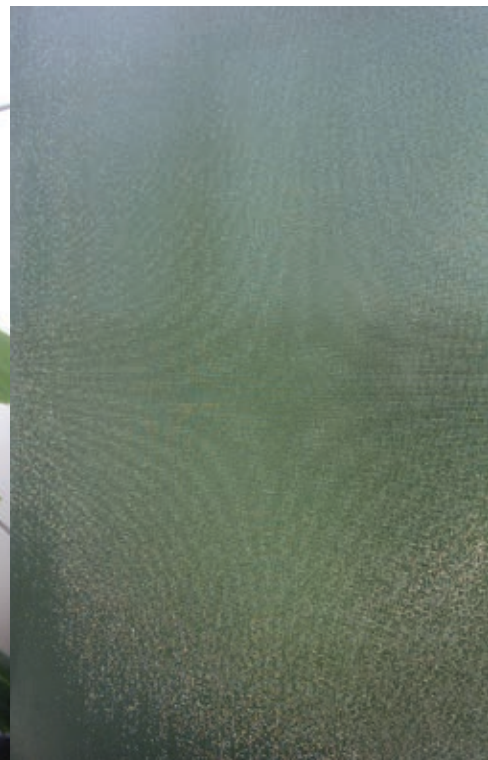




Vroege komkommerteelt onder diffuus glas

Jan Janse, Sonny Moerenhout, Frank Kempkes en Tom Dueck



Abstract NL

In een vroege teelt met komkommer is bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk nagegaan wat het effect is van diffuus glas met een haze van 71% op productie, kwaliteit en energiegebruik. Er is vergeleken met een kas gedekt met standaardglas en een gelijke lichttransmissie. De proef duurde van eind december tot en met eind april. De eerste stamvruchten onder diffuus glas bloeiden sneller en de uitgroeiduur was gemiddeld een halve dag korter. Al vanaf de eerste oogst was de productie onder diffuus glas hoger. Uiteindelijk gaf diffuus glas een 6% hogere kiloproductie door 4% meer en 2% zwaardere vruchten. Diffuus glas beïnvloedde de kwaliteit niet. De gemeten lichttransmissie in de diffuus glazen kas was gemiddeld 2.5% hoger dan bij de referentie. Tegen het diffuse kasdek was 30 tot ruim 350% meer condens aanwezig. Het energiegebruik steeg onder diffuus glas met 5%, maar door de hogere productie kwam de energie-efficiëntie gelijk uit met die van de referentiekas.

Abstract UK

In an early cucumber crop at Wageningen UR Greenhouse Horticulture in Bleiswijk, the effect of diffuse glass with a haze of 71% to production, quality and energy consumption was studied. The effects of diffuse glass were compared with those in a greenhouse covered with standard glass and the same light transmission. The trial lasted from the end of December to the end of April. The first stem fruits under diffuse glass flowered earlier and the growth duration was half a day shorter on average. From the first harvest onwards, production was higher under diffuse glass. In the end, a production increase of 6% was realized, 4% more fruits and 2% heavier fruits. The fruit quality under diffuse glass was not affected. The measured light transmission in the diffuse glass greenhouse was on average 2.5% higher than in the reference. In the diffuse greenhouse 30 to over 350% more condensation was measured. The energy consumption increased by 5% under diffuse glass, but because of the higher production, the energy efficiency was the same as that of the reference greenhouse.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal en methoden	9
	2.1 Behandelingen	9
	2.2 Teeltomstandigheden	9
	2.3 Metingen	10
	2.3.1 Klimaatregistratie	10
	2.3.2 Lichtmetingen	10
	2.3.3 Condens metingen	10
	2.3.4 Plantregistraties en gewasmetingen	11
	2.3.5 Productie- en kwaliteitsbepalingen	12
	2.3.6 Energiegebruik	12
3	Resultaten en discussie	13
	3.1 Gewasontwikkeling	13
	3.2 Klimaatomstandigheden	14
	3.2.1 Globale straling en diffuus licht	14
	3.2.2 Kasklimaat	14
	3.2.3 Energiegebruik	16
	3.3 Lichtmetingen	18
	3.3.1 Transmissie glas	18
	3.3.2 Transmissie kasdek	18
	3.3.3 Transmissie met condens	19
	3.3.4 Lichtspectrum	20
	3.4 Condensatie tegen kasdek	21
	3.5 Gewaswaarnemingen	22
	3.5.1 Plantregistraties	22
	3.6 Waterverbruik	23
	3.7 Productie en kwaliteit	24
4	Conclusies	29
5	Literatuur	31
Bijlage I	Horizontale verdeling lichttransmissie	33

