

B.J. van der Sluis  
A.A. Rijdsijk  
G.P.A. van Holsteijn  
N.J.A. van der Velden

Publikatie 4.138

# HET GEBRUIK VAN ENERGIESCHERMEN BIJ TOMAAT

September 1995

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)  
Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (PBG)  
Nederlandse onderneming voor energie en milieu (Novem)

502402

## REFERAAT

### HET GEBRUIK VAN ENERGIESCHERMEN BIJ TOMAAT

Sluis, B.J. van der, A.A. Rijsdijk, G.P.A. van Holsteijn en N.J.A. van der Velden

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1995

Publikatie 4.138

ISBN 90-5242-306-7

86 p., 12 fig., 11 tab., 6 foto's, 7 bijl., English summary

Op tomatenbedrijven met en zonder scherm is onderzoek verricht naar het gebruik van energieschermen. Hierbij is de invloed bepaald van het scherm op het energiegebruik en de productie. De relaties zijn gebruikt voor de bedrijfseconomische evaluatie. Dit vond plaats gedurende de twee teeltseizoenen van 1992 tot en met 1994.

Op de bedrijven met een scherm loopt het gebruik sterk uiteen. Gemiddeld wordt in de winterperiode 800 uur geschermd en in het najaar 150 uur. In totaal loopt de schermduur uiteen van 350 tot 2.400 uur. Gemiddeld wordt met een scherm 10% energie bespaard. Intensief schermgebruik geeft ruim 20% energiebesparing. Het gebruik van energieschermen geeft ook produktieverlies. Dit wordt veroorzaakt door lichtverlies en door de gebruiksduur. Op jaarbasis is het produktieverlies gemiddeld 6%.

In de huidige gemiddelde bedrijfssituatie zijn schermen bij tomaten bedrijfseconomisch niet interessant. Dit is echter wel mogelijk indien de schermduur toeneemt in combinatie met een beperkt lichtverlies en een positief klimaateffect van het schermgebruik op de productie.

Energie/Energiebesparing/Milieu/Glastuinbouw/Energiescherm/Tomaat/  
CO<sub>2</sub>-dosering/Bedrijfsvergelijking/Nederland

## CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

### Gebruik

Het gebruik van energieschermen bij tomaat / B.J. van der Sluis ... [et al.]. - Den Haag : Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). - Fig., foto's, tab. - (Publikatie / Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) ; 4.138)

Met samenvatting in het Engels.

ISBN 90-5242-306-7

NUGI 835

Trefw.: energiebesparing ; glastuinbouw.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding

# INHOUD

Blz.

<b>WOORD VOORAF</b>	<b>5</b>
<b>KENNISOVERDRACHT</b>	<b>7</b>
<b>SAMENVATTING</b>	<b>9</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>13</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>17</b>
<b>2. MATERIAAL EN METHODE</b>	<b>19</b>
2.1 Opzet van het onderzoek	19
2.2 Bedrijfskeuze	20
2.3 Verschillen in energiegebruik	21
2.4 Verschillen in productie	22
2.5 Metingen	24
2.6 Bedrijfseconomische evaluatie	29
<b>3. MEETRESULTATEN</b>	<b>30</b>
3.1 Inleiding	30
3.2 Gebruik van energieschermen	30
3.3 Energiegebruik	34
3.4 Productie	38
3.5 Onderhoudskosten	41
<b>4. ANALYSE-RESULTATEN</b>	<b>43</b>
4.1 Inleiding	43
4.2 Verschillen in energiegebruik	43
4.3 Verschillen in productie	45
<b>5. BEDRIJFSECONOMISCHE EVALUATIE</b>	<b>49</b>
5.1 Inleiding	49
5.2 Huidige bedrijfssituaties	49
5.3 Resultaten voorkomende bedrijfssituaties	51
5.4 Toekomstige ontwikkelingen	52
5.4.1 Inleiding	52
5.4.2 Uitgangspunten	53
5.4.3 Resultaten toekomstige ontwikkelingen	55

	Blz.
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	58
6.1 Conclusies	58
6.1.1 Effect op energiegebruik en productie	58
6.1.2 Bedrijfseconomische evaluatie	58
6.2 Aanbevelingen	60
LITERATUUR	62
BIJLAGEN:	65
1. Begrippenlijst	66
2. Berekening van de warmteproductie van de ketel	67
3. Berekenen van de CO <sub>2</sub> -intensiteit	69
4. Gebruiksintensiteit van schermen	71
5. Resultaten regressie-analyse	74
6. Voorbeeldberekening equivalentieprijs	79
7. Verschillen in CO <sub>2</sub> -intensiteit	81

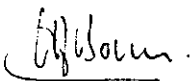
# WOORD VOORAF

De maatschappij stelt vanuit milieu-overwegingen steeds meer eisen aan de omvang en de wijze van energiegebruik. De Nederlandse overheid en het bedrijfsleven hebben een Meerjarenafspraak Energie (MJA-E) gemaakt. De doelstelling hiervan is een verbetering van de energie-efficiëntie. De toepassing van energieschermen in de glastuinbouw kan hieraan een belangrijke bijdrage leveren. De toepassing is echter afhankelijk van de economische haalbaarheid van energieschermen. Dit onderzoek geeft inzicht in hoeverre energieschermen bij tomaat momenteel rendabel zijn of dit in de toekomst kunnen worden.

Het onderzoek is uitgevoerd door de werkgroepleden G.P.A. van Holsteijn en A.A. Rijdsdijk van het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (PBG) en door B.J. van der Sluis van het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). De projectleiding was in handen van N.J.A. van der Velden (LEI-DLO). Het PBG heeft de informatieverzameling op teeltkundig gebied uitgevoerd. LEI-DLO heeft de meetresultaten verzameld en verwerkt. De analyse van de meetresultaten en de rapportage zijn gezamenlijk uitgevoerd. De gegevens zijn verzameld door A.W. van Vliet, C. Bol en G.W.J.M. Nederpel (LEI-DLO) en H.W. de Ruiter, G. Bergman en A.B.M. Disco (PBG).

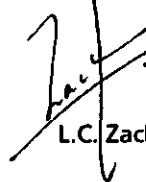
Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse onderneming voor energie en milieu (Novem). In de begeleidingscommissie hadden, behalve de projectgroepleden, zitting G. Welles (PBG), J. Ammerlaan (PBG), R. van Uffelen (PBG), E. Weydema (Novem) en A.P. Verhaegh (LEI-DLO). Voor het onderzoek hebben 46 tomatentuinders gedurende één of twee jaar gegevens geregistreerd en verstrekt. Wij zijn deze tuinders zeer erkentelijk voor hun bijdrage.

De directeur van het  
Proefstation voor  
Bloemisterij en Glasgroente,



R.J. Bogers

De directeur van het  
Landbouw-Economisch  
Instituut (LEI-DLO),



L.C. Zachariasse

Aalsmeer/Den Haag, september 1995

# KENNISOVERDRACHT

Voor het schermonderzoek is een groot aantal gegevens verzameld. Deze gegevens zijn in de eerste plaats gebruikt voor de analyse van de verschillen in het energiegebruik en de produktie en voor de bedrijfseconomische evaluatie. Over de resultaten van het eerste jaar is reeds een aantal artikelen geschreven en zijn lezingen gehouden. Daarnaast is een deel van de gegevens ook gebruikt voor ander onderzoek. Vooral als de verzamelde gegevens op bepaalde deelgebieden nuttige informatie voor de tuinders opleverden, is deze gebruikt voor artikelen in de vakpers en voor lezingen. Hieronder wordt een opsomming gegeven.

## Artikelen

Holsteijn, G.P.A. van (1993)

*"Alleen goed meten is zeker weten"*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 41, pp. 20-21

Ruiter, E. de (1993)

*"Verdeling en meting CO<sub>2</sub> vaak onder de maat"*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 40, pp. 22-23

Rijsdijk, A.A. en B.J. van der Sluis (1994)

*"Techniek CO<sub>2</sub>-doseren vaak onderbelicht"*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 25, pp. 10-11

Rijsdijk, A.A. en B.J. van der Sluis (1995a)

*"Scherm beïnvloedt produktie ook"*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, week 34, pp. 22-23

Sluis, B.J. van der, en A.A. Rijsdijk (1994a)

*"Scherm veroorzaakte grote verschillen"*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 15, pp. 8-9

Sluis, B.J. van der, A. van Vliet en A.A. Rijsdijk (1994b)

*"Met koolzuur is veel te bereiken"*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 15, pp. 14-15

Sluis, B.J. van der en A.A. Rijsdijk (1995b)

*"Rendement van scherm kan omhoog"*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, week 34, pp. 24-25

*Te verwachten vakbladartikelen in 1995 met de volgende onderwerpen:*

1. Schermen en licht
2. CO<sub>2</sub>-doseren op tomatenbedrijven

#### *Posters*

*"Milieu: een uitdaging voor de agrarische sector"*

gehouden op 30 november 1994 in het Congresgebouw in Den Haag

Poster 1: Schermen in de glasgroenteteelt

Poster 2: CO<sub>2</sub>-doseren in de glastuinbouw

*"Onderzoek naar schermgebruik in de praktijk"*

Presentatie van onderzoeksresultaten op het PTG te Naaldwijk

- "open middag" voor tomatentelers op 23 april 1993
- "open avond" voor tomatentelers op 19 mei 1994
- "open avond" voor tomatentelers op 18 mei 1995

#### *Lezingen*

*"Onderzoek naar schermgebruik in de praktijk"*

Lezing waarbij de meetresultaten van het onderzoek werden gepresenteerd (teeltseizoen 1992/1993) op het Proefstation voor de Bloemisterij te Aalsmeer. Georganiseerd door het Informatie en Kennis Centrum, afdeling Glasgroente en Bloemisterij, 21 april 1994. Doelgroep: toeleveranciers schermen, voorlichting enzovoort.

*"Onderzoek CO<sub>2</sub>-doseren in de tomatenteelt"*

Lezing waarbij de meetresultaten uit het onderzoek met betrekking tot het CO<sub>2</sub>-doseren nader werden toegelicht (teeltseizoen 1992/1993) op Veiling Berkel in Bleiswijk.

Dienst Landbouw Voorlichting, team Groenteteelt onder glas, Naaldwijk (De Kring). Doelgroep: team groentevorlichters.

*"Onderzoek Energieschermen Tomaat"*

Presentatie- en discussiebijkomsten met de deelnemers van het onderzoek te Naaldwijk.

- gehouden op 24 februari 1994 (resultaten eerste teeltseizoen)
- gehouden op 12 april 1995 (totale onderzoek)

Doelgroep: deelnemende tuinders.

# SAMENVATTING

## *Inleiding*

De Nederlandse glastuinbouw, met een jaarlijks gasverbruik van ongeveer 4 miljard m<sup>3</sup> aardgas, heeft samen met de overheid een meerjarenafspraken-Energie (MJA-E) gemaakt. Het doel hiervan is een verbetering van de energie-efficiëntie (energiegebruik per eenheid produkt) met 50% over de periode 1980-2000. Bovendien wordt gestreefd naar een vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 3 tot 5% in de periode 1989/90-2000. Dit kan worden gerealiseerd door het gebruik van energiebesparende maatregelen. Het energiescherm is één van deze energiebesparende maatregelen. In het uitvoeringsplan van de MJA-E wordt deze optie een belangrijke plaats toegekend.

Het gebruik van beweegbare schermen in de bloemen- en potplantenteelt is groot, respectievelijk 75 en 83% van het areaal. In de groenteteelt is het gebruik beperkt tot 22% van het areaal. In de tomatenteelt wordt heel weinig gebruik gemaakt van energieschermen. Dit wordt veroorzaakt doordat men verwacht dat de energiebesparing teniet wordt gedaan door produktiederving. Produktiederving wordt toegeschreven aan de lichtonderschepping van het scherm en een minder goed kasklimaat. Op praktijkniveau is hierover onvoldoende inzicht beschikbaar. Dit werkt verdere penetratie van het energiescherm in hoge mate tegen.

## *Doel en methode*

Het doel van het onderzoek is het verkrijgen van kwantitatief inzicht in de effecten van een beweegbaar scherm op het energiegebruik en de produktie en in de bedrijfseconomische mogelijkheden bij het gewas tomaat.

Op basis van bedrijfsvergelijking gedurende twee teeltseizoenen is onderzoek uitgevoerd op 40 bedrijven met de teelt van tomaten. Dit waren 29 bedrijven met een energiescherm en 11 bedrijven zonder scherm. De relaties tussen enerzijds schermgebruik en energiegebruik en anderzijds schermgebruik en produktie zijn geanalyseerd. De gevonden relaties zijn gebruikt voor de bedrijfseconomische evaluatie van de praktijksituatie. Bovendien wordt bij de bedrijfseconomische evaluatie ingegaan op de verwachte ontwikkelingen vanuit het onderzoek op het gebied van schermgebruik in de tomatenteelt. Hiervoor zijn resultaten uit schermonderzoek van het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente in Naaldwijk gebruikt.



## *Meetresultaten*

Het energiescherm wordt in de winter- en najaarsperiode gebruikt, dus in het begin en aan het eind van de tomatenteelt. Het scherm is sterk gekoppeld aan de buitentemperatuur. Bij een lagere buitentemperatuur wordt het scherm gesloten. De gemiddelde buitentemperatuur in beide jaren week niet sterk af van de gemiddelde waarden.

Het energiegebruik was in 1992/1993 gemiddeld  $60,5 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$  en in 1993/1994  $56,7 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ . In beide jaren liepen de verschillen in het gebruik tussen de bedrijven uiteen van 44 tot  $72 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ .

De produktie was in 1992/1993 gemiddeld  $48,7 \text{ kg}$  per  $\text{m}^2$ . In 1993/1994 was dit  $48,3 \text{ kg}$  per  $\text{m}^2$ . De verschillen tussen de bedrijven liepen in beide jaren uiteen van 38 tot  $61 \text{ kg}$  per  $\text{m}^2$ .

De gemiddelde schermduur was in beide jaren ruim 800 uur in de winterperiode. In de najaarsperiode van 1992/1993 was dit 300 uur en 100 uur in 1993/1994. In 1993/1994 is men eerder gestopt met de teelt. De totale schermduur in beide jaren liep uiteen van 350 tot 2.400 uur.

Op alle bedrijven werd met de ketel  $\text{CO}_2$  gedoseerd. In beide jaren werd gemiddeld ruim  $33 \text{ kg CO}_2$  per  $\text{m}^2$  gedoseerd. De verschillen tussen de bedrijven waren groot en liepen in beide jaren uiteen van 11 tot  $53 \text{ kg}$  per  $\text{m}^2$ .

De lichtinval in de kassen was gemiddeld 69%. De verschillen tussen de bedrijven liepen uiteen van 63 tot 76%. Het lichtverlies door de scherminstallatie was in 1992/1993 gemiddeld 5,2%, in 1993/1994 was dit 4,8%. Ook hier kwamen grote verschillen voor tussen de bedrijven, namelijk van 2 tot 8%.

## *Energiegebruik*

Het effect van schermen op het energiegebruik is bepaald in de twee perioden van het teeltseizoen waarin de schermen gebruikt worden, namelijk de winterperiode tot week 17 en de najaarsperiode vanaf week 42 tot het einde van de teelt.

In de winterperiode zijn de variabelen schermduur, droogstoken en de eerste stookdatum voor 71% bepalend voor de verschillen in energiegebruik. Een schermduur van 800 uur resulteert in een energiebesparing van  $5,0 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ . Met een hogere droogstookwaarde van 20% ten opzichte van het gemiddelde neemt het energiegebruik  $0,4 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$  toe. Voor de eerste stookdatum geldt dat met een dag later opwarmen van de kas het energiegebruik gemiddeld met  $0,16 \text{ m}^3$  a.e. aardgas per  $\text{m}^2$  afneemt.

In de najaarsperiode verklaren de variabelen schermduur en  $\text{CO}_2$ -dosereren voor 68% de verschillen in het energiegebruik. Een schermduur van 150 uur resulteert in een energiebesparing van gemiddeld  $0,7 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ . Een lagere  $\text{CO}_2$ -intensiteit van  $3 \text{ kg}$  per  $\text{m}^2$  hangt samen met een lager energiegebruik van  $0,5 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ .

Gemiddeld is de schermduur in de winterperiode 800 uur en in de najaarsperiode 150 uur. Dit geeft een energiebesparing van 10%. De bedrijven met de langste schermduur besparen ruim 20% energie op jaarbasis.

### *Productie*

Het effect van schermen op de productie is bepaald in twee perioden in het teeltseizoen, namelijk van het begin van de teelt tot week 20 en vanaf week 20 tot het einde van de teelt. In de eerste periode zijn de variabelen schermduur, lichtinval van de kas en plantuitval bepalend voor de verschillen in productie. De verschillen in productie worden hiermee voor 42% verklaard. Een schermduur van 800 uur resulteert in een lagere productie van 0,7 kg per m<sup>2</sup>. In deze periode is de productie hierdoor gemiddeld 6% lager. Een lagere lichtinval van 5% resulteert in een lagere productie van 0,4 kg per m<sup>2</sup>. Dit is 3% van de productie in deze eerste periode. Schermduur en lichtverlies gezamenlijk resulteren in een opbrengstderving in deze periode van 9%.

In de tweede periode (na week 20) zijn de variabelen lichtinval en CO<sub>2</sub>-intensiteit bepalend voor de verschillen in productie. Door deze variabelen worden de verschillen in productie voor 45% verklaard. Een lichtonderschepping van 5% door een scherminstallatie resulteert in een lagere productie van 1,7 kg per m<sup>2</sup>. Dit is 5% van de gemiddelde productie in deze periode.

Het effect van lichtonderschepping op de productie in de winterperiode is kleiner dan in de zomerperiode. Dit is een indicatie dat in de winterperiode een deel van het produktieverlies door lichtverlies gecompenseerd wordt door een positieve klimaatinvloed van het schermen. De totale opbrengstderving door het scherm bedraagt gemiddeld op jaarbasis 6% ofwel circa 3 kg per m<sup>2</sup>.

### *Bedrijfseconomische evaluatie*

In de bedrijfseconomische evaluatie is de equivalentieprijs bepaald. Dit is de gasprijs waarbij de economische voordelen van een energiescherm gelijk zijn aan de nadelen. In de huidige gemiddelde bedrijfssituatie zijn schermen bedrijfseconomisch niet haalbaar. Vooral de produktieverlaging door schermen speelt hierin een belangrijke rol. Schermen worden pas interessant bij een gasprijs van f 0,97 per m<sup>3</sup>. Dit is aanzienlijk hoger dan de huidige gasprijs van f 0,22 per m<sup>3</sup>.

Beter schermgebruik, zoals minder lichtonderschepping en een langere gebruiksduur, resulteert in een hogere energiebesparing en een lagere opbrengstderving. Maar de equivalentieprijs voor schermen is ook dan met f 0,47 per m<sup>3</sup> aardgas nog te hoog.

Ook komt uit de bedrijfseconomische evaluatie naar voren dat veranderingen in het investeringsbedrag van de scherminstallatie en veranderingen in de tomatenprijs bedrijfseconomisch slechts een beperkte rol spelen.

De equivalentieprijs voor schermen blijft dan schommelen op het niveau van f 1,- per m<sup>3</sup> aardgas.

Vanuit het teelttechnisch onderzoek wordt in de nabije toekomst een aantal verbeteringen verwacht op het gebied van schermgebruik. Recent onderzoek bij tomaat bevestigt deze verwachting. Vooral door de verbetering van het kasklimaat en daarmee op de produktie. Uit de meetresultaten blijkt dat een lange gebruiksduur van de schermen en een minimale lichtonderschepping (2%) nu al gerealiseerd worden. Indien in deze bedrijfssituatie bovendien nog de negatieve invloed van de schermduur op de produktie wegvalt, komt de equivalentieprijs uit op de huidige gasprijs van f 0,22 per m<sup>3</sup>. Vanuit de milieudoelstellingen beredeneerd, is deze situatie interessant.

Een mogelijke verdere verbetering van het kasklimaat door schermen maakt een scherm rendabel. Bovendien wordt deze situatie nog eerder bereikt indien schermmateriaal met een hogere isolatiewaarde gebruikt wordt.

### *Aanbevelingen*

Er moet gewerkt worden aan een minimale lichtonderschepping van de scherminstallatie. Een lagere lichtonderschepping van 2% kan worden gerealiseerd door kleinere scherpakketten. Dit kan onder andere door gebruik te maken van soepeler schermdoeken die gemakkelijker opvouwbaar zijn.

Het verdient aanbeveling om de computerprogrammatuur met betrekking tot de schermregeling te verbeteren. Ook moet het mogelijk zijn om met een nauwkeurig regelbare schermopening (vochtzier) te werken. Daarnaast moet de mogelijkheid meer benut worden om te schermen in bepaalde delen van de nacht, afhankelijk de klimaatomstandigheden. Deze verbeteringen hebben een positief effect op het kasklimaat.

De toeleveranciers moeten meer aandacht geven aan het optimaliseren van de gebruiksmogelijkheden van het scherm. Belangrijk is dat er een goede onderlinge afstemming van de mogelijke verbeteringen op het gebied van schermen plaatsvindt. Hierbij moeten zowel de kassenbouwers, als de schermleveranciers en de klimaatcomputerleveranciers betrokken zijn.

Bij veel tomaten-tuinders bestaat scepsis ten aanzien van het gebruik van schermen. Vooral als het gaat over langer schermen, dus ook in perioden waarin de klimaatomstandigheden naar hun inzicht niet geschikt zijn om het scherm te gebruiken. De barrière die er bestaat tussen de inzichten in het onderzoek en de mening van de tuinders dient overbrugd te worden. Kennisoverdracht vanuit praktijkgerichte demonstratieprojecten zijn van essentieel belang voor de acceptatie van de onderzoeksresultaten door de tuinders.

# SUMMARY

The Dutch glasshouse industry, with a yearly consumption of about four billion cubic metres of natural gas, has made an agreement with the government to improve the energy efficiency (use of energy per product unit) by 50% over the period 1980-2000. Furthermore, there is a national objective to reduce CO<sub>2</sub> emission by 3 to 5% from 1989/1990 levels by the year 2000. This can be realized by using energy-saving options. A thermal screen is one of these options. In the "action plan" of the agreement the thermal screen is an important option.

The application of mobile thermal screens for cutflowers and potplants is considerable, respectively 75 and 83% of the area. In vegetable growing it is limited to 22% of the area. Thermal screens are not used by most tomato growers, because they believe that the energy saving does not compensate for the loss of production. The loss of production is attributed to the interception of light by the screen and to unfavourable climatic conditions in the greenhouse. In practice there is not enough insight available. Therefore the degree of penetration of thermal screens is restricted.

The objective of the research is to obtain quantitative insight into the effects of a mobile screen on the use of energy and the production level of the crop and its farm economics in the case of tomatoes.

## *Method*

The research is carried out on the basis of comparison of 41 glasshouse holdings during two years. Thirty of these holdings use a thermal screen whereas the remaining eleven do not. On the one hand, the relation between screen use and the consumption of energy has been analysed. On the other hand the relation between the use of a screen and the production of tomatoes has been analysed. The results are used for farm economic evaluation. In addition, expected developments from other research on screen use in the cultivation of tomatoes are taken into consideration. For that, results of screen research are used from the Research Station for Floriculture and Glasshouse Vegetables (PBG) in Naaldwijk.

## *Measuring results*

The thermal screen is used in winter and autumn, in the beginning and at the end of the cultivation period of tomatoes. The screening of the greenhouse is strongly related to the temperature outside the greenhouse. A lower temperature results in screening of the greenhouse. The average

temperature outside in both years does not deviate much from the mean values.

In 1992/1993 the average consumption of energy was 60.5 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup> and in 1993/1994 it was 56.7 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. In both years it ranged from 44 to 72 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. In 1992/1993 the average production of tomatoes was 48.7 kg per m<sup>2</sup>. In 1993/1994 it was 48.3 kg per m<sup>2</sup>. The differences between the holdings range from 38 to 61 kg per m<sup>2</sup>.

The average annual screen use was well over 800 hours in winter. In the autumn of 1992/1993 it was 300 hours and in the autumn of 1993/1994 it was 100 hours. The total screen use in both years ranged from 350 to 2,400 hours.

On all holdings a boiler was used for CO<sub>2</sub> enrichment. In both years the average CO<sub>2</sub> enrichment was 33 kg per m<sup>2</sup>. The differences between the holdings were large and ranged, in both years, from 11 to 53 kg per m<sup>2</sup>. The transmission of light of the glasshouses ranged from 63 to 76%. In 1992, the light loss due to the screen installation in the glasshouse was 5,2%, in 1993/1994 it was 4,8%. The differences varied from 2 to 8%.

