

Verkenning haalbaarheid Diamantglas

(Fase 1)

Agrotechnology & Food Innovations:

Frank Kempkes

Vida Mohammadkhani

DLV:

Ronald Jan Post

Arjan van Antwerpen

Raport 427

Onderzoek in het kader van het Convenant Glastuinbouw en Milieu

In opdracht van:



Title Verkenning haalbaarheid diamantglas (fase 1)
Author(s) Frank Kempkes (A&F), Vida Mohammadkhani (A&F), Ronald Jan Post (DLV), Arjan van Antwerpen (DLV)
A&F number 427
ISBN-number 90-6754-917-7
Date of publication april 2005
Confidentiality nee
Project code. 630.54016.01

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.



The quality management system of Agrotechnology & Food Innovations B.V. is certified by SGS International Certification Services EESV according to ISO 9001:2000.

Samenvatting

Hoge lichtdoorlatendheid van kasdekken is voor tuinders een belangrijk criterium. Een hogere lichtdoorlatendheid leidt tevens tot een lagere behoefte aan warmte met als gevolg een lager energieverbruik en in combinatie met hogere productie tot een hogere energie-efficiëntie. Diamantglas is een dergelijk materiaal, dat ook in het NIR en UV gebied een hogere transmissie dan standaardglas heeft. Van 2 soorten Diamantglas (oud en nieuw), Gerrisol (een hamerslagglas) en Oosteuropesglas, is de transmissie zowel voor loodrecht als diffuus licht bepaald, en vergeleken met standaardglas. De verschillen in transmissie eigenschappen tussen het Diamantglas en het Oosteuropesglas zijn klein, en duidelijk beter dan dat van Gerrisol- en standaardglas.

Naast de bepaling van de transmissie eigenschappen is er een SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) analyse van dit materiaal gemaakt. Een kasdek materiaal met een hogere lichttransmissie, zonder dat daar grote extra investeringen mee zijn gemoeid, verbetert de concurrentiepositie van het individuele bedrijf. Er is veel belang bij het onderzoek van het toegevoegde effect van UV op de groei van de plant. De UV-B transmissie is een specifieke eigenschap van Diamantglas, die andere typen glas, ook met een hogere lichttransmissie, wellicht niet hebben. Dit zou de gebruikswaarde van dit type glas extra kunnen verbeteren.

Doordat er slechts kleine verschillen in transmissie zijn tussen Diamantglas en Oosteuropesglas, zijn de effecten op de productie en het energieverbruik tussen deze soortenglas marginaal. Wel is er enigszins een verschil tussen het standaardglas en Gerrisolglas enerzijds en het Diamantglas en Oosteuropesglas anderzijds. De verschillen in productie zijn echter kleiner dan op grond van de verschillen in transmissie verwacht mogen worden, wat mogelijk veroorzaakt wordt door verschillen in CO₂-niveau of andere parameters, die in deze 1^e fase van het project niet zijn meegenomen.

Inhoud

Samenvatting		3
Inhoud		5
1 Inleiding		7
2 Resultaten		9
2.1 SWOT analyse		9
2.2 Licht & Transmissie metingen		12
2.3 Model berekeningen		15
3 Conclusies		19
Bijlage 1	Invloed UV op gewas	21
Bijlage 2	Bedrijfsuitrusting en setpointinstellingen	25
Bijlage 3	Klimaat grafieken referentieberekening	27
Referenties		29

1 Inleiding

Hoge lichtdoorlatendheid van kasdekken is voor tuinders een belangrijk criterium bij de beslissing over nieuw te bouwen kassen. Immers een hogere lichtopbrengst in de kas herhoogt in het algemeen de productie. Een hogere lichtdoorlatendheid leidt tevens tot een lagere behoefte aan warmte uit het verwarmingssysteem met als gevolg een lager energiegebruik. Gekoppeld aan het lagere energiegebruik leidt de combinatie met hogere productie tot een hogere energie-efficiëntie.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat nieuwe materialen, waarvan verwacht wordt dat ze meer licht doorlaten, sterk in de belangstelling staan van tuinders die nieuw willen bouwen.

Diamantglas, ook wel wit glas genoemd, is een dergelijk materiaal. Het is niet-ijzerhoudend glas, waarmee een grotere lichtdoorlatendheid wordt bereikt dan met ijzerhoudend glas. Ook in het NIR en UV gebied is de transmissie hoger dan van standaardglas. De vraag is of dit glas een belangrijke mogelijkheid biedt om invulling te geven aan het maximaliseren van het gebruik van natuurlijk licht in de kas en het verhogen van de energie-efficiëntie in de tuinbouw.

Er is tot nu toe beperkte ervaring met Diamantglas in de praktijk. De eerste ervaringen blijken echter wel positief. Een gebruiker geeft aan dat hij onder Diamantglas een hogere productie behaalt. De achterliggende theoretische onderbouwing ontbreken evenwel en er is ook nog relatief weinig bekend over de effecten van dit glas op kasklimaat, jaarrond energiegebruik, vervuiling en breukrisico. Aan de productiezijde is er nog weinig bekend over de glasproductie, leverbaarheid, continuïteit en kwaliteit. Door beide factoren bestaat er terughoudendheid voor het breed inzetten in de praktijk.

2 Resultaten

In de eerste fase van dit project is op een drietal fronten naar Diamantglas gekeken. Ten eerste is er een SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) analyse van dit materiaal gemaakt. Daarnaast is van dit en een tweetal andere materialen (Oosteuropesglas en Gerrisolglas) de transmissie eigenschappen bepaald. Vervolgens zijn met deze gegevens modelberekeningen gemaakt met betrekking tot het klimaat, energieverbruik en productie.

2.1 SWOT analyse

Het product

Diamantglas dat voor de tuinbouw beschikbaar is, is in feite een soort afvalglas. Dit “afvalglas” ontstaat aan het eind van een batch proces. De laatste hoeveelheid uit dit proces is glas dat een wat lagere kwaliteit heeft. Het glas van goede kwaliteit wordt gebruikt bij het vervaardigen van o.a. photo-voltaïsche zonnecellen en LCD schermen, maar ook bij toepassingen waar een grote dikte in combinatie met grote helderheid belangrijk zijn. Diamantglas is eigenlijk een float glas soort met heel weinig ijzeroxide verontreiniging en het ziet er erg helder uit, ook aan de zijkant gezien. De lichttransmissie is ca. 91%.

In de tuinbouw wordt veel gebruikt gemaakt van glas met een wat lagere kwaliteit; de lichttransmissie is net iets meer dan 89%. Dit heeft als voordeel dat de prijs veel lager is, terwijl de eigenschappen vaak toch voldoende zijn. De vraag naar beter glas klinkt al lang en dat glas is ook leverbaar, maar de prijsconsequenties zijn meestal onevenredig hoog. Diamantglas biedt de mogelijkheid om met een beperkt hogere prijs toch beter glas geleverd te krijgen. Aangezien het een restproduct betreft van een niet bulkproduct, is de beschikbaarheid gering (ca. 20 ha per jaar). Het verhogen van de beschikbaarheid zou direct een prijsstijging tot gevolg kunnen hebben.

Dé Diamantglas kassenbouwer is Nobutec. Zij zijn erg enthousiast over het glas en hun toepassing en gebruiken de betere glaseigenschap als sterk verkoopargument. De maten van het glas zijn niet anders dan die van het normale tuindersglas en daardoor is er geen specifieke aanpassing nodig aan de kasconstructie. Specifieke cijfers van bijvoorbeeld breukbestendigheid bij veroudering of hagelweerstand zijn niet beschikbaar. Daarnaast vereist de regelgeving toepassing van geharde glassoorten in verband met de veiligheid. Over deze aspecten zijn geen nadere gegevens bekend. De reden dat voor het Diamantglas wordt gekozen is dat het een hogere lichttransmissie heeft dan normaal toegepast glas. Daarnaast heeft het de eigenschap dat het meer UV-B doorlaat. Dit kan plantfysiologische effecten hebben op de kwaliteit van het geteelde product.

Glastuinbouwmarkt

De marges staan al jaren onder druk. Dat betekent dat de tuinbouw zoekt naar kostprijsverlaging en productieverhoging. Een belangrijke productiefactor in de meeste gewassen is de hoeveelheid licht. Als de lichttransmissie van de kasbedekking hoger is, zonder dat hier grote extra investeringen mee zijn gemoeid, verbetert dat de concurrentiepositie van dat individuele bedrijf. Bij deze ontwikkelingen is het zo dat veel ondernemers overnemen waarin enkelen voorgaan. Als een grote groep volgers de techniek ook gaat toepassen, vervalt het voordeel vaak in de nieuwe standaard.

