*
- *In een kas met horizontaal scherm wordt bij sluiting de watertemperatuur van de centrale verwarming naar beneden gestuurd. Bij de ongeschermdede gevel wordt het dan relatief te koud. Er zijn in die situatie horizontale temperatuurverschillen gemeten van 8 à 10 °C. Installatie van een gevelscherm kan helpen de verschillen te verkleinen;*

- *Het is nodig de scherminstallatie minstens eenmaal per jaar bij te stellen;*
 - *Met ventilatoren kunnen de horizontale temperatuurverschillen soms worden verkleind, maar zelden volledig weggewerkt.*
3. Holsteijn van G.P.A. 1989. Trefwoorden: Kasinstallaties, scherm, doekkeuze
Keuze schermmateriaal: licht- en vochtdoorlatendheid en levensduur belangrijk. Groenten en Fruit Vol. 45 nr 19 p. 42-43
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Folies van polyethyleen laten de warmtestraling voor meer dan 70% door. Doeken van polyester absorberen de warmtestralen voor meer dan 60%. Hierdoor is de energiebesparing bij een geheel gesloten scherm van polyester 3 tot 5% hoger dan bij de meeste andere schermmaterialen. Op jaarbasis zijn de verschillen in energieverbruik aanzienlijk kleiner. Dat komt omdat een vochtdoorlatend doek zonder gevaar voor een te hoge luchtvochtigheid, meer uren kan worden gesloten dan folie. Doeken laten meer waterdamp door dan folies;*
 - *Schermdoeken gaan langer mee dan folies.*
4. Holsteijn van G.P.A. 1993. Trefwoorden: Kasinstallaties, scherm, vocht
Luchtvochtigheid nu nog regelen met dampdoorlatende doeken: bij gebrek aan een goede regeling. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 48 nr 25 p.46-47
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Het gebruik van een scherm heeft altijd invloed op de luchtvochtigheid in de kas. Meestal is de luchtvochtigheid hoger, maar soms ook lager onder een scherm. Een goed geregeld scherm kan een extra hulpmiddel zijn om de luchtvochtigheid te beheersen;*
 - *Regeling van de luchtvochtigheid gebeurt in de praktijk weinig nauwkeurig. Meestal wordt het scherm alleen open of dichtgestuurd. Een schermregeling waarbij de schermstand proportioneel geregeld wordt op luchtvochtigheid is daarbij een belangrijke verbetering. Een bijkomend voordeel van een dergelijke regeling is dat aanzienlijk meer energie wordt bespaard dan met een uitsluitend open/dicht geregeld scherm;*
 - *De vochtier moet geregeld worden met stappen van maximaal 0,25%;*
 - *Bij een verbeterde schermregeling is de behoefte aan dampdoorlatende schermmaterialen klein.*
5. Holsteijn van G.P.A. 1991b. Trefwoorden: Kasinstallaties, scherm, productie
Gericht schermen verhoogt productie. Groenten en Fruit, vakdeel glasgroenten Vol. 1 nr 15 p. 16-17
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Bij een enkelvoudige proef met schermen bij paprika werd ongeveer 8% productieverhoging gemeten. Het LS-14 A-scherm (1/6 deel aluminium bandjes, 2/6 deel heldere bandjes van polyethyleen en voor 3/6 deel open) werd hiervoor in 1990 78 uur gesloten tijdens dagen met teveel zonlicht;*
 - *Het energieverbruik is niet gemeten, maar aangenomen mag worden dat het verbruik zeker niet hoger is dan bij geopend scherm. Hierdoor is er toch sprake van verhoging van de energie-efficiëntie.*
6. Maurice glastuinbouwssystemen 1996. Trefwoorden: Kasconstructie, lichttransmissie
Nog meer licht... in de ZONkas 8 x 4 m. Unieke liggerconstructie met geïntegreerd bovenscherm, hierdoor lichtverlies 0,3% i.p.v. 3,5%! Maurice kassenbouw, Horst 20 p.
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Het systeem heeft tot doel, door verdere integratie van het scherpakket het lichtverlies (= productieverlies) weg te nemen in geschermd kassen;*
 - *De integratie van het bovenscherm vindt plaats in de liggerconstructie. Hiermee wordt het lichtverlies (bij opgevouwen scherm) teruggebracht van 3,5% tot 0,3%;*
 - *Er wordt uitgegaan van een energiebesparing van 30%. Dit is hoog t.o.v. de algemene norm, namelijk 10% bij gemiddeld schermgebruik en 20% bij intensief schermgebruik;*
 - *Scherfgebruik zou een productieverhoging van 2% ten gevolge hebben;*

- *Het productieverlies dat ontstaat onder invloed van kierverschillen bij gebruik van energieschermen (klimaat) is in de ZON-kas 1% lager dan in de standaardkas.*

7. Meinders H. Bokhorst D. Vahl H. Zandbelt A.J. Nienhuis J.K. 1982.

Trefwoorden: Kasinstallaties, scherm

Schermen in kassen. Proefstation voor tuinbouw onder glas, Naaldwijk, Informatiereeks nr 74, 110 p

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Bij het beoordelen van de effecten van warmtesparende maatregelen is het van belang de natuurkundige achtergronden te kennen. Bij elke ingreep veranderen in de kas vele factoren tegelijk. Achtereenvolgens worden behandeld: de warmte-inhoud van lucht, ventilatieverliezen, stralingsverliezen, convectieverliezen en waterdampstromen (Bokhorst);*
- *Er wordt een overzicht gegeven van de verschillende systemen van beweegbare scherminstallaties. Verder wordt de technische uitvoering behandeld van de scherminstallaties zoals die in 1982 in Nederland voorkomen (Vahl);*
- *Een beweegbaar scherm in een kas eist een vrije horizontale ruimte van tenminste 15 tot 20 cm. Bestaande kassen zijn meestal niet op deze voorziening berekend. Dit betekent dat van kas tot kas eigen oplossingen moeten worden gevonden (Zandbelt);*
- *In nieuwe kassen moet het scherm zo hoog mogelijk worden aangebracht. Indien het scherm overal over dezelfde afstand beweegt is dit een voordeel (kleinere kans op storingen). Belangrijk is dat het scherm in opgerolde of opgevouwen toestand, eventueel in combinatie met een energiespant, zo weinig mogelijk lichtverlies geeft (Vahl);*
- *Schermmateriaal heeft niet altijd de eigenschappen die optimaal zijn voor de drie mogelijke, met schermen beoogde doelen, namelijk verduistering, zonwering en energiebesparing. Bij energieschermen staat het isolerend effect op de eerste plaats. Verder dient het klimaat onder het scherm zo optimaal mogelijk te blijven en het scherm pakket zo klein mogelijk. Van de in 1982 bekende schermmaterialen wordt een overzicht gegeven (Vahl);*
- *Het scherm pakket kan overdag lichtverlies veroorzaken. Uit berekeningen van IMAG-DLO komen lichtverliezen naar voren van 2,6 tot 7,3%. Bij een energiescherm van transparant folie wordt op jaarbasis een energiebesparing berekend van 21,6% (gasverbruik 60 m³ per m²; temperatuurinstellingen: nacht 15 en dag 19°C) (Vahl);*
- *De investeringen voor een enkele scherminstallatie worden berekend op f 8,- tot f 13,- per m², de jaarkosten op f 2,80 per m². Zonder rekening te houden met lichtverlies zou tenminste een gasbesparing van 8 m³ per m² (bij de gasprijs van 1982: f 0,35 per m³) deze kosten kunnen compenseren. Stellen we het lichtverlies op 5%, de licht/productierelatie op 1 : 1 en de geldopbrengst op f 50,- per m², dan dient nog eens ruim 7 m³ per m² te worden bespaard (Nienhuis).*

8. Sluis van der B.J. Rijdsdijk A.A. Holsteijn van G.P.A. Velden van der N.J.A. 1995.

Trefwoorden: Regelorgaan_regeling, scherm

Het gebruik van energieschermen bij tomaat. LEI-DLO Den Haag Publicatie 4.138 86 p.

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Op de bedrijven met een scherm loopt het gebruik sterk uiteen. Gemiddeld is in de winterperiode 800 uur geschermd en in het najaar 150 uur, maar de schermduur per jaar loopt uiteen van 350 tot 2.400 uur;*
- *De gemiddelde energiebesparing bedroeg 10%, bij intensief gebruik werd 20% energiebesparing bereikt;*
- *Het productieverlies wordt bij schermgebruik veroorzaakt door het lichtverlies van het (opgevouwen) scherm en door het aantal uren dat het scherm is gebruikt. Op jaarbasis is een gemiddeld productieverlies van 6% vastgesteld;*
- *In de huidige gemiddelde bedrijfssituatie zijn schermen bij tomaten bedrijfseconomisch niet interessant. Verlenging van de schermduur in combinatie met een beperkt lichtverlies en een positief klimaateffect van het schermgebruik op de productie kunnen*

schermen rendabel maken;

- *Onderhoud aan de installatie vraagt gemiddeld 22 uur, aan het foliescherm 73 uur per ha per jaar. In totaal bedragen de gemiddelde onderhoudskosten f 0,33 per m².*

9. Velden van der N.J.A. Sluis van der B.J. Verhaegh A.P. 1996a.

Trefwoorden: Beleidsondersteuning, sectormodel, energieverbruik

Energie in de glastuinbouw van Nederland - Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1994. LEI-DLO Den Haag PR 39-93 90 p.

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Volgens de meerjarenafspraak tussen de glastuinbouwsector en de overheid moet in het jaar 2000 een verbetering van de energie-efficiëntie ten opzichte van 1980 van 50% worden bereikt. Tot en met 1994 is de energie-efficiëntie met 38% verbeterd;*
- *De CO₂-emissie is verbeterd van 113 (1993) tot 108% (1994) ten opzichte van het niveau in 1989/1990;*
- *Er is een positieve ontwikkeling in het gebruik van condensors, klimaatcomputers, warmtebuffers, zuiver CO₂, schermen en warmte/kracht-installaties;*
- *Warmte van derden is de belangrijkste optie, in 1994 is het aandeel van deze optie in het totale energieverbruik in de glastuinbouw toegenomen tot 6%.*

10. Velden van der N.J.A. 1996b.

Trefwoorden: Beleidsondersteuning, sectormodel, bedrijfsuitrusting

Potentiële penetratiegraden energiebesparende opties in de glastuinbouw. LEI-DLO Den Haag, Publicatie 1.141

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Van de onderzochte energiebesparende opties in de glastuinbouw zijn bij de huidige prijsverhoudingen, technische prestaties van de opties en bedrijfsomstandigheden alleen warmtelevering, warmteopslag en condensor bedrijfseconomisch interessant. Hiermee kan in de glastuinbouwsector 14% op het primair brandstofverbruik per jaar worden bespaard en hiervoor is een investering van 182 miljoen gulden nodig;*
- *Voor de opties energiescherm, alternatief kasdek, warmtepomp en w/k-installaties met of zonder levering van elektriciteit aan het openbare net zijn er in genoemde situatie geen bedrijfseconomische mogelijkheden;*
- *Belangrijke toekomstige invloedsfactoren op dit resultaat zijn de technische prestaties van warmteopslag en energiescherm. De hoogte van de gasprijs en een subsidie op de benodigde investeringen hebben een beperkte invloed.*

11. Verhaegh A.P. 1981. Trefwoorden: Kasinstallaties, scherm

The influence of insulation techniques on crop production and profitability in the Dutch glasshouse industry. Acta Horticulturae Vol. II nr 115 Symposium on more profitable use of energy in protected cultivation p. 453-466

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Met energieschermen kan aanzienlijke energiebesparing worden bereikt, het door het scherm veroorzaakte lichtverlies veroorzaakt echter een productieverlies van betekenis.*
- *De energiebesparing bij gebruik van een energiescherm (in guldens) moet tenminste gelijk zijn aan de jaarkosten van het scherm (afschrijving, rente en onderhoud) plus de opbrengstverliezen als gevolg van lagere productie door lichtverlies;*
- *In 1981 is de gasprijs f 0,21 per m³. Bij die prijs zijn voor tomaten de besparingen lager dan het productieverlies;*
- *Energieschermen leveren een energiebesparing van 20% en veroorzaken een lichtverlies van 5%. Voor dubbel glas zijn deze cijfers 30 en 12 en voor gecoat glas 25 en 12;*
- *De licht-productie-relatie voor glasgroente wordt gesteld op 1 : 1,2 (1% lichtverlies veroorzaakt 1,2% productieverlies), voor potplanten 1 : 0,6 en voor snijbloemen 1 : 0,9;*
- *Bedrijfseconomisch gezien is in 1981 gebruik van een energiescherm alleen winstgevend bij potplanten met een opbrengst per m² van f 76,- en een gasverbruik van 110 m³. Dit hoge gasverbruik komt maar zelden voor, van de totale glastuinbouw in*

Nederland kent slechts 4% een gasverbruik van meer dan 90 m³ per m².

12. Waaijberg D. 1985. Trefwoorden: Kasinstallaties, scherm
De scherminstallatie vormt een extra belasting, De Tuinderij Vol. 65 nr 3 p 40-41, 43
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Installatie van een scherm in een kas vormt een extra belasting. Bij het installeren van een scherm, dat van spant naar spant beweegt, moet de kopgevelconstructie gecontroleerd worden;*
 - *Er moet altijd een extra horizontaal profiel aangebracht worden om de draden aan te bevestigen. Als dit profiel niet lager dan 8 cm onder de goot wordt aangebracht, behoeven de gevelkolommen niet verzaamd te worden;*
 - *Als het extra kokerprofiel op een hoogte van gemiddeld 27,5 cm onder de goot wordt aangebracht moeten alle gevelkolommen zwaarder worden uitgevoerd.*

4.2.6 Voorlichtingsboodschap 'Belichtingsstrategie' E. van Rijssel (PBG), A. van Drimmelen (DLV)

Betekenis assimilatiebelichting voor de praktijk

Veel kwekers maken gebruik van een belichtingsinstallatie voor toediening van extra assimilatielicht om het beschikbare zonlicht aan te vullen. De installatie wordt 's nachts gebruikt, waarbij een in te stellen donkerperiode in acht wordt genomen. Overdag wordt belicht zolang de lichtintensiteit van de zon beperkt is. Belichting vindt gedurende een groot deel van het jaar plaats.

Belichting vergt een hoge investering voor de installatie. De toepassing van assimilatiebelichting leidt tot een hoger energieverbruik per m². Het extra energieverbruik is afhankelijk van de geïnstalleerde belichtingsintensiteit en de benutting van de warmte die bij de stroomopwekking vrijkomt.

Het tarief voor de verbruikte elektriciteit is laag als de teler gebruik maakt van speciale tarieven van de nutsbedrijven of in eigen beheer stroom opwekt.

Doel van de assimilatiebelichting

- Telers passen assimilatiebelichting toe om de (winter)kwaliteit van het product te verbeteren, de (winter)productie te verhogen en de arbeidsbehoefte meer gelijkmatig over het jaar te spreiden. Assimilatiebelichting komt voor op:
 - a. Potplantenbedrijven (jonge en bloeiende planten);
 - b. Snijbloemenbedrijven (roos, lelie) ;
 - c. Opkweekbedrijven (groenteplanten).
- Assimilatiebelichting leidt tot:
 - a. Een betere concurrentiepositie tegenover buitenlandse producenten;
 - b. Een op korte en/of lange termijn verbeterd rendement op het eigen bedrijf.
- Een andere toepassing waarmee telers experimenteren is een verhangbare installatie voor belichting van een, in tijd beperkte, fase van de teelt. Het doel hiervan is knopabortie voorkomen (Freesia, Bouvardia) of de kleur van de bloem verbeteren (chrysant).

Conclusies onderzoek

- Bij (bloeiende) potplanten leidt belichting in de winter tot zwaardere en beter bloeiende planten. Het effect op de kwaliteit is groot. Op de productie is het effect meestal beperkt, omdat er vanwege de plantomvang eerder minder dan meer planten per m² staan. Bij bloeiende potplanten, die 's winters niet met een acceptabele kwaliteit kunnen worden geteeld, wordt via belichting jaarrondproductie (Begonia, Cyclamen) of verlenging van het aanvoerseizoen (Hydrangea) gerealiseerd.
- Bij snijbloemen is het effect van belichting op de winterkwaliteit minder groot. De bloem wordt wat zwaarder en soms beter van kleur (chrysant). Het effect op de winterproductie is wel groot. De arbeidsbehoefte wordt 's winters groter naarmate de productie toeneemt. Ook hoeft de teler 's morgens niet tot zonsopkomst te wachten om met oogsten te beginnen. Een verbeterde, uiterlijke kwaliteit leidt tot hogere prijzen. De houdbaarheid vraagt wel extra aandacht. Bijbelichting maakt producten kwetsbaar, de bloemen verdampen dan namelijk op de vaas veel meer, met name wanneer de teler geen of een korte donkerperiode geeft.
- Productieverhoging en kwaliteitsverbetering door belichting hebben effecten op de markt. Aanvoervergroting leidt tot lagere prijzen. Kwaliteitsverschil tussen het belichte en onbelichte product kan resulteren in prijsverschil. Het markteffect leidt tot extra concurrentie voor zowel telers die niet belichten als voor buitenlandse aanvoerders. Het bedrijfseconomisch belang kan hierdoor strijdig zijn met het sectoraal belang.

- De teler krijgt het beste rendement door:
 - Optimaal gebruik te maken van de installatie;
 - Het realiseren van een hoog aantal belichtingsuren;
 - Een hoge benutting van de beschikbare warmte van lampen en W/K.
- Belichten in het zomerhalfjaar levert meestal geen positieve bijdrage aan het bedrijfsrendement. Belichten tot een bepaalde lichtsom, aanvullend aan de dag komt in Nederland niet voor. Realiseren van een vooraf geplande lichtsom, met maximale benutting van zonlicht in het winterhalfjaar, is onmogelijk. Een installatie voor assimilatiebelichting is te duur om deze niet maximaal te gebruiken.

Advies, algemeen, doelgroep telers

- **Ophanging**
De afstand tussen de lamp en het gewas moet voldoende groot zijn om een gelijkmatige lichtverdeling te kunnen realiseren. De afstand is afhankelijk van de onderlinge afstand tussen de lampen en het gekozen type reflector (breed- of dieptestraller).
- **Regeling**
De tijd tussen af- en aanschakelen moet minimaal 30 minuten zijn om het versneld verouderen van de lampen te voorkomen.
- **Stroomvoorziening**
De aansluitkosten op het elektriciteitsnet en/of de tarieven van nutsbedrijven kunnen zo hoog zijn dat eigen stroomopwekking, met benutting van restwarmte (W/K), economisch aantrekkelijk is. Omdat draaiuren van de W/K-installatie niet parallel lopen met de vraag naar warmte is een warmte'uffer bijna altijd rendabel en dus vereist. Een W/K-installatie en een warmtebuffer vergen wel een hoge, extra investering.