### *Energy use*

The effect of screens on the use of energy is specified in two sub-periods of the growing period in which screens are used, namely from winter to week 17 and in autumn from week 42 to the end of the cultivation period.

In winter the next three variables explain 71% of the differences in energy use, namely:

- duration of screen use;
- simultaneous heat and ventilation values in the glasshouse;
- starting date of heating the glasshouse.

Using a screen for about 800 hours results in an energy saving of 5 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. A 20% higher value for simultaneous heating and ventilation of the glasshouse results in a higher average gas consumption of 0.4 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. At the beginning of cultivation, heating the glasshouse a day later results in a decrease of gas consumption of 0.16 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>.

In autumn two variables account for 68% of the differences in energy use, namely:

- duration of screen use;
- CO<sub>2</sub> dosage.

A screen use of about 150 hours results in an energy saving of 0.7 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. A lower CO<sub>2</sub> dosage of 3 kg per m<sup>2</sup> decreases gas consumption by 0.5 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>.

The average screen use in winter is 800 hours and in autumn it is 150 hours. This results in an energy saving of 10%. The holding with the longest screen use saves well over 20%.

## *Production*

The differences in production are determined in two sub-periods of the growing period, namely from the beginning of cultivation to week 20 and from week 20 to the end of the cultivation period. In the first period three variables account for 42% of the differences in production, namely:

- screen use;
- light transmission of the glasshouse;
- loss of plants.

Using the screen for 800 hours decreases production by 0.7 kg per m<sup>2</sup>, which is 6% lower. A lower light transmission of 5% decreases production by 0.4 kg per m<sup>2</sup>, 3% of the production. In this period, both variables together result in a decrease of production by 9%.

In the second period (after week 20) the differences in production are caused by the variables light transmission and CO<sub>2</sub> dosage. These variables explain 45% of the differences. An interception of light in the greenhouse of 5% by the screen installation decreases production by 1.7 kg per m<sup>2</sup>. This is 5% of the average production in this period.

In the winter period, the effect of light interception on production is less than in the summer period. This is an indication that the loss of production in winter is partly compensated for by a positive effect of the screen on the climate in the glasshouse.

Annually, the total average loss of production by the screen amounts to 6% or about 3 kg per m<sup>2</sup>.

## *Farm economical evaluation*

In the farm economical evaluation the break-even price is specified. This is the gas price at which the economical benefits of a thermal screen are equal to the disadvantages. In the present average situation of the holdings screens are not economically feasible. Especially the loss of production plays a prominent part in this.

Screens become interesting at a gas price of DGL 0.97 per m<sup>3</sup>, which is considerably higher than the present price of DGL 0.22 per m<sup>3</sup>.

Improvement of the use of screens, like less interception of light and a longer screen use increases the saving of energy and decreases the loss of production. But all the time the break-even price for screens at a level of DGL 0.47 is too high.

Also, the economic evaluation shows that changes of the investment sum of the screen installation and changes in the tomato price play a small part as far as farm economics are concerned. The break-even price, then, fluctuates around DGL 1.- per m<sup>3</sup> of gas.

In the near future the growing technical research is expected to produce a number of improvements regarding screen use. Recent research on tomatoes confirms this expectation, especially concerning the improvement of the glasshouse climate and with that the production. The measuring results show that a long screen use and a minimal interception of light (2%)

has already been realized. If in this situation also the negative effect of screen use on production disappears, the break-even price leads to the present gas price of DGL 0.22 per m<sup>3</sup>. Considering the environmental objectives, this is an interesting situation. A possible further improvement of the glasshouse climate by screens would make screens more profitable. Besides, this situation will be realized sooner if the screen material obtains a better insulation value.

### *Recommendations*

One has to be active to get a minimal interception of the light by the screen installation. A reduction in the interception of light to a level of 2% can be realized by smaller screen sets. This can be achieved by using more flexible screen materials.

It is recommended to improve computer software for screen regulation. It should be possible to work with accurately adjustable screen openings. Besides, growers should use screens more at different times during the night, depending on the climatic circumstances. These improvements have a positive effect on the climate of the glasshouse.

The suppliers must give more attention to optimizing the possibilities of using screens. It is very important that a fine tuning of the possible improvements of screens is carried out. For this, glasshouse manufacturers and suppliers of screens and of climate computers alike have to cooperate.

Many tomato growers are sceptical about using screens, especially concerning the longer use when the climate is not good enough for using screens in their opinion. The gap between the insights of the research and the opinion of the growers has to be bridged. Transfer of knowledge from demonstration projects aimed at gaining practical insight are very important for the acceptance of research results by growers.

# 1. INLEIDING

In de Nederlandse glastuinbouw is het energiegebruik hoog, het totaalverbruik is momenteel circa 4 miljard m<sup>3</sup> aardgas (Van der Velden et al., 1995). Tussen de overheid en het bedrijfsleven is een Meerjarenafspraken Energie gemaakt (Meerjarenafspraken, 1992). De doelstelling in de Meerjarenafspraken is een verbetering van de energie-efficiëntie van 50% in 2000 ten opzichte van 1980. Onder de energie-efficiëntie wordt verstaan het energiegebruik per eenheid produkt. De verbetering hiervan kan gerealiseerd worden door produktieverhoging of door energiebesparing of een combinatie van beide. Ook wordt gestreefd naar een vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 3-5% over de periode 1989/90-2000. Vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot kan alleen gerealiseerd worden door energiebesparing.

Er is een groot aantal energiebesparende maatregelen voor handen. Een belangrijke energiebesparende maatregel is de toepassing van energieschermen. Door een scherm tussen het gewas en het glas te plaatsen kan het verlies aan warmte sterk worden verminderd. In gesloten toestand van het scherm kan de energiebesparing oplopen tot 60%, afhankelijk van de isolatiewaarde van het schermdoek. In de glastuinbouw worden momenteel op 51% van het areaal beweegbare schermen gebruikt, met name in de bloemen- en potplantenteelt (Van der Velden et al., 1995). In mindere mate komt dit voor in de groententeelt (22%).

De reden waarom in de groententeelt relatief weinig beweegbare schermen worden toegepast ligt in het feit dat vooral in de tomatenteelt weinig wordt geschermd. Ongeveer 30% van het groente-areaal onder glas bestaat immers uit de teelt van tomaten. De oorzaak van de lage penetratiegraad van schermen in de tomatenteelt is dat telers verwachten dat de energiebesparing teniet wordt gedaan door produktievermindering. Produktievermindering wordt toegeschreven aan de lichtonderschepping door het scherm (pakket) en door een hogere luchtvochtigheid onder het scherm. Kwantitatief inzicht in deze relaties op praktijkniveau is onvoldoende beschikbaar.

De bereidheid in de tomatenteelt om energieschermen toe te passen is afhankelijk van de economische haalbaarheid. Voor de beoordeling hiervan is het belangrijk inzicht te hebben in de effecten van schermgebruik op het energiegebruik en de produktie.

Het doel van het onderzoek is het verkrijgen van kwantitatief inzicht in de effecten van een beweegbaar energiescherm op het energiegebruik en de produktie in de praktijk en de bedrijfseconomische mogelijkheden voor het gewas tomaat.

Het onderzoek is uitgevoerd voor beweegbare schermen, vaste schermen zijn buiten beschouwing gelaten. Deze worden immers een korte periode gebruikt (circa 6 weken) en dragen slechts in beperkte mate bij aan



energiebesparing. Daarbij komt dat beweegbare schermen beter aansluiten bij toekomstige ontwikkelingen, zoals het beïnvloeden van de kwaliteit door schermen, bijvoorbeeld het schermen tijdens zomerse dagen met veel zonnestraling en een schraal gewas. Een andere toekomstige ontwikkeling is de beheersing van het klimaat door het regelen met een vochtmier (Van Holsteijn, 1994).

In hoofdstuk 2 wordt uiteengezet welke methode is gebruikt en welke metingen zijn verricht. De meetresultaten staan in hoofdstuk 3. De analyse-resultaten komen in hoofdstuk 4 aan de orde. In de hoofdstukken 3 en 4 wordt vooral ingegaan op de relaties tussen schermgebruik, het energiegebruik en de produktie. In het onderzoek zijn ook de relaties met CO<sub>2</sub>-dosen geanalyseerd. Dit onderwerp is in bijlage 7 verder uitgewerkt. Hoofdstuk 5 handelt over de bedrijfseconomische evaluatie. Tenslotte komen de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 6 aan de orde.

## 2. MATERIAAL EN METHODE

### 2.1 Opzet van het onderzoek

In het onderzoek wordt het effect van energieschermen op het energiegebruik en de produktie geanalyseerd en is een bedrijfseconomische evaluatie uitgevoerd. Dit vindt plaats op basis van bedrijfsvergelijking met een groep van 40 homogene bedrijven met de teelt van tomaten. De groep bestaat uit 29 bedrijven met een scherm en 11 bedrijven zonder scherm. De bedrijfskeuze wordt nader toegelicht in paragraaf 2.2.

Om de verschillen in het energiegebruik en de produktie te verklaren zijn gegevens verzameld over de gebruiksduur van de schermen. Daarnaast is een groot aanvullende gegevens verzameld, bijvoorbeeld het CO<sub>2</sub>-doseren en droogstoken. Dit komt in de paragrafen 2.3 en 2.4 aan de orde. Voor het kwantificeren van een aantal van deze variabelen is op de bedrijven meetapparatuur gebruikt. Dit wordt in paragraaf 2.5 verder behandeld.

Het onderzoek strekt zich uit over twee teeltseizoenen, namelijk 1992/1993 en 1993/1994. Hierdoor is het mogelijk om de jaarinvloed op energiegebruik en produktie te kwantificeren. Bovendien kon na het eerste jaar de gegevensverzameling op onderdelen bijgestuurd worden.

Op basis van de theorie zijn veel relaties kromlijng. Vooral wanneer het hele traject tot het technisch maximum in beschouwing wordt genomen. In de praktijk wordt echter gestreefd naar een economisch optimum; marginale kosten zijn dan gelijk aan marginale opbrengsten. Tuinders werken bewust of onbewust met een dergelijk doel. Dit economisch optimum leidt tot een beperkter traject waar sprake is van nagenoeg rechtlijnige verbanden. Voor deze analyse wordt de methode van multiple lineaire regressie gebruikt. Op het LEI-DLO is met deze onderzoeksmethode ervaring opgedaan (Nawrocki et al., 1991, Van der Sluis et al., 1992 en Verhoeven et al., 1995). Volledigheidshalve is tijdens de analyse wel getoetst op kromlijng-relaties. Als dit betere resultaten opleverde, is dit bij de analyse-resultaten vermeld.

Als blijkt dat de bedrijfsomstandigheden voor sommige bedrijven te veel afwijken, zijn de betreffende bedrijven buiten beschouwing gelaten, bijvoorbeeld door het eerder beëindigen van de teelt in verband met nieuwbouw of door het ontbreken van bepaalde gegevens. De analyse is uitgevoerd voor de afzonderlijke jaren als wel voor de twee teeltseizoenen gezamenlijk.

Voor de bedrijfseconomische evaluatie (paragraaf 2.6) zijn de analyse-resultaten (relaties) gebruikt. Hierbij wordt beoordeeld of energieschermen bedrijfseconomisch interessant zijn of kunnen worden.

## 2.2 Bedrijfskeuze

Bij de bedrijfskeuze is, behalve het wel of niet gebruiken van een scherm, gestreefd naar een zo groot mogelijke homogeniteit. Om dit te realiseren zijn de volgende selectiecriteria aangehouden:

### *Overeenkomstige kassen*

De kassen op de afzonderlijke bedrijven tonen weinig verschillen. Dit betreft de poothoogte, de leeftijd en lengte-breedte verhouding van de kassen. In alle kassen worden "hogedraad-tomaten" geteeld, waarbij de poothoogte dus minimaal 3,5 meter is. Het bouwjaar van verreweg de meeste kassen is vanaf 1980 tot 1993. Ook zijn de bedrijven redelijk vierkant, waardoor de geveloppervlakte per 100 m<sup>2</sup> kasoppervlak niet veel verschilt. Hierdoor lopen de warmte-verliezen via de gevels niet sterk uiteen.

### *Overeenkomstige buitenomstandigheden*

Alle bedrijven zijn gevestigd in het westen van het land, namelijk 30 bedrijven in het Westland, 8 bedrijven in de Kring en 2 bedrijven op Voorne-Putten. De verschillen in buitenomstandigheden zijn hierdoor klein.

### *Overeenkomstige teeltwijze*

Op alle bedrijven loopt de teeltperiode van november-december tot november van het volgend jaar (jaarrond, vroege stookteelt). Het groei-medium is steen- of glaswol en het teeltsysteem is volgens het "hogedraad-principe". Het CO<sub>2</sub>-doserend vindt primair plaats met de ketel. Op enkele bedrijven wordt aanvullend zuiver CO<sub>2</sub> gedoseerd. In de kassen ligt uitsluitend buisverwarming en geen heteluchtverwarming. De stengeldichtheid is vrijwel gelijk. Bij de grootste plantafstand worden in de zomer extra stengels aangehouden.

### *Type tomaat*

Het type tomaat kan aanleiding zijn voor verschillen in fysieke productie. In het onderzoek is dit zoveel mogelijk beperkt door alleen die tomatenrassen en typen te selecteren met een vergelijkbaar fysiek produktieniveau. Gekozen is voor ronde tomaat en niet vlezige tussentypen. Uit rassenonderzoek is gebleken dat hiertussen geen grote opbrengstverschillen te verwachten zijn (Van Uffelen, 1992a en b).

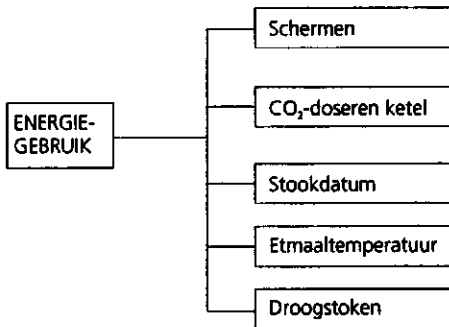
### *Teeltseizoenen*

Het onderzoek strekt zich uit over twee teeltseizoenen. Bedrijven die om uiteenlopende redenen tijdens het eerste jaar afvielen zijn vervangen door andere bedrijven.

### 2.3 Verschillen in energiegebruik

In het onderzoek wordt de relatie tussen de schermduur en het energiegebruik gekwantificeerd. Onder het energiegebruik wordt verstaan de warmteproductie van de ketel en eventueel de warmte/kracht-installatie. Naast het schermgebruik worden ook andere verklarende variabelen voor het energiegebruik in beschouwing genomen (zie figuur 2.1). Verwacht wordt dat ook deze variabelen invloed hebben op het energiegebruik. Deze variabelen worden hierna afzonderlijk behandeld.

Omdat bepaalde bedrijfsomstandigheden slechts een beperkt deel van het jaar van toepassing zijn, wordt de analyse in deelperioden uitgevoerd, bijvoorbeeld de deelperiode t/m week 17 voor de analyse van de relatie tussen schermduur en het energiegebruik. In deze periode worden immers energieschermen in de tomatenteelt gebruikt en niet tussen week 18 en week 40. Bij de behandeling van de meet- en analyseresultaten worden de deelperioden telkens vermeld en zondig gemotiveerd.



Figuur 2.1 Relatieschema energiegebruik op tomatenbedrijven

#### *Schermen*

De isolatiewaarde van het schermmateriaal, de schermduur en het tijdstip van schermen zijn bepalend voor de energiebesparing. De isolerende werking wordt veroorzaakt door vorming van een barrière voor de opstijgende warme en vochtige lucht. Daarnaast ook door vermindering van de uitstraling van warmte door het gewas en de verwarmingsbuizen. In het onderzoek is de schermduur per periode in beschouwing genomen en is informatie verzameld over de isolatiewaarde van het schermmateriaal. Dit geldt niet voor het tijdstip van schermen (bijvoorbeeld het begin of einde van de nacht).

#### *CO<sub>2</sub>-doseran*

In de glastuinbouw wordt met de ketel CO<sub>2</sub> gedoseerd in perioden met en zonder warmtevraag. In perioden met warmtevraag en CO<sub>2</sub>-behoefte in de kas kan met de rookgassen CO<sub>2</sub> gedoseerd worden. Het CO<sub>2</sub>-dose-

ren heeft dan naar verwachting geen invloed op het energiegebruik. Dit speelt vooral in de wintermaanden een rol. In perioden zonder warmtevraag en CO<sub>2</sub>-behoefte wordt wel een relatie tussen het CO<sub>2</sub>-doserend en het energiegebruik verwacht. Dit komt met name tijdens warme en zonnige dagen voor.

#### *Stookdatum en etmaaltemperatuur*

In een kas die één of enkele dagen later verwarmd wordt voor de start van de teelt is minder energie nodig. Met de eerste stookdatum wordt in het onderzoek rekening gehouden. Ook de gerealiseerde etmaaltemperatuur in de kas heeft invloed op het energiegebruik en wordt in het onderzoek in beschouwing genomen.

#### *Droogstoken*

Droogstoken is een maatregel om een teveel aan vocht uit de kas te verwijderen of om de gewasverdamping te bevorderen zonder dat de kasluchttemperatuur daalt. In de praktijk betekent dit dat er meer warmte in de kas wordt gebracht dan nodig is voor het realiseren van de kasluchttemperatuur. Er wordt dan gestookt met de luchtramen open. Door intensiever droogstoken neemt het energiegebruik toe.

## **2.4 Verschillen in productie**

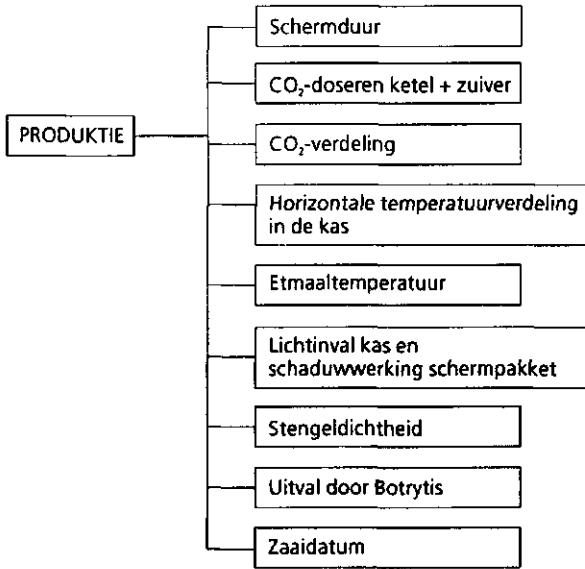
In het onderzoek wordt de relatie tussen het schermgebruik en de productie gekwantificeerd. Hierbij is zowel de totale fysieke productie als het aandeel "binnenland" van de tomaten in beschouwing genomen. De laatste wordt gezien als een indicatie voor de kwaliteit van de geoogste tomaten.

Naast het gebruik van schermen zijn er gegevens verzameld van variabelen waarvan verwacht wordt dat ze ook invloed hebben op de productie. Deze staan in het relatieschema in figuur 2.2 en worden hierna afzonderlijk behandeld. Verwacht wordt dat bepaalde variabelen slechts in een beperkt deel van het jaar invloed hebben op de productie. Dit geldt bijvoorbeeld voor de relatie tussen de schermduur en de productie. Voor de analyse van deze relatie wordt de deelperiode van week 51 t/m week 20 in beschouwing genomen. Deze deelperiode reikt drie weken verder in het jaar dan het scherm maximaal wordt gebruikt (t/m week 17). De reden hiervoor is dat naar verwachting de invloed van schermen op de productie ook na het daadwerkelijk schermgebruik nog van invloed is.

#### *Gebruiksduur schermen*

Het gebruik van schermen in de kas beïnvloedt het kasklimaat en deze beïnvloedt de productie. Dit kan de fysieke productie zijn, maar ook de kwaliteit. De gevolgen kunnen zowel negatief als positief zijn. Tijdens het schermen in de winter en het voorjaar is de luchtvochtigheid onder het schermdoek meestal hoger, vooral onder schermmaterialen met een geslo-

ten structuur. Een hoge luchtvochtigheid heeft volgens sommigen meestal een negatief effect op de produktie, doordat de verdamping van het gewas 's nachts beperkt wordt. Soms is de luchtvochtigheid van nature te laag voor een optimale groei. Verhoging van de luchtvochtigheid door gebruik van een scherm is dan positief (Van Holsteijn, 1991).



*Figuur 2.2 Relatieschema fysieke opbrengsten op tomatenbedrijven*

Een scherm heeft ook invloed op de verticale temperatuurverdeling in een kas. Bij gebruik van een scherm 's nachts wordt de luchttemperatuur bij de "kop" van het gewas warmer en bij de "voet" kouder. Dat is soms positief voor de groei, bijvoorbeeld bij koud weer, maar soms ook negatief doordat vruchten kouder blijven.

#### *CO<sub>2</sub>-doseren*

Het assimilatieproces van het gewas wordt gestimuleerd door een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie in de kas. Dit kan gerealiseerd worden door het doseren van CO<sub>2</sub> en vindt vooral plaats met de rookgassen uit de ketel. Op enkele bedrijven wordt ook aanvullend zuiver CO<sub>2</sub> gedoseerd. Verwacht mag worden dat de CO<sub>2</sub>-concentratie in de kas toeneemt naarmate er meer CO<sub>2</sub> gedoseerd wordt. Intensieve ventilatie van de kas kan dit echter beïnvloeden. De hoeveelheid gedoseerde CO<sub>2</sub> is periodiek gemeten. Dit geldt niet voor de CO<sub>2</sub>-concentratie. De hoeveelheid gedoseerde CO<sub>2</sub> (met de ketel en zuiver CO<sub>2</sub>) wordt gerelateerd aan de produktie.

Niet alleen de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die in de kas gebracht wordt is bepalend voor de produktie, maar ook de verdeling in de kas. Met een slechte

CO<sub>2</sub>-verdeling wordt een lager produktieniveau verwacht dan met een optimale CO<sub>2</sub>-verdeling.

#### *Etmaaltemperatuur en temperatuurverdeling*

Ongelijkheid in de groei en ontwikkeling van het gewas ontstaat onder andere door een ongelijke horizontale temperatuurverdeling. In "koude hoeken" van de kas zal het gewas later produceren dan in warmere delen van de kas. Dit resulteert in een lagere vroege productie. Ook de gerealiseerde etmaaltemperatuur in de kas heeft invloed op de productie en wordt in het onderzoek in beschouwing genomen.

#### *Uitval*

Gedurende de teelt kunnen ziekten en plagen oorzaak zijn van plantuitval en daardoor een lagere fysieke productie of een slechtere vruchtkwaliteit. Met name in de teeltjaren waarin het onderzoek plaatsvond speelden schimmel-aantastingen (Botrytis) een grote rol. Uitval als gevolg van Botrytis is in het onderzoek in beschouwing genomen.

#### *Stengeldichtheid*

De stengeldichtheid op de bedrijven was vrijwel gelijk. Voor 1 april was dit circa 23.000 stengels (planten) per hectare. Na 1 april werd op veel bedrijven een extra stengel aangehouden. Dit resulteerde in circa 28.000 stengels per hectare.

#### *Licht*

Een kleinere lichtinval in de kas resulteert in een lagere productie. Het scherm pakket en de scherminstallatieonderdelen in de kas hebben altijd een negatief effect op de lichtinval en daarmee op het produktieniveau van het gewas. Daarnaast zijn er ook verschillen in lichtinval tussen de kassen onderling. In het onderzoek is de relatie tussen de totale lichtinval in de kas en de productie in beschouwing genomen.

#### *Zaaidatum*

De zaaidatum van het gewas bepaalt deels de productie die behaald kan worden. Verwacht wordt dat de kleine verschillen in de zaaidatum tussen de bedrijven wel invloed hebben op de vroege productie, maar niet op de totale productie.

## **2.5 Metingen**

#### *Energiegebruik*

Het energiegebruik in de kas is bepaald op basis van de warmteproductie van de ketel en eventueel vermeerderd met de warmtelevering van de w/k-installatie. De warmteproductie met de ketel is geschat op basis van het gasverbruik en het gebruiksrendement van de ketel.