Samenvatting

In voorgaande proeven met komkommer en tomaat zijn duidelijk positieve effecten van diffuus glas op de productie gevonden. Bij komkommer betrof het echter nooit een echt vroege planting. In de praktijk circuleert de mening dat telen onder diffuus glas gepaard gaat met een lagere productie en een hoger gasverbruik in het begin van het teeltseizoen. Om te onderzoeken of dit werkelijk zo is, heeft Wageningen UR Glastuinbouw op verzoek van de landelijke komkommercommissie een proef met diffuus glas uitgevoerd. Dit onderzoek is gefinancierd door het PT en het programma Kas als Energiebron van het ministerie van EL&I en het PT.

Diffusiteit van 71%

Diffuus glas met AR-coating en een hoge haze van 71% werd hierbij in een traditionele teelt vergeleken met een referentie van standaard glas. De hemisferische transmissie van het glas was in beide gevallen 83%. De proef startte eind december en duurde tot eind april.

Ruim 6% meer productie

Al vanaf de eerste oogstdag kwamen er meer en zwaardere komkommers van de planten uit de kas met diffuus glas. De eerste aangehouden stamvruchten bloeiden eerder. In de meeste weken verliep ook de uitgroeiduur van de vruchten bij diffuus glas sneller: gemiddeld scheelde het een halve dag. Mede daardoor liep de productie onder diffuus glas ongeveer een halve week voor op die van de referentie.

In de eerste zes oogstweken schommelde de meerproductie bij diffuus glas rond de 10%. In de weken erna daalde deze tot zo'n 4%. De meerproductie bij diffuus glas kwam uiteindelijk uit op ruim 6%. Dit was het gevolg van 4% meer en ruim 2% zwaardere vruchten. Bij een gelijke lichttransmissie als helder glas, hoeft er in de donkerste maanden bij diffuus glas dus zeker geen productie te worden ingeleverd.

Meer PAR-licht door condens?

Tijdens de proefperiode bestond 43% van de globale straling uit direct licht, welke door het glas deels (71%) diffuus gemaakt kon worden. In beide kassen is een gelijk klimaat gerealiseerd. Wel liep de bladtemperatuur bij de draad bij veel instraling onder diffuus glas minder hoog op dan bij de referentie, waardoor minder bladverbranding optrad. Ondanks een gelijke lichttransmissie van het glas bij metingen in het lab, is er tijdens de teelt in totaal 2.5% meer PAR-licht gemeten in de kas met diffuus glas dan in de kas met standaard glas. Hoogstwaarschijnlijk werd de lichttransmissie onder diffuus glas positief beïnvloed door het optreden van condensatie. In een zevental metingen was op het diffuse kasdek 30 tot 350% meer condenswater aanwezig dan op het standaard kasdek. Dit zal vooral komen doordat het condenswater langer aan het glas blijft hangen.

Gelijke energie-efficiëntie

Diffuus glas had geen invloed op de kwaliteit, houdbaarheid en droge stofgehalte van de vruchten. Er is berekend dat het energiegebruik 5% hoger lag onder dit diffuse glas. Dit zal voornamelijk veroorzaakt zijn door het grotere contactoppervlak als gevolg van de piramidale structuurtjes in het glas. Bij eerdere proeven met tomaat in deze afdelingen kwam overigens geen verschil in energiegebruik naar voren. Omdat de productie met ruim 6% steeg, had diffuus glas geen effect op de energie-efficiëntie.