Advies omtrent de aan te houden intensiteit, daglengte, belichtingsstrategie en belichtingsperiode, doelgroep telers

- **Knopabortie**
Het doel dat de kweker wil bereiken, bepaalt de aanbevolen maximum belichtingsintensiteit. Een intensiteit van $65 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. (400 Watt SON-T per $6,25 \text{ m}^2$) voorkomt vrijwel knopabortie bij Bouvardia. Verdere verhoging is dus zinloos.
- **Groei en bloemkleur**
De mate waarin de beschikbare warmte (lampwarmte + koelwarmte W/K) wordt benut, bepaalt de aanbevolen maximum intensiteit voor groeiestimulans. Als een teler stroom inkoopt is dit, bij belichting van het gehele bedrijf, een intensiteit van $65 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. Bij eigen stroomopwekking is dit $30 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. Een verhoogde intensiteit wordt soms aangeraden omdat het een remmend effect heeft op de lengtegroei (potplanten) en invloed heeft op de bloemkleur (chrysaant).
- **Aanbevolen daglengte**
De aanbevolen daglengte is uit economische overweging 18-20 uur per etmaal. Hiermee wordt het meeste licht uit de dure belichtingsinstallatie gehaald. Wanneer een donkerperiode volledig ontbreekt, belemmert dat de groei en de kwaliteit. Het staat 24 uren belichting in de weg. Voor sommige gewassen en cultivars is verdere verkorting van de daglengte nodig om de bloemknopvorming niet te verstoren en houdbaarheidsrisico's te beperken. Bij kortedagplanten wordt wisseling van daglengtebelichting via een vast patroon soms aanbevolen vanwege het sturend

effect bij de uitgroei van bloeiwijzen (chrysaant). De dagverlenging die soms wordt toegepast biedt dan tevens een mogelijkheid om het aantal belichtingsuren op te voeren.

- **Belichten in de winter**

De te adviseren strategie van belichten is dat de belichting overdag, pas bij 100-150 Watt/m², wordt uitgeschakeld. Dit betekent dat de teler in de wintermaanden vrijwel alle dagen doorbelicht en een hoog aantal belichtingsuren en een hoge lichtsom realiseert. Voor de nacht wordt geadviseerd om met de donkerperiode in te spelen op de vraag naar stroom en warmte. Lage stroomtarieven en hoge vergoedingen voor teruglevering kunnen de belichtingskosten beperken.

- **Belichten in de zomer**

Belichten in het zomerhalfjaar wordt niet geadviseerd. Een direct stimulerend effect op de groei is niet snel aantoonbaar en na-effecten zijn tot nog toe niet aangetoond. Belichten met eigen opgewekte stroom, op momenten dat de warmte kan worden benut, kost echter zo weinig dat dit zonder bezwaar wel kan.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Figuur met de beschikbare hoeveelheid zonlicht door het jaar heen (gewasniveau).

Tabel met gerealiseerde belichtingsuren bij diverse belichtingsstrategieën.

Figuur met beschikbare en benutbare koelwarmte W/K-installatie.

Theoretische achtergrond

Relatie licht en groei

Licht is een zeer sterk bepalende factor voor de groei, de toename in vers- en drooggewichtproductie. De groeistimulans door belichting is lineair gecorreleerd met de (kunst)lichtsom, de combinatie van intensiteit en duur van de belichting (Gislerod e.a., 1989, Rijssel e.a., 1995). De lichtsom moet berekend worden vanuit de lighthoeveelheid die de geogoste massa heeft ontvangen, bij potplanten rekening houdend met (toenemende) plantafstanden (Rijssel e.a., 1995).

Bij (bloeiende) potplanten leidt belichting tot zwaardere en beter bloeiende planten. Het effect op de winterproductie is meestal beperkt, omdat er eerder minder dan meer planten per m² worden uitgezet (De Beer e.a., 1991, Verberkt, 1995, Verberkt e.a., 1995). Bij (bloeiende) potplanten, die 's winters niet met een acceptabele kwaliteit kunnen worden geteeld, wordt via belichting jaarrondproductie (Begonia, Cyclamen) of verlenging van het aanvoerseizoen (Hydrangea) gerealiseerd.

Bij snijbloemen is het effect van belichting op de winterkwaliteit minder groot. De bloem wordt wat zwaarder (Verberkt e.a., 1987) en soms beter van kleur (chrysaant, mededeling Van der Hoeven PBG). Het effect op de winterproductie is wel groot (Mortensen e.a., 1992, Van Rijssel e.a., 1995). De arbeidsbehoefte wordt 's winters groter naarmate de productie toeneemt. Ook hoeft de teler 's morgens niet tot zonsopkomst te wachten om met oogsten te beginnen. Een verbeterde, uiterlijke kwaliteit leidt tot hogere prijzen (Benninga, 1995).

Zonlicht en kunstlicht

Voor zonlicht en kunstlicht is, voor de omzetting van licht in drogestofproductie, geen verschil in efficiëntie aangetoond. Belichting zorgt voor extra drogestofproductie. Het leidt tot toename van het takgewicht, in extra vertakking en/of extra bloemen (Gagnon e.a., 1990).

Een groeistimulans door verhoogde lichtintensiteit is bij roos zelfs gezien bij de productie in mei/juni na belichting met een intensiteit van 370 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ (400 Watt SON-T per 1.25 m²) (Mortensen e.a., 1992). Afschakelen van de belichting op stralings-intensiteit

is dus niet snel nodig. Verhoging van de licht/belichtingsintensiteit remt de lengtegroei bij potplanten (Verberkt e.a., 1995). 's Winters is dit een positief aspect voor vrijwel alle producten.

Daglengte

De daglengte heeft (bij Freesia) invloed op verdeling van de drogestof over het ondergrondse deel en het bovengrondse vegetatieve deel en de bloem/vrucht van de plant (Bergchoef e.a., 1991). Een lange dag stimuleert bij een aantal gewassen de lengtegroei van de scheut (Verberkt e.a., 1995). Extra remstofbehandelingen zorgen dan voor het tegengaan van deze lengtegroei. Bijbelichting kan snijbloemproducten kwetsbaar maken, de houdbaarheid vraagt extra aandacht. De bloemen verdampen namelijk veel op de vaas, met name wanneer de teler geen of een korte donkerperiode geeft (Slootweg e.a., 1990).

Efficiëntie

De efficiëntie waarmee het beschikbare licht wordt omgezet in drogestof is afhankelijk van eventueel beperkende factoren zoals: de beschikbare bladmassa, verdeling van de bladmassa over de kas, de CO₂-concentratie en vochttekort. Ook het aantal groeipunten en/of aantal vruchten kan beperkend zijn om de assimilaten te verwerken. Naarmate er meer licht beschikbaar is treedt het effect van één of meer van de beperkende factoren sneller aan het licht. De lichtefficiëntie kan dus door het jaar heen verschillen en 's zomers lager zijn dan 's winters (Rijssel e.a., 1995).

De geproduceerde massa hoeft niet overeen te komen met de verkochte massa. Bij meermalig oogstbare snijbloemgewassen bijvoorbeeld zijn niet alle geknipte takken geschikt voor verkoop (loze en slappe takken). Als het aandeel verkoopbare gewas-massa door belichting toeneemt, dan is de efficiëntie waarmee licht wordt omgezet in meeropbrengst groter dan de efficiëntie waarmee licht wordt omgezet in drogestofproductie. Dit is het geval wanneer belichting gebruikt wordt om loosvorming te voorkomen (lelie, Bouvardia, roos bijvoorbeeld cv 'Frisco' enz.).

Rendement

De verkregen meerproductie, de gegeven lichtsom en de (meer)prijs van het belichte product bepalen het rendement van assimilatiebelichting. Teelten waarvan de productprijs in de winter relatief hoog is, door een grote vraag en een gering aanbod, geven de grootste opbrengststijging. Dit geldt ook voor teelten waarvan belichting de knopabortie in de winter beperkt. Al deze teelten komen het eerst in aanmerking om te belichten.

Productieverhoging en kwaliteitsverbetering door belichting hebben echter ook effecten op de markt. Aanvoervergroting leidt bijna altijd tot lagere prijzen. Kwaliteitsverschil tussen het belichte en onbelichte product kan resulteren in prijsverschil. Het markteffect leidt tot extra concurrentie voor zowel telers die niet belichten als voor buitenlandse aanvoerders. Het bedrijfseconomisch belang kan hierdoor strijdig zijn met het sectoraal belang, vooral wanneer de aanvoer uit het buitenland gering is (Oprel, 1988).

Literatuuroverzicht

1. Beer de C.A. Verberkt H. 1991. Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Invloed belichtingsduur verschillend : Nephrolepis, Dieffenbachia en Begonia. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 46 No. 47 p. 46-47
Relevante onderzoeksresultaten:

- *Belichten geeft zwaardere planten, de toename van het plantgewicht is afhankelijk van de daglengte (het aantal belichtingsuren);*
 - *Ook een aantal uitwendige productkenmerken wordt beter beoordeeld (meer gedrongen, meer scheuten, meer bloemen);*
 - *Een bonte Dieffenbachia wordt groener.*
2. Benninga J. 1995. Trefwoorden: Bedrijfsmanagement, relaties
Plantkenmerken, plantwaardering en prijsvorming bij Azalea. PBN-Aalsmeer, rapport 209, 46p
Relevante onderzoeksresultaten:
- *De prijs wordt voor een zeer belangrijk deel bepaald door uiterlijke kenmerken van het product. De plantomvang en bloeirijkdom zijn het belangrijkste.*
3. Benninga J. Duys D. 1996. Trefwoorden: Kasinstallaties, belichting, productie
Belichten niet bepalend voor bedrijfsresultaat : bedrijfsvergelijking rozen. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 51 No. 10 p. 28-29
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Het effect van assimilatiebelichting op opbrengsten en kosten is ongeveer even groot;*
 - *Het effect van assimilatiebelichting op de prijs (jaargemiddelde) is nihil.*
4. Berghoef J. Farr D.J. Zevenbergen A.P. 1991.
Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Te vroeg beginnen heeft geen zin : belichtingsonderzoek Freesia (1). Vakblad voor de bloemisterij Vol. 46 No. 41 p. 42-43
Daglengte belangrijke factor : belichtingsonderzoek Freesia (2). Vakblad voor de bloemisterij Vol. 46 No. 41 p. 44-45
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Belichten geeft meer en zwaardere bloemtakken;*
 - *Belichten voordat de bloemtakken 20 cm lang zijn heeft geen effect op de productie;*
 - *Doorgaan met belichten na begin van de bloei heeft geen effect meer op aantal en zwaarte van de hoofdtak, maar wel op de kwaliteit van de haken;*
 - *Ontbreken van een donkerperiode leidt tot verminderde productie en lager takgewicht, ten opzichte van een donkerperiode van 4 uur of meer. Het gewicht van de nieuwe knol wordt door 24 urenbelichting wel sterk gestimuleerd.*
5. Gagnon S. and Dansereau, B. 1990. Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Influence of light and photoperiod on growth and development of gerbera. Acta Hortic. 272: 145-149
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Belichting stimuleert zowel de vegetatieve groei als de productie. De uitgroeiduur wordt verkort;*
 - *Het effect is in de herfst/winter groter dan in winter/voorjaar.*
6. Gislerod H.R. Eidsten I.M. Mortensen L.M. 1989
Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
The interaction of daily lighting period and light intensity on growth of some greenhouse plants. Scientia horticultrae Vol. 38 No. 3/4 p. 295-304
Relevante onderzoeksresultaten:
- *De groei neemt toe met zowel het aantal belichtingsuren als de belichtingsintensiteit (tot 400 Watt SON-T/6m²);*
 - *Bij opvoeren van de belichtingsduur tot 24 uur per etmaal neemt de groei slechts beperkt toe;*
 - *Bij Begonia en Kalanchoë is sprake van interactie tussen daglengte en belichtingsintensiteit;*
 - *De daglengte heeft geen effect op de teeltduur, wel op de bloeirijkdom. Bij zeer lage lichtintensiteiten treedt wel een teeltduurvertraging op.*

7. Hoog de J. Rijssel van E. 1995. Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Kort gebruik assimilatiebelichting kan loos bij Bouvardia voorkomen : economisch perspectief per bedrijf verschillend. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 50 No. 34 p. 32-33
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Belichten is alleen interessant voor bedrijven waar in de winter loosvorming optreedt;*
 - *Economisch wordt belichten pas interessant als de belichtingsinstallatie per belichtingsseizoen bij minimaal 10 teelten kan worden gebruikt.*
8. Ludolph D. Hendriks L. 1992. Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Kühlen, belichten oder verdunkeln. Gb + Gw 37: 1787-1790
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Belichten verkort de teeltduur bij perkplanten;*
 - *Belichting vooral effectief tijdens het begin van de teelt, weinig licht en hoge plantdichtheid.*
9. Mortensen L.M. Gislerod H.R. Mikkelsen H. 1992.
Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Maximizing the yield of greenhouse roses with respect to artificial lighting. Norwegian journal of agricultural sciences Vol. 6 No. 1 p. 27-34
Relevante onderzoeksresultaten:
- *De productie neemt toe met de intensiteit van bijbelichting, tot een niveau van 370 mmol/ m².s (400 Watt SON-T per 1,3 m²;*
 - *De productietoename treedt zelfs op bij een hoog niveau van zonlicht in mei/juni;*
 - *Ook de taklengte en het takgewicht (drooggewicht) nemen toe bij hogere lichtintensiteit.*
10. Oprel L. 1988. Trefwoorden: Kasinstallaties, belichting, relaties
Gevolgen assimilatiebelichting voor veilingprijs geanalyseerd 'Motrea' [roos] als voorbeeld. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 43 No. 32 p. 46-47
Relevante onderzoeksresultaten:
- *De grootte van de aanvoer heeft een direct effect op de prijs.*
11. Rijssel van E. Vogelesang J. Leeuwen van G. 1995.
Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Optimaal belichten : effecten van assimilatiebelichting op opbrengsten en kosten bij roos. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Aalsmeer NL 8 36 p.
Relevante onderzoeksresultaten:
- *De productie (kg/m²) neemt recht evenredig toe met de ontvangen lichtsom;*
 - *Er is geen na-effect geconstateerd na stoppen van de belichting;*
 - *Het effect van de belichting wordt groter naarmate de winter vordert. Vanaf april wordt het effect van (lamp)licht snel minder;*
 - *Optimaal belichten betekent per etmaal veel uur belichten (pas afschakelen bij 150 Watt zonlicht) en bij installatie de intensiteit van belichten aanpassen aan de warmtebehoefte (zoveel mogelijk vermijden van warmte-overschot-situaties).*
12. Sloopweg G. Meeteren van U. 1990, Trefwoorden: Kasinstallaties, belichting
Belichte rozen hebben extra zorg nodig. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 45 No. 48 p. 42-43
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Door belichting worden rozen kwetsbaarder. Het risico (op houdbaarheidsproblemen) wordt kleiner naarmate de aangehouden donkerperiode langer is;*
 - *Het grotere waterverbruik vereist, in alle schakels van de keten, extra aandacht voor vaatveropping door bacteriën.*
13. Tantau H.J. Dumke C. 1991. Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Lichtmengeregelung kritisch betrachtet. GbGw 39: 1946-1947

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Belichting wordt steeds meer toegepast om de teelt onder controle te krijgen;*
- *Relevante momenten om de belichtingsinstallatie aan en uit te schakelen zijn: de lichtintensiteit buiten, begin- en eindtijden van een laag stroomtarief, de warmtebehoefte van de kas;*
- *Een lichtsom-regeling is in gebruik om de teelt nog beter te programmeren.*

14. Verberkt H. Swaans M. 1987, Trefwoorden: Kasinstallaties, belichting
Belichting bij rozen : uitwendige kwaliteit 'Madelon' en 'Motrea' duidelijk beter. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 42 No. 15 p. 56-57

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Belichten heeft een positieve invloed op de uitwendige kwaliteit, steelstevigheid, knopdiameter en bladkleur.*

15. Verberkt H. 1995. Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Belichtingsstrategieën bij potplanten. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Aalsmeer, rapport 11 Dl. 1

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Belichten geeft een hoger plantgewicht (zowel vers- als drooggewicht);*
- *Bij Begonia geeft meer licht:*
 - *een compactere plant;*
 - *meer scheuten en meer bloemen;*
 - *geen teeltduurverkorting;*
- *Bij Saintpaulia:*
 - *een kortere teeltduur en zijscheutvorming;*
 - *kleiner en breukgevoeliger blad;*
- *Bij potroos:*
 - *een kortere teeltduur en meer bloei;*
- *Bij Nephrolepis:*
 - *een compactere plant;*
- *Bij Hydrangea:*
 - *kortere trekduur;*
 - *meer schermen per plant;*
 - *meer taklengte (vaker remmen, of DIF-behandeling)*

16. Verberkt H. Mourik van N. 1995. Trefwoorden: Regelorgaan-regeling, belichting
Belichtingsstrategieën bij potplanten. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Vestiging Aalsmeer, rapport 14 Dl. 2

Relevante onderzoeksresultaten:

- *bevestiging van bovenvermelde resultaten.*

4.2.7 Voorlichtingsboodschap 'Klimaatregeling, temperatuur en vocht'

C. Ploeger (LEI-DLO), A. van Drimmelen (DLV)

zie ook 4.2.6 'Belichtingsstrategie', 4.2.8 'Klimaatregeling CO₂-concentratie' en 4.2.9 'Minimum buisregeling'

Betekenis van klimaatregeling voor de praktijk

Klimaatregeling is van belang voor alle vormen van bedekte tuinbouw. Om het gewenste klimaat in de kassen te realiseren, wordt een aanzienlijke hoeveelheid energie verbruikt. Van de totale aardgasconsumptie in Nederland neemt de glastuinbouw ca. 10% voor zijn rekening.

In 1996 komt in Nederland (CBS, telling 1996) in totaal 10.006 ha tuinbouw onder glas (excl. fruit onder glas) voor. Hiervan is 27 ha platglas, 646 ha koud staand glas en 9333 ha staand glas verwarmd. In genoemde volgorde neemt het belang van klimaatregeling toe, een teler kan immers op steeds meer klimaatbeïnvloedende factoren ingrijpen. In 1994 bedroeg het totale energieverbruik in de productieglastuinbouw 127,2 PJ (vergelijkbaar met 4,02 miljard m³ aardgasequivalenten). Hiervan bestaat 91% uit aardgas, 5,7% uit warmtelevering door derden en 2,8% uit elektriciteit van het openbare net (Velden, 1996).

Uit simulatie-onderzoek kwam onder andere naar voren dat de energiebesparing met optimale klimaatbesturing kan oplopen tot meer dan 15%.

Deze voorlichtingsboodschap wordt beperkt tot regeling van de kastemperatuur, de grondtemperatuur en de rv, waarbij er wordt rekening gehouden met de effecten op het netto bedrijfsresultaat.

Doel van de klimaatregeling

Een teler beïnvloedt het kasklimaat door de kas- en grondtemperatuur, de rv, het CO₂-gehalte en het lichtniveau (assimilatie- en stuurlicht) te regelen, om zó optimale gewasgroei te realiseren.