Het gebruiksrendement wordt bepaald door:

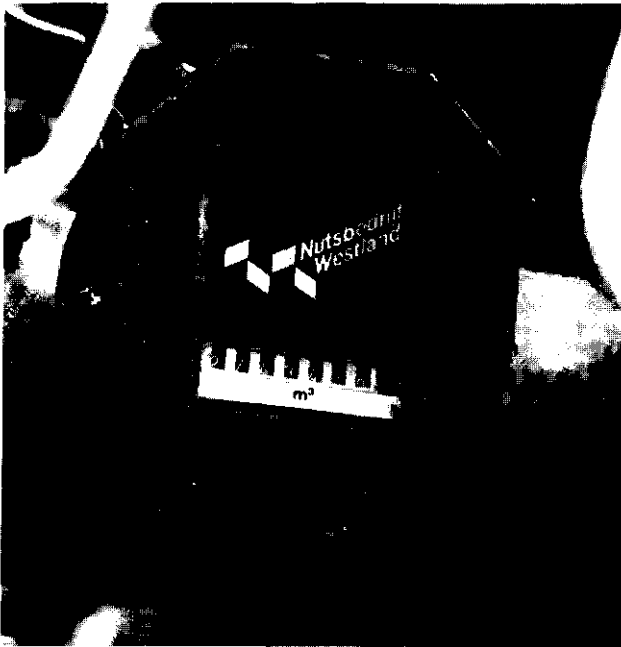
- vaste verliezen van de ketel (bijvoorbeeld stralingsverliezen);
- variabele verliezen van de ketel (bijvoorbeeld schoorsteenverliezen).

De schoorsteenverliezen worden vooral bepaald door het gebruik van een condensor en het type condensor. Met een condensor wordt warmte uit de rookgassen teruggewonnen.

In bijlage 2 is weergegeven hoe de warmteproductie van de ketel wordt geschat. Het energiegebruik ofwel de warmteproductie wordt uitgedrukt in  $\text{m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$  ( $1 \text{ m}^3$  aardgasequivalenten is gelijk aan  $31,65 \text{ MJ}$ ).

Het gasverbruik is wekelijks geregistreerd met de op het bedrijf aanwezige gasmeter en omgerekend naar normatieve Groningse  $\text{m}^3$  aardgas. Er worden twee typen gasmeters gebruikt. Het eerste type is een volumeherleidingsmeter (EVHI) en de tweede is een gewone gasmeter. Bij een EVHI-meter behoeven de gemeten waarden niet gecorrigeerd te worden voor temperatuur en druk, maar wel voor de calorische waarde. Bij een gewone gasmeter moet het gasverbruik naast de calorische waarde ook gecorrigeerd worden voor temperatuur en druk. Het gasverbruik is gecorrigeerd voor andere gebruiksdoelen, zoals de verwarming van de woning of drainwaterontsmetting.

De eventuele warmtelevering van de w/k-installatie is geregistreerd met de aanwezige warmtemeter. Dit vond het tweede teeltseizoen op drie bedrijven plaats.



*De gasmeterstand werd wekelijks geregistreerd*

Foto: Ton Rijdsijk

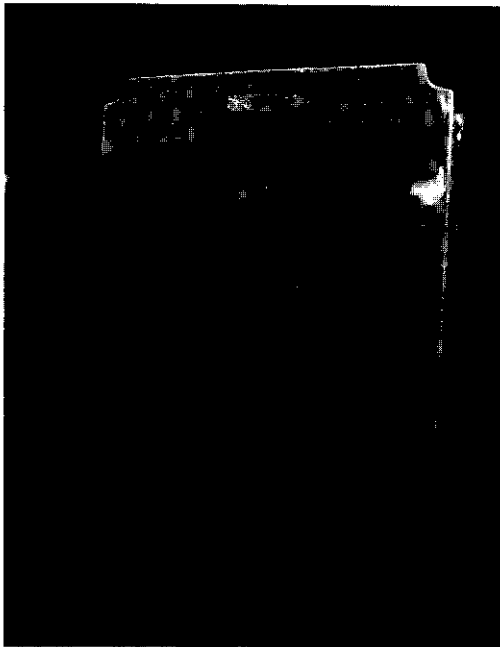


### *Productie*

In het onderzoek zijn alleen de totale hoeveelheden (kg) en het aandeel binnenlandkwaliteit in beschouwing genomen. De produktiegegevens zijn hoofdzakelijk verzameld via een geautomatiseerd bedrijfsvergelijkingssysteem van de Nederlandse Tuinbouw Studieclubs (Groeinet). Met dit systeem zijn de produktiegegevens per bedrijf per week verzameld. Aanvullend zijn produktiegegevens op de veilingen en op de bedrijven verzameld voor correctie van of aanvulling op de produktiegegevens van Groeinet.

### *Schermen*

De gebruiksduur van de schermen is geregistreerd met urentellers. Deze registreren de uren dat het scherm geopend, gedeeltelijk gesloten of volledig gesloten is. Doordat de schermduur wekelijks geregistreerd is, is ook de schermintensiteit (uren per week) bepaald. Daarnaast is aan de hand van de materiaalsoort van het scherm bepaald wat de isolatiewaarde is (Balemans, 1992). Dit is de te realiseren energiebesparing (%) in gesloten toestand.



*Meterkast voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-intensiteit*  
Foto: Ton Rijdsijk

### *CO<sub>2</sub>-doserer*

Het CO<sub>2</sub>-doserer vindt hoofdzakelijk plaats met rookgassen van de ketel. Om de hoeveelheid CO<sub>2</sub> te bepalen die met de ketel in de kas wordt

gedoseerd, is meetapparatuur geplaatst. Hiermee wordt het aardgasverbruik bepaald, waarvan de rookgassen zijn gebruikt voor CO<sub>2</sub>-dosering. Dit resulteert in een CO<sub>2</sub>-intensiteit en wordt uitgedrukt in kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup>. In bijlage 3 staat een voorbeeldberekening.

Naast de hoeveelheid ketel-CO<sub>2</sub> wordt op vijf bedrijven ook de hoeveelheid zuiver CO<sub>2</sub> gedoseerd. Om dit te kwantificeren zijn urentellers op de CO<sub>2</sub>-injecteurs geïnstalleerd. De gedoseerde hoeveelheid zuiver CO<sub>2</sub> per week is bepaald op basis van de hoeveelheid op jaarbasis (nota leverancier) en de doseeruren per week.

De CO<sub>2</sub>-intensiteit van de ketel wordt gerelateerd aan het gasverbruik en de CO<sub>2</sub>-intensiteit van de ketel en zuiver CO<sub>2</sub> worden gerelateerd aan de productie.

#### *Lichtinval in de kas*

De lichtinval in de kas is bepaald met een door de DLV ontwikkeld rekenmodel. Hiervoor is op de bedrijven met het Venlo-kastype de omvang van alle lichtonderscheppende delen boven het gewas gemeten. Van de kas zijn dit de goten, roeden, tralieligger, enzovoort. Van het scherm zijn dit het schermpakket, de stangen enzovoort. De lichtdoorlaat van het glas is, voor zover er geen meetcijfer van het gebruikte glas aanwezig was, voor loodrecht opvallend licht op 89% gesteld. De mate van vervuiling is ter plekke ingeschat. Met de hiervoor genoemde gegevens en het model is de mate van lichtonderschepping geschat. Dit resulteert in een percentage van het diffuus zonlicht dat in de kas doordringt en wordt verder de "lichtinval" genoemd. Hierbij moet dus rekening gehouden worden met beperkte schattingsfouten. Met het eventuele lichtverlies door schermgebruik overdag is geen rekening gehouden.

Op drie bedrijven met een afwijkend kastype is de lichtinval ter plekke op basis van ervaring ingeschat.

#### *Temperatuur kaslucht en buistemperatuur*

De gerealiseerde etmaaltemperatuur in de kas is dagelijks door de deelnemers geregistreerd. Aangenomen is dat de temperatuurgegevens van de bedrijven niet zonder meer vergelijkbaar zijn door afwijkingen van de aanwezige meetapparatuur. Ter correctie zijn op alle bedrijven gedurende 24 uur, eenmaal per kwartier, vergelijkende metingen gedaan met thermokoppels aangesloten aan de meetbox van de klimaatcomputer en een geijkte datalogger. De gemiddelde etmaaltemperatuur is hiermee gecorrigeerd. Meetresultaten van dit onderdeel zijn verwerkt in een vakbladartikel (Van Holsteijn, 1993, zie kennisoverdracht).

#### *Droogstoken*

Op de bedrijven is getracht om met behulp van de klimaatinstellingen inzicht te krijgen in de mate van droogstoken. Met een kasklimaatmodel (Houter, 1991) is berekend hoeveel vermogen (W per m<sup>2</sup>) minimaal onder de heersende klimaatomstandigheden nodig is om de gerealiseerde kastemperatuur te handhaven. Verondersteld is dat het extra vermogen dat wordt

gebruikt, bedoeld is voor het droogstoken. Dit resulteert in een "droogstookwaarde". Voor de droogstookwaarde geldt dat deze niet het werkelijk vermogen voor het droogstoken aangeeft, maar mag wel beschouwd worden als een indicatie voor de mate van droogstoken.

Op vier geschikte dagen verspreid over het jaar is per uur de buistemperatuur, de kastemperatuur en de buitentemperatuur geregistreerd. De buistemperatuur en de kasluchttemperatuur zijn gecorrigeerd met een controlemeting. Hiertoe zijn thermokoppels aan het hoofdnet en eventueel het tweede net aangesloten en gedurende 24 uur per kwartier gemeten en geregistreerd met een geijkte datalogger. Op basis van de verzamelde gegevens tijdens een dag in respectievelijk maart, april, juni en september zijn de droogstookwaarden bepaald. Het gemiddelde hiervan is als variabele gebruikt in de analyse.

#### *Uitval*

Informatie over de uitval van planten door Botrytisaantasting is door middel van een telefonische enquête verzameld (Barendse, 1994). Dit heeft in het tweede teeltseizoen viermaal plaatsgevonden en leverde uitvalcijfers op die betrekking hadden op vier perioden, namelijk de periode tot april, april t/m juni, september en oktober. De uitval is uitgedrukt in planten per hectare.

#### *Horizontale klimaatverschillen*

Onder de horizontale klimaatverschillen wordt in dit onderzoek verstaan de verschillen in horizontale temperatuurverdeling en de horizontale verschillen in CO<sub>2</sub>-concentratie in de kas.

De horizontale verschillen in kasluchttemperatuur zijn afgeleid uit verschillen in bloei van de planten. Afhankelijk van de vorm en grootte van het bedrijf is op 12 tot 20 plaatsen geregistreerd welke bloemtros eind februari in bloei was. De afwijkingen zijn een maat voor de verschillen in temperatuur op verschillende plaatsen in de kas en zijn uitgedrukt in een variatiecoëfficiënt. De variatiecoëfficiënt is de procentuele afwijking van de standaarddeviatie ten opzichte van de gemiddelde waarde. De variatiecoëfficiënt wordt gezien als een maat voor de temperatuurverdeling. Deze meting is alleen in het eerste jaar uitgevoerd.

Om de verschillen in CO<sub>2</sub>-verdeling in de kas te bepalen is met behulp van een manometer, per bedrijf op ongeveer 20 plaatsen in de kas de druk gemeten in de CO<sub>2</sub>-verdeelslangen. De druk in de CO<sub>2</sub>-verdeelslangen is een maat voor de horizontale CO<sub>2</sub>-verdeling in de kas. Zes bedrijven vielen af omdat er verschillende prikmaten in de verdeelslangen zaten. De afwijkingen in CO<sub>2</sub>-verdeling zijn uitgedrukt in een variatiecoëfficiënt per bedrijf. Deze coëfficiënt wordt gezien als een maat voor de CO<sub>2</sub>-verdeling. Deze meting is tijdens het eerste jaar twee maal uitgevoerd. Uitkomsten hiervan zijn gepubliceerd in de vakbladen (De Ruiter, 1993, zie kennisoverdracht).

### *Zaai- en stookdatum*

De zaaidatum is uitgedrukt in het aantal dagen na 30 oktober. De eerste stookdatum is uitgedrukt in het aantal dagen na 23 november.

## **2.6 Bedrijfseconomische evaluatie**

Bij de bedrijfseconomische evaluatie staat de vraag centraal of het energiescherm in de tomatenteelt bedrijfseconomisch interessant is of kan worden. Ter beoordeling hiervan wordt de equivalentieprijs (e.p.) bepaald. Dit is de gasprijs waarbij de opbrengsten van de energieschermen gelijk zijn aan de kosten. Indien de equivalentieprijs lager is dan de gasprijs, is een scherm bedrijfseconomisch interessant. Hierbij worden alleen beweegbare schermdoeken in beschouwing genomen en niet de schermfolies.

De opbrengsten zijn de energiebesparing en de lagere oogstkosten door de opbrengstreductie. Voor het bepalen van de energiebesparing wordt de relatie tussen het schermgebruik en het energiegebruik uit het onderzoek gebruikt. De lagere oogstkosten ontstaan doordat er minder tomaten geplukt hoeven te worden en hierdoor ook lagere kosten op de veiling gemaakt worden (koeling, provisie en dergelijke).

De kosten zijn de jaarkosten van het scherm (afschrijving, rente en onderhoud) en de mogelijke opbrengstreductie door het schermen. De investeringen zijn bepaald op basis van informatie van schermdoekfabrikanten en installateurs. De energieschermen worden lineair afgeschreven. Op basis van de verzamelde gegevens op de 29 schermbedrijven is de afschrijvingstermijn gesteld op 10 jaar en dit geldt zowel voor de installatie als het schermdoek. De rentevoet bedraagt 8% en de rentekosten worden berekend over de gemiddelde boekwaarde (50% van de investering). De onderhoudskosten zijn eveneens gebaseerd op de gegevensverzameling. Het berekend arbeidsloon is gesteld op f 35,- per uur. Voor het kwantificeren van de opbrengstreductie worden de relaties tussen het schermgebruik en de productie uit het onderzoek gebruikt.

De omstandigheden op de glastuinbouwbedrijven lopen sterk uiteen (gebruiksduur en periode, lichtonderschepping). De equivalentieprijs is bepaald voor de gemiddelde en de uiteenlopende omstandigheden in bestaande bedrijfssituaties. Ook worden de verwachte toekomstige ontwikkelingen vanuit het onderzoek in beschouwing genomen, zoals verbetering van het schermgebruik, de invloed op de productie en veranderingen in de investeringen en de tomatenprijs.

## 3. MEETRESULTATEN

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de meetresultaten weergegeven. Eerst wordt in paragraaf 3.2 ingegaan op het gebruik van energieschermen in de praktijk. Daarna komt in paragraaf 3.3 het energiegebruik op de bedrijven aan de orde en de hiermee samenhangende meetresultaten. In paragraaf 3.4 wordt ingegaan op de productie op de bedrijven en de hiermee samenhangende meetresultaten. In paragraaf 3.5 komen de onderhoudskosten aan de orde.

De gegevens zijn gedurende twee teeltseizoenen verzameld. Enkele gegevens zijn alleen in het eerste teeltseizoen verzameld. Deze gegevensverzameling is gestopt als bleek dat deze geen bijdrage leverden aan het verklaren van de verschillen in energiegebruik of productie. Op grond van nieuwe inzichten na het eerste teeltseizoen werden enkele nieuwe aanvullende gegevens in het tweede teeltseizoen verzameld. In de volgende paragrafen komen de meetresultaten aan de orde. Naast de gemiddelde waarden wordt ook de spreiding weergegeven. De spreiding komt aan de orde door zowel de minimum- en maximumwaarde als standaardafwijking te vermelden. Indien de meetresultaten betrekking hebben op één teeltseizoen is dit expliciet vermeld.

### 3.2 Gebruik van energieschermen

#### *Isolatie waarde*

In het teeltseizoen 1992/1993 waren 28 bedrijven met een beweegbaar scherm in het onderzoek en 12 bedrijven zonder scherm. Eén schermbedrijf bestond uit twee aparte kassen met verschillend schermmateriaal. Dit wordt in het onderzoek in beschouwing genomen als twee bedrijven. Op 18 bedrijven werden heldere lichtdoorlatende doeken gebruikt, op 5 bedrijven foliescherm en op 6 bedrijven gedeeltelijk gealuminiseerde doeken of acryldoek. In het teeltseizoen 1993/1994 waren 29 bedrijven (30 kassen) met een beweegbaar scherm in het onderzoek en 11 zonder scherm. Dit resulteerde in 17 bedrijven met heldere lichtdoorlatende doeken, 8 bedrijven met schermfolie en 5 bedrijven met gedeeltelijk gealuminiseerde doeken of acryldoek.

De isolatiewaarde van de doeken en folies in gesloten toestand is bij de heldere doeken en folies 35-40%, alleen de gedeeltelijk gealuminiseerde doeken hebben een hogere isolatiewaarde van 40-55%. De gebruiksduur verschilt sterk per bedrijf. Dit geldt ook voor de condities waaronder geschermd wordt. Hieronder wordt dit nader toegelicht.



*Meterkast voor het bepalen van de schermuren*

Foto: Ton Rijdsijk

### *Gebruiksduur*

Het teeltseizoen begint eind november en eindigt in oktober/november van het daaropvolgende jaar. In een deel van het teeltseizoen worden schermen toegepast. De perioden waarin geschermd wordt, zijn in de winterperiode vanaf het begin van de teelt tot maximaal week 17 en het najaar vanaf week 40 tot het einde van de teelt. Gemiddeld werd in de winterperiode in het eerste teeltseizoen 815 uur geschermd en in het tweede teeltseizoen 866 uur (tabel 3.1). In het najaar was dit respectievelijk 303 en 114 uur. De verschillen liepen over beide jaren in de winterperiode uiteen van 300 tot 1.800 uur.

Naast het volledig sluiten van het scherm wordt het scherm ook gedeeltelijk gebruikt. Hieronder wordt verstaan dat het scherm niet helemaal gesloten wordt ("vocht kier") en ook het dicht- en openlopen van het scherm. Slechts op een enkel bedrijf werd regelmatig een vocht kier aangehouden. In beide teeltseizoenen werd in de winterperiodes ruim honderd uur gedeeltelijk geschermd, uiteenlopend van 10 tot 550 uur.

De schermduur in het najaar van het tweede jaar was korter omdat de teelt in dat jaar eerder beëindigd werd. Dit had verschillende oorzaken. Naast de matige prijsvorming in het najaar waren dit ook de extreme weersomstandigheden in de zomer waardoor de gewassen sterk verouderd waren en de problemen met *Botrytis*-aantasting na de zomer.

Tabel 3.1 De gebruiksduur van schermen per periode en per jaar

Periode	Gemiddeld	Spreiding		
		standaard-deviatie	minimum	maximum
<b>1992/1993</b>				
T/m week 17	815 (104) a)	368 (94)	315 (17)	1.797 (337)
Week 40-47	303 (91)	143 (128)	73 (1)	627 (560)
Gehele jaar	1.121 (199)	440 (194)	555 (26)	2.371 (926)
<b>1993/1994</b>				
T/m week 17	866 (107)	327 (105)	366 (8)	1.669 (547)
Week 40-47	114 (55)	138 (98)	0 (0)	404 (388)
Gehele jaar	986 (170)	418 (192)	366 (8)	2.098 (815)

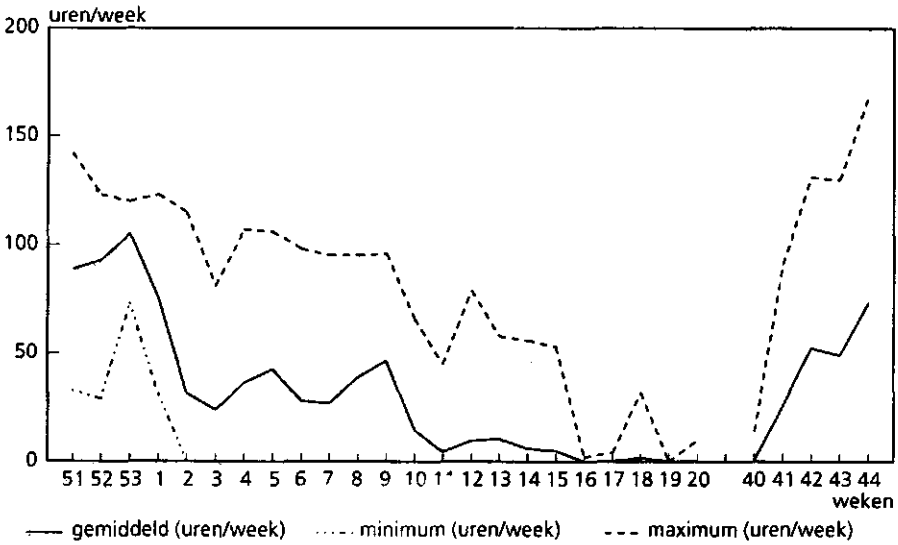
a) Tussen haakjes staat de gebruiksduur van gedeeltelijk gesloten schermen.

### Gebruikswijze

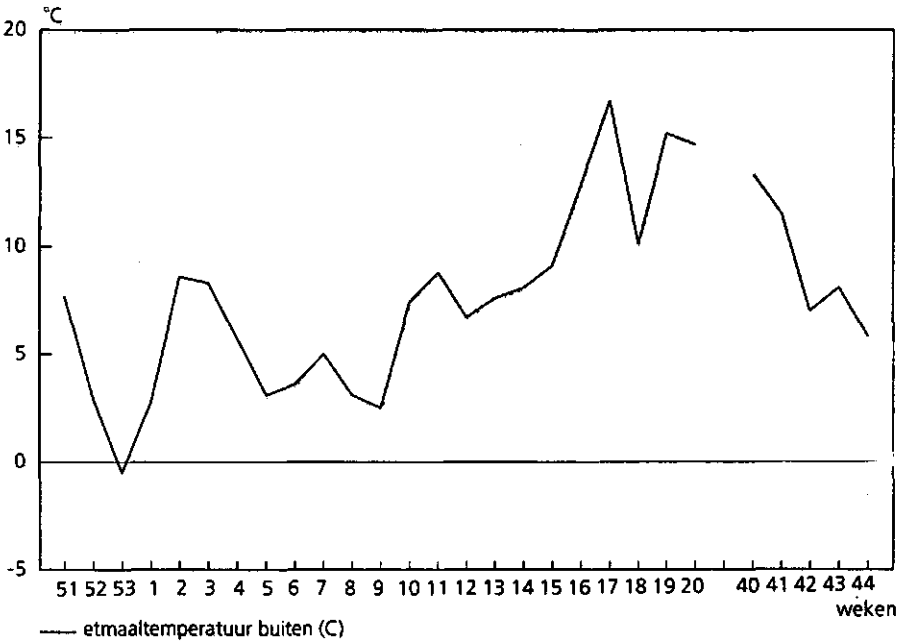
De verschillen in totale gebruiksduur worden veroorzaakt door verschillende omstandigheden waaronder het scherm wordt gesloten. Dit betreft de buitentemperatuur, de stand van het gewas, het schermmateriaal enzovoort. Hierna wordt de gebruikswijze per maand nader toegelicht.

### December

De gemiddelde gebruiksintensiteit (uren per week) van de schermen liep tijdens de teeltperiode sterk uiteen. In de figuur 3.1 en 3.2 is de situatie voor schermdoeken in 1992/1993 illustratief weergegeven. In bijlage 4 is ook de situatie voor folie en het teeltseizoen 1993/1994 weergegeven. Meestal werd geschermd op basis van de buitentemperatuur. Zodra de buitentemperatuur 's nachts onder een bepaald niveau kwam, werd het scherm gesloten. In december en januari liep dit op de bedrijven uiteen van 4 tot 7°C. Ook speelt de windsnelheid hierbij een rol. Bij een harde wind werd de minimum schermtemperatuur met 1 of enkele graden verhoogd. Bovendien werd meestal een minimum buistemperatuur aangehouden van circa 40°C. Als de temperatuur onder het scherm te hoog opliep werd het scherm (gedeeltelijk) geopend. Tot de jaarwisseling werd zodoende gemiddeld circa 100 uur per week volledig geschermd. Gemiddeld was dit 14 uur per dag. De verschillen tussen de bedrijven waren groot. Op sommige bedrijven was de schermduur kort, namelijk 50 uur per week. Op enkele bedrijven met schermfolie schermden men in deze periode dag en nacht. Dit komt alleen voor in het begin van de teelt, bij koud weer, maar later ook door het scherm reeds voor zonsopkomst te sluiten en na zonsopkomst te openen.