Uitbuiten

Door het toepassen van glas met een hogere lichttransmissie neemt de productie toe. De hogere productie moet de extra kosten voor het glas meer dan goed maken. Zolang de kosten van het glas laag zijn en de beschikbaarheid goed is, is het aantrekkelijk dit type glas toe te passen. De meerprijs van Diamantglas tegenover normaal floatglas is ca. € 1,50 per m². Daarnaast heeft de verhoogde doorlaat van UV-B mogelijk gevolgen voor de kwaliteit en kan daarmee een uitzonderingspositie worden bekleed. De effecten op het gewas zijn echter niet goed bekend.

Aanpassen

Door de naam en de verhalen worden verwachtingen geschept. Dit is voor sommigen genoeg om ermee in zee te gaan. Als dit er teveel worden, is de beschikbaarheid van het glas al snel een probleem. De onduidelijkheid met betrekking tot mogelijke neveneffecten is voor veel mensen ook een reden om juist niet aan Diamantglas te beginnen. Daarnaast geldt niet voor alle gewassen dat een hoge lichtdoorlatendheid direct meer opbrengst genereert. Sommige gewassen hebben geen (positief) effect van extra UV-B. Er dienen mogelijkheden te worden aangeboden in combinatie met andere kenmerken (energiebesparing, bouwkosten) om het glas ook voor deze groep aantrekkelijk te maken. Kunststoffen die inde kas worden toegepast kunnen van een soort gemaakt worden die minder schade ondervindt door het toegenomen UV niveau.

Verbeteren

Er is veel belang bij het onderzoek van het toegevoegde effect van UV op de groei van de plant. De resultaten van vroeger onderzoek worden hierbij niet als doorslaggevend beschouwd. De UV-B transmissie is een specifieke eigenschap van Diamantglas dat andere typen glas, ook met een hogere lichttransmissie, wellicht niet hebben. Dit zou de verkoop van dit type glas extra kunnen stimuleren. De prijsontwikkeling van het glas is dan wel een bron van zorg en verdient de nodige aandacht.

Oppassen

Op dit moment overstijgt de vraag al snel het aanbod. Afgelopen najaar zijn er al kassen verkocht met als zeer belangrijk verkoopargument het Diamantglas, terwijl de kassenbouwer het glas niet kan inkopen. De leveranciers van het glas moeten dus duidelijk aan kunnen geven wat de mogelijke kostenstructuur zou kunnen zijn zodat er geen verwachtingen geschapen gaan worden die niet ingelost kunnen worden.

Een probleem is dat het Diamantglas een restproduct is van een ander productieproces. Een verandering in dat primaire productieproces beïnvloedt ook de beschikbaarheid van het Diamantglas voor de glastuinbouw. Hierop heeft de tuinbouw geen directe invloed en is dus afhankelijk van een andere sector. Het effect zal zich uiteindelijk weer in de prijs laten gelden. Zeer recent is aangegeven dat normaal diamantglas ook verkrijgbaar is voor de tuinbouw. Dit glas is ca 2x zo duur als normaal floatglas, dus een meerprijs van ca. € 3,50 per m².

Alle hierboven genoemde punten, kunnen ook in een tabelvorm worden weergegeven. In Tabel 1 is de SWOT tabel van Diamantglas opgenomen.

Tabel 1 SWOT analyse Diamantglas

Markt	
DIAMANTGLAS	<p style="text-align: center;">Kansen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostprijsverlaging als gevolg van hogere productie bij hogere lichttransmissie. ▪ Mogelijke kwaliteitsverandering door toename in UV-instraling. ▪ Verbetering concurrentiepositie door betere of andere kwaliteit. ▪ Aangepaste raskeuze bij andere lichtspecificaties in de kas (meer (licht) efficiënte rassen). ▪ Hogere energie-efficiëntie bij hogere productie bij gelijk energieverbruik.
DIAMANTGLAS	<p style="text-align: center;">Bedreigingen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Door snelle technologische ontwikkelingen wordt de economische levensduur van kassen verkort. ▪ Snelle adaptie bij succes, grote vraag. ▪ Diversiteit in kasbedekkingen voor iedere toepassing met andere kwaliteiten (energiebesparing, bouwkosten of beschikbaarheid). ▪ Andere manieren om meer licht in de kas te krijgen: grotere glasmatten, ander materiaal, geharde luchtramen. ▪ Ontwikkeling regelgeving veiligheid. ▪ Kunststoffen kunnen door hoger UV doorlaat
Sterkten	Uitbuiten
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sterk hogere lichttransmissie dan standaardglas. (ca. 2%) ▪ Hoger PAR transmissie t.o.v. ander onderzoek glas. ▪ Hogere transmissie in het spectrum van UV-B t.o.v. ander onderzoek glas. ▪ Goed klinkende naam scheidt verwachtingen ▪ Belangrijk voorbeeldbedrijf heeft goede resultaten. ▪ Normale maatgeving, geen aparte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hogere productie door betere lichttransmissie en hierdoor kosten verlagen. ▪ Marktpositie bedrijf verbeteren door kwaliteit en/of specifieke producten. (concurrentiepositie) ▪ Verbeteren van de energie-efficiëntie. ▪ Marge verbeteren
Zwakten	Aanpassen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Er is slechts een beperkte hoeveelheid Diamantglas voor de tuinbouw beschikbaar. ▪ De prijs is hoger, t.o.v. normaal floatglas (ca. 1,50 €/m² meerprijs). ▪ De kans op meer of minder breuk is onbekend. ▪ De maatvastheid is onbekend 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bij snelle adaptie vervalt het voordeel in de nieuwe standaard. ▪ Als verwachtingen te ver afliggen van de realiteit ontstaat uiteindelijk een negatief imago. ▪ Duidelijkheid genereren voor welke gewassen dit glas de meeste potentie heeft. ▪ Alternatieven voor instabiele kunststoffen zijn voorhanden.
Product	Oppassen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alle technische eigenschappen moeten onderzocht en bekend gemaakt worden. ▪ Vragen m.b.t. materiaaleigenschappen moeten (snel) opgehelderd worden voordat er (meer) vraag ontstaat. ▪ Als de productie van Diamantglas opgevoerd wordt, zal ook de prijs dalen ▪ Verbeteren kennis UV invloed op kwaliteit van geteelde producten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Succes van het Diamantglas en concurrentie tussen telers kan de prijs opdrijven bij gelijkblijvende productie. ▪ Vraag overstijgt al snel de momentane beschikbaarheid en leidt nu al tot problemen bij de levering ▪ Geringe beschikbaarheid of onbekendheid met de eigenschappen, kan leiden tot keuze van andere dekken die tot mindere (milieu) resultaten kunnen leiden. ▪ De beschikbaarheid van diamantglas met een “geringe” meerprijs is afhankelijk van de vraag in andere sectoren.

2.2 Licht & Transmissie metingen

Omdat er niet gesproken kan worden van één soort transmissie omdat deze onder andere afhankelijk is van de golflengte en het soort licht, wordt in deze paragraaf naast de resultaten van de transmissie metingen eerst even in gegaan op de soorten straling met de bijbehorende golflengtes.

De globale straling van de zon is samengesteld uit een breed spectrum met verschillende golflengtes. Deze globale straling omvat straling van de golflengtes 300-3.000 nanometer (nm).

Tabel 2 geeft een overzicht van de optische straling (CIE 106/5, 1993). De optische straling wordt gekarakteriseerd door de golflengte, die wordt aangegeven in nanometers (nm).