Conclusies onderzoek

- De kennis van de bedrijfseconomische gevolgen van klimaatregeling op het gewas heeft de afgelopen decennia geresulteerd in wiskundige modellen van bijv. het kasklimaat, de gewasverdamping en de groei van sla. Op basis van deze modellen is door IMAG-DLO en de Vakgroep Agrotechniek en -fysica van de LUW een nieuw concept van een klimaatbesturingssysteem ontwikkeld. Het groeimodel is ontwikkeld voor sla, maar is met enkele wijzigingen ook toepasbaar voor de teelt van bijv. tomaten en komkommers. Door middel van simulatie is, bij een teelt van sla in de winter, de optimale klimaatbesturing vergeleken met de klimaatregeling door de tuinder. Het nieuwe besturingssysteem heeft geen grote investeringen in hardware nodig;
- Uit het teeltonderzoek met tabletverwarming is gebleken dat pct- en luchttemperatuur een grote invloed op de bloei van een aantal kamerplanten hebben. Een teler kan als hij de instelling van de kastemperatuur verlaagt, energie besparen. Een gewenste kastemperatuur van 19 °C kan namelijk bereikt worden met een ingestelde kastemperatuur van 16 °C in combinatie met een pottemperatuur van 23 °C. Ficus en Schefflera zijn zeer geschikt voor de teelt op verwarmde tabletten. Het is mogelijk de pottemperatuur op te voeren tot 30 °C. Dit betekent dat met tablet- of vloerverwarming niet alleen de potten, maar ook de ruimte voor een belangrijk deel kan worden verwarmd. Het verwarmingsnet heeft dan nog een secundaire functie. Bij beide gewassen is bij toepassing van tabletverwarming een teeltversnelling geconstateerd van ca. anderhalve week. De kwaliteit van Schefflera was hierbij gelijk aan de behandeling zonder tabletverwarming en de kwaliteit van Ficus was zelfs

beter;

- Een teler kan bij aanwezigheid van een scherm extra energie besparen door 's nachts (bij gesloten energiescherm) een hogere temperatuur te stoken dan overdag (als het energiescherm open is). De planten (tomaten) blijken te reageren op de gemiddelde, over 24 uur gerekende, temperatuur. Voor jonge planten wordt een hogere dag- dan nachttemperatuur geadviseerd. Later wordt aan een omgekeerd temperatuurregime de voorkeur gegeven. De productie is maximaal, zonder verlies aan kwaliteit. Een bijkomend voordeel is dat het risico van natslaan van het gewas, bij de overgang van het nacht- naar het dagregime, wordt gereduceerd;
- Door op dagen met veel wind de temperatuur iets te verlagen en deze op dagen met weinig wind ter compensatie iets te verhogen, is 5 tot 10% energie te besparen;
- Met een integrerende klimaatregeling kan een teler over een bepaalde periode een gewenste gemiddelde temperatuur realiseren. De mogelijkheid bestaat om het temperatuurverloop, afhankelijk van de omstandigheden, zo gunstig mogelijk te kiezen. Hiermee kan een teler energie besparen met name op de volgende punten:
 - Een deel van de warmtebehoefte van de teelt kan worden verschoven van de dag naar de nacht, waarbij 's nachts wordt gestookt onder een isolerend scherm;
 - De teler kan de temperatuurinstelling verlagen bij veel wind of een lage buitentemperatuur; betere benutting van zonnewarmte kan worden bereikt door de temperatuurstelling te verlagen en de lichtafhankelijke verhoging van de (stook- en) ventilatietemperatuurinstelling te vergroten;
 - Spreiding van de piekbelastingen geeft meer mogelijkheden voor de benutting van laagwaardige warmte en restwarmte.

Door toepassing van temperatuurintegratie ontstaat meer vrijheid om andere teeltfactoren te optimaliseren (rv en CO₂). Dit kan leiden tot vermindering van de energie-input per eenheid product;

- Veranderingen in de stooktemperatuur geven een effect te zien op het energieverbruik van ongeveer 10% per graad C. Verhoging van de vochtgrens van 80% rv naar 90% rv levert een energiebesparing op van rond 6%, terwijl een verlaging van 80% tot 70% rv op een meerverbruik van ca. 9% uitkomt;
- Vanuit een oogpunt van productie heeft het weinig zin vruchtgroentegewassen op luchtvochtigheid te regelen. Hoge luchtvochtigheid benadeelt vaak wel de kwaliteit (houdbaarheid en fysiogene afwijkingen zoals zwelscheuren en stip);
- De relatieve luchtvochtigheid staat in nauw verband met de kasttemperatuur en met de verdamping vanuit de bodem. Een hoge rv vormt bij het optreden van plantenziekten belangrijke voorwaarden. Om het optreden van zowel bacteriële als schimmelvormende plantenziekten te beperken is teelt bij een niet te hoge luchtvochtigheid aan te raden (onder andere door druppelbevloeiing en eb/vloedsystemen). Voor een rv-instelling wordt, vanuit de gezondstoestand van de planten bezien, een rv van 80% als bovengrens beschouwd, gemeten 30 cm boven het gewas.

Advies voor het gebruik van de klimaatregeling, doelgroep telers

Klimaatregeling met omgekeerde dag- en nachttemperatuur

- Bespaar extra energie door bij sluiting van het scherm 's nachts de temperatuurinstelling te verhogen. Compenseer dit door een lagere instelling overdag. (Investeren in een energiescherm is niet altijd rendabel, zie hiervoor de voorlichtingsboodschap 4.2.3 over (energie)schermen).

Klimaatregeling met gemiddelde (etmaal- of week-)temperatuur

- Laat de kastemperatuur op zonnige dagen wat hoger oplopen (later luchten) en compenseer dit door op donkere dagen iets minder te stoken.
- Verlaag de temperatuur iets op een dag met veel wind en compenseer dit op dagen met weinig wind

Energiebesparing door tablet- en vloerverwarming

- Ga de teeltkundige en economische mogelijkheden na voor gebruik van tablet- en vloerverwarming. Het microklimaat tussen het gewas (pot- en luchttemperatuur) kan een grotere invloed hebben op de bloei (Begonia) of groeisnelheid (Ficus, Schefflera) dan de kastemperatuur.
- Verken de mogelijkheden om de tablet- of vloertemperatuur te verhogen en gelijktijdig de kastemperatuur te verlagen (het microklimaat hoeft hierbij nauwelijks te veranderen).

Klimaatregeling in de toekomst

- Bespreek met de leverancier van het klimaatbesturingssysteem de mogelijkheden van de nieuwste besturingssystemen. Dit systeem regelt wellicht niet meer op streefwaarden, maar op een efficiënte inzet van de productiemiddelen in relatie tot de opbrengst. Met de nieuwe klimaatregelingssystemen kan een teler zowel energie besparen als het bedrijfsresultaat verbeteren.

Suggesties voor illustratie

- Grafiek van glastuinbouw naar type in ha;
- Energieverbruik in de glastuinbouw over laatste jaren naar energiedrager;
- Figuur van de huidige wijze van klimaatregelen (Henten et al, 1995);
- Figuur van een model van het kas-gewasproductieproces (Henten et al, 1995);
- Figuur van het nieuwe kasklimaatbesturingssysteem (Henten et al, 1995).

Theoretische achtergrond

Gewenste groei van de planten

De teler heeft ten aanzien van de groei van zijn kasplanten rekening te houden met de effecten op zijn bedrijfsresultaat. Dit betekent dat in de diverse stadia van de planten (jonge plant, vegetatieve fase, generatieve fase) een ander optimaal kasklimaat wordt gewenst (Koning, 1989a).

De optimale groei wordt door een groot aantal factoren beïnvloed. De bekendste zijn: water, meststoffen, licht, CO₂ en een bepaalde temperatuur en luchtvochtigheid. Bij de teelt in verwarmde kassen kunnen al deze factoren worden beïnvloed. Het buitenklimaat blijft evenwel van grote betekenis voor de groei van de kasplanten vanwege de beschikbare hoeveelheid zonlicht en de directe invloed op het kasklimaat, met name de rv.

Klimaatregeling tot nu toe

Voor het realiseren van de gewenste groei in de moderne kas staan de teler een groot aantal mogelijkheden open. De installatie van de kas, het verwarmingssysteem, de assimilatie- en daglengtebelichting, de CO₂-toediening, om er maar enkele te noemen. De besturing van deze complexe kas kan niet langer met handbediening of met analoge apparatuur, maar dient uitgevoerd te worden met behulp van een klimaatcomputer. Tot nu toe wordt hierbij geregeld op afzonderlijke streefwaarden voor temperatuur, rv, CO₂ enz. (Van Henten et al, 1995).

Klimaatregeling in de toekomst

De klimaatregeling in de toekomst zal meer geënt zijn op een optimaal verloop van

processen in de plant dan op ingestelde streefwaarden. Hierbij worden de effecten van verandering in de instellingen zichtbaar, onder andere op het energieverbruik (Koning et al, 1995b).

Klimaatregeling per gewas (en per cultivar) verschillend

In het in deze voorlichtingsboodschap uitgewerkte literatuuroverzicht komen een groot aantal glasgroente- en bloemisterijgewassen aan de orde met betrekking tot de effecten van het klimaat op de groei. Hieruit blijkt dat de grenswaarden die een rol spelen bij de temperatuurcompensatie nauwkeurig dienen te worden onderzocht.

Temperatuurcompensatie blijkt bijvoorbeeld bij *Euphorbia fulgens* niet, en bij *Euphorbia pulcherrima* wel goed toepasbaar (Hoog et al, 1994).

Het resultaat van grondkoeling bij *Alstroemeria* blijkt zelfs afhankelijk van de cultivar. Hieruit blijkt dat grenswaarden van kas-, pot- of grondtemperatuur per gewas/cultivar vastgesteld dienen te worden en uitgewerkte schema's dus niet algemeen toepasbaar zijn (Labeke, 1993).

Literatuuroverzicht

1. Anonymus 1995a. Trefwoorden: Klimaatregeling, algemeen, programmatuur
Nieuwe regeltechnieken: Een Hoogendoorn klimaatregeling ... is klimaatregelen voor het te laat is. Hoogendoorn Automatisering b.v. Publicatienr 5519 versie 2
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *De verwarming van een kas via buizen kenmerkt zich door een grote traagheid. Daarom is het vooral nodig vroegtijdig te reageren op verstoringen van buitenaf (het weer), maar ook verstoringen in de kas zoals open- of dichtgaande doeken;*
 - *Hoogendoorn heeft in zijn klimaatregeling een voorregeling ingebouwd die een snelle actie geeft op voorspelbare invloeden. Deze voorregeling houdt rekening met de factoren vocht, windsnelheid, doek, regen, buiscapaciteit. Deze factoren worden adaptief aangepast via een 'zelflerende regeling'.*
2. Anonymus 1995b. Trefwoorden: Klimaatregeling, algemeen, programmatuur
Agronaut® laat uw gewas voor zichzelf spreken: Haal eruit wat erin zit ... door sturing op basis van de plantactiviteit. Hoogendoorn Automatisering b.v. Publicatienr 5523 versie 2d
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *Agronaut is een intelligente regelmethode die rekening houdt met het groeiproces in de plant;*
 - *Bij teelten waarbij een niveaubak mogelijk is, biedt deze een aantal belangrijke voordelen. Druppelbeurten kunnen direct gestart en gestopt worden op het waterniveau in de bak.*
3. Anonymus 1994. Trefwoorden: Klimaatregeling, algemeen, programmatuur
Carbonaut®, meer opbrengst door een intelligente CO₂-regeling
Hoogendoorn Automatisering b.v. Publicatienr 5560 versie 5
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *Carbonaut is een intelligente CO₂-regeling die gebruik maakt van een kasmodel en een gewasmodel. Via een optimaliseringstechniek wordt de CO₂-concentratie gekozen waarbij het verschil tussen de extra opbrengst door hogere productie en de kosten van extra CO₂ zo groot mogelijk is;*
 - *Om voorspellend te kunnen regelen wordt per dag een lokale weersverwachting via een modem opgehaald. Dit geeft een beter resultaat dan wanneer alleen naar het momentane weer wordt gekeken;*
 - *Het gebruik van een warmte-opslagtank wordt geoptimaliseerd.*

4. Bakker J.C. Uffelen van J.A.M. 1989. Trefwoorden: Klimaatregeling, vocht, productie Paprika: geen invloed luchtvochtigheid op productie. Groenten en Fruit Vol. 44 nr 35 p. 42
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Vanuit een oogpunt van productie heeft het weinig zin een paprikagewas op luchtvochtigheid te regelen;*
 - *Hoge luchtvochtigheid benadeelt wel de kwaliteit van paprika. Er kwamen meer zwelscheuren voor dan bij de teelt met een normale luchtvochtigheid, terwijl de kans op een kortere houdbaarheid en meer stip wordt vergroot.*
5. Buwalda F. 1996. Trefwoorden: Klimaatregeling, temperatuur, DIF
Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen: Literatuuroverzicht (concept 3). PBG, Aalsmeer, Intern verslag nr 26
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Beperking van het energiegebruik per ha glas kan worden bereikt door reductie van warmteverliezen. Een deel van de warmtebehoefte van de teelt kan worden verschoven van de dag naar de nacht, waarbij 's nachts wordt gestookt onder een isolerend scherm. Ook kan de temperatuurinstelling worden verlaagd bij veel wind of een lage buitentemperatuur;*
 - *Betere benutting van zonnewarmte kan worden bereikt door het lichtafhankelijk verhogen van de temperatuurinstelling. Het hierbij ontstane warmteoverschot kan in een andere periode worden gecompenseerd;*
 - *Spreiding van de piekbelastingen geeft meer mogelijkheden voor de benutting van laagwaardige warmte en restwarmte;*
 - *Door toepassing van temperatuurintegratie ontstaat meer vrijheid om andere teeltfactoren te optimaliseren (rv en CO₂). Dit kan leiden tot vermindering van de energie-input per eenheid product.*
6. Henten van E.J. Bontsema J. Straten van G. 1995. Trefwoorden: Klimaatregeling, algemeen, energieverbruik
Op weg naar efficiënter energiegebruik bij de regeling van het klimaat in kassen. Agro informatica Vol. 8 nr 4 p. 16-20
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Efficiënter energiegebruik kan op twee manieren worden gerealiseerd. Enerzijds door de energieverliezen te beperken en de opgewekte energie efficiënter te benutten (bijv. door gebruik van energieschermen, isolatie, rookgascondensors). Anderzijds door zich te richten op de beslissing omtrent de hoeveelheid en het moment waarop de energie het meest efficiënt aan de kas kan worden toegediend (klimaatregeling);*
 - *Bij de klimaatregeling tot nu toe stelt de tuinder streefwaarden in voor bijv. luchttemperatuur, rv en CO₂ in de kas. Ook worden streefwaarden ingesteld voor de klimaatbeïnvloeding, zoals de verwarming en de opening van de ventilatieramen. Bovendien kunnen invloeden van het weer op de streefwaarden van het binnenklimaat worden geprogrammeerd. Een voorbeeld hiervan is de lichtafhankelijke verhoging van de streefwaarde van de kasluchttemperatuur;*
 - *Efficiënt gebruik van energie vraagt om een nieuw kasklimaatbesturingssysteem waarin de inzet van energie wordt afgemeten aan de economische output van het productieproces. In dit systeem wordt gewerkt met optimale waarden i.p.v. met streefwaarden. Naast aanpassing aan de toestand en de wensen van het gewas is het dan noodzakelijk de inzet van energie aan te passen aan de energie- en productprijzen, zodat een kosten-baten-afweging kan worden gemaakt;*
 - *De kennis van de (bedrijfseconomische) gevolgen van de klimaatregeling op het kasklimaat en het gewas heeft de afgelopen decennia geresulteerd in wiskundige modellen van bijv. het kasklimaat, de gewasverdamping en de groei van sla. Deze modellen kunnen worden gebruikt voor de besturing van het kasklimaat. De techniek om te komen tot een energie-efficiënt klimaatbesturingssysteem heeft reeds met succes toepassing gevonden, onder andere in de procesindustrie. Op basis van deze ingrediënten is door IMAG-DLO en de Vakgroep Agrotechniek en -fysica van de LUW*

een nieuw concept van een klimaatbesturingssysteem ontwikkeld. Dit model is ontwikkeld voor sla maar is, met enkele wijzigingen, ook toepasbaar voor de teelt van bijv. tomaten en komkommers;

- *De kern van de optimaliserende kasklimaatregelaar wordt gevormd door een wiskundig model van de kas en het gewas. Het besturingssysteem is opgedeeld in twee delen (de klimaatregelaar en de gewasgroei-regelaar), die hiërarchisch t.o.v. elkaar zijn georganiseerd. De gewasgroei-regelaar regelt de groei en de productie van het gewas zo efficiënt mogelijk. Dit gebeurt door directe berekening van de bedrijfseconomisch optimale instelling voor verwarming, koolzuurgasdosering en ventilatie. Tevens berekent de klimaatregelaar het optimale verloop van de binnenklimaatgrootheden zoals de luchttemperatuur, rv en CO₂-concentratie. Via terugkoppeling worden de verschillen tussen het berekende kasklimaat en metingen van het kasklimaat (elke minuut) herberekend;*
- *Door middel van simulatie is, bij een teelt van sla in de winter, de optimale klimaatbesturing vergeleken met de klimaatregeling door de tuinder. Hieruit kwam onder andere naar voren dat de energiebesparing met optimale klimaatbesturing kan oplopen tot meer dan 15%;*
- *Voor de toepassing van het nieuwe besturingssysteem zijn geen grote investeringen in hardware nodig. De meeste glastuinbouwbedrijven zijn inmiddels uitgerust met een klimaatbesturingssysteem waarmee een PC met voldoende rekencapaciteit verbonden is. De benodigde sensoren zijn beschikbaar;*
- *In de nabije toekomst zal een aanvang worden gemaakt met de bouw van een prototype van het energie-efficiënte kasklimaatbesturingssysteem dat onder praktijkomstandigheden zal worden getest. Hierin participeren IMAG-DLO, PBG, LUW en AB-DLO.*

7. Hoog jr. de J. 1993. Trefwoorden: Klimaatregeling, temperatuur, grenswaarden
Teelttemperatuur heeft tweeledige werking. Verklaring en behandeling van loos bij roos.
Vakblad voor de bloemisterij, Vol. 48 nr 3 p. 40-41

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Loosvorming kan worden verminderd door de temperatuur te verhogen, zowel over de gehele dag/nachtperiode als gedurende de nachtperiode alleen;*
- *Temperatuurverhoging heeft naast een reducerende invloed op loos ook een indirect stimulerend effect op loosvorming doordat onder lichtarme omstandigheden dunne scheuten worden geteeld die gevoeliger zijn voor loos dan dikke scheuten.*

8. Hoog de J. Durieux A. 1994. Trefwoorden: Klimaatregeling, temperatuur
Invloed temperatuur en teeltwijze op groei en ontwikkeling Euphorbia fulgens.
PBN Aalsmeer, rapport nr 191

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Euphorbia fulgens reageert nauwelijks op kortere (kouval) of langere (DIF) temperatuurverlagingen. De geoogste takken uit de DIF-behandeling zijn één week later oogstbaar dan die uit de andere behandelingen, ondanks de gelijke etmaaltemperatuur;*
- *Een temperatuur van 14 °C gaf geelgekleurd blad. Deze temperatuur blijkt te laag te zijn voor een goede productie. Rasverschillen zijn nauwelijks aangetroffen;*
- *Vanuit energiebesparing zou DIF een bijdrage kunnen leveren. Voor Euphorbia fulgens gaat dit (in tegenstelling tot Euphorbia pulcherrima) niet op, omdat het gewas niet goed reageert op deze temperatuurinstelling.*