**Figuur 3.1** Gemiddelde, minimale en maximale schermduur per week bij schermbedrijven met een doek in het teeltjaar 1992/1993



**Figuur 3.2** Gemiddelde etmaaltemperatuur per week in het teeltjaar 1992/1993



### *Januari en februari*

Na de jaarwisseling nam de gemiddelde schermduur af van 100 uur/week in week 1 naar circa 50 uur/week in week 6. De samenhang tussen schermduur en de buitentemperatuur is met name in deze periode groot. Een stijging van de gemiddelde etmaaltemperatuur buiten resulteerde in een daling van de gemiddelde schermduur. De tuinders met het meeste aantal uren schermen hadden in deze periode het scherm zelfs 10% langer dicht dan de nachtlengte.

De bedrijven met een foliescherm verwijderden geleidelijk in deze periode de schermfolie uit de installaties. In deze periode is de gewasmassa inmiddels groot en kunnen eerder problemen met een te hoge luchtvochtigheid een rol gaan spelen.

In week 7 en 8 zijn de verschillen in gemiddelde schermduur tussen beide jaren groot. In week 7-8 in 1992/1993 was de buitentemperatuur relatief hoog en in 1993/1994 relatief laag (bijlage 4). Dit resulteerde in 1992/1993 in een gemiddelde schermduur van circa 20 uur per week en in 1993/1994 in circa 70 uur per week.

### *Maart en april*

Vanaf week 9 en 10 nam de gebruiksduur van de schermen sterk af. Een aantal bedrijven stopte met schermen. Op de bedrijven waar nog wel geschermd werd, gebeurde dit als de buitentemperatuur onder de 2-4°C kwam. Vanaf week 18 was iedereen gestopt met schermen.

### *Najaar*

In de najaarsperiode werd het schermen vanaf week 40 op de bedrijven hervat. In 1993 steeg de schermduur in korte tijd naar circa 70 uur per week. Het scherm werd vaak gebruikt in combinatie met een behandeling met Ethrel en een hogere kastemperatuur. Hiermee wordt de afrijping van de laatste tomaten versneld. Het volgende jaar werd gemiddeld circa 20 uur per week geschermd, omdat op veel bedrijven de teelt vroegtijdig beëindigd werd (na week 42). Uit beide jaren blijkt dat de beweegbare scherm-doeken meer gebruikt werden in vergelijking met beweegbare scherm-folies.

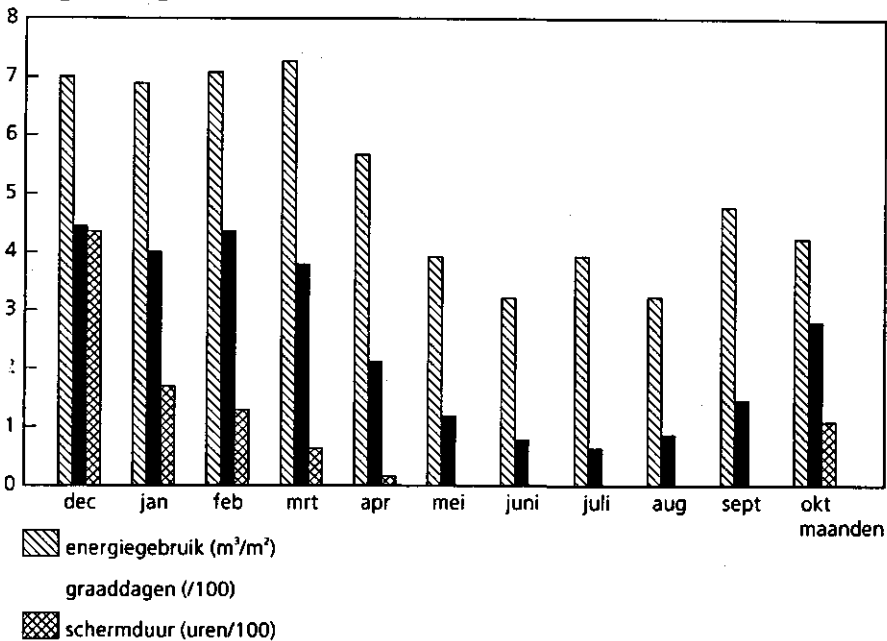
## **3.3 Energiegebruik**

Het energiegebruik bedraagt in 1992/1993 tot en met week 17 op alle bedrijven gemiddeld 34,4 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. In 1993/1994 is dit 33,4. Over het gehele teeltseizoen is het energiegebruik in 1992/1993 gemiddeld 60,5 en in 1993/1994 gemiddeld 56,7 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. Uit tabel 3.2 blijkt dat de verschillen tussen de bedrijven onderling groot zijn.

Tabel 3.2 Gemiddeld energiegebruik en de spreiding tot en met week 17 en op jaarbasis ( $m^3$  a.e. per  $m^2$ )

Periode	Gemiddeld	Spreiding		
		standaard-deviatie	minimum	maximum
<b>Teeltseizoen 1992/1993</b>				
- t/m week 17	34,4	3,9	25,0	42,1
- gehele jaar	60,5	5,6	47,5	72,0
<b>Teeltseizoen 1993/1994</b>				
- t/m week 17	33,4	3,3	27,1	40,1
- gehele jaar	56,7	5,5	43,9	67,5

In figuur 3.3 zijn het energiegebruik, het aantal graaddagen en de schermduur per maand in het teeltseizoen 1992/1993 weergegeven. Hieruit blijkt dat de maanden met het hoogste gasverbruik ook de maanden zijn waarin schermen gebruikt worden. Het aantal graaddagen wordt bepaald op basis van de gemiddelde buitentemperatuur per etmaal. Iedere  $^{\circ}C$  die de gemiddelde etmaaltemperatuur van de buitenlucht onder de  $18^{\circ}C$  ligt is een graaddag.



Figuur 3.3 Het energiegebruik, de graaddagen en de schermduur per maand in het teeltseizoen 1992/1993

In de maanden december tot en met maart ligt het energiegebruik op circa 7 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup> per maand. Het aantal graaddagen is in deze periode circa 400. De schermduur neemt af van ruim 400 uur in december tot circa 100 in maart. Het energiegebruik is in april 5-6 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. Het aantal graaddagen is gehalveerd tot 200 en het gebruik van energieschermen is dan nog zeer beperkt. In de zomerperiode is het energiegebruik 3-4 m<sup>3</sup> a.e. per maand en het aantal graaddagen komt niet boven de 100. Energieschermen worden dan niet gebruikt. In september en oktober neemt het energiegebruik toe tot 4-5 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup> per maand. Het aantal graaddagen neemt ook weer toe tot 150-300. In deze periode worden de energieschermen weer gebruikt.

De verschillen in energiegebruik tussen de bedrijven hangen samen met een aantal bedrijfsomstandigheden. In tabel 3.3 zijn de gemiddelde meetresultaten (en de spreiding) weergegeven van een aantal variabelen, waarvan vooraf verwacht wordt dat ze, naast de gebruiksduur van het scherm, verschillen in energiegebruik veroorzaken. Dit zijn de CO<sub>2</sub>-intensiteit, de droogstookfactor en de eerste stookdatum. Daarnaast is ook de gemiddelde etmaaltemperatuur per maand weergegeven. In welke mate deze samenhangen wordt in hoofdstuk 4 behandeld.

*Tabel 3.3 Meetresultaten van de verklarende variabelen voor het energiegebruik per deelperiode en op jaarbasis in 1992/1993 en 1993/1994*

Verklarende variabelen	Gemiddeld	Spreiding		
		standaard-deviatie	minimum	maximum
<b>Teeltseizoen 1992/1993:</b>				
CO <sub>2</sub> -intensiteit ketel (kg per m <sup>2</sup> )				
- t/m week 17	10,0	2,7	4,4	16,1
- gehele jaar	33,4	9,0	14,1	50,0
Droogstookwaarde (W per m <sup>2</sup> )				
- maart/april	53	15	19	82
Eerste stookdatum a)	10	5	0	19
<b>Teeltseizoen 1993/1994:</b>				
CO <sub>2</sub> -intensiteit ketel (kg per m <sup>2</sup> )				
- t/m week 17	10,0	2,8	5,2	16,8
- gehele jaar	33,2	8,8	11,4	52,5
Droogstookwaarde (W per m <sup>2</sup> )				
- maart/april	50	16	15	89
Eerste stookdatum a)	17	6	6	31

a) Aantal dagen na 23 november.

### *CO<sub>2</sub>-doseren*

Op alle bedrijven werd CO<sub>2</sub> met de ketel gedoseerd. Zowel in 1992/1993 als in 1993/1994 werd tot en met week 17 gemiddeld 10,0 kg per m<sup>2</sup> gedoseerd. In het totale teeltseizoen 1992/1993 werd gemiddeld 33,4 per m<sup>2</sup> gedoseerd. In 1993/1994 was dit 33,2 kg per m<sup>2</sup>. Uit de tabel 3.3 blijkt dat de verschillen tussen de bedrijven groot zijn.

### *Droogstoken*

De gemiddelde droogstookwaarden op de bedrijven in 1992/1993 en 1993/1994 waren respectievelijk 53 en 50 W per m<sup>2</sup>. Deze uitkomsten zijn gebaseerd op waarnemingen van in totaal vier dagen in februari, april, juni en september. Het zijn momentane waarden en hebben betrekking op de vroege ochtenduren tussen 6 en 9 uur. De verschillen tussen de bedrijven zijn ook hier groot, uiteenlopend van 15 tot 89 W per m<sup>2</sup>.

### *Eerste stookdatum*

De eerste stookdatum verschilde per jaar. In 1992/1993 werd gemiddeld 3 december de kas op temperatuur gebracht. In 1993/1994 was dit gemiddeld een week later, namelijk 10 december.



*De verwarmingsketel*  
Foto: Ton Rijdsijk

### *Gemiddelde etmaaltemperatuur*

Gegevens over de gemiddelde etmaaltemperatuur zijn alleen in 1992/1993 verzameld. In de eerste maanden van de teelt was de gemiddelde temperatuur circa 18°C. Vanaf april tot en met september was dit 19-20°C. Daarna daalde deze tot 18°C. De spreiding was beperkt en schommelde hooguit 1°C rond de gemiddelde waarde.

### **3.4 Productie**

De productie tot en met week 20 was in 1992/1993 gemiddeld 12,4 en in het daaropvolgende jaar 11,1 kg per m<sup>2</sup>. In totaal werd in 1992/1993 een productie behaald van gemiddeld 48,7 kg per m<sup>2</sup> en in 1993/1994 was dit 48,3 kg per m<sup>2</sup>. Uit tabel 3.4 blijkt dat de verschillen in productie tussen de bedrijven groot is. Het percentage "binnenland" in 1992/1993 was 3,3% van de totale productie, in 1993/1994 was dit 3,8% (tabel 3.5). Tot en met week 20 in het eerste teeltseizoen was het aandeel binnenlandkwaliteit relatief groot (5,5%).

*Tabel 3.4 Gemiddelde productie tot en met week 20 en op jaarbasis in 1992/1993 en 1993/1994 (kg per m<sup>2</sup>)*

Periode	Gemiddeld	Spreiding		
		standaard-deviatie	minimum	maximum
Teeltseizoen 1992/1993:				
- t/m week 20	12,4	1,1	9,6	14,5
- gehele jaar	48,7	5,2	37,6	60,7
Teeltseizoen 1993/1994:				
- t/m week 20	11,1	1,1	8,9	13,3
- gehele jaar	48,3	5,0	39,7	59,1

De verschillen in productie hangen samen met een aantal bedrijfsomstandigheden. In tabel 3.6 zijn de meetresultaten weergegeven van een aantal variabelen, waarvan verwacht wordt dat ze, naast de gebruiksduur van het scherm, verschillen in de productie veroorzaken. Dit zijn lichtinval in de kas, de totale CO<sub>2</sub>-intensiteit (ketel en zuiver), het aantal planten dat door Botrytis is uitgevallen en de zaaidatum. Daarnaast zijn ook de meetresultaten van de CO<sub>2</sub>-verdeling en de horizontale temperatuurverdeling in de kas weergegeven. In welke mate de variabelen samenhangen met de productie wordt in hoofdstuk 4 behandeld.

Tabel 3.5 Aandeel binnenlandkwaliteit tot en met week 20 en op jaarbasis in 1992/1993 en 1993/1994 (%)

Periode	Gemiddeld	Standaarddeviatie
Teeltseizoen 1992/1993:		
- t/m week 20	5,5	4,6
- gehele jaar	3,3	1,8
Teeltseizoen 1993/1994:		
- t/m week 20	2,4	1,8
- gehele jaar	3,8	1,8

### CO<sub>2</sub>-doseren

Voor de verschillen in de produktie speelt de totale CO<sub>2</sub>-intensiteit op de bedrijven een rol. Dit is de totale gedoseerde hoeveelheid CO<sub>2</sub> vanuit de rookgassen en aanvullend zuiver CO<sub>2</sub>. De totale CO<sub>2</sub>-intensiteit is vrijwel gelijk aan de CO<sub>2</sub>-intensiteit met de ketel. In 1992/1993 was dit gemiddeld 33,8 kg per m<sup>2</sup> en in 1993/1994 34,3 kg per m<sup>2</sup> (zie tabel 3.6).

Zuiver CO<sub>2</sub> wordt slechts beperkt toegepast. In 1992/1993 vond dit plaats op vier bedrijven en werd gemiddeld 3,2 kg per m<sup>2</sup> gedoseerd. In 1993/1994 werd op 5 bedrijven gemiddeld 3,3 kg per m<sup>2</sup> aanvullend zuiver CO<sub>2</sub> gedoseerd.

### Lichtinval

De lichtinval in de kas wordt bepaald door de lichtonderschepping van het kasdek en van de scherminstallatie. In 1992/1993 was voor week 20 de lichtinval gemiddeld 68,9%. Na week 20 bedroeg dit 69,1%. De hogere lichtinval na week 20 werd veroorzaakt doordat op de bedrijven met een foliescherm na de schermperiode (tot week 17) het schermmateriaal uit de installatie verwijderd werd. Er is geen rekening gehouden met lichtverlies op de dag. In het tweede teeltjaar was de lichtinval voor week 20 gemiddeld 69,3 en na week 20 gemiddeld 69,8%. De gemiddelde lichtonderschepping van de scherminstallatie in 1992/1993 was 5,2%. In 1993/1994 was dit 4,8% (tabel 3.6).

### Uitval door *Botrytis*

Gegevens over de uitval door *Botrytis*aantasting zijn alleen in het tweede teeltseizoen verzameld. Gemiddeld was de uitval voor week 20 circa 50 planten per hectare (0,3% van het totaal aantal planten) en varieerde tussen de bedrijven van 0 tot ruim 318. Na week 20 was dit gemiddeld 450 planten per hectare (2% van het totaal aantal planten), uiteenlopend van 10 tot 2.300 (tabel 3.6).



*Het scherm pakket onderschept licht en dat kost productie*  
Foto: Ton Rijsdijk

#### *Zaaidatum*

De zaaidatum was in het tweede teeltseizoen gemiddeld 7 dagen later. Gemiddeld werd in 1992/1993 op 9 november gezaaid, in 1993/1994 was dit 16 november.

#### *Horizontale temperatuurverdeling*

De horizontale temperatuurverdeling is in kaart gebracht door te registreren welke bloemtros eind februari in bloei was. Gemiddeld was de zevende tros in bloei en dit varieerde tussen de bedrijven van 4,9 tot 7,7. De variatie-coëfficiënt liep uiteen van 1,7 tot 8,4%. Op twee vijfde deel van de bedrijven was de variatie-coëfficiënt groter dan 5%. Dit betekent dat op deze bedrijven rond de gemiddelde bloemtros een spreiding voorkwam van meer dan 0,4 tros.

#### *CO<sub>2</sub>-verdeling*

De CO<sub>2</sub>-verdeling, afgeleid van de drukverdeling in de CO<sub>2</sub>-verdeel-slangen, verschilde ook sterk per bedrijf. Op driekwart van de bedrijven was de afwijking groter dan 20% en op een vijfde van de bedrijven maar liefst 50% (De Ruiter, 1993, zie kennisoverdracht).

Tabel 3.6 Meetresultaten van de verklarende variabelen voor de productie per deelperiode en op jaarbasis in 1992/1993 en 1993/1994

Verklarende variabelen	Gemiddeld	Spreiding		
		standaard-deviatie	minimum	maximum
<b>Teeltseizoen 1992/1993</b>				
CO <sub>2</sub> -intensiteit (kg per m <sup>2</sup> )				
ketel en zuiver				
- t/m week 20	13,0	3,4	6,1	19,9
- gehele teeltseizoen	33,8	8,9	14,1	50,0
Lichtinval in de kas (%) a)				
- t/m week 20	68,9	2,9	63,0	76,1
- na week 20	69,1	3,0	63,0	76,1
Lichtonderschepping scherm (%)				
- ten opzichte van kas zonder scherm	5,2	1,5	2,2	8,3
Zaaidatum b)	10	4	0	19
<b>Teeltseizoen 1993/1994</b>				
CO <sub>2</sub> -intensiteit (kg per m <sup>2</sup> )				
ketel en zuiver				
- t/m week 20	13,5	3,5	7,4	21,3
- gehele teeltseizoen	34,3	8,7	18,9	52,5
Lichtinval in de kas (%)				
- t/m week 20	69,3	2,7	64,3	76,1
- na week 20	69,8	2,7	64,3	76,1
Lichtonderschepping scherm (%)				
- ten opzichte van kas zonder scherm	4,8	1,6	2,2	8,3
Uitval door Botrytis (aantal per ha)				
- voor week 20	50	83	0	318
- na week 20	450	490	10	2.300
Zaaidatum b)	17	5	4	27

a) Lichtinval na week 20 hoger door verwijderen van schermfolie op enkele bedrijven; b) Aantal dagen vanaf 30 oktober.

### 3.5 Onderhoudskosten

De onderhoudskosten van de scherminstallatie zijn gesplitst in jaarlijkse werkzaamheden aan de installatie of het doek (folie) en incidentele kosten, zoals vervangen van een schermmotor enzovoort.

Op vrijwel alle bedrijven wordt jaarlijks aan de scherminstallatie of de doeken gewerkt, hetzij reparatiewerkzaamheden, hetzij onderhoudswerkzaamheden (smeren van de aandrijving en dergelijke). Het aantal uren onderhoud aan de scherminstallatie is gemiddeld 9 uur per hectare per jaar. Voor werkzaamheden aan het doek is jaarlijks gemiddeld 4 uur per hectare nodig. In totaal is dit 13 uur per hectare per jaar ofwel f 0,05 per m<sup>2</sup>. Echter,



de bedrijven met folieschermen besteden per jaar veel meer tijd aan het scherm. Onderhoud aan de installatie vraagt gemiddeld 22 uur per hectare en onderhoud aan het foliescherm vraagt gemiddeld 73 uur per hectare per jaar. Dit laatste omvat het verwijderen en weer installeren van de folie in de installaties. In totaal zijn de onderhoudskosten f 0,33 per m<sup>2</sup>. Verder brengt het scherm incidentele kosten met zich mee. Gemiddeld op alle bedrijven is dit f 150,- per hectare. Dit kan per bedrijf sterk variëren. Op het grootste deel van de bedrijven zijn tijdens het onderzoek geen incidentele kosten gemaakt. Op enkele bedrijven liep dit uiteen van f 75,- tot f 3.500,- per hectare.

## 4. ANALYSE-RESULTATEN

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de analyse behandeld. Aan de orde komen de variabelen die bepalend zijn voor de verschillen in energiegebruik en de variabelen die bepalend zijn voor de produktie. De analyse is voor beide teeltjaren afzonderlijk uitgevoerd. Als de resultaten grote overeenkomsten vertonen, zijn de meetresultaten van beide jaren gezamenlijk behandeld. In bijlage 5 staan ook de analyse-resultaten van de afzonderlijke jaren vermeld, inclusief een korte verklaring van de belangrijke begrippen. De resultaten komen in de volgende paragrafen aan bod.

Ten slotte kan vermeld worden dat bij de regressievergelijkingen die hier aan de orde komen geen belangrijke intercorrelaties tussen de verklarende variabelen onderling geconstateerd zijn.

### 4.2 Verschillen in energiegebruik

De invloed van de variabelen op het energiegebruik is geanalyseerd in de daarvoor relevante perioden, namelijk de winterperiode vanaf de aanvang van de teelt tot en met week 17 en de najaarsperiode vanaf week 38 tot en met week 42.

#### *Winterperiode*

In de winterperiode zijn de variabelen schermduur, droogstoken en de eerste stookdatum bepalend (statistisch betrouwbaar) voor de verschillen in het energiegebruik. In bijlage 4 zijn de regressievergelijkingen per deelperiode en per teeltseizoen weergegeven en zijn de twee jaren gezamenlijk geanalyseerd. Er bestaat geen betrouwbaar verschil tussen de afzonderlijke jaren. De relatie over de twee jaren gezamenlijk luidt als volgt:

$$\text{WPM} = 37,5 - 0,0062 \text{ SCHED} - 0,16 \text{ STOOK} + 0,04 \text{ DST}, (1)$$

waarin:

WPM = energiegebruik tot en met week 17 ( $\text{m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ )

SCHED = gebruiksduur schermen tot en met week 17 (uren)

STOOK = eerste stookdatum (dagen vanaf 23 november)

DST = droogstookfactor per eind maart en eind april ( $W$  per  $\text{m}^2$ )

De bijbehorende statistische informatie is:

t(SCHD)	=	-11,5
t(STOOK)	=	-4,0
t(DST)	=	2,6
r <sup>2</sup> (%)	=	71
n	=	63

Bij het gebruik van de vergelijking dient rekening gehouden te worden met de spreiding van de variabelen waarbinnen de regressie-analyse is uitgevoerd.

De spreiding per variabele (t/m week 17) is:

WPM	=	25,0 - 42,1	m <sup>3</sup> a.e. per m <sup>2</sup>
SCHD	=	0 - 1.797	uren
STOOK	=	0 - 31	dagen
DST	=	14,9 - 89,3	W per m <sup>2</sup>

De verschillen in energiegebruik in deze periode worden voor 71% verklaard door vergelijking 1. Een kortere gebruiksduur van de schermen en meer droogstoken verhogen het energiegebruik; later opstoken van de kas verlaagt het energiegebruik. Als op een bedrijf in deze periode een scherm 500 uur gebruikt wordt, resulteert dit in een extra energiebesparing van gemiddeld 3,1 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. Tien dagen later starten met het verwarmen van de kas heeft tot gevolg dat het energiegebruik 1,6 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup> lager is en ten slotte resulteert een lagere droogstookfactor van 25 W per m<sup>2</sup> in een lager energiegebruik van 1 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>.

De andere variabelen, namelijk het CO<sub>2</sub>-dosereren, de gemiddelde etmaaltemperatuur en de isolatiewaarde van het schermmateriaal vertonen in deze periode geen statistisch betrouwbare samenhang met het energiegebruik. Dit kan uit het volgende verklaard worden. Het energiegebruik is in deze periode hoog en de ketel wordt niet extra voor het CO<sub>2</sub>-dosereren gebruikt. Intensiever gebruik van de CO<sub>2</sub>-doseerinstallatie begint in de meeste gevallen pas na januari. De verschillen tussen de etmaaltemperaturen op de bedrijven zijn te klein om een statistisch betrouwbare samenhang met het energiegebruik aan te tonen. Dit geldt ook voor de isolatiewaarden van de schermmaterialen.

#### *Najaarsperiode*

In de najaarsperiode hebben alleen de variabelen schermduur en CO<sub>2</sub>-dosereren (statistisch gezien) invloed op het energiegebruik. Er bestaat verschil tussen de jaren. De regressievergelijking over de twee jaren gezamenlijk (1992/1993 en 1993/1994) is:

$$\text{WPM} = 5,0 - 0,0049 \text{SCHD} + 0,15 \text{CIK} - 1,1 \text{DUM}, (2)$$

waarin:

WPM	= energiegebruik in week 38 t/m 42 ( $\text{m}^3$ a.e. per $\text{m}^2$ )
SCHD	= gebruiksduur schermen in week 38 t/m 42 (uren)
CIK	= $\text{CO}_2$ -intensiteit ketel in week 38 t/m 42 (kg per $\text{m}^2$ )
DUM	= jaarinvloed ( $\text{m}^3$ a.e. per $\text{m}^2$ )

De bijbehorende statistische informatie is:

t(SCHD)	= -4,7
t(CIK)	= 3,3
t(DUM)	= -10,1
$r^2$ (%)	= 68
n	= 77

De spreiding per variabele (in week 38 t/m 42) is:

WPM	= 2,2 - 7,0 $\text{m}^3$ a.e. per $\text{m}^2$
SCHD	= 0 - 224 uur
CIK	= 0,8 - 6,8 kg per $\text{m}^2$
DUM	= 0 - 1,0 $\text{m}^3$ a.e. per $\text{m}^2$

De verschillen in energiegebruik worden voor 68% verklaard door bovenstaande regressievergelijking. De invloed van de variabelen op het energiegebruik zijn in het najaar minder groot omdat in deze periode sprake is van "nalevering" van zonnewarmte vanuit de kasgrond en dergelijke gedurende de nacht. Honderd uur meer schermen in deze periode resulteert in een gemiddelde energiebesparing van  $0,5 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ . Een hogere  $\text{CO}_2$ -intensiteit van 3 kg per  $\text{m}^2$  hangt samen met een hoger energiegebruik van ongeveer  $0,5 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$ . Uit de vergelijking blijkt dat in deze deelperiode in 1994 het energiegebruik gemiddeld  $1,1 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$  lager was dan in dezelfde periode in 1993.