Tabel 2 *Indeling van de optische straling*

Naam	Afkorting	Golflengte (nm)	Opmerking /effect op plant	
Ultraviolette straling	UV	UV-C	< 280	bereikt aardoppervlak niet
		UV-B	280-315	Anthocyaanvorming (bladkleuring), afharding
		UV-A	315-400	Beschadiging DNA, chlorofyl en membranen
Fotosynthetisch actieve straling	PAR VIS	B (blauw)	400-500	Afname fotosynthese, celstrekking, lengtegroei
		G (groen)	500-600	Remming lengtegroei, kleiner, dikker blad Anthocyaanvorming, opengaan huidmondjes Fototropie
		R (rood)	600-700	Hoge rood/verrood verhouding, ook rood belichting veroorzaken: <ul style="list-style-type: none"> ▪ remming lengtegroei, stimulering knopuitloop en vertakking ▪ stimuleert adventieve wortelvorming ▪ veroorzaakt kieming van zaden ▪ verkleining bladoppervlak, toename bladdikte ▪ stuurt bloemaanleg
Nabij infrarode straling	NIR	FR (verrood)	700-800	Lage rood/verrood verhouding, ook verrood belichting veroorzaken: <ul style="list-style-type: none"> ▪ strekking, toename bladoppervlakte, afname bladdikte ▪ minder vertakking, remming knopuitloop ▪ remming zaadkieming
		NIR	800-3.000	
Verre infrarode straling	FIR	3.000 – 100.000		

Een deel van de globale straling is zichtbaar voor het menselijke oog, namelijk in het golflengtegebied van 380-780 nm. Dit wordt het zichtbare licht genoemd en stemt overeen met de kleuren blauw, groen, geel, oranje en rood. Het menselijk oog heeft de grootste gevoeligheid voor licht bij een golflengte van ca. 555 nm (groen/geel), terwijl de grootste gevoeligheid voor de plant bij ca. 650 á 700 nm ligt.

Metingen:

De lichtmetingen voor alle aanwezige glastypen op het bedrijf en als referentie eveneens standaardglas, zijn uitgevoerd op een Integreerende Ulbricht-kogel zoals die bij A&F operationeel is. Op deze kogel zijn voor monsters van 50x50 cm de diffuse reflectie (Rd), de diffuse transmissie (Td) en de loodrechte transmissie (Tl) voor het gebied van 400-700nm (zichtbare licht) gemeten. Voor de bepaling van de lichttransmissie als enkelvoudig getal zijn deze resultaten gewogen naar de Nederlandse norm NEN 2675 (1990) voor het bepalen van de lichttransmissie.

Met behulp van een spectrofotometer van het merk Perkin-Elmer zijn ook lichtdoorlatendheidsmetingen (Tl) gedaan voor het gebied 300-2500nm (UV-VIS-NIR). Bij deze

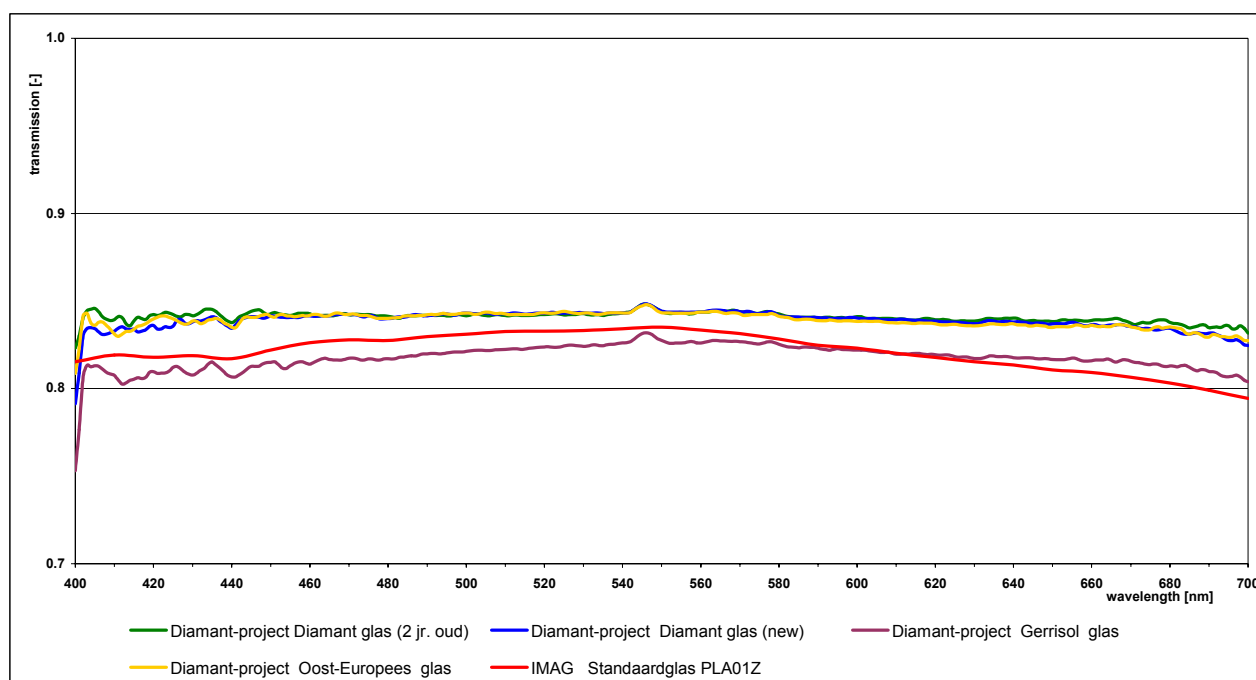
meetwaarden is met een Europese norm EN-420 de gemiddelde transmissie bepaald voor het Zonnespectrum.

De resultaten van de lichttransmissiemetingen, zijn in Tabel 3 weergegeven.

Tabel 3 Resultaten lichtmetingen Reflectie diffuus (Rd), Transmissie diffuus (Td) en Transmissie loodrecht (Tl) met de Integrerende Ulbricht-kogel en de Perkin-Elmer spectrofotometer (PE).

Monsters:	Rd (%) 400-700 nm	Td (%) 400-700 nm	Tl (%) 400-700 nm	Tl (%) (PE) 400-700 nm	Tl (%) (PE) 300-2500 nm
Gerrisolglas	12.3	81.8	90.4	91.5	89.6
Oosteuropeesglas	12.6	83.9	90.5	90.9	89.6
Diamantglas (nieuw)	12.7	83.9	90.7	91.1	89.7
Diamantglas (2 jaar oud)	12.3	84.1	90.8	91.1	90.1
Standaardglas	12.2	82.2	89.4	89.3	85.0

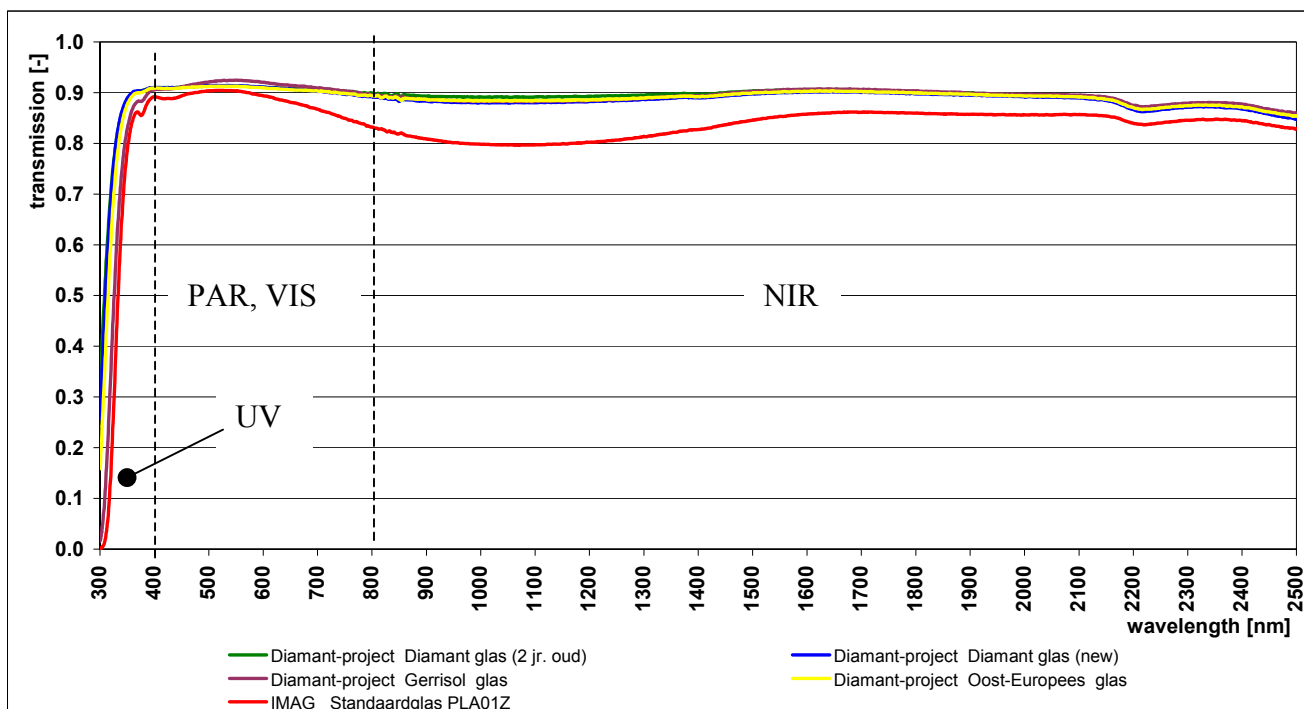
Voor diffuse transmissie in het PAR-gebied heeft het 2 jaar oude Diamantglas de hoogste transmissie waarde ten opzichte van alle andere materialen. Gerrisolglas heeft de laagste waarde. Het transmissiespectrum van diffuus licht voor het PAR-gebied is in Figuur 1 weergegeven.