9. Koning de A. 1989a. Trefwoorden: Klimaatregeling, temperatuur, productie
The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. Journal of Horticultural Science Vol. 63 nr 3 p. 465-471

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Bij de teelt van tomaten kan energie worden bespaard als 's nachts (bij gesloten energiescherm) een hogere temperatuur wordt gestookt dan overdag (als het energiescherm open is). Dit is het gevolg van de reactie van planten op de gemiddelde, over 24 uur gerekende, temperatuur;*

- *Voor jonge planten wordt een hogere dag- dan nachttemperatuur geadviseerd, maar later wordt aan een omgekeerd temperatuurregime de voorkeur gegeven. De productie is maximaal, zonder verlies aan kwaliteit;*
 - *Een bijkomend voordeel is dat het risico van natslaan van het gewas, bij de overgang van het nacht- naar het dagregime wordt gereduceerd.*
10. Koning de A. 1989b. Trefwoorden: Klimaatregeling, temperatuur, grenswaarden
Tomaat: temperatuur en luchtvochtigheid: instrumenten voor beheerste groei en minder kniktrossen. Groenten en Fruit Vol. 45 nr 24 p. 32-33
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Strekking van een tomatenplant wordt meer bevorderd door de dag- dan door de nachttemperatuur. Bij oude planten veroorzaakt een groot verschil tussen dag- en nachttemperatuur meer kniktrossen;*
 - *Het remmen van de groei bij oudere gewassen gebeurt nu vaak door het verhogen van de dagtemperatuur. Daardoor nemen achtereenvolgens het vochtdeficit, de verdamping en de zuigspanning in het gewas toe. Een nadeel van de hogere dagtemperatuur is de grotere kans op kniktrossen;*
 - *Het beheersen van de vegetatieve groei door het aanhouden van een lagere luchtvochtigheid zonder de dagtemperatuur te verhogen lijkt hiervoor een oplossing, maar deze aanpak kost wel meer energie.*
11. Koning de A. Buwalda F. 1995a. Trefwoorden: Klimaatregeling, algemeen, overig
Nieuwe klimaatregeling is al in de maak: Temperatuurcompensatie leidt tot besparing. Groenten en Fruit Vakdeel glasgroenten Vol. 5 nr 7 p. 18-19
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Door een bepaalde gemiddelde temperatuur, in plaats van een strikt temperatuurpatroon, na te streven is energie te besparen. Bovendien zijn dan de luchtvochtigheid en het CO₂-gehalte beter te regelen;*
 - *Energie kan worden bespaard als, bij gebruik van een beweegbaar scherm, de dagtemperatuur wordt verlaagd en de nachttemperatuur verhoogd;*
 - *Door op dagen met veel wind de temperatuur iets te verlagen en op dagen met weinig wind ter compensatie de temperatuur iets te verhogen, is 5 tot 10% energie te besparen;*
 - *De grenzen van temperatuurcompensatie zijn momenteel in onderzoek in Aalsmeer en Naaldwijk bij groente- en bloemisterijgewassen.*
12. Koning de A. Buwalda F. 1995b. Trefwoorden: Klimaatregeling, algemeen, overig
Regelen op plantprocessen is doelgerichter dan regelen op kasklimaat. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 50 nr 39 p. 44-45
Relevante onderzoeksresultaten:
- *De huidige klimaatregelingen kunnen stap voor stap veranderen in een regeling die gebaseerd is op het regelen van (plant)processen. Enkele leveranciers zijn deze weg al ingeslagen;*
 - *Rekenmodellen maken het mogelijk voor de fotosynthese te streven naar een optimale inzet van CO₂ en licht, met het grootst mogelijke verschil tussen opbrengst en kosten. Bovendien kan de klimaatcomputer informatie leveren over bijv. het extra energieverbruik bij het wijzigen van een bepaalde instelling.*
13. Krebs E.-K. 1991. Trefwoorden: Klimaatregeling, temperatuur, vocht
Krankheiten und Schädlinge durch Temperatur begrenzen: Ausbreitung häufig von Luftfeuchte abhängig. Gartenbau und Gartenwelt Vol. 39 p. 1942-1944
Relevante onderzoeksresultaten:
- *De klimaatfactoren temperatuur, luchtvochtigheid en beregening staan in nauw verband met elkaar. Zij vormen ook bij het optreden van plantenziekten belangrijke voorwaarden;*
 - *Plantpathogene bacteriën kunnen buiten hun waardplanten slechts korte tijd overleven. Daarbij dient de luchtvochtigheid voldoende hoog te zijn;*

- *De ontwikkelingsduur van verschillende insecten wordt, bij een rv van 60 tot 80%, aanzienlijk bekort bij een hogere temperatuur. Bijvoorbeeld groene perzikbladluis (Myzus persicae) van 10 dagen bij 18 °C tot 8 dagen bij 25 °C, Californische trips (Frankliniella occidentalis) van 22 dagen bij 20 °C tot 14 dagen bij 27 °C;*
 - *In kassen waar de planten dikwijls 'over de kop' worden beregend, kunnen slakken een probleem gaan vormen;*
 - *Om het optreden van zowel bacteriële als schimmelvormende plantenziekten te beperken is teelt bij een niet te hoge luchtvochtigheid aan te raden (onder andere door druppelbevloeiing en eb/vloedsystemen). Als bovengrens voor een klimaatregeling wordt, vanuit fytosanitaire kant bezien, een rv van 80% als bovengrens beschouwd, gemeten 30 cm boven het gewas.*
14. Labeke van M.C. 1993. Trefwoorden: Klimaatregeling, substraattemperatuur
Response of five Alstroemeria cultivars to soil cooling and supplementary lighting. Scientia Horticulturae Vol. 56 p. 135-145
Relevante onderzoeksresultaten:
- *De effecten zowel van grondkoeling als van assimilatiebelichting bij Alstroemeria zijn cultivar-afhankelijk;*
 - *Grondkoeling leidde tot een hoger aantal bloeiende scheuten bij 'Annabel', 'Mona Lisa' en 'Red Sunset';*
 - *Assimilatiebelichting leidde tot een hoger bloeipercentage bij 'Annabel', 'Mona Lisa', 'Red Sunset' en 'Yellow King'.*
15. Velden van der N.J.A. Sluis van der B.J. Verhaegh A.P. 1996. Trefwoorden:
Beleidsondersteuning, sectormodel, energieverbruik
Energie in de glastuinbouw van Nederland. Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1994. LEI-DLO, Den Haag PR 39-93 90 p.
Relevante onderzoeksresultaten:
- *In 1994 bedraagt het totale energieverbruik in de productieglastuinbouw (tussen haakjes de cijfers over 1993) 127,2 PJ (137,0) (vergelijkbaar met 4,02 (4,33) m³ miljard aardgasequivalenten). Hiervan bestaat 91% (93) uit aardgas, 5,7% (4,0) uit warmtelevering door derden en 2,8% (2,5) uit elektriciteit van het openbare net.*
16. Verberkt H. 1993. Trefwoorden: Klimaatregeling, temperatuur, grenswaarden
Onderzoek zomertemperatuur Spathiphyllum: voor optimale bloei mag het niet te warm zijn. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 48 nr 29 p. 32-33, 35
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Voor de Spathiphyllum-cultivar 'Luna' bleek de optimale groei, uitgedrukt in vers- en drooggewicht en in lengte, bij 23-24 °C te liggen. De meeste bloemen werden verkregen bij 18 tot 21 °C;*
 - *Voor een goede groei en bloei wordt een etmaaltemperatuur van 21 tot 22 °C geadviseerd. Bij gescheiden op- en afkweek is meer sturing door temperatuur mogelijk;*
 - *In de zomer is het moeilijk overdag de temperatuur onder 23 °C te houden. Mogelijk kunnen hogere dagtemperaturen gecompenseerd worden door lagere nachttemperaturen (dit wordt in vervolgonderzoek nagegaan, zie Verberkt et al, 1994).*
17. Verberkt H. Mourik van N. 1994. Trefwoorden: Klimaatregeling, temperatuur, overige
Koele nacht maakt effecten warme dag niet ongedaan: hoge temperaturen belemmeren zomerbloei Spathiphyllum. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 49 nr 25 p. 36-37, 39
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Bij de behandeling met een constante temperatuur van 22 °C (zowel 's nachts als overdag) werd het meeste vers- en drooggewicht gevormd;*
 - *Bij een behandeling van 's nachts 17 °C en overdag 27 °C onstonden harde donkergroene bladeren aan de planten, of gele bladranden (bij cultivar Gigant);*
 - *Bij alle onderzochte cultivars bleek de snelste bloei gerealiseerd bij een constante temperatuur van 22 °C. Bij hoge dag- of nachttemperaturen trad een bloeivertraging op.*

Een dagtemperatuur van 27 °C blijkt dus niet gecompenseerd te kunnen worden door een lage nachttemperatuur.

18. Vogelesang J.V.M. Mulderij G.E. Broek van der G.J. 1988a. Trefwoorden: Klimaatregeling, substraattemperatuur
Gevoelig voor hoge temperaturen: tabletverwarming bij Begonia beperkt toepasbaar.
Vakblad voor de bloemisterij Vol. 43 nr 40 p. 64-65, 67
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Uit het teeltonderzoek met tabletverwarming is gebleken dat pot- en luchttemperatuur een grote invloed op de bloei hebben. Hierbij kan verlaging van de instelling van de kasttemperatuur tot energiebesparing leiden: Een gewenste kasttemperatuur van 19 °C kan namelijk bereikt worden met een ingestelde kasttemperatuur van 16 °C in combinatie met een potttemperatuur van 23 °C. Genoemde twee instellingen leidden tot eenzelfde teeltresultaat. Hierbij dient bij de instelling van een hoge potttemperatuur wel extra aandacht besteed te worden aan de toepassing van remstoffen door het effect van tabletverwarming op de strekkingsgroei.*
19. Vogelesang J.V.M. Mulderij G.E. Berg van den Th. 1988b.
Trefwoorden: Klimaatregeling, substraattemperatuur
Hoge temperaturen tot 30 °C mogelijk: tabletverwarming verkort teeltduur van Ficus en Schefflera. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 43 nr 49 p. 52-53, 55
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Ficus en Schefflera zijn zeer geschikt voor de teelt op verwarmde tabletten. Het is mogelijk de potttemperatuur op te voeren tot 30 °C. Dit betekent dat met tablet- of vloerverwarming niet alleen de potten, maar ook de ruimte voor een belangrijk deel kan worden verwarmd. Het bovennet heeft dan nog een secundaire functie;*
 - *Bij beide gewassen is bij toepassing van tabletverwarming een teeltversnelling geconstateerd (bij Ficus van 1 à 1,5 week en bij Schefflera van 0,9 tot 1,5 week). De kwaliteit van Schefflera was hierbij gelijk aan de behandeling zonder tabletverwarming en de kwaliteit van Ficus was zelfs beter (hogere bladdichtheid).*
20. Zwart de H.F. Huijs J.P.G. 1995. Trefwoorden: Klimaatregeling, algemeen, energieverbruik
Energieverbruikseffecten van kasklimaatsetpoints: Effects of greenhouse climate controller settings on energy consumption. IMAG-DLO, Wageningen rapport 95-24 63 p.
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Ingegaan wordt op de effecten van stooktemperatuur, minimumbuis temperatuur en schermgebruik, CO₂-dosering en warmte-opslag. Er is een simulatiemodel ontwikkeld (verkrijgbaar op diskette) voor de gewassen tomaat, komkommer en paprika. Omdat tuinders hun setpoints regelmatig wijzigen zijn de energieverbruikseffecten op maandbasis weergegeven;*
 - *Veranderingen in de stooktemperatuur geven een energieverbruikseffect te zien van ongeveer 10% per graad C;*
 - *Verhoging van de vochtgrens van 80% rv naar 90% rv levert een energiebesparing op van rond 6%, terwijl een verlaging van 80% tot 70% rv op een meerverbruik van ca. 9% uitkomt;*
 - *Het verbruik van een beweegbaar energiescherm levert in de tomatenteelt een besparing op van 16% t.o.v. de uitgangssituatie. In de paprikateelt is het energieverbruikseffect van het energiescherm 11%. Voor de komkommerteelt levert vervanging van een vast scherm (dat alleen in de eerste teeltmaand kan worden gebruikt) door een beweegbaar energiescherm een besparing op van 7%;*
 - *Een warmtebuffer van 50 m³ per ha glastuinbouw levert een besparing van ongeveer 6 m³ per m² per jaar (een buffer van 100 m³; ca. 8 m³/m²/jaar);*
 - *In de uitgangssituatie was geen minimumbuisregeling opgenomen. In het onderzoek zijn t.a.v. minimumbuis twee varianten opgenomen: dag 45, nacht 40 (stijging gasverbruik t.o.v. uitgangssituatie: 9%); dag 60, nacht 50 (stijging gasverbruik t.o.v. uitgangssituatie: 25%).*

4.2.8 Voorlichtingsboodschap 'Klimaatregeling CO₂-concentratie'

E. van Rijssel (PBG), A. van Drimmelen (DLV)

zie ook 4.2.2 CO₂-productie en -verdeling

Betekenis CO₂-dosering voor de praktijk

Het doseren van CO₂ is in de glastuinbouw vrij normaal. Een kweker regelt de CO₂-concentratie om in alle kasafdelingen de gewenste hoeveelheid CO₂ te verkrijgen. De raamstand kan de gewenste waarde beïnvloeden. De groente- en snijbloementelers doseren, bij gesloten luchtramen, vrijwel allemaal tot een concentratie van ca. 800 ppm. Bij de potplantentelers staat het nut van doseren nog niet bij iedereen vast. Wanneer er geen warmtevraag is, en de luchtramen veelal geopend zijn, gaan steeds meer telers door met doseren. Over de dosering die de teler dan moet aanhouden bestaat in de praktijk minder uniformiteit en duidelijkheid. 's Nachts wordt er vrijwel nergens CO₂ gedoseerd, behalve wanneer assimilatiebelichting wordt toegepast.

Doel van het regelen van de CO₂-concentratie

Telers doseren CO₂ via de klimaatinstelling om de productie en kwaliteit te maximaliseren, zonder geld en energie te verspillen.

Conclusies van onderzoek

• Productie

De CO₂-opname en de fotosynthese nemen toe bij oplopende CO₂-concentratie, ook bij potplanten. De toename in CO₂-opname is afhankelijk van de beschikbare lighthoeveelheid. Het effect van een verhoogde CO₂-concentratie wordt pas meetbaar als de fotosynthese duidelijk op gang komt. Als de concentratie toeneemt tot boven 1000 ppm, worden nauwelijks nog effecten gevonden.

• Relatieve luchtvochtigheid (rv)

Door het doseren van CO₂ sluiten de huidmondjes geheel of gedeeltelijk. De mate van sluiting is afhankelijk van de CO₂-concentratie in de kas. De huidmondjes sluiten circa 3% per 100 ppm verhoging van de CO₂-concentratie. Hierdoor kan de verdamping van het gewas verminderen en de rv in de kas lager worden. Het effect van sluiting van de huidmondjes kan, overdag en bij belichting, gecompenseerd worden door een oplopende gewastemperatuur die de verdamping weer stimuleert.

• Gasverbruik

CO₂-dosering leidt, bij gebruik van rookgassen, tot een hoger gasverbruik. De verhoging kan oplopen tot 7 m³/m². Maar de productie, ook bij potplanten, stijgt met 10 tot 40%.

Advies aan te houden CO₂-concentratie, doelgroep telers

Productie

- Begin met het doseren van CO₂ bij of kort na zonsopkomst.
- Stel de gewenste CO₂-concentratie in op 700 ppm, eventueel lichtafhankelijk oplopend tot 1000 ppm bij zeer hoge lichtintensiteiten.
- Stop met doseren ongeveer een uur voor zonsondergang.
- Toepassen van assimilatiebelichting zonder dosering van CO₂ is puur verspilling. De gewenste concentratie tijdens de belichtingsperiode is 700 ppm.

RV

- Gebruik het doseren van CO₂, tot een concentratie van 1000 ppm, op momenten dat de r.v. te hoog kan oplopen. Dit kan overdag zijn, maar ook bijvoorbeeld bij

zonsopkomst of tijdens belichtingsuren. De hoge concentratie CO₂ veroorzaakt een gedeeltelijke sluiting van de huidmondjes, waardoor de verdamping afremt. Het gebruik van een minimum buistemperatuur wordt zo teruggedrongen.

Gasverbruik

- Verlaag de gewenste CO₂-concentratie, als de luchtramen open gaan, tot de buitenconcentratie (ca. 360 ppm).
- Realiseer de verlaging over het raamopeningstraject van 0 tot ca. 20%.
- Meet de snelheid waarmee een duidelijk verhoogde CO₂-concentratie terugloopt bij de maximale raamstand en pas de maximum raamstand aan. (Bij 1000 ppm bevat 1 m³ lucht 1 l CO₂, bij 360 ppm is dat 0,36 l/m³. Bij gesloten luchtramen is het ventilatieverlies 2-3 l/m².uur bij 700 ppm).
- Voorkom onnodig gebruik van de minimum buistemperatuur door gebruik te maken van een warmtebuffer.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Grafiek verloop CO₂-concentratie over het etmaal: zonder dosering en bij dosering met geringe en grote doseercapaciteit.

Grafiek terugloop CO₂-concentratie met en zonder raamopening (l CO₂/m³)

Theoretische achtergrond

Algemeen

Het doseren van CO₂ en daarmee het verhogen van de CO₂-concentratie heeft een groot positief effect op zowel groente-, snijbloemen- als op potplantengewassen (Stapel, 1996: verzameld overzicht). Het positieve effect van CO₂-dosering heeft geresulteerd in (betere) regelingen voor het doseren van CO₂. De mogelijkheden tot beheersing van de CO₂-concentratie zijn niet alleen afhankelijk van het computerprogramma, maar ook van de regelbaarheid van de doseerinstallatie en de betrouwbaarheid van de CO₂-meting (Uffelen, 1988).

CO₂-concentratie en fotosynthese

- Snelheid

De fotosynthesesnelheid hangt af van de omstandigheden (licht, CO₂, temperatuur en rv) en wordt niet bepaald door een dagritme (Nederhoff, 1994). De fotosynthese-activiteit kan wel afremmen wanneer de geproduceerde suikers sneller worden aangemaakt dan ze kunnen worden afgevoerd (Ottosen, 1992).

- CO₂-opname

De fotosynthese-activiteit wordt gemeten via de opname van CO₂. De CO₂-opname bereikt een maximum bij de hoogste lichtniveaus buiten en een CO₂-concentratie van ca. 1000 ppm. Bij lagere lichtniveaus wordt reeds bij een lagere CO₂-concentratie een maximale opname bereikt (Salisbury, 1992). Dit is in overeenstemming met de bevindingen van Mortensen. Hij constateerde dat de productie niet merkbaar bevordert wordt door het verhogen van de CO₂-concentratie bij lage lichtniveaus ('s morgens en 's avonds) (Mortensen, 1984).