### 4.3 Verschillen in produktie

De invloed van de variabelen op de produktie is voor de daarvoor relevante perioden geanalyseerd, namelijk de winterperiode vanaf 20 december tot en met week 20 en de zomerperiode vanaf week 21 tot en met week 42.

#### *Winterperiode*

In de winterperiode beïnvloeden de variabelen schermduur, lichtinval van de kas en de plantuitval de verschillen in de produktie. Om intercorrelatie tussen de variabelen schermduur en lichtinval te voorkomen, zijn voor de analyse alleen de bedrijven met een scherm in beschouwing genomen. Immers, bedrijven met een scherm hebben meestal ook een lagere lichtinval.

In de winterperiode van beide jaren is de relatie bepaald tussen de produktie en de variabelen (schermduur en lichtinval). Echter in het eerste teeltseizoen is er geen statistisch betrouwbare samenhang. In het tweede teeltjaar is dit wel het geval. De uitkomsten wijzen wel in dezelfde richting. Uit de analyse-resultaten van de twee teeltseizoenen gezamenlijk blijkt een betrouwbare samenhang van schermduur en lichtinval met de produktie. Ook is er sprake van een jaarinvloed. De relatie van de twee teeltseizoenen (1992/1993 en 1993/1994) gezamenlijk luidt als volgt:

$$\text{KGM} = 4,9 - 0,0009 \text{ SCHED} + 0,12 \text{ LICHT} - 1,3 * \text{DUM}, (3)$$

waarin:

KGM = produktie tot en met week 20 (kg per m<sup>2</sup>)

SCHED = gebruiksduur schermen van 20 december tot en met week 20 (uren)

LICHT = lichtinval kas tot en met week 20 (%)

DUM = jaarinvloed (kg per m<sup>2</sup>)

Bijbehorende statistische informatie:

t(SCHED) = -2,6

t(LICHT) = 2,4

t(DUM) = -5,5

r<sup>2</sup> (%) = 42

n = 56 bedrijven

De spreiding per variabele (t/m week 20) is:

KGM = 8,9 - 14,5 kg per m<sup>2</sup>

SCHED = 85 - 1.518 uur

LICHT = 63,0 - 72,8 %

DUM = 0 - 1,0 kg per m<sup>2</sup>

De verschillen in produktie in de periode tot en met week 20 worden voor 42% verklaard door regressievergelijking 3. Een schermduur van 800 uur resulteert dit in een lagere produktie van 0,7 kg per m<sup>2</sup>. Dit is 6% van de gemiddelde totale produktie tot en met week 20. De schermduur varieert sterk per bedrijf en heeft dus direct effect op de produktie. Een verlaging van de lichtinval door een scherm van 5% (oftewel 3,5 procentpunt) resulteert in een lagere produktie van 0,4 kg per m<sup>2</sup> (3% van de produktie tot en met week 20). De lichtonderschepping wordt veroorzaakt door de scherminstallatie en kan beschouwd worden als een "vaste" factor die het gehele teeltseizoen niet verandert, behalve als het schermmateriaal verwijderd wordt. Uit de vergelijking blijkt ook dat de jaarinvloed een rol speelt. In 1994 was de produktie gemiddeld 1,3 kg per m<sup>2</sup> lager dan in 1993.

De andere variabelen, namelijk de CO<sub>2</sub>-intensiteit-totaal, de horizontale verdeling van CO<sub>2</sub> en temperatuur in de kas en de zaaidatum vertonen tot en met week 20 geen statistisch betrouwbare samenhang met de produktie. Hiervoor kunnen de volgende verklaringen gegeven worden. Ver-

schillen in CO<sub>2</sub>-intensiteit zullen tot eind maart waarschijnlijk niet tot grote verschillen in CO<sub>2</sub>-concentratie leiden als gevolg van kleine verschillen in ventilatie. Hierdoor zal het effect op de produktie eveneens klein zijn. Ook de verschillen in zaaidatum zijn te klein voor een betrouwbare relatie met de produktie. Wat betreft de horizontale verdeling van de temperatuur en CO<sub>2</sub> speelt waarschijnlijk het "compensatie-effect" een rol. Op plaatsen in de kas met een hogere temperatuur en meer CO<sub>2</sub> zal een hogere produktie gerealiseerd worden dan op plaatsen met een lagere temperatuur en een lagere CO<sub>2</sub>-concentratie. Op de totaalproduktie van de kas heffen deze lokale verschillen elkaar gedeeltelijk op. Ten slotte is er geen betrouwbare relatie gevonden tussen de schermduur en de kwaliteit van de produktie.

### Zomerperiode

In de tweede teeltperiode zijn de variabelen lichtinval en CO<sub>2</sub>-intensiteit-totaal bepalend voor de verschillen in de produktie. Voor de analyse in deze deelperiode komen alle bedrijven in aanmerking omdat in de analyse de schermduur niet meegenomen is. Aan het eind van de teelt heeft de schermduur geen invloed op de produktie omdat het in deze periode feitelijk alleen de uitgroei van de laatste vruchten betreft. Enkele bedrijven die de teelt voor week 42 beëindigd hadden zijn buiten beschouwing gelaten. In bijlage 5 zijn de regressievergelijkingen van de deelperioden per teeltseizoen weergegeven.

In de zomerperiode van beide jaren is een betrouwbare samenhang van de variabelen lichtinval in de kas en CO<sub>2</sub>-intensiteit-totaal met de produktie. Ook is er sprake van een jaarinvloed. De relatie van de twee teeltseizoenen (1992/1993 en 1993/1994) gezamenlijk luidt als volgt:

$$\text{KGM} = -5,9 + 0,49 \text{ LICHT} + 0,24 \text{ CIT} + 1,4 \text{ DUM}, (4)$$

waarin:

KGM	= produktie van week 20 tot en met week 42 (kg per m <sup>2</sup> )
LICHT	= lichtinval in de kas van week 20 tot en met week 42 (%)
CIT	= CO <sub>2</sub> -intensiteit ketel en zuiver in week 20-42 (kg per m <sup>2</sup> )
DUM	= jaarinvloed (kg per m <sup>2</sup> )

Bijbehorende statistische informatie:

t(LICHT)	= 4,4
t(CIT)	= 4,2
t(DUM)	= 2,3
r <sup>2</sup> (%)	= 43
n	= 75 bedrijven

De spreiding per variabele (week 20 tot en met 42) is:

KGM	= 24,3 - 41,7	kg per m <sup>2</sup>
LICHT	= 63,0 - 76,1	%
CIT	= 6,3 - 32,4	kg per m <sup>2</sup>
DUM	= 0 - 1,0	kg per m <sup>2</sup>

De verschillen in produktie in de periode vanaf week 20 worden voor 43% verklaard door vergelijking 4. Een daling van de lichtinval van 5% (ofwel 3,5 procentpunt) resulteert in een lagere produktie van 1,7 kg per m<sup>2</sup> ofwel 5% van de produktie in deze periode. Anders gezegd: 5% minder licht resulteert in een lagere produktie van 5% in deze periode. Een hogere CO<sub>2</sub>-intensiteit van 5 kg per m<sup>2</sup> leidt tot een hogere produktie van 1,3 kg per m<sup>2</sup> (4%). Verder blijkt uit de vergelijking dat in 1994 in deze deelperiode de produktie gemiddeld 1,4 kg per m<sup>2</sup> hoger lag dan in het jaar daarvoor (jaarinvoer).

#### *Verschillen tussen de twee teeltseizoenen*

Het effect van de schermduur op de produktie tussen 1992/1993 en 1993/1994 is respectievelijk 0,0007 en 0,0009 maal de gebruiksduur van de schermen (uren) (zie bijlage 5). Bij de lichtinval zijn dit respectievelijk de factoren 0,10 en 0,18. De coëfficiënten van de regressievergelijkingen van de twee jaren gezamenlijk liggen tussen de waarden van de afzonderlijke jaren in. Een verklaring voor de verschillen tussen de jaren is niet gevonden. Wel moet hierbij vermeld worden dat de lichtonderschepping op de dag door enkele bedrijven in de analyse buiten beschouwing is gelaten. De verschillen in produktie worden voor 42% (formule 3) door de lichtinval en de schermduur verklaard. De overige 58% kon niet met de geregistreerde variabelen verklaard worden.

#### *Botrytis*

In het tweede teeltseizoen kwam naar voren dat Botrytis-aantasting van het gewas via het uitvalpercentage invloed heeft op de produktie en wel in de teeltperiode voor week 20. Een plantuitval van gemiddeld 60 planten per hectare tot week 20 hangt samen met een lagere produktie van 0,2 kg per m<sup>2</sup> (bijlage 5). De uitval, uitgedrukt in planten per hectare moet beschouwd worden als een indicatie voor de aantasting van de planten door Botrytis. Immers, de opbrengstderving door uitsluitend 60 uitgevallen planten per hectare kan nooit resulteren in een opbrengstderving van 0,2 kg per m<sup>2</sup>. Het is niet denkbeeldig dat de klimaatomstandigheden die tot een grotere Botrytis-aantasting hebben geleid ook een ongunstige invloed hebben gehad op de produktie.

Er is geen relatie gevonden tussen de schermduur en de plantuitval, evenmin tussen het al of niet gebruik maken van een scherm met de plantuitval. Wel neemt het aandeel binnenlandkwaliteit toe bij een hogere plantuitval. In de periode na week 20 heeft de plantuitval geen betrouwbare relatie met de produktie.

## 5. BEDRIJFSECONOMISCHE EVALUATIE

### 5.1 Inleiding

Voor de bedrijfseconomische evaluatie wordt de equivalentieprijs van aardgas berekend voor het gebruik van energieschermen. Dit is de gasprijs waarbij de economische voordelen van een energiescherm gelijk zijn aan de nadelen. Indien de equivalentieprijs lager is dan de huidige gasprijs zijn energieschermen in de teelt van tomaten bedrijfseconomisch aantrekkelijk.

De equivalentieprijs wordt berekend voor meerdere situaties. In de eerste plaats voor de gemiddelde bedrijfssituatie van de groep bedrijven in het onderzoek, zoals die is beschreven in de vorige hoofdstukken. Dit wordt de uitgangssituatie genoemd (situatie 1). Hierbij worden de kosten en opbrengsten bepaald door het gebruik van het energiescherm in relatie tot de situatie waar geen energiescherm gebruikt wordt. Daarna is een aantal uiterste bedrijfssituaties in beschouwing genomen. Uitgangspunten bij deze situaties zijn de uiterste waarden in de groep bedrijven wat betreft schermduur en lichtinval (situatie 2).

Vervolgens wordt de equivalentieprijs berekend voor verwachte ontwikkelingen in de nabije toekomst (Van Holsteijn, 1995). Dit is situatie 3 en behandeld een aantal (nog) niet voorkomende bedrijfssituaties. De ontwikkelingen die hierbij aan de orde komen zijn gebaseerd op driejarig onderzoek uitgevoerd op het Proefstation in Naaldwijk en een proef in Horst in 1993 (Van Holsteijn, 1994). Deze onderzoeken zijn gericht op het optimaal gebruik van energieschermen bij het gewas tomaat.

### 5.2 Huidige bedrijfssituaties

#### *Situatie 1 Gemiddelde bedrijfssituatie*

Hieronder volgt een korte omschrijving van de uitgangspunten zoals die horen bij situatie 1. Deze uitgangspunten zijn afgeleid van de resultaten beschreven in de vorige hoofdstukken.

Uitgegaan wordt van een glastuinbouwbedrijf van 10.000 m<sup>2</sup> zonder een energiescherm en een jaarronde teelt ronde tomaten. De middenprijs van de tomaten bedraagt f 2,25 per kg tot week 20 en f 1,20 na week 20. Gedurende de teelt wordt aan de CO<sub>2</sub>-vraag voldaan door ketel-rookgasen te doseren. Op jaarbasis wordt 33 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> gedoseerd, waarvan 13 kg per m<sup>2</sup> voor week 20 en daarna 20 kg per m<sup>2</sup>. In de voorjaarsperiode wordt door droogstoken het teveel aan vocht in de kas verwijderd. De droogstookwaarde is circa 50 W per m<sup>2</sup>. Het totale energiegebruik is 60 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. De lichtinval in de kas is 70%.



Het bedrijf investeert in een beweegbaar scherm, het doek bespaart in gesloten toestand 35-40% energie. De totale investering in de installatie (inclusief doek) is f 12,- per m<sup>2</sup>.

De vaste kosten bestaan uit de afschrijvingen en rentekosten. De scherminstallatie wordt in een periode van 10 jaar lineair afgeschreven. De rentevoet bedraagt 8%. De gemiddelde rentekosten worden berekend over 50% van het geïnvesteerd vermogen. De totale vaste kosten bedragen 14% oftewel f 1,68 per m<sup>2</sup> per jaar.

Jaarlijks wordt onderhoud gepleegd aan het scherm en de installatie. Dit vraagt 13 uur per jaar per hectare. Uitgegaan wordt van een arbeidsloon van f 35,- per uur. Incidentele onderhoudskosten aan het scherm per jaar bedragen f 150,- per hectare per jaar. De totale onderhoudskosten zijn hiermee f 0,06 per m<sup>2</sup>.

De gebruiksduur van het energiescherm is in de winterperiode 800 uur en in de najaarsperiode 150 uur. De lichtonderschepping van de scherminstallatie is 5%.

#### *Situatie 2 Uiterste bedrijfssituaties*

Zijn in situatie 1 de gemiddelde waarden gekozen zoals die op de bedrijven voorkomen, in situatie 2 zijn van dezelfde groep bedrijven de uiterste waarden genomen. Gebruik wordt gemaakt van de verschillen in schermduur en lichtinval (kas en scherm) op de bedrijven in het onderzoek. Hierdoor ontstaat inzicht in de bedrijfseconomische mogelijkheden van een energiescherm bij tomaten in de huidige praktijksituatie. In tabel 5.1 is dit schematisch weergegeven.

Eerst komen alleen de verschillen in schermduur aan de orde (tabel 5.1, B en C). Dit zijn een korte gebruiksduur van 300 uur in de winter en 50 uur in het najaar en een lange gebruiksduur van 1.800 uur in de winter en 250 uur in het najaar. De lichtonderschepping is gelijk aan de uitgangssitua-

*Tabel 5.1 Wijzigingen van de uitgangspunten in de voorkomende bedrijfssituaties*

Omschrijving bedrijfssituatie	Schermduur		Lichtonderschepping %
	winter (uren)	najaar (uren)	
Situatie 1:			
A. Uitgangssituatie	800	150	5
Situatie 2:			
B. Korter schermen	300	50	5
C. Langer schermen	1.800	250	5
D. Gemidd. schermen/min. lichtverlies	800	150	2
E. Langer schermen/min. lichtverlies	1.800	250	2

tie (5%). Vervolgens komen ook de verschillen in lichtinval aan bod. In combinatie met een lange schermduur wordt de minimaal gemeten lichtonderschepping van de scherminstallatie (2%) in beschouwing genomen (tabel 5.1, D en E). De lichtonderschepping kan beperkt worden door bijvoorbeeld een kleiner scherpakket.

### 5.3 Resultaten voorkomende bedrijfssituaties

#### *Situatie 1 Gemiddelde bedrijfssituatie*

In situatie 1 wordt op jaarbasis met een scherm  $5,7 \text{ m}^3$  gas per  $\text{m}^2$  bespaard ten opzichte van de situatie zonder scherm. Per jaar is dit 10% energiebesparing. In de winterperiode beïnvloedt het scherm de productie negatief. De opbrengstderving door de schermduur is  $0,72 \text{ kg per m}^2$ . Dit is 6% van de productie tot week 20. De lichtonderschepping van de scherminstallatie bedraagt gemiddeld 5% waardoor de opbrengst afneemt. Dit is 3% van de productie tot week 20 ( $0,42 \text{ kg/m}^2$ ) en 5% van de productie na week 20 ( $1,71 \text{ kg/m}^2$ ). De totale opbrengstderving is  $2,86 \text{ kg per m}^2$ . In de gemiddelde bedrijfssituatie is de equivalentieprijs (e.p.) voor het energiescherm  $f 0,97$  per  $\text{m}^3$  gas, een equivalentieprijs die ver boven de huidige gasprijs ( $f 0,22$  per  $\text{m}^3$ ) ligt. Een voorbeeldberekening staat in bijlage 6. Uit de resultaten blijkt vooral dat de productieverlaging bepalend is voor de hoge equivalentieprijs. De lagere productie wordt in dit geval niet gecompenseerd door de energiebesparing. In de gemiddelde bedrijfssituatie is een energiescherm bij tomaat bedrijfseconomisch niet haalbaar.

#### *Situatie 2 Uiterste bedrijfssituaties*

Een kortere gebruiksduur (B) resulteert in een equivalentieprijs van  $f 2,21$  per  $\text{m}^3$  gas. Door korter schermen neemt de energiebesparing af ( $2,1 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$ ), terwijl de opbrengstderving door schermen bijna gelijk blijft ( $2,41 \text{ kg per m}^2$ ). Immers, de opbrengstderving wordt voor een groot deel bepaald door de lichtonderschepping en deze is nog steeds 5%.

Indien het energiescherm langer gebruikt wordt (C), daalt de equivalentieprijs naar  $f 0,59$  per  $\text{m}^3$  gas. Ten opzichte van de uitgangssituatie is dit een duidelijke verbetering. Dit wordt veroorzaakt door de relatief hoge energiebesparing ( $12,4 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$ ) terwijl de productie slechts beperkt afneemt van minus  $2,86$  naar minus  $3,76 \text{ kg per m}^2$ . Ook in deze situatie is er niets veranderd aan de lichtonderschepping en wordt de extra opbrengstderving veroorzaakt door de schermduur.

Sommige bedrijven zijn in staat de lichtonderschepping te beperken tot 2%. Dit heeft een positieve uitwerking op het produktieniveau. Bij een gemiddelde schermduur is de opbrengstderving nu  $1,57 \text{ kg per m}^2$ . De energiebesparing blijft gelijk aan de uitgangssituatie. Dit resulteert in een equivalentieprijs van  $f 0,72$  per  $\text{m}^3$  gas. Bij een langere schermduur is dit  $f 0,47$  per  $\text{m}^3$  gas.

De huidige gasprijs is circa  $f 0,22$  per  $\text{m}^3$ . Uit de resultaten blijkt dat het scherm in geen van de bestaande bedrijfssituaties bedrijfseconomisch

haalbaar is. Wel komt naar voren dat een situatie met een langere schermduur en een lagere lichtonderschepping van de scherminstallatie resulteren in een duidelijk lagere equivalentieprijs. Echter, de equivalentieprijs blijft boven het niveau van de huidige gasprijs.

Tabel 5.2 *Equivalentieprijsen (e.p.) voor het gebruik van een energiescherm bij het gewas tomaat in voorkomende bedrijfssituaties (f per m<sup>3</sup> aardgas)*

Bedrijfssituatie	Equivalentieprijs (f/m <sup>3</sup> )	Opbrengstderving (kg/m <sup>2</sup> )	Energiebesparing (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Situatie 1:			
A. Uitgangssituatie	0,97	2,86	5,7
Situatie 2:			
B. Korter schermen	2,21	2,41	2,1
C. Lang schermen	0,59	3,76	12,4
D. Gem. schermen/min. lichtverlies	0,72	1,57	5,7
E. Lang schermen/min. lichtverlies	0,47	2,47	12,4

## 5.4 Toekomstige ontwikkelingen

### 5.4.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt de equivalentieprijs van aardgas voor energieschermen bepaald van een aantal ontwikkelingen die vanuit het onderzoek in de nabije toekomst verwacht worden of die reeds plaatsvinden (situatie 3). Dit zijn ontwikkelingen op het gebied van kassenbouw, scherminstallaties en regelprogramma's. Hierdoor wordt met een scherm een beter kasklimaat en minder lichtverlies gerealiseerd en meer energie bespaard. Bij een proef op de proeftuin in Horst in 1993 met een dubbel scherm en 5% lichtverlies werd tot week 16 in de geschermdede afdelingen slechts 1% minder geoogst. Uitgaande van de licht/productie-verhouding van één op één vond dus 4% compensatie plaats door een beter kasklimaat onder het scherm zonder dat daar speciale aandacht aan was besteed (Van Holsteijn, 1994). Bij hetzelfde onderzoek werd aangetoond dat na het sluiten van het scherm de verwarming vooraf niet werd teruggeregeld en er een temperatuurpiek ontstond waardoor de gewenste lagere luchttemperatuur niet meer bereikt kon worden. Dit gebeurt tot op heden ook op praktijkbedrijven. Zodoende wordt minstens 10% energie verspild, wat met een eenvoudige aanpassing van het regelprogramma voor de verwarming kan worden voorkomen. Ook werd aangetoond dat met een beheerste vochtkier energie kan worden bespaard zonder problemen met een te hoge luchtvochtigheid. Dit sluit aan bij de ervaringen van een driejarig onderzoek

naar optimaal gebruik van schermen op het PTG in Naaldwijk dat in 1994 is gestart. Bij dat onderzoek is het eerste jaar ook de aanname bevestigd dat het scherm over een langere periode gebruikt kan worden als voor de regeling onderscheid wordt gemaakt tussen voor- en nacht (Van Holsteijn, 1995). Dit kan resulteren in een langere gebruiksduur, zonder nadelen op groei en produktie.

#### 5.4.2 Uitgangspunten

Hieronder volgt een korte omschrijving van de uitgangspunten zoals die vanuit het onderzoek verwacht worden in de nabije toekomst. Volledigheidshalve wordt hierbij vermeld dat een deel van de hier gekozen uitgangspunten buiten de meetresultaten van het onderzoek vallen. In alle varianten is de lichtonderschepping van de scherminstallatie 2%. Verdere vermindering van de lichtonderschepping van de scherminstallatie lijkt technisch niet mogelijk. Dit zou eventueel mogelijk zijn als het schermmateriaal uit de installatie wordt verwijderd na de schermperiode. Dit wordt verder niet in beschouwing genomen.

##### *Variant 1 Schermduur niet negatief*

In de eerste variant verbetert de gebruikswijze van de schermen. Dit heeft tot gevolg dat de schermduur geen negatieve invloed heeft op de produktie. Dit resulteert in een situatie waarbij alleen de lichtonderschepping van de scherminstallatie nog een rol speelt (2%). De equivalentieprijis wordt bepaald voor een gemiddelde en een lange gebruiksduur van de schermen (tabel 5.3, respectievelijk F en G).

##### *Variant 2 Positieve klimaatinvloed*

De tweede variant is een voortzetting van de eerste. In deze situatie verbetert de gebruikswijze van de schermen nog verder en heeft een positieve uitwerking op het kasklimaat. In de winterperiode is er dan sprake van een positieve klimaatinvloed op de produktie van 5%. Deze aanname is naast de resultaten van dit onderzoek ook gebaseerd op de resultaten van de proef in Horst (paragraaf 5.4.1), waarbij het lichtverlies voor 4% gecompenseerd werd door een beter kasklimaat. Hierbij moet wel vermeld worden dat de mogelijkheden om een beter kasklimaat te realiseren groter worden als er een "bufferruimte" van minimaal één meter tussen het gewas en het scherm gerealiseerd kan worden. De lichtonderschepping en de evenredige produktiederving blijft gehandhaafd op 2%. De equivalentieprijis wordt bepaald voor een gemiddelde en een lange gebruiksduur van de schermen (tabel 5.3, respectievelijk H en I).