Figuur 1 Lichttransmissie diffuus (Ulbricht kogel) als functie van de golflengte voor Diamantglas (nieuw en oud), Gerrisolglas in vergelijking met standaard enkelglas.

In figuur 2 wordt de grafiek getoond van de loodrechte transmissie van de 5 onderzochte glastypen in het totale zonstralingsspectrum. In het PAR-gebied zijn de verschillen slechts marginaal.

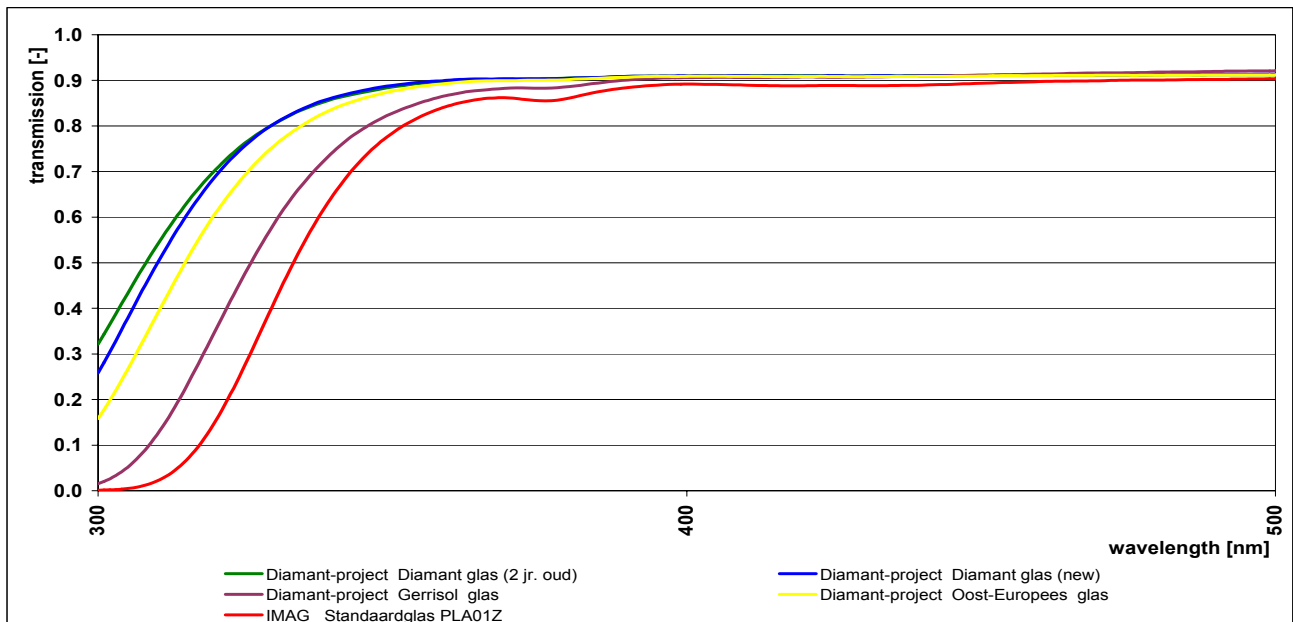
In het NIR-gebied zijn de verschillen tussen de vier alternatieve glasplaten onderling zeer klein, maar ten opzichten van standaard glas is de loodrechte transmissie voor NIR gemiddeld zo'n 6% hoger.



Figuur 2 Lichttransmissie loodrecht (Perkin-Elmer) als functie van de golflengte voor Diamantglas (nieuw en oud), Gerrisolglas in vergelijking met standaard enkel glas. Tevens zijn de stralingsgebieden UV, PAR en VIS en NIR aangegeven.

De verschillen in transmissiewaarden in het NIR gebied kan de energiebehoefte van de kas beïnvloeden, vooral in de wintertijd. Echter deze invloed zou uit kunnen blijven wanneer in de winter vaak geschermd (gaat) worden.

In het UV gebied (Figuur 3) zijn de verschillen tussen de glastypen eveneens duidelijk aanwezig. Helaas is er weinig bekend over het effect van UV straling op productie en de ontwikkeling van het gewas (zie bijlage1).



Figuur 3 Lichttransmissie loodrecht (Perkin-Elmer) voor 300-500nm gebied als functie van de golflengte voor Diamantglas (nieuw en oud), Gerrisolglas in vergelijking met standaard enkelglas.

2.3 Model berekeningen

Met de resultaten van de transmissie metingen zijn met behulp van het kassimulatiemodel KASPRO berekeningen uitgevoerd om de gevolgen op het klimaat, energieverbruik en gewasproductie voor de onderzochte materialen, in kaart te brengen. Als uitgangspunt voor de berekeningen is het bedrijf inclusief klimaatinstellingen en bedrijfsuitrusting van de heer van Gog genomen.

Matchen energieverbruik in het model

Om te verifiëren of het model, de instellingen en de bedrijfsuitrusting enigszins met de realiteit vergelijkbaar zijn, is een inventarisatie gemaakt van de bedrijfsuitrusting en de klimaatinstellingen. De belangrijkste gegevens zijn in bijlage 2 opgenomen. De resultaten van dergelijke berekeningen zijn sterk afhankelijk van de randgegevens waarmee je het model voedt. Één daarvan is het weer. Omdat van de bedrijfslocatie geen weerbestand beschikbaar is, zijn de gegevens van het KNMI 2004 gebruikt. Dit zal op momenten wel redelijk fors kunnen afwijken van de lokale data, maar in grote lijnen zullen de verschillen in het weer in de Bilt en in Helmond gering zijn.

In een later stadium zal worden overgeschakeld op het SEL-jaar, wat representatief is voor een gemiddeld Nederlands jaar.

Een jaarrondberekening met het model levert de in Tabel 4 gegeven energieverbruiken op. In de zomer (periode 6, 7 en 8) berekent het simulatiemodel een duidelijk lager gasverbruik. Waarschijnlijk maakt de tuinder meer gebruik van de minimumbuis dan hij in het interview heeft aangegeven.

De opvallende afwijking in periode 1 komt waarschijnlijk door ofwel een verkeerde opgave van het verbruik, of de tuinder heeft in de eerste weken van januari fors andere kasklimaat instellingen gehanteerd (bijvoorbeeld het gebruik van een sterk beperkende maximum buistemperatuur.

Tabel 4 *Opgegeven en berekend energieverbruik en de berekende hoeveelheid gedoseerd CO₂ voor 2004*

periode	gasverbruik [m ³ /m ²]		gedoseerde CO ₂ [kg/m ²]
	opgegeven	berekend	berekend
1	2.93	4.51	0.33
2	4.25	4.59	1.02
3	3.34	3.01	2.92
4	2.34	2.64	3.95
5	2.34	2.15	3.82
6	2.04	1.75	3.12
7	2.24	1.62	2.88
8	2.13	1.42	2.53
9	1.73	1.88	3.35
10	2.37	2.31	3.46
11	3.04	3.26	1.77
12	3.12	3.24	0.84
13	2.38	2.73	0.11
totaal	34.3	35.1	30.1

De verbruikswaarden die opgegeven zijn, zijn aan de lage kant. Dit komt omdat in de eerste plaats er een warmtebehoefte is opgegeven. Hierin is het rendementsverlies van de installatie niet opgenomen, waardoor het werkelijke gasverbruik 10% hoger uit kan vallen. Daarnaast is het opgegeven gasverbruik een combinatie van het jaar 2002 en 2003, zodat dit kan afwijken van de berekeningen die gemaakt zijn op basis van het jaar 2004. Verder dient aangegeven te worden dat de ondernemer in 2004 meer is gaan stoken om Botrytis te voorkomen. In de voorgaande jaren heeft hij daar in het bedrijf veel last van gehad en om dit te voorkomen is er met minimum buis meer energie in het gewas gebracht.