Een tegengestelde conclusie trekt Stapel. Zij zegt dat een verhoogde verhouding CO₂/O₂ direct invloed heeft op de efficiëntie van de lichtbenutting (Stapel, 1996). Doordat het enzym 'Rubisco' zowel CO₂ als O₂ kan binden verloopt het fotosynthese-proces efficiënter bij een gunstiger verhouding tussen CO₂ en O₂. Dit wordt bevestigd door waarnemingen van Moe en Mortensen dat CO₂ (assimilatie)licht kan vervangen. Bij diverse potplanten werd eenzelfde toename in drogestofproductie gevonden bij

belichting zonder dosering en bij 30-40% minder licht met dosering (Moe, 1987; Mortensen, 1983).

Bij gebrek aan CO₂ stagneert de groei, doch bij welke CO₂-concentratie er gebrek optreedt is dus sterk afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid licht.

- Uitzonderingen

Een uitzondering op het 'normaal' verlopende fotosynthese-proces kan optreden bij woestijn- en steppeplanten (o.a. cactussen, Kalanchoë). Zij kunnen de huidmondjes overdag gesloten houden, de verdamping en de CO₂-opname beperken, zonder het fotosynthese-proces stil te leggen. Het openen van de huidmondjes, voor CO₂-opname en -vastlegging, vindt dan 's nachts plaats (Stapel, 1996). Onder invloed van klimaat en watervoorziening kunnen een aantal van deze planten echter ook 'normaal' functioneren (Quispel, 1983).

Een andere uitzondering vormen de Cy-planten (o.a. mais, Sorghem en een aantal tropische planten).

De gewenste CO₂-concentratie bij warmtevraag

Bij warmtevraag is er voldoende rookgas beschikbaar om elke gewenste CO₂-concentratie te realiseren. Tijdens donkeruren is het doseren ongewenst omdat er geen CO₂-opname plaatsvindt en om bij het ochtendgluren op een relatief laag CO₂-niveau te beginnen en de verdamping niet te verstoren (Nederhoff, 1990). Een uitzondering op deze regel kan worden gemaakt wanneer de teler 's ochtends vroeg de verdamping wil remmen om condensatie op het gewas te voorkomen. Na zonsopkomst is een CO₂-concentratie van ca. 700 ppm optimaal. Boven de 700 ppm heeft een extra dosering nauwelijks meer effect, doch verhoogt wel de kans op CO₂- en NO-schade (Nederhoff, 1986). Alleen bij zeer hoge lichtniveaus kan de productie verder verhoogd worden wanneer de CO₂-concentratie wordt opgevoerd tot 1000 ppm (Salisbury, 1992). Bij lage lichtniveaus ('s morgens en 's avonds) wordt de productie weliswaar niet merkbaar bevorderd door het verhogen van de CO₂-concentratie (Mortensen, 1984), maar deze constatering wordt, bij proeven met kunstlicht, tegengesproken (Moe, 1987; Mortensen, 1983).

De benodigde CO₂ om de gewenste concentratie te handhaven is van kas tot kas verschillend. Het ventilatievoud varieert bij proefstationkassen van 0,1 tot 1 keer per uur, bij een windsnelheid van 4 m/s. Meten van ventilatievoud in relatie tot de windsnelheid geeft inzicht in de CO₂-verliezen (Nederhoff, 1984). Bij geringe CO₂-opname (donker weer) betekent halvering van de CO₂-verhoging, na stoppen van de dosering, bijvoorbeeld van 1000 naar $(1000 + 360)/2 = 680$ ppm, een ventilatie van één keer. Een ventilatie van bijvoorbeeld één keer per 40 min betekent een ventilatievoud van 1,5 keer per uur. Bij een gemiddelde kashoogte van 4 m is dat 6 m³/m² per uur.

De gewenste CO₂-concentratie bij geopende luchtramen (ontbreken van warmtevraag)

In de praktijk daalt de CO₂-concentratie, zonder dosering, geregeld onder de buitenwaarde. Bij paprika werd gedurende 30% van de daguren een waarde < 340 ppm gemeten, bij chrysant gedurende 10% van de daguren (Heij, 1984).

Aanhouden van een hoge CO₂-concentratie wordt duur want reeds bij 450 ppm CO₂ wordt soms door ventilatie meer dan 50% van de toegevoerde CO₂ weggelucht (Nederhoff, 1990a). Optimaliseren van de CO₂-dosering kan in de zomer 50% besparen op de CO₂-gift ten opzichte van continu 500 ppm, zonder verlies aan productie. Nog een keer halveren van de CO₂-gift leidt tot productieverlies van ca. 10% (Nederhoff, 1987). Hoger doseren dan tot buitenconcentratie kan echter wel rendabel zijn, de concentratie kan worden afgestemd op de ventilatieverliezen (buitenconcentratie, wind) (Nederhoff, 1990a).

Gebruik van een warmtebuffer leidt hier tot verlaging van het energieverbruik en/of verhoging van de CO₂-dosering. De raamopening kan worden beperkt waardoor de CO₂-concentratie langer op een hoog niveau kan worden gehandhaafd en de opgeslagen warmte kan later nuttig worden aangewend (Vermeulen, 1988).

De gewenste CO₂-concentratie bij assimilatiebelichting

CO₂ kan (assimilatie)licht vervangen. Bij diverse potplanten werd eenzelfde toename in drogestofproductie gevonden bij belichting zonder dosering en bij 30-40% minder licht met dosering (Moe, 1987; Mortensen, 1983). Gezien de kosten verbonden aan CO₂-dosering en aan assimilatiebelichting is belichten bij een CO₂-concentratie lager dan 700 ppm pure verspilling.

Optreden van CO₂-schade

Bij CO₂-concentraties van boven de 1000 ppm kan er schade aan het gewas optreden (zie voorlichtingsboodschap CO₂-productie en -verdeling). Een uniforme verdeling is dus noodzakelijk om CO₂-schade te voorkomen bij nastreven van 700 ppm CO₂. Bij onbeschut liggende kassen kan wind voor problemen zorgen. Wind heeft een grote invloed op de verplaatsing van (lucht en) CO₂, aan de gevel waar wind op staat is veelal de hoogste CO₂-concentratie te vinden (Rijdsijk 1994).

Voor- en nadelen van zuiver CO₂

In de zomermaanden is aanvullen van het CO₂-gehalte tot buitenniveau (ca. 360 ppm) gewenst. Bij gebruik van een warmtebuffer is zuiver CO₂ niet te prefereren boven rookgassen, het is duurder en niet milieuvriendelijker. In de zomer is de kans op NO_x-schade klein omdat er veel geventileerd wordt en ophoping daardoor niet optreedt (Nederhoff, 1990).

Regelen van verdamping en r.v. door de CO₂-concentratie

Door het doseren van CO₂ sluiten de huidmondjes geheel of gedeeltelijk, afhankelijk van de concentratie. De huidmondjes sluiten ca. 3% per 100 ppm verhoging van de CO₂-concentratie. (Nederhoff, 1992). De CO₂-concentratie speelt een rol bij bladvergelting en kort blad bij tomaat (Nederhoff, 1991).

In perioden met weinig licht is het gewas gevoelig voor schommelingen in de verdamping. Beperking van de verdamping door verhoging van de CO₂-concentratie is dan ongewenst. Beperk daarom het doseren van CO₂ in het winterhalfjaar (komkommer) tot een concentratie < 700 ppm (Nederhoff, 1986).

Literatuuroverzicht

1. Heij G. Lint de P. 1984. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
Prevailing CO₂ concentrations in glasshouses: yearround registration on Dutch holdings with various crops. Acta Horticulturae 162 p 93-100
Relevante onderzoeksresultaten:
- bij paprika 30%, bij chrysant 10% daguren CO₂-concentratie < 340 ppm.
2. Moe R. 1987. Trefwoorden: Kasinstallaties, belichting, CO₂
Pflanzenbauliche Grundlagen des assimilationslichteinsatzes. Taspo Broschüre 15
Assimilationslicht p 7-20
Relevante onderzoeksresultaten:
- verhoging CO₂-concentratie kan assimilatielicht vervangen, 30-40% lichtsom.
3. Mortensen L.M. 1984. Trefwoorden: Bedrijfsmanagement, releties, groei, CO₂

Photosynthetic adaption in CO₂ enriched air and the effect of intermittent CO₂ application on greenhouse plants. Acta Horticulturae 33 p 1-25

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Verhoogde CO₂-concentratie tijdens begin- en eindfase van de dag geeft geen productieverhoging.*

4. Nederhoff E. Goedhart M. 1984. Trefwoorden: Klimaatmeting, meetmethode, kasklimaat
Ventilatie in kassen zelf te meten. Vakblad voor de Bloemisterij Vol 10 no 4 p 116-119.
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *terugloopsnelheid van CO₂-concentratie in lege kas goede maat voor ventilatie (m³/m²).*
5. Nederhoff E. Uffelen J.A.M. 1986. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
Doseren in het voorjaar: Hoe lager de concentratie, hoe groter het doseer-effect
Tuinderij nr 8 p 32-34
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *CO₂-concentraties boven 700 ppm verhogen de productie nauwelijks maar verhogen wel kans op NO_x- en CO₂-schade;*
 - *bepierking verdamping bij weinig licht door hoge CO₂-concentratie geeft gevoelig gewas.*
6. Nederhoff E. 1987. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
CO₂-doseren met behulp van de computer. Groenten en Fruit 34 p 40-43
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *optimalisering CO₂-dosering, in vergelijking tot 500 ppm continu, kan 's zomers leiden tot 50% minder doseren zonder productieverlies. Bij nog verder terugdringen loopt ook de productie terug.*
7. Nederhoff E. Rijdsdijk T. 1990. Trefwoorden: Bedrijfsmanagement, relaties, groei, CO₂
CO₂-doseren in de zomer (1): Negatief effect NO_x 's zomers het kleinst. (2): CO₂ kan verdamping te veel beïnvloeden. Vakblad voor de Bloemisterij 43 p 26-27, 28-29
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *doseren nodig om buitenniveau te handhaven;*
 - *zuiver CO₂ niet te prefereren boven rookgas CO₂, kans op NO_x-schade minimaal;*
 - *hoge CO₂-concentraties vermijden om verdamping niet te remmen.*
8. Nederhoff E. 1990a. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
CO₂-doseren met ramen open geen weggegooid geld: Afhankelijk van buitenconcentratie. Vakblad voor de Bloemisterij 38 p 52-53
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *ventilatieverliezen CO₂ lopen bij 450 ppm op tot 50% bij een windsnelheid van 4 m/s.*
9. Nederhoff E. 1991. Trefwoorden: Bedrijfsmanagement, relaties, groei, CO₂
Geen reden voor minder CO₂ / CO₂ beïnvloed huidmondjes. Groenten en Fruit 25 p 19, 20-21
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *CO₂-concentratie speelt rol bij bladvergeling tomaat.*
10. Nederhoff E. Graaf de R. 1992. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
CO₂ remt verdamping maar niet de groei. Groenten en Fruit/ Glasgroenten nr 9 p 18-19
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *huidmondjes sluiten 3% bij verhoging CO₂-concentratie van 100 ppm.*
11. Nederhoff E. 1994. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
CO₂-dosering verdeling over de dag. Vakblad voor de Bloemisterij 23 p 58-59
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *De fotosynthesesnelheid is afhankelijk van licht, CO₂, temperatuur en r.v. en niet van*

het tijdstip op de dag.

12. Ottosen C.O. Rozenqvist E. 1992. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
Hvor meget CO₂ i væksthuse - Hvad siger planterne?. Gartner Tidende 16 p 360-361
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *Afremming fotosynthesesnelheid wordt veroorzaakt door verzadiging blad met assimilaten.*
13. Vermeulen P. 1988. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
Kosten- en batenberekening van CO₂-dosering en handhaven minimum CO₂-gehalte.
Proefstation voor Tuinbouw onder glas, intern verslag 20, 56 p
14. Quispel A. Stegwee D. 1983. Trefwoorden: Bedrijfsmanagement, relaties, groei, CO₂
Plantenfysiologie. Bon, Scheltema & Holkema, Utrecht/Antwerpen, 490 p
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *Planten die van nature de huidmondjes overdag sluiten en 's nachts openen kunnen dit ritme bij goede watervoorziening en rv omdraaien.*
15. Rijdsdijk A.A. 1994. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
Zonnig weer vraagt om extra CO₂. Groenten en Fruit/glasgroenten 40 p 16-18
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *bij wind veel lucht en CO₂-verplaatsing, bij gevel waar de wind op staat hoogste concentratie.*
16. Salisbury F.B. Ross C.W. 1992. Trefwoorden: Bedrijfsmanagement, relaties, groei, CO₂
Plant Physiology, fourth edition. Wadsworth Publishing Company, California, 682 p
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *CO₂-opname is afhankelijk van lichtniveau en CO₂-concentratie. De opname neemt steeds langzamer toe tot een maximum bij hoog lichtniveau en 1000 ppm CO₂.*
17. Stapel-Cuijpers L.H.M. Blaquièrè Tj. 1996. Trefwoorden: Klimaatregeling, CO₂
Invloed van CO₂ op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, rapport 47, 46 p
Relevante onderzoeksresultaten:
 - *CO₂ wordt gebonden aan enzym Rubisco, concurreert hierbij met O₂;*
 - *CO₂-opname gebeurt bij vrijwel alle planten alleen overdag, woestijn- en steppeplanten kunnen uitzondering zijn;*
 - *Verhoging CO₂-concentratie heeft groot positief effect op productie en/of kwaliteit van zeer veel snijbloemen en potplantengewassen (overzichtstabellen in de publicatie).*

4.2.9 Voorlichtingsboodschap 'Minimumbuis-regeling'

E. van Rijssel (PBG), E. Coolen (DLV)

Betekenis minimumbuis voor de praktijk

Veel telers van groente- en bloementeeltgewassen onder glas werken met een minimum buistemperatuur. Het gebruik leidt tot een hoger gasverbruik tot max. 15 m³/m².

De minimumbuis is een instelling, voor één of meer dagdelen, op één van de beschikbare verwarmingsnetten van een afdeling. Het is de watertemperatuur (aanvoer) die minimaal gehandhaafd wordt. De teler kan de ingestelde waarde verhogen of verlagen op basis van de gemeten rv en (zonne)straling.

Er wordt over een minimumbuis gesproken wanneer de gewenste buistemperatuur hoger ligt dan nodig is voor het handhaven van de gewenste kastemperatuur bij gesloten luchtramen.

Doel van de minimumbuis-instelling

Er zijn verschillende redenen waarom telers met een minimumbuis-instelling werken.

Deze zijn:

- Natslaan van het gewas voorkomen, 's nachts en in de vroege ochtenduren, en daarmee de productie en kieming van schimmelsporen. Het gaat daarbij met name om de schimmels valse meeldauw, witte chrysantenroest, en Botrytis;
- Overdag de verdamping stimuleren. In de nazomer en herfst werkt een minimumbuis-instelling ook overdag als preventieve werking tegen schimmelaantastingen, met name Botrytis;
- Het gewas sturen, zoals de dikte van de kop bij tomaat;
- Als nevendoeel, luchtbeweging creëren om temperatuurverschil op verschillende hoogten te voorkomen. Voor dit doel is een buistemperatuur van minimaal 40 °C nodig;
- Overdag CO₂ doseren. De minimumbuis-instelling wordt hiervoor nauwelijks gebruikt.

Conclusies onderzoek

In onderzoek is nagegaan of de doelen waarvoor telers een minimumbuis gebruiken bereikt zijn.

- Er is in onderzoek geen relatie gevonden tussen de mate waarin de minimumbuis van ± 40 °C wordt gerealiseerd en de uitval door Botrytis bij tomaat. Andere factoren hebben kennelijk een grotere invloed, zoals de infectiedruk, temperatuurswisselingen, temperatuurverschillen binnen de kas en de momenten waarop de minimumbuis wordt gerealiseerd.
- De minimumbuis stimuleert overdag de verdamping. Tot nu toe is er geen positief effect op de vermindering van gebreksziekten aangetoond. Ook is er geen positief effect aangetoond op de productie of kwaliteit. De invloed van de natuurlijke instraling op de verdamping is vaak bepalend voor de totale verdamping.
- Een minimumbuis beïnvloedt de gewassturing niet rechtstreeks. De aangehouden etmaaltemperatuur en de verhouding tussen de dag- en nachttemperatuur beïnvloeden de gewassturing wel.
- Luchtbeweging in de kas stuit vaak op de enorme luchtweerstand door het bladpakket van het gewas. Warme buizen onder of tussen het gewas leiden snel tot een verticale temperatuurgradiënt in de top van het bladpakket.

Advies voor het gebruik van een minimumbuistemperatuur

Voorkom natslaan

- Om natslaan van plantendelen te voorkomen is bij de overgang tussen nacht en dag een minimumbuis aan te bevelen. Het verwarmingsnet waarop de minimumbuis wordt ingesteld moet zo dicht mogelijk bij de vruchten (tomaat, komkommer), de bloemknoppen (roos) of de bloemen (Gerbera) liggen. Deze plantendelen blijven bij oplopende kasttemperatuur relatief koud.
- Om bij dichte gewassen natslaan van de bovenste, koudste plantendelen te voorkomen wordt de instelling van een minimumbuistemperatuur op het gewas- of tabletverwarmingsnet afgeraden.

Voorkom verspilling

- Een minimumbuis op andere tijdstippen van het etmaal dan bij de overgang tussen nacht en dag wordt niet geadviseerd, omdat dan wel de verdamping en het energieverbruik toeneemt, maar de positieve effecten niet kunnen worden aangetoond.
- Een minimumbuis ingesteld op gemeten rv of straling moet voorzien zijn van een vertraging om pendelen van de warmtevraag te voorkomen.
- Dan zijn er nog twee alternatieven voor het gebruik van een minimumbuis. Ten eerste: het scherm sluiten, hiermee is condensatie op de bovenste delen van het gewas te voorkomen. Ten tweede: het afremmen van een snelle daling of stijging van de kasttemperatuur bij gesloten luchtramen om na-ijling van de gewastemperatuur op de kasttemperatuur te voorkomen.

Randvoorwaarde voor efficiënt gebruik minimumbuis

- Om de minimumbuis doelgericht en efficiënt in te kunnen stellen moet het horizontale temperatuurverschil in de kasafdeling beperkt blijven, liefst beneden 2 °C. Ligt de kasttemperatuur op de koudste plek 4 °C lager dan bij de meebox, dan treedt daar al condensatie op bij 80% rv, bij 2 °C verschil treedt condensatie pas op bij 90% rv (tabel 1). Informeer naar de mogelijkheden om de horizontale temperatuurgradiënt terug te dringen tot minder dan 2 °C.
- Voor de instelling van de minimumbuistemperatuur moet de verwarmingscapaciteit van het net (dat is het effect van 1 °C buistemperatuurverhoging op de kasttemperatuur) bekend zijn.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Grafiek van kasttemperatuur en rv op een dag met wisselende omstandigheden, gesloten luchtramen, zonder en met gebruik van een schermdoek.

Tabel met verschil in dauwpunt en kasttemperatuur bij diverse rv-omstandigheden (Mollier-diagram).