##### *Variant 3 Moderne kassen*

In variant 3 wordt uitgegaan van een verbetering van de lichtdoorlaat van de kassen in de nabije toekomst. Nu reeds worden Venlo-kassen gebouwd met een lichtinval van 77-80%. Dit kan gerealiseerd worden door kleinere lichtonderscheppende delen (roeden, goten), een grotere vakmaat

en een verbeterde glaskwaliteit. In deze variant wordt de gemiddelde lichtinval van kassen zonder energiescherm gesteld op 75% en is de lichtonderschepping van de scherminstallatie 2%. Een scherm pakket van dezelfde omvang veroorzaakt in een kas met een hogere lichtdoorlaat, absoluut gezien, een groter lichtverlies dan in een kas met een lagere lichtdoorlaat. In deze situatie wordt overigens wel de negatieve invloed van het schermen in de winter op het klimaat in beschouwing genomen. De equivalentieprijs wordt berekend bij een gemiddelde en lange gebruiksduur (tabel 5.3, J en K).

#### *Variant 4 Meer energiebesparing*

In variant 4 wordt rekening gehouden met een hogere energiebesparing. Dit kan door een hogere isolatiewaarde van het schermmateriaal. In plaats van de huidige isolatiewaarde van 35-40% wordt deze 60% (in gesloten toestand). De energiebesparing neemt dan bij gemiddeld schermgebruik toe van 5,7 naar 8,6 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup>. Dit geeft op jaarbasis gemiddeld circa 15% energiebesparing. Bij een lange gebruiksduur wordt op jaarbasis circa 30% energie bespaard. De lichtonderschepping is 2%. De overige bedrijfsomstandigheden zijn gelijk aan de uitgangssituatie. De equivalentieprijs wordt berekend bij een gemiddelde en een lange schermduur (tabel 5.3, L en M).

#### *Variant 5 Positieve klimaatinvloed, meer licht in de kas en een hogere energiebesparing*

Voorts worden de ontwikkelingen van de varianten 2, 3 en 4 gecombineerd. Dit resulteert in een situatie met een positieve klimaatinvloed door schermen (+ 5%) in de winter, een hoge lichtinval van de kas (75%), een minimale lichtonderschepping (2%) en een hogere isolatiewaarde van de schermen. Dit kan als de meest optimale situatie beschouwd worden. De equivalentieprijs wordt berekend bij een gemiddelde en lange schermduur (tabel 5.3, N en O).

#### *Variant 6 Investerings en prijs toemaat*

Ten slotte wordt de equivalentieprijs bepaald bij hogere investeringen en bij veranderende tomatenprijzen, terwijl de overige bedrijfsomstandigheden gelijk zijn aan de uitgangssituatie.

De investering in een scherminstallatie wordt verhoogd met  $f$  2,- per m<sup>2</sup> en bedraagt  $f$  14,- per m<sup>2</sup>.

De tomatenprijzen kunnen variëren van jaar tot jaar. In deze paragraaf wordt de equivalentieprijs berekend bij twee situaties. De eerste is een verhoging van de tomatenprijs van  $f$  0,25 per m<sup>2</sup>. De prijzen voor en na week 20 zijn respectievelijk  $f$  2,50 en  $f$  1,45 per kg. De tweede situatie is een lagere tomatenprijs van  $f$  0,25 per kg. De prijzen voor en na week 20 zijn respectievelijk  $f$  2,- en  $f$  0,95 per kg. De berekeningen zijn gemaakt onder de gemiddelde huidige bedrijfsomstandigheden (tabel 5.3, P, Q en R).

Tabel 5.3 Schematisch overzicht van de wijzigingen in uitgangspunten voor schermen door toekomstige ontwikkelingen

Omschrijving bedrijfssituatie	Schermduur		Lichtonderschepping %
	winter (uren)	najaar (uren)	
<i>Voorkomende bedrijfssituaties</i>			
Situatie 1:			
A. Uitgangssituatie	800	150	5
Situatie 2:			
D. Gemiddeld schermen/minder lichtverlies	800	150	2
E. Langer schermen/minder lichtverlies	1.800	250	2
<i>Toekomstige bedrijfssituaties</i>			
Variant 1 Geen klimaatinvloed (0%)			
F. Gemiddelde schermduur	800	150	2
G. Lange schermduur	1.800	250	2
Variant 2 Positieve klimaatinvloed (+5%)			
H. Gemiddelde schermduur	800	150	2
I. Lange schermduur	1.800	250	2
Variant 3 Moderne kassen (75% lichtinval)			
J. Gemiddelde schermduur	800	150	2
K. Lange schermduur	1.800	250	2
Variant 4 Hogere energiebesparing			
L. Gemiddelde schermduur	800	150	2
M. Lange schermduur	1.800	250	2
Variant 5 Combinatie van 2,3 en 4			
N. Comb. H,J en L, gemiddelde schermduur	800	150	2
O. Comb. I,K en M, lange schermduur	1.800	250	2
Variant 6 Investerings en prijs tomaat			
P. Hogere investeringen (+f 2,-)	800	150	2
Q. Hogere tomatenprijzen (+f 0,25/kg)	800	150	2
R. Lagere tomatenprijzen (-f 0,25/kg)	800	150	2

### 5.4.3 Resultaten toekomstige ontwikkelingen

#### *Variant 1*

Indien men er in slaagt tijdens het schermen het negatieve effect van de schermduur op de produktie op te heffen en de lichtonderschepping te beperken tot 2% daalt de equivalentieprijs bij een gemiddelde gebruiks-

duur van  $f$  0,97 naar  $f$  0,47 per  $m^3$  gas (tabel 5.4, variant 1). Licht en klimaat hebben dus grote invloed op de equivalentieprijs, maar verbetering van beide factoren resulteert bij gemiddeld gebruik nog niet in een bedrijfseconomisch haalbare situatie. Pas als dit gecombineerd wordt met een langere gebruiksduur daalt de equivalentieprijs naar  $f$  0,22 per  $m^3$  gas. Hiermee komt de equivalentieprijs uit op de huidige gasprijs en zijn energieschermen bedrijfseconomisch bijna haalbaar. In deze situatie zijn de kosten van de schermen gelijk aan de opbrengsten.

Tabel 5.4 *Equivalentieprijsen voor het gebruik van een energiescherm bij het gewas tomaat bij eventuele toekomstige ontwikkelingen*

Bedrijfssituatie	Equivalentieprijs ( $f/m^3$ )	Opbrengst-derving ( $kg/m^2$ )	Energiebesparing ( $m^3/m^2$ )
<i>Voorkomende bedrijfssituaties</i>			
Situatie 1:			
A. Uitgangssituatie	0,97	2,86	5,7
Situatie 2:			
D. Gemiddeld schermen/min. lichtverlies	0,72	1,57	5,7
E. Lange schermen/min. lichtverlies	0,47	2,47	12,4
<i>Toekomstige bedrijfssituaties</i>			
Variant 1 Geen klimaatinvloed			
F. Gemiddelde schermduur	0,47	0,85	5,7
G. Lange schermduur	0,22	0,85	12,4
Variant 2 Positieve klimaatinvloed (+5%)			
H. Gemiddelde schermduur	0,25	0,20	5,7
I. Lange schermduur	0,12	0,20	12,4
Variant 3 Moderne kassen (75% lichtinval)			
J. Gemiddelde schermduur	0,73	1,64	5,7
K. Lange schermduur	0,48	2,53	12,4
Variant 4 Hogere energiebesparing			
L. Gemiddelde schermduur	0,48	1,57	8,6
M. Lange schermduur	0,31	2,47	18,6
Variant 5 Combinatie van 2,3 en 4			
N. Comb. H,J en L, gemiddelde schermduur	0,17	0,23	8,6
O. Comb. I,K en M, lange schermduur	0,08	0,23	18,6
Variant 6 Investerings en tomatenprijzen			
P. Hogere investeringen (+ $f$ 2,-)	0,95	2,86	5,7
Q. Hogere tomatenprijzen (+ $f$ 0,25/kg)	1,02	2,86	5,7
R. Lagere tomatenprijzen (- $f$ 0,25/kg)	0,78	2,86	5,7

### *Variant 2*

Uit tabel 5.4 blijkt dat een verdere verbetering van de invloed van schermen op het klimaat in de winter resulteert in een voor schermen rendabele situatie. De opbrengstderving is dan tot een beperkt niveau teruggebracht (0,20 kg per m<sup>2</sup>). De opbrengstderving als gevolg van lichtverlies wordt grotendeels gecompenseerd door de klimaatinvloed van de schermen.

### *Variant 3*

In de nabije toekomst zal de lichtdoorlaat van de kassen verder toenemen. Beperken van de lichtonderschepping wordt dan nog belangrijker. Immers, het absolute lichtverlies door het scherm pakket wordt dan groter. Dit blijkt ook uit de vergelijking van de equivalentieprijs van situatie D en situatie J (tabel 5.4), waarbij alle uitgangspunten gelijk zijn behalve de lichtdoorlaat van de kassen. In de moderne kas met de hogere lichtdoorlaat wordt een hogere equivalentieprijs gerealiseerd (f 0,73 per m<sup>3</sup> gas) dan de kas met een lagere lichtdoorlaat (f 0,72 per m<sup>3</sup> gas). Uit het verschil van f 0,01 per m<sup>3</sup> blijkt dat het effect zeer beperkt is.

### *Variant 4*

De situatie waarin doeken een hogere isolatiewaarde hebben, geeft bij een gemiddelde schermduur een equivalentieprijs van f 0,48 per m<sup>3</sup> en bij een lange schermduur een equivalentieprijs van f 0,31 per m<sup>3</sup>. Hoewel dit een duidelijke verbetering is, resulteert een verbetering aan van de energiebesparing niet in een bedrijfseconomisch haalbare situatie.

### *Variant 5*

Een combinatie van alle verbeteringen heeft tot gevolg dat energieschermen bedrijfseconomisch verantwoord worden. Dit is variant 5 in tabel 5.4. In deze situatie daalt de equivalentieprijs uiteindelijk tot f 0,08 per m<sup>3</sup> gas en ligt daarmee ver onder de huidige gasprijs. In deze situatie heeft het scherm een positieve invloed op de productie (5%), is de lichtdoorlaat beperkt tot 2%, vindt de teelt plaats in een moderne lichte kas (75% lichtinval) en heeft het schermdoek een hogere isolatiewaarde (60%).

### *Investerings- en tomatenprijzen*

Ten slotte blijkt uit tabel 5.4 dat het effect van hogere investeringen en andere tomatenprijzen onder gemiddelde bedrijfsomstandigheden slechts een beperkte invloed hebben op de equivalentieprijs van schermen. Een hogere investering in de scherminstallatie resulteert in een equivalentieprijs van f 0,95 per m<sup>3</sup>. Een hogere en lagere tomatenprijs van f 0,25 per kg resulteert in respectievelijk f 1,02 en f 0,78 per m<sup>3</sup> gas.



## 6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 Conclusies

#### 6.1.1 Effect op energiegebruik en productie

##### *Energiebesparing*

Met energieschermen in de tomatenteelt wordt een belangrijke hoeveelheid energie bespaard. De bedrijven met een scherm besparen gemiddeld  $5,7 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ . Dit is 10% op jaarbasis. Het gebruik van energieschermen vindt in twee perioden plaats. De belangrijkste periode is de winterperiode (tot in april), de gebruiksduur is dan gemiddeld 800 uur. Hiermee wordt  $5 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$  bespaard. In beperkte mate wordt in de najaarsperiode (vanaf oktober) geschermd, dan wordt gemiddeld 150 uur geschermd met een besparing van  $0,7 \text{ m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$ . De bedrijven met de langste schermduur (ruim 2.000 uur) besparen ruim 20% energie op jaarbasis.

##### *Productie*

In de huidige bedrijfssituatie heeft het gebruik van energieschermen een negatieve invloed op de fysieke productie. Dit komt door de schermduur en het lichtverlies. Tot week 20 veroorzaakt een gemiddelde schermduur van 800 uur een lagere productie van 6%. Gemiddeld veroorzaakt het scherm een lichtverlies van 5% en tot week 20 heeft dit een lagere productie van 3% tot gevolg. Schermduur en lichtverlies tezamen veroorzaken dus een productieverlaging van 9% tot en met week 20. Het effect van licht op de productie in deze periode is kleiner dan verwacht. Dit is een indicatie dat in de winterperiode een deel van het lichtverlies wordt gecompenseerd door een positieve klimaatinvloed van het scherm.

In de zomerperiode (na week 20) wordt er nagenoeg niet geschermd en speelt alleen de lichtonderschepping een rol. De lichtonderschepping is ook dan gemiddeld 5% en resulteert in een produktiederving van 5%. De gemiddelde totale opbrengstderving over het gehele jaar veroorzaakt door het scherm bedraagt 6% ofwel circa  $3 \text{ kg}$  per  $\text{m}^2$ .

#### 6.1.2 Bedrijfseconomische evaluatie

##### *Gemiddelde bedrijfssituatie*

Onder de huidige gemiddelde bedrijfsomstandigheden zijn energieschermen bedrijfseconomisch niet verantwoord. De energiebesparing door het scherm weegt niet op tegen de opbrengstderving en jaarkosten van de installatie. Ook de opbrengstderving alleen ( $3 \text{ kg}$  per  $\text{m}^2$ ) wordt niet gecompenseerd door de energiebesparing ( $5,7 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$ ). In de huidige bedrijfs-

situatie worden schermen pas interessant bij een gasprijs van  $f$  0,97 per  $m^3$ . Dit is aanzienlijk hoger dan de huidige gasprijs van  $f$  0,22 per  $m^3$ .

#### *Langer schermen en minder lichtverlies*

Onder gunstiger bedrijfsomstandigheden, zoals minimale lichtonder-schepping (2%) en een langere gebruiksduur, is de uitkomst positiever. De equivalentieprijs voor schermen is dan  $f$  0,47 per  $m^3$ . Indien een scherm aanwezig is en onder deze gunstige bedrijfsomstandigheden gebruikt wordt, komt het dichterbij, maar in vergelijking met de huidige gasprijs blijft het scherm bedrijfseconomisch niet haalbaar.

#### *Prijzen tomaat en investeringen*

Het effect van gewijzigde tomatenprijzen en investeringen van schermen op de economische haalbaarheid is beperkt. De equivalentieprijs voor schermen blijft ook in deze situaties te hoog, namelijk rond de  $f$  1,- per  $m^3$  gas.

#### *Toekomstige ontwikkelingen*

Naar verwachting is er een aantal mogelijkheden die in de nabije toekomst de haalbaarheid van schermen dichterbij kunnen brengen. Dit zijn zwaardere schermdoeken waarmee een hogere energiebesparing gerealiseerd kan worden en een beter kasklimaat.

#### *Zwaardere schermdoeken*

Een hogere energiebesparing door meer isolerende schermdoeken brengt het scherm voor de huidige bedrijfssituatie wel dichterbij, maar is nog niet bedrijfseconomisch haalbaar.

#### *Beter kasklimaat*

Een beter kasklimaat kan gerealiseerd worden als het gebruik van energieschermen verder verbetert. Bij proeven op het Proefstation in Naaldwijk zijn er duidelijke indicaties dat dit mogelijk is. De situatie waarbij alleen al de schermduur geen negatieve invloed meer heeft op de productie, geeft bij een langere gebruiksduur en een beperkt lichtverlies een equivalentieprijs van  $f$  0,22 per  $m^3$ . Dit is gelijk aan de huidige gasprijs. Vanuit de milieudoelstellingen beredeneerd is deze situatie interessant. Schermen is dan kosten-neutraal en er wordt een belangrijke energiebesparing gerealiseerd. Een verdere verbetering van het kasklimaat en het gebruik van meer isolerende schermdoeken resulteren zelfs in een bedrijfseconomisch haalbare situatie; er wordt dan winst gemaakt met een scherm.

## 6.2 Aanbevelingen

### *Minder lichtverlies*

Er moet gewerkt worden aan een minimale lichtonderschepping van de scherminstallatie. Een lagere lichtonderschepping van 2% kan worden gerealiseerd door kleinere scherpakketten. Dit kan onder andere door gebruik te maken van soepeler schermdoeken die gemakkelijker opvouwbaar zijn en door regelmatig onderhoud aan de scherminstallatie.

### *Verfijning van de schermregeling*

Het verdient aanbeveling om de computerprogrammatuur met betrekking tot de schermregeling te verbeteren. De mogelijkheid moet worden gecreëerd om op verschillende wijzen te schermen in het eerste en tweede deel van de nacht. Op deze manier kan langer geschermd worden in de voornacht omdat de gewastemperatuur hoger is dan de luchttemperatuur. In de nachten kan meer gewerkt worden met regelbare schermopeningen (vocht-kier). Dit onderdeel is ook opgenomen in het huidige schermonderzoek op het PBG te Naaldwijk.

Ook moet het mogelijk zijn om met een nauwkeurig regelbare vocht-kier (tot 0,5 cm) te werken. Dit kan als de vakmaat van de kas exacte afmetingen heeft. Ook is het aan te bevelen om met niet al te grote regelgroepen te werken.

### *Afstemming toeleveranciers*

De toelevering moet op korte termijn meer aandacht geven aan het optimaliseren van de gebruiksmogelijkheden van het scherm. Dit moet geen eenzijdige activiteit zijn van één van de partijen. Belangrijk is dat er een goede onderlinge afstemming van de mogelijke verbeteringen op het gebied van schermen plaatsvindt. Hierbij moeten zowel de kassenbouwers, de schermleveranciers als de klimaatcomputerleveranciers betrokken zijn. Dit is de enige manier om de afwachtende houding ten aanzien van elkaar op te heffen.

Verbeteringen waar de schermleveranciers aan moeten werken zijn vooral het verkleinen van het scherpakket en sterke schermmotoren. Voor de computerleveranciers kunnen de voorregeling en nauwkeurigheid van de regeling genoemd worden. Met de voorregeling kan een goede afstemming van de verwarming en de schermregeling gerealiseerd worden. De schermregeling moet de schermopening tot 0,1% nauwkeurig kunnen regelen. Ten slotte moet in de kassenbouw gestreefd worden naar exact gelijke kasvakken, rechte tralies en geen afwijkende vakmaten op bepaalde plaatsen in de kas.

### *Acceptatie tuinders*

Bij veel tomatentuinders bestaat scepsis ten aanzien van het gebruik van schermen. Vooral als het gaat over langer schermen, dus ook in perioden waarin de klimaatomstandigheden naar hun inzicht niet geschikt zijn om het scherm te gebruiken. De barrière die er bestaat tussen de inzichten

in het onderzoek en de mening van de tuinders dient overbrugd te worden. Dit kan door de mogelijke verbeteringen in gebruikswijzen in het onderzoek verder uit te werken, en wel in projecten die heel dicht tegen de tuinbouwpraktijk aanliggen. Kennisoverdracht vanuit dergelijke demonstratieprojecten is van essentieel belang voor de acceptatie van de onderzoeksresultaten door de tuinders.

#### *Andere gewassen*

De vraag is in hoeverre de resultaten uit dit onderzoek gelden voor andere gewassen. Bij de productie van tomaat spelen zowel de schermduur als de lichtonderschepping een rol. Bij andere gewassen speelt in elk geval de lichtinvloed een rol. De invloed van de schermduur op de productie zal bij het ene gewas belangrijker zijn dan bij het andere gewas. Aangenomen mag worden dat ook bij andere gewassen de verschillen in schermduur en energiebesparing groot zijn. Kwantitatief inzicht hierin ontbreekt.

## LITERATUUR

Balemans, L. (1992)

*Beoordeling van criteria voor energetische doeltreffendheid van schermen in kassen*; Gent, Rijksuniversiteit, dissertatie

Barendse, M. (1994)

*De lessen uit een enquête over Botrytis*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 41, p. 33

Hendrix, A.T.M. (1993)

*Taaktijden voor de Groenteteelt onder Glas*; Wageningen, Instituut voor Milieu en Agritechniek (IMAG-DLO); Rapport nr. 93-14

Holsteijn, G.P.A. van (1991)

*Gericht schermen verhoogt produktie*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 15, pp. 16-17

Holsteijn, G.P.A. van en R. Weijs (1994)

*Onderzoek naar de effecten van het gecombineerd gebruik van een energiescherm en een zonnenscherm bij vleestomaat*; Naaldwijk, Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas (PTG), Stichting Proeftuin Noord-Limburg en Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu (Novem); Intern rapport nr. 13

Holsteijn, G.P.A. van (1995)

*Uit energieschermen valt meer te halen*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, jaargang 5, week 7, pp. 10-11

Houter, G. (1991)

*E.C.P.-model: Simulatiemodel voor energieverbruik, CO<sub>2</sub>-verbruik en kg-produktie in de glastuinbouw*; Proefstation voor de Glastuinbouw onder Glas (PTG); PTG-verslag 4

Meerjarenafspraak (1992)

*Meerjarenafspraak tussen de Nederlandse glastuinbouwsector en de Staat vertegenwoordigd door de Ministers van Economische Zaken en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij over de verbetering van de energie-efficiëntie*; Aalsmeer, LNV, EZ en Landbouwschap

- Nawrocki, K.R. en N.J.A. van der Velden (1991)  
*Gebruiksrendementen aardgasgestookte ketels in de glastuinbouw; gissen is missen, meten is (z)weten*; Wageningen, IMAG-DLO; Nota 91-55
- Uffelen, J. van, P. van Dijk en H. Douma (1992a)  
*Tipico en Jamaica de beste tussentypen*; In: Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 41, pp. 18-19
- Uffelen, J. van, P. van Dijk en H. Douma (1992b)  
*Geen echte winnaar*; In : Groenten en Fruit/glasgroenten, nr. 41, p. 25
- Velden, N.J.A. van der, B.J. van der Sluis en A.P. Verhaegh (1995)  
*Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1993*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Periodieke Rapportage 39-92
- Verhoeven, A.T.M., F.L.K. Kempkes en N.J.A. van der Velden (1995)  
*Warmtekracht-installaties in de glastuinbouw; Gebruiksrendementen en dekkingsgraden*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 4.137

## **BIJLAGEN**

## Bijlage 1 Begrippenlijst

a.e.	= aardgasequivalenten, 1 a.e. komt overeen met 31,65 MJ warmte
gebruiksrendement	= de verhouding tussen de energie-output en -input van een ketel op het verwarmingssysteem van het tuinbouwbedrijf
graaddag	= iedere °C die de gemiddelde etmaaltemperatuur van de buitenlucht onder de 18°C ligt
CO <sub>2</sub> -intensiteit	= de hoeveelheid aardgas, waarvan de rookgassen gebruikt worden voor CO <sub>2</sub> -dosering in de kas, uitgedrukt in kg CO <sub>2</sub> per m <sup>2</sup> kas per periode
schermintensiteit	= gebruiksduur van het scherm, uitgedrukt in uren per periode
isolatiewaarde scherm	= energiebesparing in % in gesloten toestand
variatioecoëfficiënt	= de procentuele afwijking van de standaardafwijking ten opzichte van de gemiddelde waarde
enkelvoudige lineaire regressie	= het beschrijven van een afhankelijke variabele y als een lineaire functie van een verklarende variabele
multiple lineaire regressie	= het beschrijven van een afhankelijke variabele y als een lineaire functie van verscheidene verklarende variabelen
intercorrelatie	= maat voor de samenhang tussen de verklarende variabelen



## Bijlage 2 Berekening van de warmteproductie van de ketel

De warmteproductie van de ketel(s) wordt berekend aan de hand van het gasverbruik en het gebruiksrendement van de ketel. Het gebruiksrendement van de ketel (Nawrocki et al., 1991) is afhankelijk van:

- vaste verliezen van de ketel (bijvoorbeeld stralingsverliezen) en
- variabele verliezen van de ketel. Dit zijn bijvoorbeeld de schoorsteenverliezen. De schoorsteenverliezen worden vooral bepaald door het gebruik van een condensor en het type condensor.

Schattingsformule 1:

$$X_w = \frac{Y_w - VV}{FC}$$

- waarbij
- $X_w$  = warmtevraag (GJ);
  - $Y_w$  = gasverbruik ketel ( $m^3$ );
  - $VV$  = vaste verliezen ( $m^3$ );
  - $FC$  = factor voor condensortype;
    - geen condensor : 33,1  $m^3/GJ$
    - enkelv. condensor op retour : 30,8  $m^3/GJ$
    - enkelv. condensor op apart net : 30,6  $m^3/GJ$
    - combicondensor : 29,7  $m^3/GJ$

Uit de factoren voor de condensortypen blijkt dat bij het gebruik van een condensor minder gas nodig is voor de productie van 1 GJ warmte. Bij een combicondensor is het minste gas nodig.