Samenvattend kan gesteld worden dat er ondanks de summiere input van klimaat files en informatie over de kasklimaat settings, er een goede match is tussen model en praktijk. Verdere “fine tuning” kost vaak onevenredig veel inspanning.

In bijlage 3 zijn nog enkele klimaatgrafieken opgenomen.

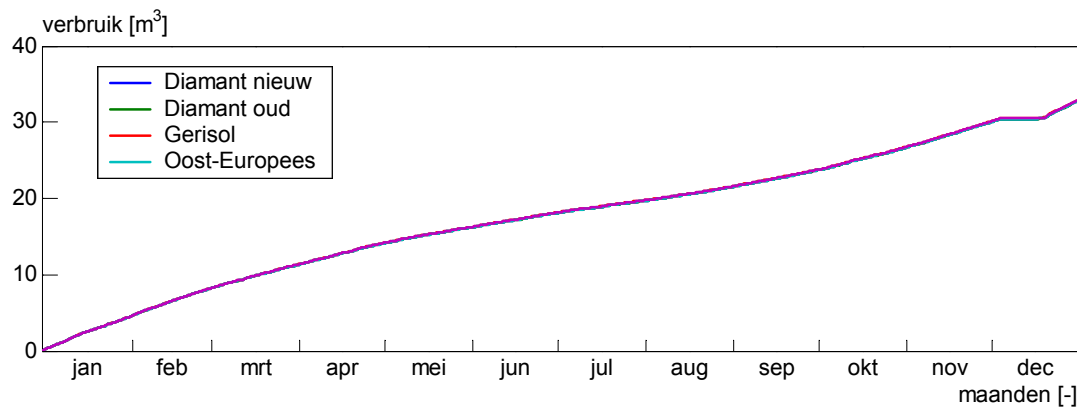
Berekeningen met de onderzochte materialen

Van de 4 onderzochte materialen en standaardglas, zijn jaarrondberekeningen gemaakt met betrekking tot energiegebruik, klimaat en de productie. Daarvoor zijn de uitgangspunten gebruikt zoals beschreven in de vorige paragraaf en bijlage 3. Het grootste verschil is dat er nu met het SEL-jaar is gerekend. Het SEL-jaar is een synthetisch jaar samengesteld uit weergegevens die bij het KNMI zijn verzameld. Bij het samenstellen van dit synthetisch jaar, zijn complete maanden gezocht, uit een periode van 30 jaar, die representatief zijn voor het weer dat bij de betreffende maand hoort en zo dicht mogelijk bij het gemiddelde van die maand over de periode van 30 jaar ligt. Hierdoor zijn de resultaten van de berekeningen representatief, immers zou je het weer van bijvoorbeeld 2003 nemen, dan maak je berekeningen met een onevenredig licht jaar.

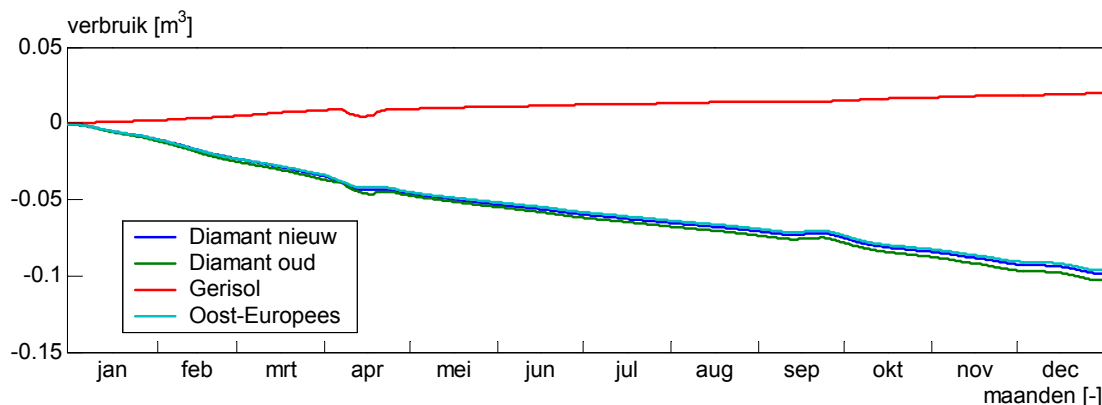
Energie

Gezien de beperkte verschillen tussen de verschillende glasmaterialen (Tabel 3) is op voorhand slechts een klein verschil in energieverbruik te verwachten. In Figuur 4 is het cumulatieve energieverbruik voor de verschillende materialen weergegeven. Zoals uit Figuur 4 duidelijk wordt, zijn de verschillen zo

klein dat er geen onderscheid is te maken. De absolute getallen zijn in Figuur 5 opgenomen. Om het verschil toch duidelijk te maken is in Figuur 5 het cumulatieve verschil van het gasverbruik van 4 verschillende glassoorten ten opzichte van het verbruik van standaardglas door het jaar heen gegeven. Hierbij is een positief getal een toename in het verbruik en een negatief getal een afname van het verbruik ten opzichte van het standaardglas, of te wel een besparing.



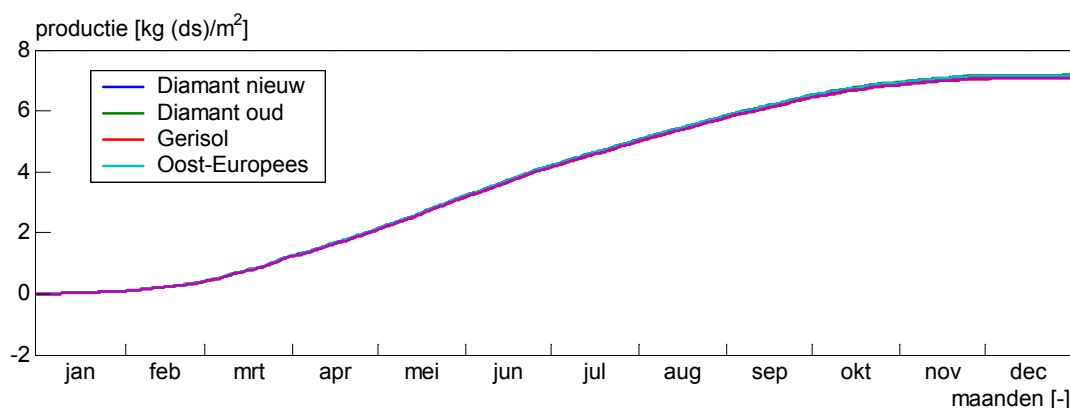
Figuur 4 Het cumulatieve gasverbruik voor 5 verschillende glassoorten.



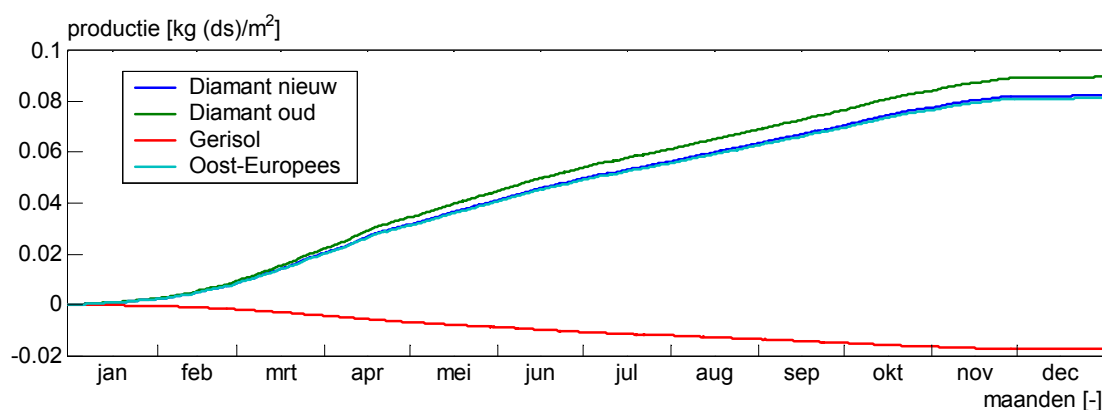
Figuur 5 Het cumulatief verschil in gasverbruik tussen 4 verschillende glassoorten ten opzichte van standaardglas (+ is meerverbruik– is besparing).