Effect van de rv-kaslucht op het optreden van condensatie

rv kaslucht	verschil in dauwpunt en kaslucht	rv kaslucht	verschil in dauwpunt en kasttemperatuur
60%	-7,8 tot -8,2 °C	80%	ca. -3,5 °C
70%	-5,5 tot -5,8 °C	90%	ca. -1,7 °C

Bron: Hendriks, 1991

Theoretische achtergrond

Condensatie op het gewas

Natslaan treedt op als de rv hoog is en de gewastemperatuur onder de (gemiddelde) kastemperatuur ligt. Vruchten en knoppen ijlen na op de kas- en bladtemperatuur (Rijdsijk, 1996). Een snel stijgende kastemperatuur kan, door toename van de verdamping, leiden tot condensatie op deze, koude plantendelen. Bij hoge rv kan door temperatuurwisselingen af te remmen, na-ijlen van de vrucht- en knoptemperatuur worden voorkomen en daarmee condensatie op deze plantendelen.

Beïnvloeding van de rv

- Hoge rv

Een hoge rv komt voor als het verschil tussen kas- en buitentemperatuur klein is, er weinig of niet wordt gestookt en er weinig of geen instraling is. Een verhoging van de rv treedt op bij een dalende kastemperatuur en gesloten luchtramen. Bij het ochtendgloren stijgt de verdamping en de rv doordat de huidmondjes open gaan. Dit is veelal voor het natslaan de gevaarlijkste periode (Hendriks, 1991).

- Verlaging van de rv

Dit kan bereikt worden door het teeltoppervlak droog te houden, het afdekken van bevoeiingsmatten en grondoppervlak, en door de energie-input te verhogen (Hendriks, 1991). Ook het werken met een vochtkier in een gesloten scherm verlaagt de rv door extra condensatie tegen het koudere kasdek (De Graaf, mededeling).

Vochtafvoer treedt op door condensatie op de koudste delen van de kas, meestal het kasdek en eventueel op de koudste (bovenste) delen van het gewas.

Gewastemperatuur, effecten van in- en uitstraling

De gewastemperatuur ligt bij weinig of geen instraling iets onder de kastemperatuur. De bovenste bladeren, bloemen en knoppen zijn het koudst door de uitstraling naar het koude kasdek. Instraling van (assimilatie)licht of stralingswarmte (hete buizen boven het gewas) kunnen uitstraling van het gewas compenseren. De mate van compensatie is afhankelijk van de hoeveelheid in- en uitstraling (Hendriks, 1991). De uitstraling wordt tegengegaan door het scherm te sluiten (Vogelezang, 1988).

Effecten van de temperatuurgradiënten in de kas

Een verticale temperatuurgradiënt, die voor kan komen bij de toepassing van gewas- of tabletverwarming in een gesloten gewas, leidt tot grotere verschillen in gewastemperatuur. Verdamping van de onderste, warmste bladeren kan dan leiden tot condensatie op het bovenste, koudste blad of op bloemen die boven het gewas uitsteken (Nederpel, 1983; Vogelezang, 1988). Het gebruiken van een tweede verwarmingsnet boven het gewas is in dit geval gewenst om optreden van een verticale temperatuurgradiënt tegen te gaan.

Een horizontale temperatuurgradiënt, veroorzaakt door een plaatselijk overschot of tekort aan verwarmd oppervlak bij transportleidingen en gevels (Holsteijn, 1989) leidt nauwelijks tot verschillen in het absolute vochtgehalte van de kaslucht en dus wel tot grote verschillen in rv. Bij een grote horizontale temperatuurgradiënt en/of een hoge rv treedt dus op de koudste plekken versneld condensatie op.

Literatuuroverzicht

1. Handboek verwarming glastuinbouw 1995. Trefwoorden: Regelorgaan_regeling, verwarmingsnet. Nutsbedrijf Westland N.V. Misset Uitgeverij bv

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Een warme buis bevordert de luchtbeveging tussen het gewas en helpt bijv. condensatie op het gewas te voorkomen. Daarnaast wordt de verdamping, en dus de gewasactiviteit, gestimuleerd;*
- *De streefwaarde minimumbuis kan worden aangepast aan de gemeten rv en gemeten instraling. Bij voldoende instraling is stimulering van het gewas immers niet nodig.*

2. Graaf de R. 1993. Trefwoorden: Bedrijfsmanagement, relaties, productie, verdamping
De werking van een levensproces : plantverdamping. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 48 No. 23 p. 30-31

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Een hogere buistemperatuur vergroot het verschil in vochtspanning tussen lucht en blad (lagere rv) en vergroot daarmee ook de verdamping.*

3. Graaf de R. 1995. Trefwoorden: Regelorgaan_regeling, verwarmingsnet
Verrassende conclusies uit verdampingsonderzoek roos: effect minimumbuis verschilt per cultivar. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 50 No. 27 p. 32-33

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Een minimumbuis-temperatuur geeft een duidelijke verlaging van de rv en verhoging van de verdamping;*
- *Er is geen betrouwbaar effect van verdamping op de productie, een mogelijk effect is wel positief doch cultivarafhankelijk.*

4. Hendriks, L. 1991. Trefwoorden: Regelorgaan_regeling, verwarmingsnet
Energie statt Chemie. Deutscher Gartenbau 41: 2560-2563

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Praktijkwaarnemingen geven aan dat aantasting sterk vermindert door het voorkómen van dauwpuntoverschrijding (valse meeldauw, witte roest, Botrytis, bladnemethoden, bacteriën);*
- *Terugdringen van matverdamping (afdekken/vervangen) is een goedkoop middel om dauwpuntoverschrijding terug te dringen. Overschakelen op eb-/vloedsystemen is duurder maar heeft extra voordelen;*
- *Bij geringe warmtebehoefte treedt de hoogste rv op tijdens de laatste uren van de nacht. Verhoging van de warmtetoevoer verlaagt de rv;*
- *Belichting reduceert dauwpuntoverschrijding door een verhoogde planttemperatuur;*
- *DIF en kouval reduceren het gebruik van remstoffen;*
- *De extra energiebehoefte bij DIF-toepassing vermindert/vervalt door gebruik van een scherm.*

5. Holsteijn van G.P.A. 1989.
Trefwoorden: Kasinstallaties, verwarmingsnet, temperatuurverschillen
Klimaat: temperatuurverschillen kosten veel geld: doe er wat aan. Groenten en Fruit Vol. 44 no 29 p 48-49

6. Nederpel W.A.C. Spek van de H. 1983.
Trefwoorden: Regelorgaan_regeling, verwarmingsnet
Rol van gewasverwarming in energiebesparing Gerbera. Vakblad voor de Bloemisterij Vol. 46 No. 38 p. 34-35

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Gewasverwarming veroorzaakt een droger microklimaat tussen de planten. Vooral in het najaar leidt dit tot minder Botrytis;*
- *In dichte gewassen kan een verschil in temperatuur optreden tussen lucht tussen en boven het gewas van 1 à 2 °C (condensatie op de bloemen).*

7. Rijdsijk A.A. 1996. Trefwoorden: Regelorgaan_regeling, verwarmingsnet
Inventarisatie gebruik minimumbuis-temperatuur op tomatenbedrijven.

PBG-Naaldwijk, rapport 32

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Realisatie van een minimumbuis treedt pas op na 1 maart;*
- *De minimumbuis wordt in het begin vooral op de dag aangehouden voor gewassturing (kleur en dichte kop). (De gerealiseerde kleur en dikte van de kop wordt echter vooral bepaald door de gerealiseerde etmaaltemperatuur);*
- *De minimumbuis wordt later vooral 's nachts aangehouden ter voorkoming van een Botrytis-aantasting;*
- *De minimumbuis wordt bijna nooit aangehouden voor extra CO₂.*

8. Stanghellini C. 1983, Trefwoorden: Regelorgaan_regeling, verwarmingsnet
Evaporation of a greenhouse crop and its relationship to the supply of heat. IMAG-DLO Wageningen NL no. 83-6 31 p.

Relevante onderzoeksresultaten:

- *De verdamping is vrijwel geheel afhankelijk van instraling, kasttemperatuur en rv;*
- *Veel klimaatmaatregelen zijn in feite gebaseerd op manipulatie van de verdamping en niet op manipulatie van de rv.*

9. Uffelen van J.A.M. 1984, Trefwoorden: Regelorgaan_regeling, verwarmingsnet
Herfstkommers: telen met zo weinig mogelijk gas, zonder onverantwoorde risico's. De tuinderij [: vakblad voor de intensieve tuinbouw] Vol. 64 No. 15 p. 24-27

10. Vogelesang J.V.M. Weel van P.A. Freriks J.M. 1988.
Trefwoorden: Bedrijfsmanagement, relaties, productie, verdamping
Toepassing van verschillende tablet- en vloerverwarmingssystemen. Proefstation voor de Bloemisterij Aalsmeer NL nr. 48 42 p.

Relevante onderzoeksresultaten:

- *Tabletverwarming verhoogt de pot-, blad- en luchttemperatuur tussen het gewas. Gewasdichtheid is mede bepalend voor het verschil in gerealiseerde temperatuur tussen en boven het gewas;*
- *Schermsluiting leidt tot verhoging van de planttemperatuur.*

4.2.10 Voorlichtingsboodschap 'Krijt op de kas'

C. Ploeger (LEI-DLO), A. van Drimmelen (DLV)

Betekenis van krijt op de kas voor de praktijk

Telers passen krijt op de kas toe als zonwering bij de teelt van een aantal snijbloemengewassen en bij vrij veel potplantengewassen. Bij de overige gewassen gebeurt het nog slechts incidenteel. Naast wering van het zonlicht beïnvloedt krijt op de kas ook het kasklimaat. De verdamping vermindert, kastemperatuur wordt lager en er ontstaat een hogere relatieve luchtvochtigheid. Dit kan leiden tot een hoger energieverbruik. De omvang van het extra energieverbruik is niet bekend.

Snijbloemengewassen, waarvoor zonwering wordt toegepast, zijn: Freesia, Gerbera, Anthurium, roos en orchideeën. Potplantengewassen, waarvoor zonwering van belang is, zijn: Saintpaulia, Spathiphyllum, Philodendron en Dieffenbachia. Codiaeum en Schefflera groeien het best als geen licht door schermen wordt weggenomen.

Doel van krijt op de kas

Een teler brengt een krijtlaag op de kas aan om het teeltrisico te beperken. Ongehinderde lichtinval veroorzaakt bij hoge instraling en scherpe weersovergangen soms ongewenste effecten zoals bladverbranding.

Een ander doel van het krijt op de kas is de verbetering van het werkklimaat, aangezien (nog) veel werkzaamheden in de kas worden uitgevoerd.

Conclusies onderzoek

- **Energie**

Er zijn geen onderzoekresultaten bekend over de relatie van krijt op de kas en energieverbruik. In de zomer zal in zonnige perioden de temperatuur te hoog kunnen oplopen, zodat krijt op de kas leidt tot een beter kasklimaat. Er komen echter in Nederland veel dagen voor met meer of minder bewolking. Op deze dagen lijkt het behalen van energiebesparing, indien het kasdek ongeschermd is (geen krijt op de kas) een reële mogelijkheid.

- **Groei**

Bij Codiaeum en Schefflera leidt schermen tot vermindering van groei. De voorziening met water en voedingsstoffen moet goed zijn als er ongeschermd wordt geteeld. Het gebruik van luchtbevochtiging (vernevelen) bleek grote invloed op de groei van de planten te hebben. Hierdoor kan in de zomer meer licht in de kas worden toegelaten. Het gebruik is gewasafhankelijk.

- **Kwaliteit**

Een geringe mate van schermen heeft bij Codiaeum een positieve invloed op de kwaliteit. Bij Schefflera werden de ongeschermd plantjes als de beste beoordeeld en de zwaarst geschermd als de minste.

Door het toelaten van meer licht (door minder te schermen of te krijten) kan de gewastemperatuur hoger en de rv lager worden. In extreme omstandigheden kan hierdoor gewasschade ontstaan bij (groene) potplanten door bladverbranding.

Advies voor het gebruik van krijt op de kas, doelgroep telers

Energie

- Wees terughoudend met het krijten van de kas, gebruik bij scherpe weersovergangen afwasbaar krijt.
- Beperk een vast krijtdek tot de (jonge) gewassen met beperkte verdampingsmogelijkheden en tot de zomermaanden juni, juli en augustus.

- Overweeg of investeren in een beweegbaar zonweringsscherm een alternatief is. Een beweegbaar scherm biedt mogelijkheden voor sturing van het kasklimaat en voor energiebesparing. Het bespaart arbeid voor verwijderen van krijtresten

Groei

- De voorziening met water en voedingsstoffen moet goed zijn als de teler ongeschermd teelt. Het gebruik van luchtbevochtiging (vernevelen) blijkt grote invloed op de groei van de planten te hebben. Hierdoor kan de teler in de zomer meer licht in de kas toelaten. Het effect van luchtbevochtiging is per gewas verschillend. Nat worden van het bladoppervlak dient te worden voorkomen.

Kwaliteit

- Met name bij een aantal bloemisterijgewassen kan een (krijt)scherm moeilijk worden gemist. Vaak gaat krijt op de kas echter gepaard met productieverlies. Wees daarom alert op onderzoekresultaten op dit terrein.

Randvoorwaarde bij efficiënt gebruik van krijt op de kas

- Bij de toepassing van krijt op de kas is het nodig na te denken over de milieubelasting zowel van het krijt en de eventueel daarbij behorende lijm als van de benodigde schoonmaakmiddelen. Zowel de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) als de Wet Bodembescherming (WBB) stellen voorwaarden aan de lozing van de gebruikte middelen.

Suggesties voor illustratie

Grafieken van de straling in voorjaar, zomer en najaar.

Tabel met herkomstgebieden, groeiwijze en lichtbehoefte van (pot)plantensoorten.

Theoretische achtergrond

Lichtbehoefte

Over de lichtbehoefte van potplanten is maar weinig bekend (Vonk Noordegraaf et al, 1985). In het verleden zaten veel potplantenkassen van het vroege voorjaar tot in het late najaar dik onder het krijt (Meeuwissen, 1985).

De lichtintensiteit beïnvloedt de bladstand en heeft invloed op de kleur van bladplanten (Vonk Noordegraaf et al, 1985).

Lichtverlies door krijten kan beperkt worden door de keuze van middelen, er zijn middelen die bij regen transparant worden (Verbart, 1987).

Effect luchtbevochtiging

Uit proeven blijkt een duidelijk effect van het gebruik van verneveling op het gerealiseerde kasklimaat (Mulderij, 1995).

Herkomstgebieden, selectie en veredeling

Om een idee te krijgen over de erfelijke eigenschappen van de plant ten aanzien van de lichtbehoefte, kan kennis over het herkomstgebied en de standplaats helpen. Wel dient hierbij in aanmerking te worden genomen dat de planten in de loop der jaren door selectie en veredeling zijn aangepast. Over het algemeen is hiermee een hogere lichtefficiëntie bereikt (Meeuwissen, 1985).

Milieubelasting

Bij het verwijderen van kalk van het kasdek moet aan de milieu-eisen zijn voldaan. Dit betekent dat de kalk(oplossing) niet op het oppervlaktewater mag worden geloosd

(artikel 8, Wet verontreiniging oppervlaktewateren).

Literatuuroverzicht

1. Freriks, J.M 1984. Trefwoorden: Kasinstallaties, Krijt_op_de_kas
Zonweringsmaterialen bij diverse teelten.
Vakblad voor de bloemisterij Vol. 39 nr 31 p. 32-35
Relevante onderzoeksresultaten:
 - Een beweegbaar scherm biedt de mogelijkheid optimaal van het licht gebruik te maken, soms is combinatie met een krijtscherm nodig;
 - Aan zonweringsinstallaties kunnen zowel voordelen (met name in het voorjaar) als nadelen (met name in het najaar) voor het kasklimaat kleven;
 - Zonweringsmaterialen moeten zich ook voor energiebesparingsdoeleinden lenen, dit leidt tot een compromis wat doekkeuze betreft;
 - Er is een ruime keuze aan materialen die zowel voor zonwering als energiebesparing geschikt zijn;
 - Snijbloemengewassen, waarvoor zonwering belangrijk is, zijn Freesia, Gerbera, Anthurium, roos en orchidee.

2. Holsteijn G.P.A. van 1985. Trefwoorden: Kasinstallatie, scherm
Schermen tegen teveel instraling. Groenten en Fruit Vol. 41 nr 3 p. 30-33
Relevante onderzoeksresultaten:
 - Bij onbewolkt weer in de zomer komt ongeveer 70% van de ingestraalde zonne-energie in de kas terecht. De lucht en de delen van de plant die door de zon beschenen worden, kunnen zeer warm worden. Een ongewenste verkleuring en schade door een tekort aan vocht kunnen hiervan het gevolg zijn. Voor het voorkomen van die schade, is het aanbrengen van een krijtscherm één van de mogelijkheden. Aan deze, in de bloementeelte gebruikte methode, kleeft het grote bezwaar van lichtverlies;
 - De lichtdoorlatendheid van gekrijt glas kan bij donker weer worden vergroot als het krijt wordt bevochtigd. Er bestaan zogenaamde 'transparante' schermmiddelen, die in natte omstandigheden doorzichtig worden.

3. Meeuwissen, G. 1985. Trefwoorden: Relaties, groei, productie, ontwikkeling
Potplanten behoeven meer licht; neveneffecten van schermen. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 40 nr 19 p. 30-33
Relevante onderzoeksresultaten:
 - Hoewel ongehinderde lichtinval kan leiden tot ongewenste effecten zoals bladverbranding, zijn de mogelijkheden voor het telen van potplanten bij meer licht groter dan nu in de praktijk wordt gedacht;
 - Kwaliteitsverbetering en teeltversnelling zijn mogelijk;
 - De inzichten en mogelijkheden van de ondernemer bepalen het effect van lichter telen;
 - Veel aspecten zijn nog niet bekend;
 - Potplantengewassen, waarvoor zonwering van belang is, zijn Saintpaulia, Spathiphyllum, Philodendron en Dieffenbachia.

4. Mulderij, G.E. 1995. Trefwoorden: Relaties, groei, productie, ontwikkeling
Veel groene planten hebben baat bij luchtbevochtiging in zomer; overzicht klimaatproeven 1991-1994. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 50 nr 21 p. 40-41
Relevante onderzoeksresultaten:
 - Het gebruik van luchtbevochtiging in de zomer bij groene planten levert de volgende voordelen op: het gerealiseerde kasklimaat is minder extreem, de maximum temperatuur is lager en de relatieve luchtvochtigheid blijft hoger dan zonder verneveling;
 - Bij gebruik van luchtbevochtiging kan in de zomer meer licht in de kas worden toegelaten. Het gebruik is wel gewasafhankelijk. Ook het na-effect op de houdbaarheid noopt tot enige voorzichtigheid.