Schattingsformule 2:

$$VV = (-182 + 1272 \times \frac{CK}{KI} + 169 \times EV) \times N$$

- waarbij
- $VV$  = vaste verliezen van de stookinstallatie ( $m^3$  aardgas)
  - $CK$  = ketelcapaciteit (MW)
  - $KI$  = gemiddelde dikte van de ketelisolatie (cm)
  - $EV$  = het wel (=1) of niet (=0) warm zijn van het expansievat
  - $N$  = gebruiksduur van de ketel (weken)

Rekenvoorbeeld:

Uitgangspunten:

- ketelcapaciteit (CK) : 2,3 MW
- ketelisolatie (KI) : 6 cm
- expansievat (EV) : warm (=1)
- aantal weken ketel op temperatuur (N) : 49 weken
- combicondensor (FC) : 29,7 m<sup>3</sup> per GJ
- onderste verbrandingswaarde aardgas : 31,65 MJ per m<sup>3</sup>
- gasverbruik per jaar : 700.000 m<sup>3</sup>

Schatting vaste verliezen:

$$\begin{aligned} VV &= (-182 + 1272 \times \frac{CK}{KI} + 169 \times EV) \times N \\ &= (-182 + 1272 \times \frac{2,3}{6} + 169 \times 1) \times 49 \\ &= 23.255 \text{ m}^3 \text{ gas} \end{aligned}$$

Schatting warmteproductie ketel:

$$\begin{aligned} X_w &= \frac{Y_w - VV}{FC} \\ &= \frac{700.000 - 23.255}{29,7} \\ &= 22.786 \text{ GJ} \\ &= 22.786 \text{ GJ} / 31,65 \text{ MJ/m}^3 = 719.946 \text{ m}^3 \text{ a.e.} \\ &= 72,0 \text{ m}^3 \text{ a.e. per m}^2 \end{aligned}$$

### Bijlage 3 Berekenen van de CO<sub>2</sub>-intensiteit

Op alle bedrijven is de CO<sub>2</sub>-intensiteit van de ketel bepaald. Onder de CO<sub>2</sub>-intensiteit van de ketel wordt verstaan de hoeveelheid CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> kas die met de rookgassen is gedoseerd in de kas. Indien op de bedrijven aanvullend zuiver CO<sub>2</sub> is gedoseerd, is deze eveneens gemeten. Voor de bepaling van de CO<sub>2</sub>-intensiteit van de ketel is op de bedrijven bij de ketel een aantal telwerken gemonteerd, te weten:

- uren hoogtoeren - registreert het aantal uren dat de CO<sub>2</sub>-ventilator draait en de ketel in hoogtoeren brandt;
- uren laagtoeren - registreert het aantal uren dat de CO<sub>2</sub>-ventilator draait en de ketel in laagtoeren brandt;
- pulsenteller gasmeter - registreert het aantal m<sup>3</sup> aardgas dat wordt verbrand als de CO<sub>2</sub>-ventilator draait en de ketel in laagtoeren brandt.

Bovendien is tijdens een eenmalige meting de capaciteit van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem bepaald.

Ter bepaling van de CO<sub>2</sub>-intensiteit van de ketel wordt gedurende het CO<sub>2</sub>-dosereren onderscheid gemaakt in het gebruik van de brander in hoogtoeren en in laagtoeren. Het gasverbruik in laagtoeren in perioden met CO<sub>2</sub>-dosering wordt gemeten. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat in laagtoeren alle geproduceerde rookgassen door het CO<sub>2</sub>-doseersysteem ook in de kas worden gebracht. Dit wordt gecontroleerd op basis van de capaciteitsmeting van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem en eventueel hiervoor gecorrigeerd. Het gasverbruik in hoogtoeren wordt bepaald op basis van het aantal uren CO<sub>2</sub>-dosering in hoogtoeren en de capaciteit van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem.

#### Capaciteit CO<sub>2</sub>-doseersysteem

Tijdens een eenmalige meting is de capaciteit van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem bepaald. De capaciteit is bepaald op basis van:

- meting van de hoeveelheid rookgassen (m<sup>3</sup>) die de ventilator kan verplaatsen
- meting van de CO<sub>2</sub>-concentratie van de door de CO<sub>2</sub>-ventilator getransporteerde rookgassen.

Ter verduidelijking een rekenvoorbeeld:

#### Uitgangspunten:

- |  |   |        |                            |
|--|---|--------|----------------------------|
| - pulsenteller (PULS)                          | : | 1.000  | m <sup>3</sup> gas         |
| - urenteller laagtoeren brander (URL)          | : | 10     | uur                        |
| - urenteller hoogtoeren brander (URH)          | : | 2      | uur                        |
| - capaciteit CO <sub>2</sub> -ventilator (CAP) | : | 150    | m <sup>3</sup> gas per uur |
| - zuiver CO <sub>2</sub> (ZC)                  | : | 200    | kg                         |
| - bedrijfsgrootte (OPP)                        | : | 10.000 | m <sup>2</sup>             |

In laagtoerenstand van de brander wordt ervan uitgegaan dat alle geproduceerde rookgassen door het CO<sub>2</sub>-doseersysteem ook in de kas zijn gebracht want:

$$\text{CO}_2\text{-dosering (laagtoeren)} = \frac{\text{pulsenteller}}{\text{uren laagtoeren}} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ m}^3 \text{ per uur}$$

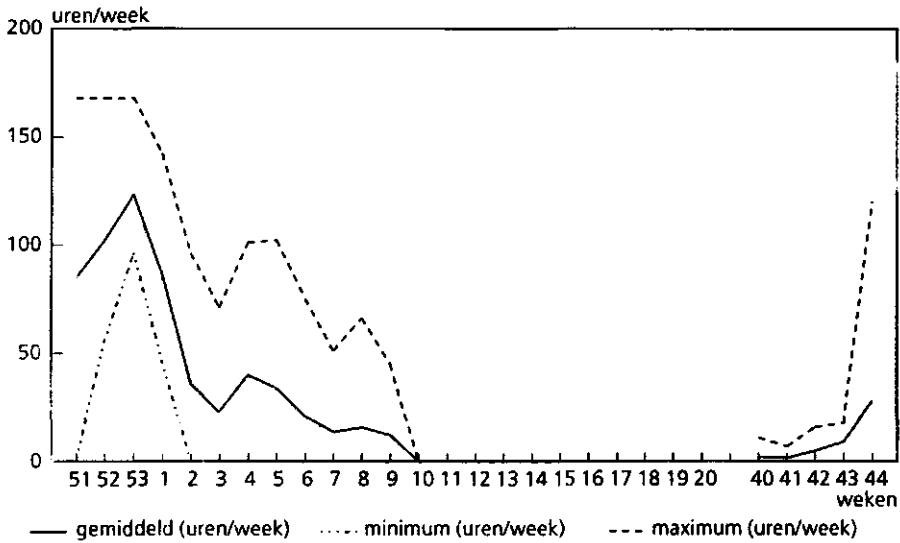
Dit is kleiner dan de gemeten capaciteit van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem van 150 m<sup>3</sup> per uur. In het voorbeeld wordt de CO<sub>2</sub>-intensiteit van de ketel (CIK):

$$\begin{aligned} \text{CIK} &= \frac{(\text{PULS} + \text{URH} \times \text{CAP}) \times 1,8}{\text{OPP}} \\ &= \frac{(1000 + 2 \times 150) \times 1,8}{10.000} \\ &= 0,23 \text{ kg CO}_2 \text{ per m}^2 \end{aligned}$$

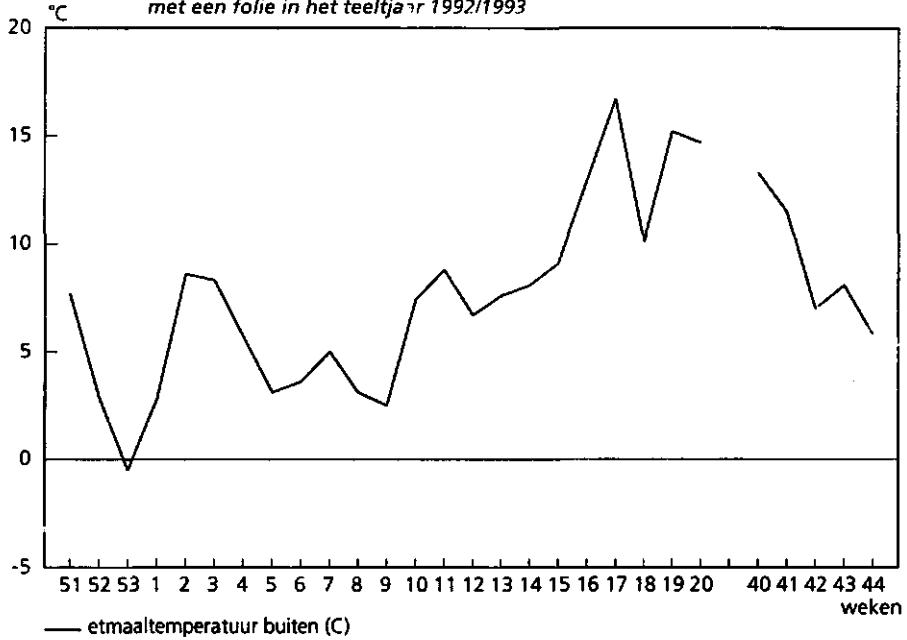
Indien aanvullend zuiver CO<sub>2</sub> is gedoseerd wordt de CO<sub>2</sub>-intensiteit-totaal (CIT):

$$\begin{aligned} \text{CIT} &= \text{CIK} + (\text{ZC} / \text{OPP}) \\ &= 0,23 + 200 / 10.000 \\ &= 0,25 \text{ kg CO}_2 \text{ per m}^2 \end{aligned}$$

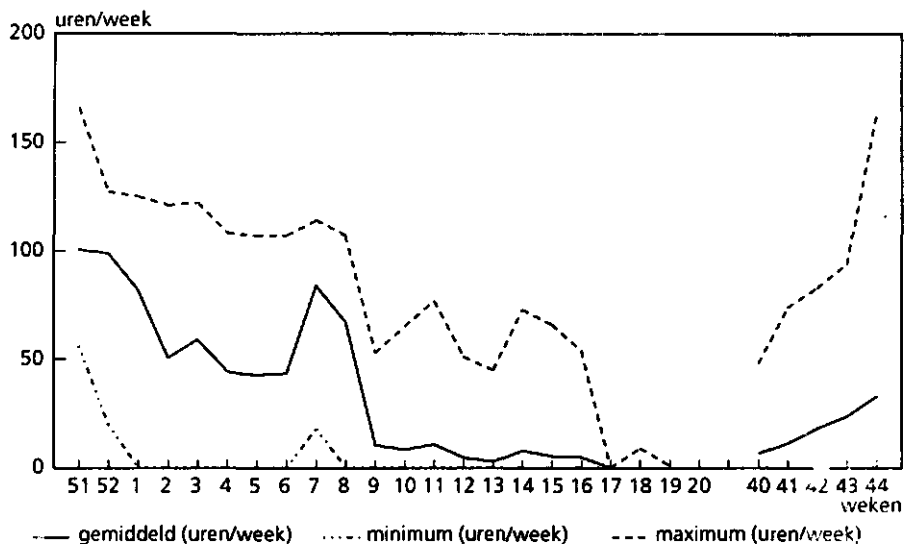
Bijlage 4 Gebruiksintensiteit van schermen



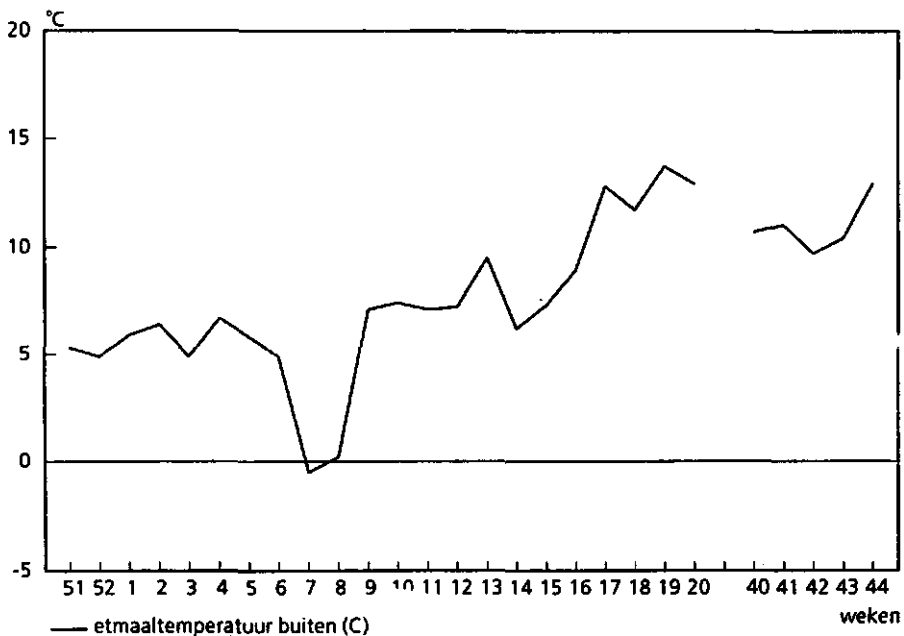
Figuur B.4.1 Gemiddelde, minimale en maximale schermduur per week bij schermbedrijven met een folie in het teeltjaar 1992/1993



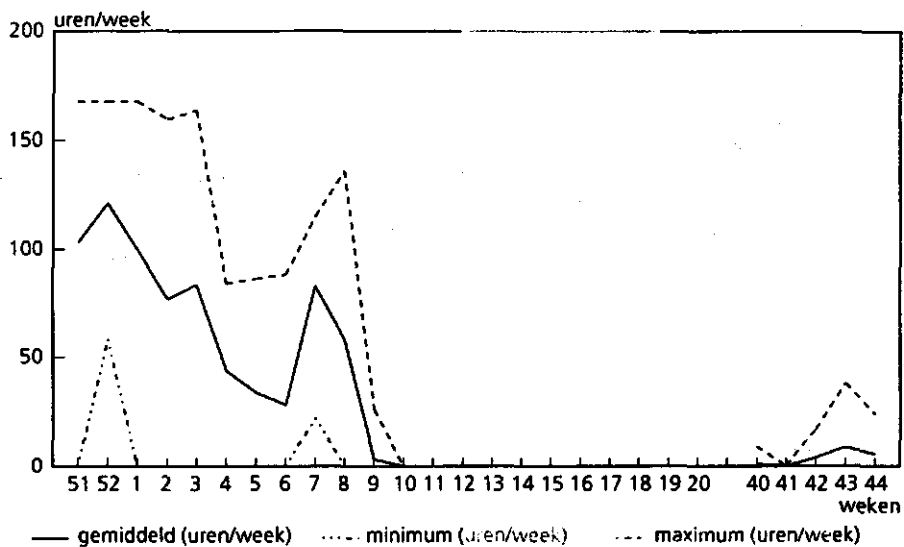
Figuur B.4.2 Gemiddelde etmaaltemperatuur per week in het teeltjaar 1992/1993



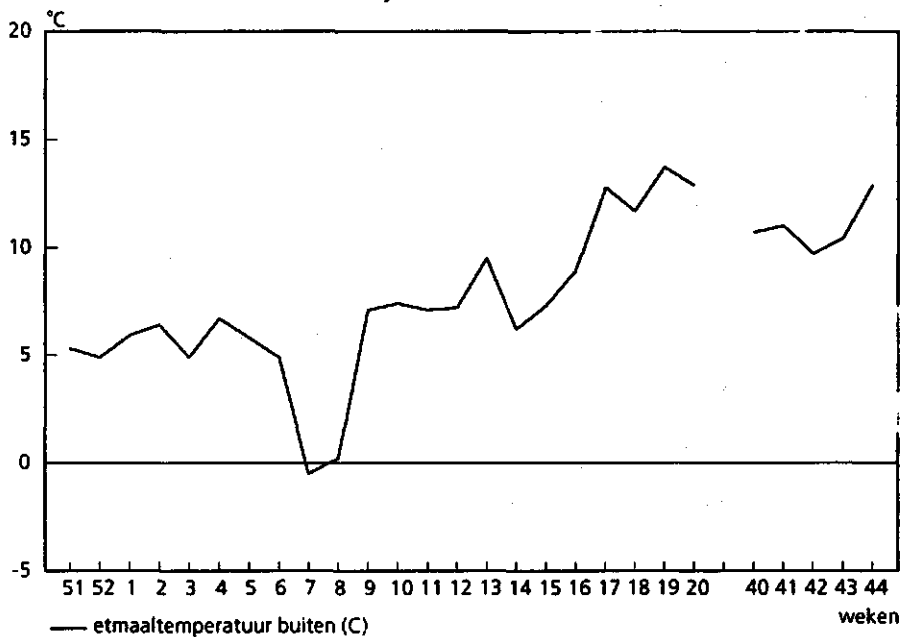
**Figuur B.4.3** Gemiddelde, minimale en maximale schermduur per week bij schermbedrijven met een doek in het teeltjaar 1993/1994



**Figuur B.4.4** Gemiddelde etmaaltemperatuur per week in het teeltjaar 1993/1994



**Figuur B.4.5** Gemiddelde, minimale en maximale schermduur per week bij schermbedrijven met een folie in het teeltjaar 1993/1994



**Figuur B.4.6** Gemiddelde etmaaltemperatuur per week in het teeltjaar 1993/1994

## Bijlage 5 Resultaten regressie-analyse

Toelichting statistische begrippen:

n = aantal waarnemingen

$r^2$  = aandeel (%) waarin de regressievergelijking de verschillen van de afhankelijke variabele y verklaard

t-waarde = maat voor de statistische betrouwbaarheid. De vergelijking is voor 95% betrouwbaar (tweezijdig), als  $t=2$  bij 40 waarnemingen.

min. = minimum waarde

max. = maximum waarde

gem. = gemiddelde waarde

### ENERGIEGEBRUIK

Betekenis afkortingen:

WPM : Warmteproductie in de kas in aardgasequivalenten per  $m^2$

STOOK : Eerste stookdatum 23 nov. = 0, 24 nov. = 1 enzovoort

CIK :  $CO_2$ -intensiteit ketel (kg per  $m^2$ )

DST : Droogstookfactor (W per  $m^2$ ) van ochtenduren in maart en april

DUM : Dummy-variabele (= jaarinvloed)

SCHD : Gebruiksduur schermen (uren)

---

Periode: t/m week 17 in 1992/1993

$$WPM = 38,4 - 0,0067 * SCHD - 0,25 * STOOK + 0,05 * DST$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
WPM	25,0	42,1	34,7	
SCHD	0	1.797	534	-9,7
STOOK	0	19	10	-3,8
DST	18,8	82,1	52,9	2,2
n	36			
$r^2$	77			

---

Periode: t/m week 17 in 1993/1994

$$WPM = 36,9 - 0,0056 * SCHD - 0,13 * STOOK + 0,04 * DST$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
WPM	27,1	40,1	33,6	
SCHD	0	1.669	601	-6,4
STOOK	8	31	17	-1,7
DST	14,9	89,3	50,1	1,5
CIK	5,2	15,9	9,5	
n	27			
$r^2$	61			

---



**ENERGIEGEBRUIK**

Periode: t/m week 17 in 1992/1993 en 1993/1994

$$\text{WPM} = 37,5 - 0,0062 * \text{SCHD} - 0,16 * \text{STOOK} + 0,04 * \text{DST}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
WPM	= 25,0	42,1	34,2	
SCHD	= 0	1.797	562	-11,5
STOOK	= 0	31	13	-4,0
DST	= 14,9	89,3	51,7	2,6
n	= 63			
r <sup>2</sup>	= 71			

waarbij DUMMY (=jaarinvloed) geen significante verschillen oplevert

Periode: week 38 t/m week 42 in 1993

$$\text{WPM} = 5,1 - 0,0053 * \text{SCHD} + 0,14 * \text{CIK}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
WPM	= 3,5	7,0	5,3	
SCHD	= 0	224	49	-4,3
CIK	= 0,8	6,8	3,7	2,5
n	= 40			
r <sup>2</sup>	= 52			

Periode: week 38 t/m week 42 in 1994

$$\text{WPM} = 3,8 - 0,0043 * \text{SCHD} + 0,16 * \text{CIK}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
WPM	= 2,2	5,2	4,3	
SCHD	= 0	198	23	-2,3
CIK	= 0,8	5,3	3,2	2,0
n	= 37			
r <sup>2</sup>	= 27			

Periode: week 38 t/m week 42 in 1993 en 1994

$$\text{WPM} = 5,0 - 0,0049 * \text{SCHD} + 0,15 * \text{CIK} - 1,12 \text{ DUM}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
WPM	= 2,2	7,0	4,8	
SCHD	= 0	224	36	-4,7
CIK	= 0,8	6,8	3,4	3,3
DUM	= 0		1	10,1
n	= 77			
r <sup>2</sup>	= 68			

## PRODUKTIE

Betekenis afkortingen:

KGM : Productie (kg per m<sup>2</sup>)

UITVAL : Aantal planten per hectare (\* 1000)

LICHT : Lichtinval (%) tot week 20 - met schermfolie (indien van toepassing)  
Lichtinval vanaf week 20 - zonder schermfolie

SCHD : Gebruiksduur schermen (uren)

CIT : CO<sub>2</sub>-intensiteit ketel + zuiver (kg per m<sup>2</sup>)

DUM : Dummy-variabele (= jaarinvloed)

PBI : Binnenland (%)

---

Periode: week 52 t/m week 20 in 1992/1993

$$\text{KGM} = 5,8 - 0,00071 * \text{SCHD} + 0,10 * \text{LICHT} + 0,0044 * \text{CIT}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM =	10,6	14,3	12,5	
SCHD =	191	1.518	587	-1,3
LICHT =	63,0	72,8	68,2	1,4
CIT =	6,9	17,7	12,7	0,1
n =	28			
r <sup>2</sup> =	2			

---

Periode: week 52 t/m week 20 in 1992/1993

$$\text{KGM} = 5,8 - 0,00072 * \text{SCHD} + 0,10 * \text{LICHT}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM =	10,6	14,3	12,5	
SCHD =	191	1.518	587	-1,4
LICHT =	63,0	72,8	68,2	1,4
n =	28			
r <sup>2</sup> =	6			

---

Periode: week 51 t/m week 20 in 1993/1994

$$\text{KGM} = -2,1 - 0,0009 * \text{SCHD} + 0,20 * \text{LICHT} + 0,02 * \text{CIT} - 0,004 * \text{UITVAL}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM =	9,5	13,3	11,1	
SCHD =	85	1.338	624	-1,8
LICHT =	64,3	72,8	68,7	3,2
CIT =	8,0	20,8	13,8	0,4
UITVAL =	0	318	61	-2,4
n =	28			
r <sup>2</sup> =	35			

---

PRODUKTIE

---

Periode: week 51 t/m week 20 in 1993/1994

$$\text{KGM} = -1,64 - 0,001 * \text{SCHD} + 0,20 * \text{LICHT} - 0,0037 * \text{UITVAL}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM	= 9,5	13,3	11,1	
SCHD	= 85	1.338	624	-2,2
LICHT	= 64,3	72,8	68,7	3,2
UITVAL	= 0	318	61	-2,4
n	= 28			
r <sup>2</sup>	= 38			

---

Periode: week 51 t/m week 20 in 1993/1994

$$\text{KGM} = -0,95 - 0,0009 * \text{SCHD} + 0,18 * \text{LICHT}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM	= 9,5	13,3	11,1	
SCHD	= 85	1.338	624	-1,9
LICHT	= 64,3	72,8	68,7	2,8
UITVAL	= 0	318	61	
n	= 28			
r <sup>2</sup>	= 27			

---

Periode: week 5x t/m week 20 in 1992/1993 en 1993/1994

$$\text{KGM} = 4,9 - 0,0009 * \text{SCHD} + 0,12 * \text{LICHT} - 1,3 * \text{DUM}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM	= 8,9	14,5	11,8	
SCHD	= 85	1.518	610	-2,6
LICHT	= 63,0	72,8	68,4	2,4
DUM	= 0	1		-5,5
n	= 56			
r <sup>2</sup>	= 42			

---

Periode: week 51 t/m week 20 in 1993/1994

$$\text{PBI} = 2,1 - 0,007 * \text{UITVAL}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
PBI	= 0,4	9,6	2,5	
UITVAL	= 0	318	51	-2,3
n	= 40			
r <sup>2</sup>	= 10			

---

## PRODUKTIE

---

Periode: week 20 t/m week 42 in 1993

$$\text{KGM} = 7,4 + 0,27 * \text{LICHT} + 0,34 * \text{CIT}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM	= 24,3	40,7	32,7	
LICHT	= 63,0	76,1	69,2	1,7
CIT	= 6,3	32,4	20,0	4,2
n	= 39			
r <sup>2</sup>	= 45			

---

Periode: week 20 t/m week 42 in 1994

$$\text{KGM} = -15,5 + 0,67 * \text{LICHT} + 0,16 * \text{CIT} - 0,00019 * \text{UITVAL}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM	= 27,6	41,7	34,5	
LICHT	= 64,3	76,1	70,0	4,1
CIT	= 10,6	30,5	20,4	1,9
UITVAL	= 10	2.298	484	-0,2
n	= 36			
r <sup>2</sup>	= 37			

---

Periode: week 20 t/m week 42 in 1994

$$\text{KGM} = -16,0 + 0,68 * \text{LICHT} + 0,16 * \text{CIT}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM	= 27,6	41,7	34,5	
LICHT	= 64,3	76,1	70,0	4,3
CIT	= 10,6	30,5	20,4	2,0
UITVAL	= 10	2.298	484	
n	= 36			
r <sup>2</sup>	= 38			

---

Periode: week 20 t/m week 42 in 1993 en 1994

$$\text{KGM} = -5,9 + 0,49 * \text{LICHT} + 0,24 * \text{CIT} + 1,4 \text{ DUM}$$

	Min.	max.	gem.	t-waarde
KGM	= 24,3	41,7	33,6	
LICHT	= 63,0	76,1	70,0	4,4
CIT	= 6,3	32,4	20,2	4,2
DUM	= 0	1	2,3	
n	= 75			
r <sup>2</sup>	= 43			

---

## Bijlage 6 Voorbeeldberekening equivalentieprijs

Hieronder volgt een omschrijving van de uitgangspunten die horen bij de uitgangssituatie. Uitgegaan wordt van een glastuinbouwbedrijf van 10.000 m<sup>2</sup> zonder een energiescherm en een jaarronde teelt ronde tomaten. De plantdatum is 3 december (DST=10 dagen). De middenprijs van de tomaten bedraagt f 2,25 per kg tot week 20 en f 1,20 na week 20. Gedurende de teelt wordt aan de CO<sub>2</sub>-vraag voldaan door ketel-rookgassen te doseren. Op jaarbasis wordt 33 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> gedoseerd, waarvan 13 kg per m<sup>2</sup> voor week 20 en daarna 20 kg per m<sup>2</sup> (CIK=20 kg per m<sup>2</sup>). In de voorjaarsperiode wordt door droogstoken het teveel aan vocht in de kas verwijderd. De droogstookwaarde is circa 50 W per m<sup>2</sup> (DST). Het totale energiegebruik is 60 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>. De lichtinval in de kas is 70% (LICHT).