Productie

Analoog aan het energieverbruik kan ook een cumulatieve jaarproductie worden bepaald (Figuur 6). De productie cijfers zijn geen kilo's vers gewicht, maar kilo's drogestof. Hiervan moet dus naast de vruchten ook de plant en het wortelgestel worden gemaakt. Omdat ook hier de verschillen tussen de cases erg klein zijn, is wederom het cumulatieve verschil van de productie van 4 verschillende glassoorten ten opzichte van de productie van standaardglas door het jaar heen gegeven. Hierbij is een positief getal een toename van de productie en een negatief getal een afname van de productie ten opzichte van het standaardglas.



Figuur 6 Cumulatieve drogestofproductie bij 5 verschillende glassoorten.



Figuur 7 Cumulatief verschil in drogestof productie tussen standaardglas en 4 verschillende glassoorten (+is meerproductie, – minderproductie).

Klimaat

Evenals de verschillen in productie en gebruik, zijn de berekende klimaatverschillen marginaal. Doordat Diamantglas en Oosteupeesglas een iets hogere transmissie hebben, worden de kassen in de zomer iets warmer (denk aan ca. 0.1°C op het heetst van de dag). Hierdoor zal de verdamping ook iets toenemen (ca. 1 à 1.5% op jaarbasis). Als gevolg van de hogere temperatuur en verdamping zal er iets meer geventileerd worden. Dat is ook de reden dat er bij Diamant- en Oosteupeesglas iets meer CO₂-gedoseerd wordt. Deze toename in kg gedoseerde CO₂ (Tabel 5) wordt niet omgezet in een hoger CO₂-niveau in de kas. In de zomerdag zal deze zelfs (fractioneel) lager liggen, omdat in de zomer iets minder CO₂-gedoseerd kan worden door een nog kleinere warmtevraag dan bij standaardglas. De productieverhoging komt dus alleen van de toename aan licht in de kas. In Tabel 5 is dit uitgedrukt als PAR-energie. Dit is de hoeveelheid licht (in het PAR spectrum, zie Tabel 2) die op het gewas komt. De procentuele stijging van dit PAR licht is ca. 2.8 % (Gerrisolglas ten opzichte van oud Dimantglas), waar de productie (slechts) ruim 1.5% stijgt. Dit wordt onder ander beïnvloed door de verschillen in CO₂.

Tabel 5 Gasverbruik, productie en CO₂-dosering bij 5 verschillende glas-kasdekmaterialen

	Diamant nieuw	Diamant oud	Gerrisol	Oosteupees	standaard
gasverbruik [m ³ /m ²]	32.70	32.69	32.82	32.70	32.80
gedoseerde CO ₂ [kg/m ²]	30.51	30.53	30.40	30.51	30.42
productie [kg(ds)/m ²]	7.17	7.18	7.07	7.17	7.09
PAR -energie [MJ/m ²]	1350	1352	1316	1349	1322

3 Conclusies

De verschillen in transmissie van het Diamant- en Oosteupees-glas ten opzichte van dat van Gerrisol- en standaard-glas zijn evident. De onderlinge verschillen binnen deze 2 groepen zijn erg klein. Wordt er niet alleen naar de (overall) transmissie gekeken, maar ook naar de verschillen in transmissie door het spectrum, dan komen wel duidelijke verschillen naar voren. Met name in het UV-B deel zijn deze groot. De gewasreacties zoals de teler deze waarneemt bevestigen de theorie. Met een hogere transmissie in het UV_B deel wordt het gewas stugger, korter blad. Met deze kennis wordt hierop door de teler geanticipeerd door de plantdichtheid te vergroten.

Vanuit de modelberekeningen worden kleinere productiever verschillen berekend dan in de kas gerealiseerd (ca. 2.5 kg versproduct /m² meer voor de kas met Diamant-glas ten opzichte van de kas met Oosteupees-glas). De oorzaak hiervan kan voor een deel toegeschreven worden aan het feit dat in de kas met Diamant-glas CO₂ gedoseerd wordt met behulp van een WKK met rookgasreiniger, en er dus wat meer CO₂ beschikbaar is.

Gezien de kleine berekende verschillen, kunnen andere omstandigheden in de kassen (CO₂) die nu niet of slechts gedeeltelijk zijn meegenomen het effect versterken. De geconstateerde verschillen alleen baseren op de aanwezigheid van diamantglas gaat dan ook een stap te ver. Om dit beter te kunnen verklaren, dient sterker naar de randvoorwaarden gekeken te worden. Dit zou in de 2e fase van dit onderzoek moeten plaatsvinden. Dan kan beter bepaald worden of het de randvoorwaarden zijn die bepalend zijn of dat het het diamantglas is.

Bijlage 1 Invloed UV op gewas

Onder natuurlijke omstandigheden worden planten blootgesteld aan zowel UV-A (320-400nm) als UV-B (280-320). UV-C straling (<280nm) wordt volledig geabsorbeerd door de ozonlaag in de stratosfeer. Planten in (glazen) kassen daarentegen, worden alleen blootgesteld aan een deel van de UV-A straling omdat glas alleen golflengtes vanaf ca. 350 nm tot 3000 nm goed doorlaat.

Blootstellingen aan UV-A, UV-B en blauwlicht vertonen interactieve effecten op een aantal biochemische en fysiologische processen in de plant (Brosche & Strid, 2003). Dit versterkt het vermoeden dat er verschillende receptoren zijn voor dit type straling. Deze zijn nog niet geïdentificeerd maar in planten zou een specifieke UV-B receptor aanwezig zijn (Brosche & Strid, 2003). Naast een specifieke receptor voor UV-B worden een aantal stoffen als intermediair voor UV-signallerend aangemerkt: calcium, kinases, fosfatases en de redox status van de cel tijdens blootstelling aan UV-straling.

UV-B kan planten beïnvloeden op twee algemene manieren, door bij (niet gedefinieerde niveaus van) lage intensiteiten de productie van beschermende elementen in de plant te induceren, en, bij hogere (niet bekende) intensiteiten, door het veroorzaken van schadelijke effecten op planten. Planten beschikken bij voldoende hoge PAR niveaus over verschillende mechanismen om beschadigingen door UV straling te voorkomen zoals reflectie, DNA reparatiemechanismen en afvangen van radicalen (Rozema et al., 1997). Bescherming wordt ook geboden door de vorming van een aantal pigmenten zoals flavonoiden en anthocyanen, verhoogde niveaus van glutathione en ascorbaat, verhoogde activiteit van superoxide dismutase, glutathione reductase en peroxidase. Daarnaast vindt bij lagere intensiteiten van UV-B de accumulatie van alkaloiden, polyaminen plaats en worden dikkere waslagen gevormd. De synthese van flavonoiden in de bladeren heeft vooral een beschermend effect op het fotosynthese apparaat door het tegenhouden van de hoogenergetische UV straling (Tevini, 1993). Schadelijke effecten ontstaan voornamelijk op biochemische niveau en worden veroorzaakt door remming van het fotosysteem (PSII), degradatie van eiwitten (ook PSII) en verzwakking van thylakoid membranen. Daarnaast resulteert een teveel aan UV-B in de reductie van enzymactiviteit (Rubisco) en een reductie van chlorofyl en carotenoiden gehalten (Tevini, 1993). Het vormen van beschermende pigmenten of herstel van schade gaat meestal ten koste van de groei, maar verhoging van de drogestof productie wordt ook gerapporteerd (Hoffmann, 1999). Een samenvatting van de belangrijkste effecten van de verschillende typen straling op planten staat in onderstaande Tabel 6.

In combinatie met blauwlicht speelt UV-A een rol bij de regulatie van een aantal morfologische processen zoals stengelstrekking, blad ontwikkeling en fototropisme. Op biochemisch niveau beïnvloedt UV-A de transcriptie van een aantal genen.