5. Roos-Schalij G.B.K. Leunissen M.P. Krijt K. 1994. Trefwoorden: Milieubelasting, kasinstallaties, krijt op de kas.
Lozingenbesluit WVO glastuinbouw met nota van toelichting zoals verschenen in het Staatsblad van 29 september 1994. Den Haag, Ministerie van Verkeer en Waterstaat 53 p.
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Bij lozen op oppervlaktewater vindt geen onaanvaardbare visuele verontreiniging plaats (artikel 8).*
6. Verbart N.F. Ruijter P.C. 1987. Trefwoorden: Kasinstallaties, Krijt op de kas
Mogelijkheden van krijten en reinigen in schuurkassen. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 42 nr 33. p. 27
Verbart N.F. 1987. Trefwoorden: Kasinstallaties, Krijt op de kas
Chemisch reinigen tast glas aan: lijm houdt vaak langer dan krijtlaag. Bloembollencultuur Vol. 98 nr 38, p. 7
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Voor het schermen van kasdekken kan aan krijt lijmverbindingen worden toegevoegd. Er zijn middelen die bij regen transparant worden;*
 - *Krijtscherm kan naar toepassingsduur worden ingedeeld naar:
kort (bevat geen lijm);
middellang (bevat lijm) en
lang (bevat ook lijm);*
 - *Door regen en zon verdwijnt wel het krijt, maar niet de lijm, die moet apart worden weggeborsteld. Hierbij kunnen eventueel chemische middelen worden gebruikt.*
7. Vonk Noordegraaf C. Broek van den G.J. 1985. Trefwoorden: Relaties, groei, productie, ontwikkeling
Niet schermen geeft beste gewas; schermen bij Schefflera en Codiaeum. Vakblad voor de bloemisterij Vol. 40 nr 19 p. 34-35
Relevante onderzoeksresultaten:
- *Codiaeum 'Excellent' en Schefflera 'Compacta' groeiden het best wanneer er geen licht door middel van schermen werd weggenomen. De voorziening met water en voedingsstoffen moet echter goed zijn. Codiaeum kan anders te geel blad gaan vormen.*
 - *Met name in de donkere jaargetijden had lichtvermindering een sterke groeivermindering tot gevolg en werden de uiterlijke kwalitatieve kenmerken negatief beïnvloed.*

LITERATUUR

Nawrocki K.R. Velden van der N.J.A. 1991

Gebruiksrendementen aardgasgestookte ketels in de glastuinbouw : gissen is missen, meten is (z)weten

DLO-Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen Wageningen NL 91-55 81 p.

Rijssel van E. 1996

Meer warmte uit condensors door aansluiting op een net met lage watertemperatuur

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Aalsmeer NL 21 36 p.

Uffelen van L.G. 1988

CO₂ in de kas

Proefstation voor Tuinbouw onder Glas (PTG) te Naaidwijk,

Informatiereeks no 85, 56 p

Vuyk D.H. Germing G.H. 1986

Onderzoek naar energiebesparing en doelmatig energieverbruik ten behoeve van de glastuinbouw: evaluatie van het uitgevoerde onderzoek over de periode 1980 - 1986

M.L.V. [’s-Gravenhage] NL 124 p.

Welles G.W.H. Rijssel van E. Bakker J.C. 1993

Energiebesparingsonderzoek glastuinbouw : een stimuleringsprogramma in het kader van de Meerjarenafspraak Energie

[Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij] [Den Haag] NL 59 p.

Bijlage a: Literatuurbestand: overzicht van de opgenomen auteurs

naam te auteur	aantal artikelen	jaar	t/m jaar	type auteur	land	instelling
0 geen te auteur	27	1975	1996		Nederland	
	2	1987	1989		buitenland	
1 Adams P.	1	1993	-	onderzoeker	Engeland	Littlehampton
2 Andersson N.E.	3	1990	1992	onderzoeker	Denemarken	Aarslev
3 Arendsen M.	1	1995	-	onderzoeker	Nederland	ROC Horst
4 Bakker J.A.	4	1991	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
5 Bakker J.C.	18	1984	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
6 Barendse J.S.	1	1991	-	stagiaire	Nederland	PBG-Naaldwijk
7 Bavel van C.H.M.	1	1985	-		Nederland	LUW-Wageningen
8 Baytorun A.N.	1	1987	-	wet.medewerker	Duitsland	universiteit Hannover
9 Beaudry R.M.	1	1988	-	onderzoeker	USA	Michigan exp.station
10 Beel E.	4	1985	1988	onderzoeker	België	Destelbergen
11 Beer de C.A.	2	1991	1994	onderzoeker	Nederland	ROC Horst
12 Benninga J.	7	1982	1996	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
13 Berg van den G.A.	11	1975	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
14 Bergervoet P.	1	1994	-	voorlichter	Nederland	DLV-Aalsmeer
15 Berghoef J.	6	1983	1991	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
16 Berkel van N.	11	1967	1988	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
17 Bertin N.	1	1993	-	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
18 Besford R.T.	1	1989	-	onderzoeker	Engeland	Littlehampton
19 Bessler B.	1	1989	-	wet.medewerker	Duitsland	universiteit Hannover
20 Bicanic D.D.	1	1988	-	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
21 Blacquièr T.	7	1988	1996	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
22 Bloemhard C.	1	1996	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
23 Bokhorst D.	2	1981	1990	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
24 Boogaart van de J.	1	1996	-	voorlichter	Nederland	DLV-Horst
25 Borgonjen L.F.M.	1	1985	-	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
26 Bot G.P.A.	10	1975	1984	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
	4	1988	1992	staf medewerker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
27 Braak van de N.J.	9	1981	1994	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
28 Brand P.M.F.	1	1987	-		Nederland	
29 Bredmose N.	2	1993	1994	onderzoeker	Denemarken	Proefstation
30 Breuer J.J.G.	12	1975	1994	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
31 Broertjes C.	2	1984	1985	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
32 Brouwer F.M.	1	1995	-	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
33 Bruggink G.T.	8	1984	1992	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
34 Bruns A.	1	1990	-		Duitsland	
35 Bulder H.A.M.	4	1987	1992	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
36 Bunce J.A.	2	1992	1993			
37 Buurma J.S.	1	1993	-	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
38 Buwalda F.	2	1995	1996	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
39 Capom S.J.M.	2	1990	1991	onderzoeker	Engeland	Littlehampton ??
40 Carter P.J.	1	1995	-			
41 Challa H.	22	1986?	1996	hoogleraar	Nederland	LUW-Wageningen
42 Clark D.G.	1	1993	-	wet.medewerker	USA	Clemson university
43 Coenen J.A.F.	2	1992	1992	medewerker	Nederland	Gasunie
44 Combe L.	1	1984	-			
45 Cordova J.	1	1983	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
217 Cuijpers L.H.M.	9	1991	1994	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
46 Custers H.	1	1995	-	wet.medewerker	Nederland	NOVEM
47 Danwitz von W.	1	1988	-	wet.medewerker	Duitsland	universiteit Hannover
48 Dent J.B.	2	1989	1991			
49 Deveautour J.L.	1	1995	-			
50 Dijk van de S.J.	5	1984	1988	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
51 Dijk van D.	3	1985	1985		Duitsland	
52 Dijkstra P.	1	1995	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
53 Dings E.E.H.M.	1	1989	-		Nederland	
54 Djurhuus R.	1	1984	-			
55 Domke O.	1	1988	-		Duitsland	
56 Doorduyn J.C.	2	1986	1986	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
57 Durieux A.	4	1983	1995	onderzoeker	Nederland	Philips gloeilampen NV
58 Eerden van der L.J.	1	1986	-	onderzoeker	Nederland	IPO-DLO Wageningen
59 Emmerik van P.C.	1	1992	-	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
60 Eng R.Y.N.	2	1983	1985	wet.medewerker	Canada	Guelph univ. Ontario
61 Enoch H.Z.	1	1986	-	onderzoeker	Canada	kentville

naam te auteur	aantal artikelen	jaar	t/m jaar	type auteur	land	instelling
62 Fachrich I.	1	1988	-	wet.medewerker	Duitsland	universiteit Hannover
63 Fonville V.P.	1	1990	-	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
64 Freriks J.M.	1	1984	-	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
65 Gagnon S.	1	1990	-	wet.medewerker	Canada	Ste-Foy uni. Quebec
66 Gary C.	1	1993	-	onderzoeker	Frankrijk	Avignon (Vaucluse)
67 Germing G.H.	9	1957	1984	staf-medewerker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
68 Gieling T.H.	2	1977	1979	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
69 Gijzen H.	1	1990	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
70 Gislerod H.R.	5	1987	1993	hoogleraar	Noorwegen	Aas (university)
71 Goedhart M.	1	1984	-	autom.medewerker	Nederland	
72 Goeyenbier P.G.H.M.	9	1984	1986	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
73 Goldsberry K.L.	1	1986	-	wet.medewerker	USA	Colorado state uni.
74 Gootjes J.H.	1	1980	-	medewerker	Nederland	NOVEM
75 Graaf - van der Zande de M.T.	9	1991	1993	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
76 Graaf de R.	3	1992	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
77 Grange R.I.	1	1987	-	onderzoeker	Engeland	Littlehampton
78 Graper D.F.	1	1990	-	wet.medewerker	USA	South Dakota state uni.
79 Haalstra S.R.	1	1990	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
80 Hanan J.J.	1	1986	-	wet.medewerker	USA	Colorado state uni.
81 Hand D.W.	11	1975	1993	onderzoeker	Engeland	Littlehampton
82 Harbinson J.	1	1994	-		Nederland	
83 Harssema H.	1	1970	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
84 Hart 't C.	9	1983	1988	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
85 Harten J.	1	1988	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
86 Hashimoto Y.	1	1993	-	wet.medewerker	Japan	Ehime universiteit
87 Hasselt van P.R.	1	1974	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
88 Healy W.E.	1	1982	-		USA	
89 Heij G.	17	1982	1987	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
90 Hendriks L.	3	1985	1991	wet.medewerker	Duitsland	universiteit Hannover
91 Hendriks L.J.M.	1	1989	-		Nederland	
92 Henten van E.J.	6	1986	1995	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
93 Heuvelink E.	11	1984	1996	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
94 Heyna B.J.	1	1984	-	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
95 Hoeven van der A.P.	1	1984	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
96 Hogenboom N.G.	2	1981	1988	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
97 Holsteijn van G.P.A.	61	1984	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
98 Hoog de J.	4	1993	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
99 Horvath I.	1	1983	-	wet.medewerker	Hongarije	Keckskemét
100 Houter G.	4	1990	1991	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
101 Houwen van der M.S.Y.	1	1993	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
102 Hoyer L.	1	1994	-	onderzoeker	Denemarken	Aarslev
103 Huijs J.P.G.	19	1975	1995	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
104 Huitema J.B.M.	3	1987	1991	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
105 Huylenbroeck J.M.	1	1993	-	onderzoeker	België	Gent
106 Jacobsen L.	1	1991	-	onderzoeker	Denemarken	Aarslev
107 Jacobson B.K.	2	1987	1989		USA	
108 Jagtap S.S.	1	1989	-			
109 Janssen H.J.J.	1	1992	-	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
110 Janssen L.H.J.	1	1992	-			
111 Jiao J.	4	1990	1991			
112 Jones J.W.	4	1988	1995	onderzoeker	USA	Gainesville Florida
113 Jones P.	2	1988	1990	onderzoeker	USA	Gainesville Florida
114 Jong de J.	2	1982	1987	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
115 Jong de T.	5	1990	1994	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
116 Jubi H.	1	1985	-		Duitsland	
117 Keulen van H.	1	1993	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
118 Khayat E.	1	1986	-			
119 Kieboom van den A.H.G.	4	1981	1985	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
120 Klapwijk D.	1	1984	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
121 Klooster van 't C.J.J.	2	1991	1993	voorlichter	Nederland	DLV-Aalsmeer
122 Knies P.	2	1984	1991	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
123 Koning de A.N.M.	38	1982	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
124 Kooistra E.	1	1984	-	directeur	Nederland	PBG-Naaldwijk
125 Kool M.	1	1992	-	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
126 Koop L.	1	1983	-	onderzoeker	Nederland	DENAR-project
127 Komer C.	1	1995	-			
128 Kraalingen van D.W.G.	1	1990	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen

naam te auteur	aantal artikelen	jaar	v/m jaar	type auteur	land	instelling
129 Krebs E.K.	1	1991	-	wet.medewerker	Duitsland	universiteit Hannover
130 Kresten Jensen H.E.	1	1983	-			
131 Labcke van M.C.	3	1992	1994	onderzoeker	België	Destelbergen
132 Lakwijk van R.J.J.	1	1981	-	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
133 Lambert J.R.	1	1971	-	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
134 Lataster J.M.J.	1	1993	-	voorlichter	Nederland	IKC-Aalsmeer
135 Law R.M.	1	1982	-			
136 Leeuwen van G.	8	1989	1995	onderzoeker	Nederland	ROC Klazienaveen
137 Leeuwen van R.C.L.	1	1992	-	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
		-	-	voorlichter	Nederland	DLV-Aalsmeer
138 Leonardos E.D. M.J.	1	1994	-			
139 Lepage I.	1	1984	-			
140 Lin W.C.	2	1983	1984	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
141 Lint de P.J.A.L.	1	1987	-	onderzoeker	Canada	Sidney
142 Longuenesse J.J.	1	1993	-	onderzoeker	Frankrijk	Avignon (Vaucluse)
143 Ludolph D.	2	1992	1992		Duitsland	
144 Luechow K.	2	1990	1992			
145 Maisonneuve B.	1	1986	-	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
146 Mansfield T.A.	1	1984	-			
147 Marcellis L.F.M.	3	1989	1995	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
148 McKeag R.J.	1	1965	-			
149 Meeteren van U.	1	1982	-	onderzoeker	Nederland	LBO-Lisse
150 Meeuwissen G.	1	1985	-	voorlichter	Nederland	IKC-Aalsmeer
151 Meijndert J.	9	1971	1983	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
152 Meinders H.	1	1982	-	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
153 Merritt R.H.	1	1991	-	wet.medewerker	USA	New Brunswick (Rutgers uni)
154 Meurs van W.T.M.	7	1976	1992	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
155 Meyer J.	1	1989	-	wet.medewerker	Duitsland	universiteit Hannover
156 Middendorp C.A.J.	1	1984	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
157 Moe R.	7	1977	1992	wet.medewerker	Noorwegen	Aas (university)
158 Mol C.	2	1990	1993	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
159 Molitor H.D.	1	1987	-	onderzoeker	Duitsland	Geisenheim
160 Mortensen L.M.	36	1982	1994	wet.medewerker	Noorwegen	Aas (university)
161 Murray D.R.	1	1995	-			
162 Nawrocki K.R.	8	1984	1991	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
163 Nederhoff E.M.	47	1982	1994	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
164 Nederpel W.A.C.	1	1983	-	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
165 Nienhuis J.	1	1991	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
166 Nieuwhof M.	7	1986	1991	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
167 Nijs den A.P.M.	4	1980	1987	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
168 Noort van F.	1	1996	-	onderzoeker	Nederland	ROC Klazienaveen
169 Nunnink E.	1	1996	-		Nederland	
170 Oprel L.	2	1989	1989	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
171 Os van E.A.	12	1986	1996	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
172 Ottosen C.O.	1	1992	-	wet.medewerker	Noorwegen	Aas (university)
173 Out P.G.	1	1995	-	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
174 Papenhagen A.	2	1984	1986	voorlichter	Denemarken	Odense
175 Paul E.M.M.	3	1984	1985			
176 Pearson M.	1	1995	-			
177 Peeters H.L.C.	2	1982	1984			
178 Penning de Vries F.W.T.	4	1968	1989	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
179 Pet G.	1	1990	-	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
180 Plentinger M.C.	2	1995	1996			
181 Ploeger C.	7	1982	1989	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
182 Polderijk A.	1	1986	-	onderzoeker	Nederland	ATO-DLO Wageningen
183 Poole R.T.	1	1988	-	onderzoeker	USA	Apopta (Florida)
184 Poorter H.R.M.	1	1992	-			
185 Post van der C.J.	1	1987	-	staf-medewerker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
186 Preil W.	1	1991	-	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
187 Quispel A.	1	1983	-		Nederland	
188 Raven J.J.	2	1988	1988	voorlichter	Nederland	DLV-Emmen
189 Rayner P.J.	1	1995	-			
190 Rees A.R.	1	1972	-	onderzoeker	Engeland	Littlehampton
191 Reimherr P.	2	1985	1985		Duitsland	
192 Reuter R.	1	1994	-			
193 Rijdsijk A.A.	25	1988	1996	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
194 Rijssel van E.	14	1979	1985	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag

naam te auteur	aantal artikelen	jaar	t/m jaar	type auteur	land	instelling
Rijssel van E.	8	1991	1996	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
195 Roelofse E.W.	1	1990	-	voorlichter	Nederland	IKC-Wageningen
196 Romeroaranda R.	1	1995	-			
197 Roos - Schalijs G.B.K.	1	1994	-			
198 Roose de D.	4	1987	1987			
199 Ruiter E.	1	1993	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
200 Runia W.T.	2	1988	1991	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
201 Salisbury F.B.	1	1992	-		USA	
202 Sanden van de P.A.C.M.	4	1985	1993	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
203 Saxe H.	1	1984	-	onderzoeker	Denemarken	Aarslev
204 Schapendonk A.H.C.M.	11	1981	1987	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
	2	1992	1995	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
205 Schilstra - van Veelen I.M.	1	1986	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
206 Schulz W.	1	1996	-			
207 Selman G.R.N.M.	1	1984	-	medewerker	Nederland	ATC-Wageningen
208 Shishido Y.	3	1987	1994	onderzoeker	Japan	Mie
209 Short T.H.	2	1984	1985	onderzoeker	USA	Wooster (Ohio res.center)
210 Slack G.	4	1985	1988	onderzoeker	Engeland	Littlehampton
211 Slootweg G.	1	1990	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
212 Shuis van der B.J.	5	1992	1995	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
213 Smeets L.	6	1956	1986	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
214 Sonneveld A.	2	1983	1984	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
215 Sonneveld C.	1	1977	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
216 Stanghellini C.	13	1981	1994	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
217 Stapel - Cuijpers L.H.M.	7	1995	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
218 Stein A.	1	1980	-	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
219 Steinbuch F.	10	1981	1985	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
220 Sterke de H.J.	13	1983	1986	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
221 Stoffers J.A.	5	1967	1986	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
222 Struppek G.	1	1988	-		Duitsland	
223 Tantau H.J.	2	1983	1991	hoogleraar	Duitsland	universiteit Hannover
224 Taylor C.R.	1	1993	-			
225 Telle M.G.	2	1987	1995	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
226 Thornley J.H.M.	1	1992	-			
227 Tooze S.A.	3	1985	1986	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
228 Traversari A.A.L.	1	1996	-	onderzoeker	Nederland	TNO
229 Udink ten Cate A.J.	18	1978	1995	hoogleraar	Nederland	LUW-Wageningen
230 Uffelen van J.A.M.	26	1973	1988	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
231 Uffelen van L.G.	2	1987	1988	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
232 Uffelen van R.	4	1990	1994	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
233 Urban L.	3	1992	1995	hoogleraar	Oostenrijk	Wenen
234 Vanderbruggen M.	1	1984	-	onderzoeker	België	Gent
235 Velden van der N.A.J.	22	1983	1996	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
236 Verbart N.F.	2	1987	1987			
237 Verberkt H.	20	1987	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
238 Verhaegh A.P.	7	1980	1990	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
239 Verhoeven A.T.M.	5	1995	1996	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
240 Verkade R.M.	1	1988	-	tuinder	Nederland	
241 Verkerk K.	1	1960	-	wet.medewerker	Nederland	LUW-Wageningen
242 Verkleij F.N.	2	1985	1987	onderzoeker	Nederland	AB-DLO Wageningen
243 Vermeulen P.	35	1987	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
244 Vermooy C.J.M.	7	1984	1995	onderzoeker	Nederland	LEI-DLO Den Haag
245 Verveer J.B.	6	1985	1988	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
	1	1995	-	voorlichter	Nederland	Nutsbedrijf Westland
246 Verwaaijen P.W.T.	3	1985	1988	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
247 Vijverberg A.J.	2	-	1996	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
248 Vlahos J.C.	1	1992	-	gastmedewerker	Nederland	LUW-Wageningen
249 Vogelesang J.V.M.	17	1986	1993	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
250 Vonk Noordgraaf C.	1	1985	-	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
251 Vooren van de J.	3	1981	1985	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
252 Vries de D.P.	3	1980	1986	onderzoeker	Nederland	CPRO-DLO Wageningen
253 Vuyk D.H.	1	1986	-	beleidsmedewerker	Nederland	Min. LNV
254 Waaijenberg D.	25	1985?	1995	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
255 Warren Wilson J.	3	1966	1992			
256 Weel van P.A.	5	1981	1995	onderzoeker	Nederland	PBG-Aalsmeer
257 Weidinger G.	1	1988	-			
258 Weigl P.	1	1989	-	voorlichter	Nederland	DLV-Elst

naam 1e auteur	aantal artikelen	jaar	t/m jaar	type auteur	land	instelling
259 Wellensiek S.J.	1	1960?	-	hoogleraar	Nederland	LUW-Wageningen
260 Welles G.H.W.	2	1983	1993	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk/Aalsmeer
261 Wergifosse de P.	1	1994	-	onderzoeker	Nederland	Glaverbell
262 Wiel - van Son van de A.	19	1984	1995	onderzoeker	Nederland	ROC Horst
263 Wielen van der Th.	1	1986	-			
264 Winden van C.M.M.	3	1984	1989	onderzoeker	Nederland	PBG-Naaldwijk
265 With de M.J.	1	1984	-	voorlichter	Nederland	DLV-Aalsmeer
266 Wolting H.G.	4	1985	1988	onderzoeker	Nederland	ITAL (ATO-DLO Wageningen)
267 Wondergem A.	1	-	-	medewerker	Nederland	projectbureau WK
268 Zabeltitz von C.	34	1982	1995	hoogleraar	Duitsland	universiteit Hannover
269 Zijlstra S.	1	1987	-	hoogleraar	Duitsland	universiteit Hannover
270 Zimmer K.	1	1983	-			
271 Ziska L.H.	1	1994	-			
272 Zwart de H.F.	3	1994	1996	onderzoeker	Nederland	IMAG-DLO Wageningen
273 Zwarts G.	14	1989	1995	voorlichter	Nederland	DLV-Naaldwijk
Totaal	1238					