Het bedrijf investeert in een beweegbaar scherm, het doek bespaart in gesloten toestand 35-40% energie. De totale investering in de installatie (inclusief doek) is f 12,- per m<sup>2</sup>.

De vaste kosten bestaan uit de afschrijvingen en rentekosten. De scherminstallatie wordt in een periode van 10 jaar lineair afgeschreven. De rentevoet bedraagt 8%. De gemiddelde rentekosten worden berekend over 50% van het geïnvesteerd vermogen en zijn dus 4%.

Jaarlijks wordt onderhoud gepleegd aan het scherm en de installatie. Dit vraagt 13 uur per jaar per hectare. Uitgegaan wordt van een arbeidsloon van f 35,- per uur. Incidentele onderhoudskosten aan het scherm per jaar bedragen f 150,- per hectare per jaar.

De gebruiksduur van het energiescherm is in de winterperiode 800 uur en in de najaarsperiode 150 uur (SCHD). De lichtonderschepping van de scherminstallatie is 5%.

Ten slotte wordt de opbrengst berekend door de opbrengstderving van schermen. Er hoeft minder produkt geogst te worden en er worden minder veilingkosten gemaakt. De veilingkosten per kg zijn 3,9 cent. De veilingprovisie is 3% en de oogstarbeid daalt met 34 minuten per 100 kg tomaten dat minder geogst wordt (Hendrix, 1993).

### Energiegebruik:

- Winterperiode:

Vergelijking 1:  $WPM = 37,5 - 0,0062 \text{ SCHD} - 0,16 \text{ STOOK} + 0,04 \text{ DST}$

Energiegebruik bij geen scherm :  $WPM = 37,9 \text{ m}^3 \text{ a.e. per m}^2$

Energiegebruik bij 800 uur schermen :  $WPM = 32,9 \text{ m}^3 \text{ a.e. per m}^2$

---

Besparing = 5,0 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>

- Najaarsperiode:

Formule 2:  $WPM = 5,0 - 0,0049 \text{ SCHD} + 0,15 \text{ CIK}$

Energiegebruik bij geen scherm :  $WPM = 8,0 \text{ m}^3 \text{ a.e. per m}^2$

Energiegebruik bij 150 uur schermen :  $WPM = 7,3 \text{ m}^3 \text{ a.e. per m}^2$

---

Besparing = 0,7 m<sup>3</sup> a.e. per m<sup>2</sup>

Energiebesparing totaal = 5,7 a.e. m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup>

## Jaarkosten

### \* Vaste kosten scherminstallatie:

afschrijving 10 jaar = 10,0%  
rente 8,0% \* 0,5 = 4,0%

totaal  $14,0\% * f 12,-/m^2 =$   $f 1,68/m^2$

### \* Onderhoudskosten scherminstallatie

arbeid installatie 9 uur/ha \* f 35,- = 315,-/ha  
arbeid doek 4 uur/ha \* f 35,- = 140,-/ha  
reparatie = 150,-/ha

totaal  $605,-/ha =$   $f 0,06/m^2$

### \* Produktiederving:

- voor week 20:

formule 3:  $KGM = 4,9 - 0,0009 SCHD + 0,12 LICHT$

bij geen scherm KGM = 13,30 kg/m<sup>2</sup>

bij 800 uur schermen KGM = 12,16 kg/m<sup>2</sup>

verschil  $= 1,14 \text{ kg/m}^2 * f 2,25/\text{kg} = f 2,57/m^2$

- na week 20:

formule 4:  $KGM = -5,9 + 0,49 LICHT + 0,24 CIT$

bij geen scherm KGM = 33,20 kg/m<sup>2</sup>

bij 150 uur schermen KGM = 31,49 kg/m<sup>2</sup>

verschil  $= 1,71 \text{ kg/m}^2 * f 1,20/\text{kg} = f 2,06/m^2$

totaal:  $f 4,63/m^2$

Subtotaal:  $f 6,37/m^2$

### \* Kostenbesparing door lagere oogst:

- Lagere veilingkosten

$2,85 \text{ kg} * f 0,039 \text{ per kg} = f 0,11/m^2$

- Lagere veilingprovisie

$3\% \text{ van } (f 2,57 + f 2,06) = f 0,14/m^2$

- Minder oogstarbeid

$2,85 * 0,0057 \text{ uur per kg} * f 35,-/\text{uur} = f 0,57/m^2$

Subtotaal:  $f 0,82/m^2$

Totaal kosten:  $f 5,55/m^2$

De equivalentieprijs bedraagt in deze situatie:

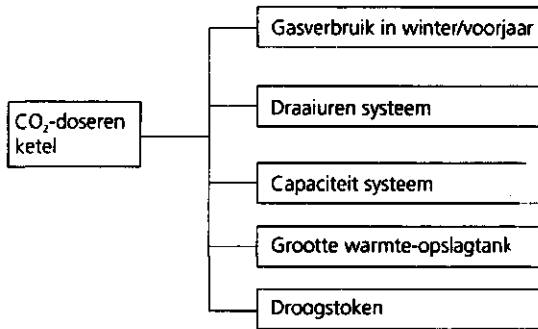
$$\frac{f 5,55/m^2}{5,7 \text{ m}^3/m^2} = f 0,97 \text{ per m}^3 \text{ gas}$$

## Bijlage 7 Verschillen in CO<sub>2</sub>-intensiteit

### Inleiding

Uit de analyse blijkt dat er samenhang is tussen het CO<sub>2</sub>-dosereren en het energiegebruik in de najaarsperiode (paragraaf 4.2). Verder is er ook een relatie tussen het CO<sub>2</sub>-dosereren en de productie in de zomer (paragraaf 4.3). Het CO<sub>2</sub>-dosereren is dus een belangrijke verklarende variabele. Getracht is daarom de verschillen in de CO<sub>2</sub>-intensiteit te verklaren. De uitkomsten van het eerste jaar zijn gepubliceerd (Rijsdijk, 1994 en B. van der Sluis et al., 1994 a en b, zie kennisoverdracht). Ook is de invloed van de CO<sub>2</sub>-intensiteit op het gasverbruik in de zomerperiode geanalyseerd. In deze bijlage worden de genoemde analyses behandeld.

De CO<sub>2</sub>-intensiteit hangt af van een aantal bedrijfsomstandigheden. Deze zijn in figuur B7.1 schematisch weergegeven.



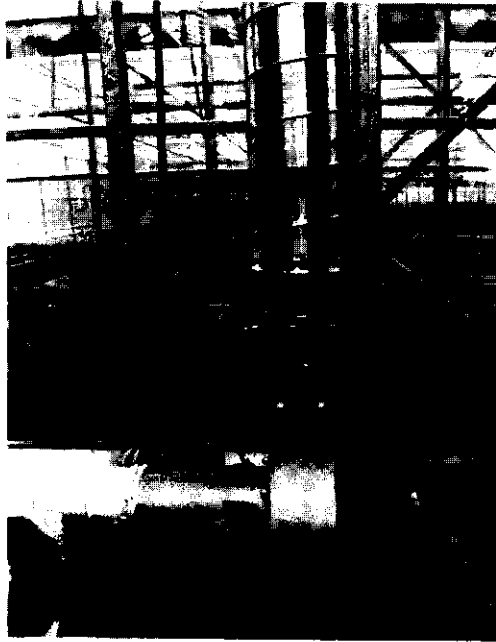
Figuur B7.1 Relatieschema CO<sub>2</sub>-dosereren op tomatenbedrijven

### Gasverbruik

De samenhang tussen de CO<sub>2</sub>-intensiteit en het gasverbruik zijn verschillend per periode van het jaar. In de winter en voorjaarsmaanden wordt CO<sub>2</sub> gedoseerd terwijl er vrijwel altijd warmtevraag in de kas is. In dit geval kunnen bij een hoger gasverbruik meer rookgassen in de kas gedoseerd worden. In het voorjaar en in de zomer wordt er ook zonder warmtevraag in de kas CO<sub>2</sub> gedoseerd. Als de extra warmte tijdens het doseren onbenut wordt afgevoerd, neemt het gasverbruik toe.

### Draaiuren CO<sub>2</sub>-doseersysteem

Het CO<sub>2</sub>-doseersysteem bestaat uit een leidingstelsel vanaf het rookgaskanaal van de ketel tot en met de CO<sub>2</sub>-darmen in de kas. Vanuit het rookgaskanaal worden CO<sub>2</sub>-rijke rookgassen via een ventilator naar de darmen in de kas getransporteerd. De CO<sub>2</sub>-intensiteit is afhankelijk van de gebruiksduur van het doseersysteem. De gebruiksduur is met urentellers geregistreerd.



*De CO<sub>2</sub>-ventilator; van bedrijf tot bedrijf grote verschillen in ventilatorcapaciteit*  
Foto: Vakblad voor de Bloemisterij

De capaciteit van het doseersysteem wordt bepaald door de capaciteit van de ventilator (toerental en grootte), de weerstand die de rookgassen in de leidingen ondervinden en het percentage CO<sub>2</sub> in de rookgassen. Een grotere ventilator of een hoger toerental van de ventilator resulteert in een grotere capaciteit van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem. Een grotere weerstand die de rookgassen ondervinden in het CO<sub>2</sub>-leidingsysteem resulteert in een kleinere capaciteit van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem. Met een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie in de rookgassen kan bij een gelijke verwerkingscapaciteit per tijdseenheid meer CO<sub>2</sub> in de kas worden geproduceerd. De capaciteit van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem is bepaald zoals beschreven in bijlage 3.

#### *Warmtebuffer*

De warmte die tijdens het CO<sub>2</sub>-doserend vrijkomt, is niet altijd nodig in de kas en kan opgeslagen worden in een buffertank. Deze opgeslagen warmte kan dan in een periode met warmtevraag, meestal 's nachts, benut worden.

Verwacht wordt dat de grootte van de warmte-opslagtank samenhangt met de CO<sub>2</sub>-intensiteit. Door een grotere warmte-opslagtank kan meer CO<sub>2</sub> gedoseerd worden.



Tabel B7.1 Meetresultaten van de CO<sub>2</sub>-intensiteit en de verklarende variabelen voor de CO<sub>2</sub>-intensiteit op jaarbasis in 1992/1993 en 1993/1994

Variabelen	Gemiddeld	Minimum	Maximum
<i>Teeltseizoen 1992/1993</i>			
CO <sub>2</sub> -intensiteit (kg per m <sup>2</sup> )	33,5	14,1	50,0
Gasverbruik (m <sup>3</sup> per m <sup>2</sup> )	60,1	47,2	72,2
Inhoud warmte-opslagtank (m <sup>3</sup> per ha) a)	72	25	110
Gebruiksduur CO <sub>2</sub> -doseerinstallatie (uren)	2587	1606	3522
Capaciteit CO <sub>2</sub> -installatie (m <sup>3</sup> gas per uur*ha)	126	49	240
<i>Teeltseizoen 1993/1994</i>			
CO <sub>2</sub> -intensiteit (kg per m <sup>2</sup> )	33,7	18,9	52,5
Gasverbruik (m <sup>3</sup> per m <sup>2</sup> )	55,5	33,6	68,7
Inhoud warmte-opslagtank (m <sup>3</sup> per ha) a)	74	25	110
Gebruiksduur CO <sub>2</sub> -doseerinstallatie (uren)	2487	1782	3661
Capaciteit CO <sub>2</sub> -installatie (m <sup>3</sup> gas per uur*ha)	128	49	285

a) 23 bedrijven met warmte-opslag.

#### Analyse-resultaten

De invloed van de variabelen op de CO<sub>2</sub>-intensiteit is geanalyseerd in twee perioden, namelijk de winterperiode tot week 16 en de zomerperiode na week 16 of week 20. Dit is gedaan omdat de richting van de relatie tussen de CO<sub>2</sub>-intensiteit en het gasverbruik gedurende de teeltperiode verandert. In de winterperiode worden verschillen in CO<sub>2</sub>-intensiteit veroorzaakt door verschillen in gasverbruik. In de zomerperiode is dit omgekeerd. Vanuit deze achtergrond zijn de analyse-resultaten weergegeven.

#### Winterperiode

In de winterperiode zijn de variabelen gasverbruik, grootte warmte-opslag-tank, gebruiksduur van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem en de CO<sub>2</sub>-doseercapaciteit bepalend voor de verschillen in CO<sub>2</sub>-intensiteit. De regressievergelijking op basis van de twee teeltseizoenen gezamenlijk is als volgt:

$$CIK = -7,4 + 0,09 \text{ GASVM} + 0,02 \text{ WOM} + 0,02 \text{ DC} + 0,03 \text{ CCAP} \quad (5)$$

Waarin:

- CIK = CO<sub>2</sub>-intensiteit van 20 december tot week 16 (kg per m<sup>2</sup>)
- GASVM = Gasverbruik van 20 december tot week 16 (m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup>)
- WOM = Inhoud warmte-opslagtank (m<sup>3</sup> water per ha)
- DC = Gebruiksduur CO<sub>2</sub>-doseersysteem tot week 16 (uren)
- CCAP = Capaciteit CO<sub>2</sub>-doseersysteem (m<sup>3</sup> gas per uur \* ha)

De bijbehorende statistische informatie is:

- t(GASVM) = 2,2
- t(WOM) = 5,1
- t(DC) = 11,6
- t(CCAP) = 8,3
- r<sup>2</sup> (%) = 72
- n = 82

Bij het gebruik van de vergelijking dient rekening gehouden te worden met de spreiding van de variabelen waarbinnen de regressie-analyse is uitgevoerd.

De spreiding per variabele is:

GASVM	=	14,2	-	34,0	m <sup>3</sup> per m <sup>2</sup>
WOM	=	0	-	110	m <sup>3</sup> per ha
DC	=	274	-	756	uren
CCAP	=	49	-	240	m <sup>3</sup> gas per uur * ha

De verschillen in CO<sub>2</sub>-intensiteit in de winterperiode zijn voor 72% verklaard door vergelijking 5. Een hogere gasverbruik, een grotere warmte-opslagtank, meer draaiuren van de CO<sub>2</sub>-doseerinstallatie en een grotere capaciteit van het doseersysteem veroorzaken een hogere CO<sub>2</sub>-intensiteit.

Er is geen betrouwbaar verschil tussen de jaren.

#### *Zomerperiode*

In de zomerperiode zijn de variabelen inhoud warmte-opslagtank, gebruiksduur van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem en de CO<sub>2</sub>-doseercapaciteit bepalend voor de verschillen in CO<sub>2</sub>-intensiteit. De regressievergelijking op basis van de twee teeltseizoenen gezamenlijk is als volgt:

$$CIK = -4,6 + 0,08 WOM + 0,01 DC + 0,04 CCAP \quad (6)$$

Waarin:

CIK	=	CO <sub>2</sub> -intensiteit van week 16 tot en met week 42 (kg per m <sup>3</sup> )
WOM	=	Inhoud warmte-opslagtank (m <sup>3</sup> per ha)
DC	=	Gebruiksduur CO <sub>2</sub> -doseersysteem van week 16 tot en met week 42 (uren)
CCAP	=	Capaciteit CO <sub>2</sub> -doseersysteem (m <sup>3</sup> gas per uur * ha)

De bijbehorende statistische informatie is:

t(WOM)	=	8,4
t(DC)	=	10,2
t(CCAP)	=	4,6
r <sup>2</sup> (%)	=	77
n	=	80

De spreiding per variabele is:

WOM	=	0	-	110	m <sup>3</sup> per ha
DC	=	1.255	-	2.711	uren
CCAP	=	49	-	285	m <sup>3</sup> gas per uur * ha

De verschillen in CO<sub>2</sub>-intensiteit in deze periode worden voor 77% verklaard door vergelijking 6. Een grotere inhoud van de warmte-opslagtank, een langere gebruiksduur van de CO<sub>2</sub>-doseerinstallatie en een grotere CO<sub>2</sub>-doseercapaciteit veroorzaken een hogere CO<sub>2</sub>-intensiteit.

#### *Gasverbruik en CO<sub>2</sub>-dosereren in de zomer*

Ten slotte is in de zomerperiode (week 20-42) de invloed van de CO<sub>2</sub>-intensiteit op het gasverbruik geanalyseerd. In deze periode worden verschillen in gasverbruik veroorzaakt door verschillen in CO<sub>2</sub>-intensiteit. In de analyse-resultaten van de twee jaren komen grote verschillen voor. Bovendien blijkt ook de warmte-op-

slagtank hierbij een rol te spelen. De regressieanalyses zijn gemaakt voor de groep bedrijven met een warmte-opslagtank en de groep bedrijven zonder een warmte-opslagtank. Voor het teeltseizoen 1992/1993 luiden deze als volgt:

Met warmte-opslag:  $GASVM = 15,7 + 0,2 \text{ CIK}$  (7)

Zonder warmte-opslag:  $GASVM = 16,3 + 0,3 \text{ CIK}$  (8)

Waarin:

$GASVM$  = Gasverbruik ( $m^3$  per  $m^2$  in week 20 tot en met 42

$CIK$  =  $CO_2$ -intensiteit (kg per  $m^2$ ) in week 20 tot en met 42

De bijbehorende statistische informatie:

$t(CIK)$  formule 7 = 3,3

$r^2$  formule 7 = 31%

$n$  = 23

	Spreiding	gemiddelde
$GASVM$	= 14,0 - 22,1	19,1 $m^3$ per $m^2$
$CIK$	= 6,3 - 32,4	22,1 kg per $m^2$

$t(CIK)$  formule 8 = 3,6

$r^2$  formule 8 = 43%

$n$  = 17

	Spreiding	gemiddelde
$GASVM$	= 17,8 - 22,4	19,9 $m^3$ per $m^2$
$CIK$	= 11,6 - 24,9	16,4 kg per $m^2$

In het eerste teeltseizoen kwam naar voren dat op de bedrijven met een warmte-opslagtank het gasverbruik minder sterk steeg bij een hogere  $CO_2$ -intensiteit dan op de bedrijven zonder warmte-opslagtank. Een hogere  $CO_2$ -intensiteit van 10 kg op bedrijven met een warmte-opslagtank resulteerde in een hoger gasverbruik van 2  $m^3$  gas per  $m^2$ . Op bedrijven zonder warmte-opslagtank was dit 3  $m^3$  per  $m^2$ . Hieruit blijkt dat met hetzelfde gasverbruik meer  $CO_2$  wordt gedoseerd.

In het tweede teeltseizoen bleek dat de warmte-opslagtank geen rol speelde bij de relatie tussen de  $CO_2$ -intensiteit en het gasverbruik. De regressievergelijkingen voor de groep bedrijven met en zonder warmte-opslagtank luiden in 1993/1994 als volgt:

Met warmte-opslag :  $GASVM = 8,5 + 0,4 \text{ CIK}$  (9)

Zonder warmte-opslag :  $GASVM = 12,3 + 0,4 \text{ CIK}$  (10)

Waarin:

$GASVM$  = Gasverbruik ( $m^3$  per  $m^2$ ) in week 20 tot en met 42

$CIK$  =  $CO_2$ -intensiteit (kg per  $m^2$ ) in week 20 tot en met 42

De bijbehorende statistische informatie:

$t(CIK)$  formule 9 = 3,0

$r^2$  formule 9 = 28%

$n$  = 23

	Spreiding	gemiddelde
GASVM	= 12,1 - 23,4	17,5 m <sup>3</sup> per m <sup>2</sup>
CIK	= 15,3 - 27,9	22,6 kg per m <sup>2</sup>

t(CIK) formule 10 = 2,3  
r<sup>2</sup> formule 10 = 22%  
n = 16

	Spreiding	gemiddelde
GASVM	= 12,1 - 21,4	17,9 m <sup>3</sup> per m <sup>2</sup>
CIK	= 9,5 - 19,9	14,2 kg per m <sup>2</sup>

Het effect van CO<sub>2</sub>-dosereren op het gasverbruik is groter dan in het eerste teeltseizoen. Een hogere CO<sub>2</sub>-intensiteit van 10 kg resulteerde in een hoger gasverbruik van 4 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup>. Waarschijnlijk speelt de hoge buitentemperatuur in de zomer van 1994 daarbij een belangrijke rol. In een periode met een hoge buitentemperatuur wordt er immers minder nuttig gebruik gemaakt van opgeslagen warmte in de buffertank. Hierdoor neemt het gasverbruik voor CO<sub>2</sub>-dosereren extra toe. Uit de regressievergelijking blijkt zelfs dat het aardgasverbruik voor een belangrijk deel gebruikt wordt voor het CO<sub>2</sub>-dosereren. Als al het gas speciaal voor het CO<sub>2</sub>-dosereren uit de rookgassen zou worden benut, is voor 10 kg CO<sub>2</sub> 5,6 m<sup>3</sup> aardgas nodig. In de zomerperiode 1994 nam bij het doseren van 10 kg CO<sub>2</sub> extra het aardgasverbruik met 4 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> toe. Dus circa 70% van het gasverbruik is gebruikt voor CO<sub>2</sub>-dosereren.

#### *Conclusie*

In de winterperiode wordt op de bedrijven met een hoger gasverbruik meer CO<sub>2</sub> gedoseerd. In de zomerperiode wordt op de bedrijven met een hogere CO<sub>2</sub>-intensiteit meer gas verbruikt.

De capaciteit van de CO<sub>2</sub>-doseerinstallatie en de gebruiksduur zijn bepalend voor de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die jaarlijks wordt gedoseerd. Op bedrijven met een warmte-opslagtank wordt meer CO<sub>2</sub> gedoseerd. Het extra gasverbruik voor CO<sub>2</sub>-dosereren wordt hiermee beperkt. In warme perioden gaat dit effect echter grotendeels verloren.