Tabel 6 *Overzicht van een stimulerend (↑) of remmend (↓) effect van straling uit verschillende delen van het spectrum op enkele fysiologische en morfologische processen in planten. Voor sommige processen wordt zowel een stimulerend als remmend effect gemeld (↕) of is geen informatie beschikbaar (-).*

		Golflengtegebied (nm)				
Effect		UV-B (280-315)	UV-A (315-380)	Blauw (400-500)	Rood (600-700)	Verrood (700-800)
Fysiologie	Fotosynthese	↓	↑	↑	↑	-
	Biomassa	↓	-	↓	-	↑
	Synthese van:					
	- Anthocyaan	↑	↑	↑	↑	↑
	- Flavanoiden	↑	↑	-	-	-
	- Ligninen/tanninen	↑	↑	-	-	-
Morfologie	Strekkingsgroei	↓	↓	↓	↓	↑
	Vertakking	↑	-	↑	↑	↓
	Apicale dominantie	↓	-	-	↑	-
	Bladoppervlak	↓	-	↓	↓	↑
	Bladdikte	↑	-	↑	↑	↓
	Bloei Korte Dag Planten	↓	-	↕	↓	↕
	Bloei Lange Dag Planten	↓	-	↕	↑	↕
	Kieming	↓	-	↕	↑	↓

Onlangs is er specifieke aandacht gegeven aan het gebruik van speciale UV absorberende pigmenten in kunststoffolies. UV-B doorlatende folies reduceren de stengelstrekking van sommige planten. Het gebruik van UV-B transparante materialen zal minder effect hebben in de zomer tijdens een hoge PAR straling en hoge buitentemperaturen (Hoffmann, 1999b). Het gebruik van chemische groeibevorderaars kan gereduceerd worden in combinatie met nieuwe klimaatregel-strategieën. Echter het gebruik van deze chemicaliën kan niet vervangen worden door UV-B transparante materialen voor de productie van planten met een intensieve lengtegroei (Hoffmann, 1999b).

Naast de reductie van planthoogte dragen UV-B transparante omhullingsmaterialen bij aan het harden van planten. Als jonge planten gekweekt zijn onder een UV-B transparant omhullingsmateriaal kan vermeden worden dat directe zonbestraling in een latere buitencultuur schade geeft.

Samenvattend:

De invloed van verschillende spectra op gewasgroei en ontwikkeling is divers. Van veel gewassen zijn de effecten (met name in het UV-B gebied) zelfs niet eens bekend. In onderstaande tabel is in kwantitatieve zin een overzicht gemaakt.

De gewenste verandering qua lichtintensiteit, lichtverdeling en lichtkleur voor verschillende gewasgroepen zijn gegeven in kwalitatieve zin. (↑) betekent meer dan van nature aanwezig (↓) bekend minder dan van nature aanwezig, (o) betekend ongeveer gelijk aan van nature aanwezige straling, (-) betekent niet wenselijk, (EOD) is End Of Day. Als er niets is ingevuld, is er niets over de effecten bekend.

	<i>PAR</i> <i>winter</i>	<i>PAR</i> <i>zomer</i>	<i>UV-B</i>	<i>UV-A</i>	<i>Blauw</i>	<i>Rood</i>	<i>Verrood</i>	<i>NIR</i> <i>zomer</i>	<i>diffuus</i> <i>licht</i>
Uitgangsmateriaal (jonge planten)	↑	o			↓	↑	↓	↓	↑
Vruchtgroenten (tomaat)	↑	↑		↓	↓	↑	↑ EOD	↓	↑
Bladgroenten (groene cultivars sla)	↑	↑		↑	↓	↑ EOD	↓	↓	↑
Bladgroenten (rode cultivars sla)	↑	↑	↑	↑	↓	↑ EOD	↓	↓	↑
Snijbloemen éénmalig oogstbaar (chrysant)	↑	o						↓	↑
Snijbloemen meermalig oogstbaar (roos)	↑	o	-	↑				↓	↑
Potplanten schaduwplant (groen: Hedera, Varen) (bloei: Phalaenopsis, Saintpaulia)	o	↓	-					↓	↑
Potplanten lichtminnend (groen: Ficus, Palm) (bloei: Chrysant, Kalanchoë)	↑	↓			↑		↓	↓	↑
	↑	↓		↑	↑			↓	↑

Bijlage 2 Bedrijfsuitrusting en setpointinstellingen

Kasconstructie

De kas heeft een oppervlakte van 89000 m² (vierkant verondersteld) met een padbreedte van 2.5 meter. De goothoogte is 4.5 meter, de dakhelling 22°. De kapbreedte en vakmaat zijn respectievelijk 4 en 5 meter. De luchtramen zijn 2 ruits (glasmaat 1.25 m) en de hoogte van de luchtramen is 0.825 meter.

Verwarmingsnetten

Er is 1 verwarmingsnet van 6 x 51-ers per kap van 4 meter

Verwarmingsunits

De ketel wordt verondersteld maximaal 140 W/m² te kunnen leveren. (Dit wijkt wat af van de contractcapaciteit van 120 m³/ha./uur, echter met het model wordt geen warmte in de buffer opgeslagen zonder CO₂-vraag, het zogenaamde gasafname-scheren). Er is een enkelvoudige condensor achter de ketel geplaatst.

Warmteopslag

Er is een warmtebuffer met een buffervolume van 245 m³/ha. Als de buffer vol is, wordt er gestopt met de CO₂-dosering.

Gewas

Als gewas wordt tomaat geteeld, waarbij de plantdatum 20-12 en de ruimdatum 5-12 is.

Setpoints

van	tot	StookTemperatuur	StookTemperatuur Tijdstip
20/12	05/01	20	dag en nacht
05/01	20/01	18	dag en nacht
20/01	05/12	16 – 15	op ²⁾ – on ³⁾
05/12	20/12	3	dag en nacht

¹⁾ 0 is dag en nacht

²⁾ op is zonsopkomst

³⁾ on is zonsondergang

van	tot	DodeZone:
20/12	05/01	3
05/01	05/12	4
05/12	20/12	10

Tussen 200 en 450 W/m² (globale straling) wordt een lichtverhoging toegepast

van	tot	LichtVerhoging
20/12	01/03	4
01/03	01/05	3
01/05	20/12	1.5

Hoewel er aangegeven is dat er niet direct op vocht geregeld wordt, is het vochtsetpoint op een vochtdeficiet van 1.3 gram /m³ gesteld.

De CO₂ bron is de ketel en er wordt maximaal 180 kg CO₂ /ha./uur gedoseerd, wat overeenkomt met 100 m³/ha./uur.

van	tot	SpCO2	SpCO2Tijdstip
20/12	15/05	1000	0
15/05	05/12	100 – 1000 – 1000 – 100	op+1 – op+2 – on-2 – on
05/12	20/12	100	0

De luchtramen worden onder een buitentemperatuur van 2 °C niet meer geopend (vorstgrens). De windzijde wordt pas geopend bij een raamstand van 50% aan de loefzijde. Daarnaast wordt er een minimumraamstand ingezet van 2% in de periode 15 maart tot en met het einde van de teelt. Deze raamstand wordt ingezet vanaf een buitentemperatuur van 10 °C. Bij een buitentemperatuur van lager dan 10 °C wordt deze minimumraamstand lineair afgebouwd, zodanig dat deze bij een temperatuur van ca. 4 °C tot 0% is gereduceerd.

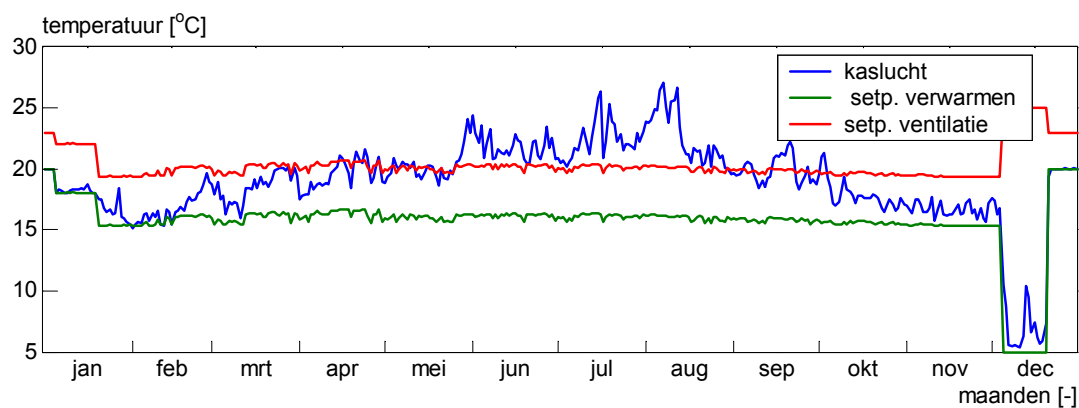
van	tot	versterkingsfactor op raamstand [% raam / °C setpointoverschrijding]
20/11	01/02	2
01/02	01/03	4
01/03	01/04	10
01/04	10/05	20
10/05	01/06	30
01/06	15/09	50
15/09	01/10	20
01/10	20/11	10

De buistemperatuur is begrensd op 65 °C. De minimumbuis is dag en nacht 35°C en wordt bij een globale straling van 200 tot 250 W/m² afgebouwd tot de kasluchttemperatuur.