Bijlage b: Lijst van aandachtspunten ten aanzien van het energieverbruik
 (De aandachtspunten zijn als trefwoorden (bij lange woorden alleen het onderstreept gedeelte) in cardbox opgenomen, zodat daarop valt te selecteren).

I BEDRIJFSUITRUSTING t.b.v. KLIMAATBEHEERSING		literatuuropgaven
1.	OPWEKKINGSINSTALLATIES:.....	107
1.1	verwarmingsketel	30
	a algemeen	13
	b ketelrendement	2
	c ketelbelasting	3
	c <u>branderafstelling</u>	0
	d rookgassamenstelling (CO ₂ , CO, ethyleen, SO ₂ enz)	6
	e overlap laag/hog <u>toerental</u> ventilator	0
	f <u>isolatie</u> van installaties en leidingen in het ketelhuis	2
	g <u>stoomproductie</u>	2
1.2	heteluchtketel	2
1.3	WK	25
	a algemeen	11
	b rendement (elektrisch-/ warmterendement)	6
	c draaiuren / warmteoverschotten	2
	d rookgassamenstelling (CO ₂ , CO, ethyleen, SO ₂ enz)	2
	e <u>rookgasreiniging</u> t.b.v. CO ₂ -dosering	5
	f <u>waterzijdige inpassing</u> in verw.systeem	0
1.4	CO ₂ (rookgas)	56
	a algemeen	26
	b doseerhoeveelheid (kg/m ² .uur)	5
	c beveiliging	3
	d overdruk	0
	e doseerschade (door verontreiniging)	22
1.5	CO ₂ (zuiver) condensor	2
	a algemeen	7
	b potentiële <u>besparing</u> (m ³ en gld)	1
	- rookgastemperatuur (uitgaand)	
	- watertemperatuur (in- en) uitgaand	
	c <u>aansluiting(en)</u> (beschikbare watertemperaturen)	2
1.6	warmtebuffer	26
	a algemeen	3
	b potentiële <u>besparing</u> (m ³ en gld)	6
	c opslag-alternatieven (tank/bodem/...)	0
	d opslagcapaciteit	4
	e <u>waterzijdige inpassing</u> in verw.systeem	1
	- aanpassing drukbeveiliging	
	- pompcapaciteit (vullen en leeghalen)	
	- mogelijkheden bij combinatie ketel en WK	
	f extra <u>CO₂</u> dosering	12

2	KASINSTALLATIES	.....	216
2.1	verwarming (buisen)	.....	25
	a algemeen	8	
	b buisligging	10	
	- energie-efficiëntie van netten		
	- verticale temperatuurgradiënt		
	c reactietijd (verschil aanvoer/retour)	3	
	- waterinhoud		
	- pompcapaciteit		
	- hoog-/laagtoeren en frequentieregeling pomp		
	d schaduwwerking	0	
	e temp_verschillen (horizontale gradiënt)	4	
	- technische oplossingen en kosten		
	- effect op energieverbr. en opbrengst		
	- effect windsnelheid/ -richting en ventilatoren		
2.2	infrarood_verw.	zie voor aandachtspunten 2.1	2
2.3	tabletverwarming	zie voor aandachtspunten 2.1	16
2.4	betonvloerverw.	zie voor aandachtspunten 2.1	15
2.5	koeling	grond-, substraat- en gewaskoeling	18
2.6	krijt op de kas	.....	5
2.7	daksproeiers	.....	3
2.8	nevelinstallatie	.....	8
	a effect op <u>gewastemperatuur</u>	2	
	b effect op <u>verdamping / rv</u>	3	
2.9	scherm (vast/beweegbaar)	.....	50
	a algemeen	19	
	b potentiële <u>besparing</u> (m ³ en gld) (= reactie gasverbruik op wisseling in temperatuur en windsnelheid bij gesloten t.o.v. open scherm)	6	
	c <u>doekkeuze</u> en gebruiksmogelijkheden (overdag),	17	
	- effect op <u>temp_verschillen</u> (gevelscherm)		
	- effect op <u>rv</u>		
	- effect op lichttransmissie		
	d schermsluiting (uur/jaar)	0	
	e temperatuurverschil	6	
	f lichtuitstoot	2	
2.10	belichting (assimilatielicht)	.....	68
	a algemeen	20	
	b productie-effect	32	
	c intensiteit / belichtingsduur	4	
	c schaduwwerking	0	
	d lichtuitstoot	8	
2.11	CO ₂	.....	19
	a algemeen	15	
	b productie	4	
	c <u>uniformiteit</u> in dosering (drukverschil, condensatie)	3	

3	KASCONSTRUCTIE	.....	105
3.1	constructie	.....	36
	a algemeen	.....	18
	b K-waarde (= reactie gasverbruik op wisseling in temperatuur bij gesloten luchtramen)	.....	2
	c ventilatie (o.a. reactie gasverbruik op wisseling in windsnelheid bij gesloten ramen)	.....	1
	d lichttransmissie	.....	13
	e alternatieve ontwerpen	.....	6
3.2	dekmetaal	.....	42
	a K-waarde (besparing t.o.v. enkel glas)	.....	1
	b lichttransmissie	.....	10
	c effect op <u>rv</u>	.....	7
	d <u>productie</u> effect (reductie t.o.v. enkel glas)	.....	6
3.3	luchtramen	.....	11
	a <u>ventilatie</u> bij geopende luchtramen	.....	5
	b insectengaas	.....	4
3.4	gesloten_kas	.....	9
	a warmtewisselaar (geforc.ventilatie)	.....
	b luchtdroger	.....
	c airconditioning	.....

II BEDRIJFSKEUZE t.a.v. GEWAS EN PRODUCTIEMETHODE

4	GEWASKEUZE (incl. productieperiode) EN VEREDELING	.....	41
4.1	onderstamkeuze	.....	5
4.2	veredeling	.....	37
	a algemeen (o.a. selectiecriteria)	.....	12
	b lage <u>temperatuur</u>	.....	25
5	PRODUCTIESYSTEMEN	.....	25
5.1	ruimtebenutting	.....	6
	a <u>productie effect</u> brede bedden, roltableten e.d.	.....
	b <u>arbeidsverhogend effect</u>	.....
5.2	gesloten_systemen	.....	11
5.3	ontsmetting	.....	7
	a wortelmilieu	.....
	b <u>gietwater</u> /voedingsoplossing	.....
	c chemische <u>veranderingen</u> a.g.v. verhitting	.....

II OPTIMALISERING EN REGELSTRATEGIEËN

6.	REGELORGAAN-REGELING	61
6.1	ketel	5
	a keteltemperatuur	
	b pompcapaciteit circulatieleiding(en)	
	c <u>bij-/afschakelen</u> 2e ketels	
6.2	WK	0
	a <u>aan-/uitschakeling</u>	
	b <u>hoog-/laagtoerenregeling</u>	
6.3	warmtebuffer	1
	a vulregeling	
	b leeghaalregeling	
6.4	pomp(en)	1
	a <u>pompafslag/2 toeren-/frequentieregeling</u>	
6.5	verwarmingsnet	12
	a minimum buis	
	- eff. op <u>ziekten</u> (condensatie)	
	- eff. op <u>gebreksziekten</u> (extra verdamping)	
	b maximum buis	
	- bijschakelen 2e net	
	- begrenzen <u>r.v.</u> / vochtdeficit	
6.6	condensornet	0
	a <u>bijmengen</u> vanuit de ketel	
	b aansturing <u>aansluiting</u> netten	
6.7	koelnet	3
	a koelingsperiode/-strategie	
6.8	scherm(en)	13
	a <u>schermsluiting</u> /-opening	1
	b kierinstelling	1
	c raaminstelling (beveiliging)	0
6.9	belichting	20
	a gebruiksduur (uren per etmaal, jaar)	4
	b <u>afschakeling</u> _overdag	1
	c cyclische aanschakeling	0
	d aanpassing verw./ventilatietemperatuur	0
6.10	CO ₂	11
	a doseerhoeveelheid (kg/uur)	
	b beveiliging	
6.11	luchtramen	2
	a min_raamstand	
	b max_raamstand	

7.	KLIMAATREGELING	.....	318
7.1	algemeen	.....	93
	a	programmatuur	6
	c	modellen / regelalgoritmen	32
	d	energieverbruik (instel - verbruikrelaties)	8
		- effect kastemperatuur (= reactie gasverbruik op temp.)	
		- effect instraling (= reactie gasverbruik op instraling)	
7.2	temperatuur (kas)	.....	70
	a	algemeen	17
	b	<u>productie</u> -effect	27
	c	temp_compensatie (benutting scherm (DIF))	12
	d	grenswaarden (bij bestaande horizontale gradiënt)	17
	e	afluchting <u>warmteoverschotten</u> (bv. CO ₂ -dosering)	1
7.3	vocht	.....	43
	a	algemeen	11
	b	<u>productie</u> -effect	12
	c	grenswaarden (bij bestaande horizontale gradiënt)	9
	d	regelmogelijkheden (r.v.verlaging/verhoging)	12
7.4	CO ₂	.....	123
	a	algemeen	33
	b	<u>productie</u> -effect (bij bestaande horizontale gradiënt)	59
	c	<u>groei</u> - / assimilatie-effect	12
	d	dosering (bij bestaande horizontale gradiënt)	23
		- concentratie	
		- doseertijd	
		- neveneffecten (verdamping, schade, enz.)	
	e	dosering bij <u>ventilatie</u> / <u>warmteoverschot</u>	14
		zie boven	
7.5	CO ₂ (zuiver) integratie_deelreg.	.....	5
	a	mogelijkheden huidige <u>programmatuur</u>	
	b	<u>gebruik</u> huidige mogelijkheden	
7.6	substraattemp.	.....	6
	a	energie- <u>efficiëntie</u> substraatverwarming	0
	b	grenswaarden	1
	c	invloed op gerealiseerd <u>kasklimaat</u>	0

8.	KLIMAATMETING t.b.v. regeling	62
8.1	meetmethode	53
	a kasklimaat	26
	- kastemperatuur	
	- vocht	
	- CO ₂	
	- ventilatievoud	
	- licht/lichttransmissie	
	b regelorgaan	7
	- keteltemperatuur	
	- temperatuur warmtebuffer	
	- buistemperatuur	
	- schermstand	
	c weersgesteldheid	2
	- buitentemperatuur	
	- windsnelheid/-richting	
	- straling (licht)	
	d plant	15
	- bladtemperatuur	
	- verdamping	
	- fotosynthese	
	- groeiduur	
8.2	keuze meetpositie	5
	a. meetbox binnen	
	- horizontale gradiënt	
	- verticale gradiënt	
	- gewaseffect	
	b. per regelorgaan	
	c. meetstation buiten	
8.3	<u>onderhoud</u> sensoren	2
9.	KLIMAATMETING t.b.v. controle, analyse en evaluatie	
9.1	meetmethode dataverwerking zie 8.1	

IV ALTERNATIEVE ENERGIEBRONNEN

10.	REST_EN_AFVALPRODUCTEN (WARMTE EN CO ₂)	31
10.1	restwarmte	21
	(hoogwaardig) a <u>WK</u> -installaties nutsbedrijf	0
	b <u>Steg</u> -eenheden in tuinbouwgebieden	1
	c (warmte)leveringscontracten	5
	d <u>meting</u> geleverde hoeveelheden	0
10.2	afvalwarmte	6
10.3	CO ₂ (zuiver)	0
11	OVERIGE_ENERGIEBRONNEN	24
11.1	warmtepomp	9
11.2	windmolen	0
11.3	zonnecollector	6
11.4	aardwarmte	2
11.5	absorptiekoeling	0
12	ALTERNATIEVE_BRANDSTOFFEN	12
12.1	kolen	7
12.2	stortgas	1
	a <u>glasvervuilingeffect</u> rookgassen	
12.3	biomassa	2

V BEDRIJFSKUNDIGE EVALUATIE ENERGIEBESPARENDE MAATREGELEN IN DE PRAKTIJK

13	BEDRIJFSREGISTRATIE/-VERGELIJKING (MBT en MPS)	30
13.1	energieverbruik	22
	a algemeen	
	b ketelrendement (incl. WK)	
	c betonvloerverwarming	
	d restwarmteverbruik	
13.2	kasklimaat	7
	a. bedrijfsvergelijking	
	b. analyse (intern / extern)	
14	BEDRIJFSMANAGEMENT	348
14.1	evaluatie	22
	a. Investeringsrendement/-volgorde	8
	b technische prestaties	10
	c overige evaluaties	0
14.2	relaties	243
	(klimaat - plant -	
	product - opbr.)	
	a ontwikkeling (strekking, scheutvorming, bloei)	84
	- licht-/belichtingsperiode	34
	- lichtkleur	9
	- temperatuur	41
	- substraattemperatuur	6
	- verdamping/rv	4
	b groei (blad-/plantniveau) (excl. productie)	44
	- licht	16
	- CO ₂	24
	c productie (gewas-/bedrijfsniveau)	122
	- licht	31
	- CO ₂	47
	- verdamping/rv	17
	- temperatuur (incl. grenswaarden)	33
	- substraattemperatuur	8
	d opbrengst	1
14.3	modellen	94
	(integratie)	
	a. algemeen	8
	b klimaat (instellingseffecten)	7
	c investering (rendement/volgorde)	30
	d productie	34
14.4	beslismodellen	6
VI	BELEIDSONDERSTEUNING	
15	beleidsondersteuning	29
	a algemeen	8
15.1	sectormodel	16
	a energieverbruik	
	b bedrijfsuitrusting	
15.2	scenario's	6
15.3	beleidsevaluaties	4
15.4	energievoorziening	3
VII	SYMPOSIA (incl. workshops en seminars)	11

Bijlage c. Toelichting op gebruikte terminologie en eenheden

Assimilatiebelichting	Een regelorgaan voor toediening van extra assimilatielicht, aanvullend op het beschikbare zonlicht. Het extra licht bevordert de groei met het doel de productie en/of de productkwaliteit in het winterhalfjaar te verhogen.
CO ₂	Kooldioxide, groeibevorderend, gehalte in ketel-rookgassen ca. 10%, gehalte in buitenlucht ca. 340-360 ppm
CO	Koolmonoxide, onschadelijk voor gewas, ontstaat bij onvolledige verbranding en kan dienen als indicator voor aanwezigheid van etheen
Etheen	Oude naam: ethyleen; scheikundige formule: C ₂ H ₄ , schadelijk voor het gewas, kan ontstaan bij onvolledige verbranding
Minimumbuis-temperatuur	De minimum buis is een instelling op één van de beschikbare verwarmingsnetten van een afdeling. Het is de watertemperatuur (aanvoer) die minimaal gehandhaafd wordt. (De ingestelde waarde kan verhoogd of verlaagd worden op basis van de gemeten rv en (zonne)straling. (Bron Informatiemodel Glastuinbouw)
mmwk	Millimeter waterkolom. 1 mmwk = 0,1 mbar (=maat voor druk)
MW _e	De capaciteit van W/K-installaties in MegaWatt-elektrisch
NO _x	Verzamelnaam voor stikstofoxides, dit zijn bijproducten van verbranding, kunnen schadelijk zijn voor het gewas
Optreden minimumbuis	Het realiseren van de streefwaarde minimumbuis op momenten dat deze ligt boven de streefwaarde die nodig is voor het handhaven van de gewenste kastemperatuur bij gesloten luchtramen.
ppm / dpm	Parts per million / deeltjes per miljoen; 1000 ppm = 0,1%
ppb	Parts per billion; 1000 ppb = 1 ppm = 0,0001%
Pa	Maat voor druk: Pascal. 1 Pa = 0,01 mbar
rv	Relatieve luchtvochtigheid. Het percentage dat de relatieve luchtvochtigheidsgraad aangeeft (volledig verzadigd is 100%)
Slurven	Plastic slangen, meestal doorzichtig, met perforaties op een regelmatige onderlinge afstand; ook wel darmen genoemd.
Stuurlicht	Belichting van planten met het doel de groeifase van de planten (vegetatief of generatief) te sturen

Gebruikte eenheden

Energieverbruik		
aardgas	m ³ /m ²	(31,65 MJ/m ³ , onderwaarde) (35,17 MJ/m ³ , bovenwaarde)
elektra	kWh/m ²	(3,60 MJ/kWh)
(1cal = 4,1868 J)		
Straling (energie)	W/m ² of J/m ² .s	
Stralingssom	J/cm ² .tijdseenheid (=uur/dag/maand/jaar)	
Licht (flux)	μmol/m ² .s	
Lichtsom	mol/m ² .tijdseenheid (=uur/dag/maand/jaar)	