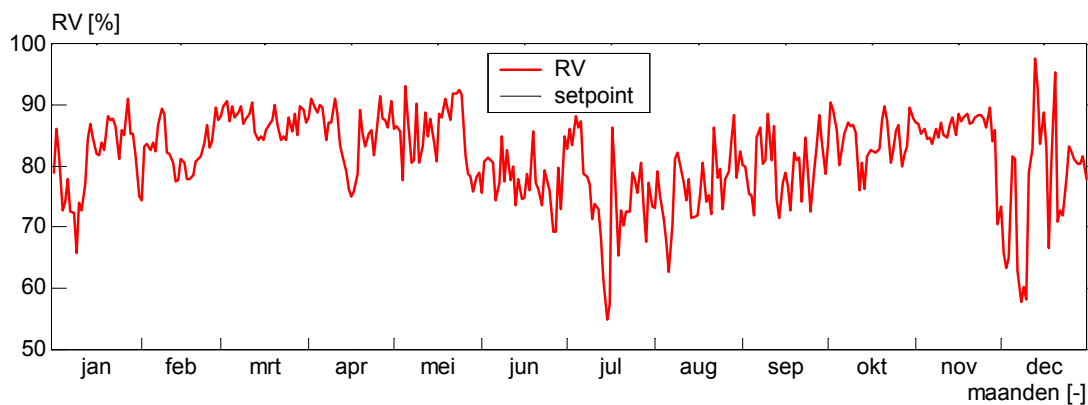
Scherm

Er is een SLS10Ultraplus scherm, dat van de teeltstart tot 28 januari continue dicht ligt. Daarna wordt het scherm gesloten indien het temperatuurverschil binnen/buiten boven de 7 °C komt. Voor het openen wordt er naar de combinatie buitentemperatuur en globale straling gekeken, bij –4°C gaat het scherm pas open bij 180 W/m² globale straling en bij +3°C is dit nog 40 W/m². Er wordt een vochtier ingezet tot maximaal 2%. Indien het vochtdeficiet dan te klein blijft wordt er geen verdere actie ondernomen totdat aan de andere voorwaarden voor scherm openen is voldaan. Bij de berekeningen is er van uit gegaan dat indien het bovenscherm gesloten is er aan de gevel een scherm met vergelijkbare isolatiegraad aanwezig is.

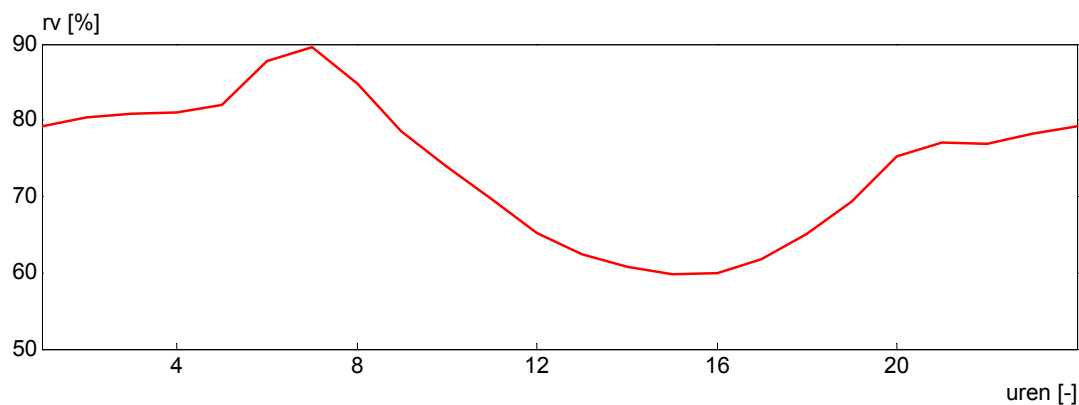
Bijlage 3 Klimaat grafieken referentieberekening



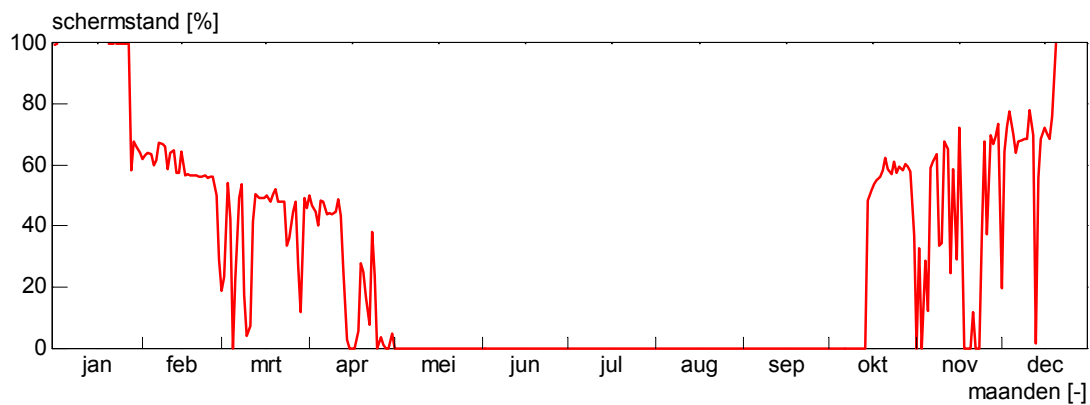
Figuur 8 Daggemiddelde gerealiseerde kasluchttemperatuur, setpoint verwarmen en setpoint ventilatie.



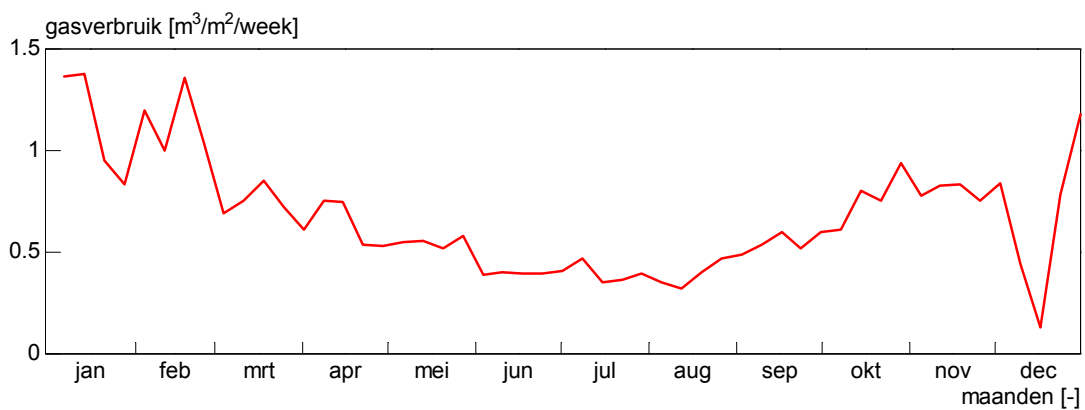
Figuur 9 Daggemiddelde gerealiseerde RV in de kas.



Figuur 10 Gemiddeld verloop van de RV verloop tijdens de dag in periode 8.



Figuur 11 Daggemiddelde gerealiseerde schermstand.



Figuur 12 Gas weekverbruiken.

Referenties

- Brosche M. en Strid Å. 2003. Molecular events following perception of ultraviolet-B radiation by plants. *Physiol. Plant.* **117**:1-10.
- CIE 106/5 1993. Collection in Photobiology and Photochemistry, Commission Internationale de l'éclairage (CIE), ISBN 3900734461, pp. 29.
- CIE 106/8 1993. Terminology for photosynthetically active radiation for plants, Commission Internationale de l'éclairage (CIE), 42-46.
- Hoffmann S. 1999. The effect of UV-radiation on colours of leaves and flowers of ornamental plants. *Gartenbauwissenschaft* **64**: 88-93.
- Hoffmann S. 1999b. Die Wirkung von photoselektiven Bedachungsmaterialien auf das Wachstum von Zierpflanzen. II. Wirkung des UV-Bereichs auf das Streckungswachstum. *Gartenbauwissenschaft* **64** (4), 183-189.
- Rozema J., van de Staaij J., Björn L.O. en Caldwell M. 1997. UV-B as an environmental factor in plant life: stress and regulation. *Trends in Ecology and Evolution* **12**: 22-48.
- Tevini M. 1993. *UV-V Radiation and Ozone Depletion*. Lewis Publishers, Boca Raton, London.