1 Inleiding

De laatste jaren staat in de glastuinbouw het diffuus maken van het licht sterk in de belangstelling. Uit onderzoek bij ondermeer Wageningen UR Glastuinbouw bleek dat met diffuus glas een duidelijke meeropbrengst is te behalen bij komkommer (Dueck *et al.* 2009; Hemming *et al.* 2007a), tomaat (Dueck *et al.* 2012; Geukemeijer, Rongen en van Telgen, 2011), paprika (Eveleens *et al.* 2010; Sauviller *et al.* 2011). Ook bij siergewassen, waaronder potplanten en roos, heeft diffuus licht een positief effect op de groei en opbrengst (Garcia en Kempkes, 2012, Hemming *et al.* 2007b).

Dueck *et al.* (2009) vonden in 2008 bij komkommer onder diffuus glas een 7 tot 9% hogere productie, ondanks soms een klein lichtverlies. In 2011 werd afhankelijk van de soort diffuus glas, bij eenzelfde of hogere lichttransmissie bij tomaat een meeropbrengst gehaald van 8 tot zelfs 11%.

In de proeven met diffuus glas is bij komkommer echter nooit een echt vroege teelt onderzocht. De plantdata van de vroegste teelten waren namelijk half april (2006) en half februari (2008). Komkommertelers vrezen dat men in het begin van het seizoen bij diffuus glas productie in moet leveren en dat telen onder diffuus glas in de morgenuren meer energie kost. Dit is mede gebaseerd op ervaringen van een enkele teler, waarbij diffuus glas met een lagere lichtdoorlatendheid is vergeleken met helder glas (Geukemeijer en Van Telgen, 2010; Geukemeijer, Rongen en Van Telgen, 2011).

De belangrijkste voordelen van diffuus glas bij hoge lichtintensiteiten zijn een lagere planttemperatuur en een betere lichtdoordringing dieper in het gewas, wat leidt tot een hogere productie.

Door verschillende komkommertelers zijn recent kassen gebouwd met diffuus glas in het dek. Vrijwel altijd is de haze of lichtverstrooiing dan echter relatief laag en ontbreekt een goede vergelijking met helder glas. De keus voor een lage haze wordt meestal ingenomen door het lichtverlies wat altijd samenhangt met een toename van de haze en/of de hogere investeringskosten voor glas met een hoge haze én hoge lichttransmissie. Inmiddels kan echter glas worden geleverd zonder lichtverlies, waarbij uitgegaan wordt van meer zuivere grondstoffen voor het glas (low iron) en/of een anti-reflectie (AR) coating wordt toegepast.

Het is de vraag hoe komkommer reageert in een vroege stookteelt in een kas gedekt met diffuus glas met juist een hoge haze (lichtverstrooiing) en geen lichtverlies in vergelijking met een kas met gangbaar glas. De vraag is ook of dit soort diffuus glas werkelijk leidt tot een hoger energiegebruik zoals sommige telers denken.

Daarnaast leek het zinvol om condensatie tegen het kasdek meer onder de loep te nemen. In een studie van Stanghellini *et al.* (2010) bleek namelijk dat condens op het gemeten type diffuus glas geen verlies in lichttransmissie gaf en condens op standaard glas wel.

Het doel van dit project is in een vroege komkommerteelt nagaan wat het effect is van diffuus glas met een hoge haze (71%) en een gelijke lichtdoorlatendheid als normaal glas op met name productie, kwaliteit en energiegebruik. Als extra is in dit onderzoek ook aandacht besteed aan condensatie tegen het kasdek.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het uitgevoerde onderzoek in een vroege teelt met komkommer bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk.

Dit onderzoek is gefinancierd vanuit het gewasbudget komkommer van het Productschap Tuinbouw met co-financiering vanuit het programma Kas als Energiebron van het Ministerie van EL&I en het PT.

2 Materiaal en methoden

2.1 Behandelingen

In het onderzoek waren twee behandelingen opgenomen, namelijk:

- Diffuus glas: type prismatic (leverancier Guardian) met een haze of lichtverstrooiingsgraad van 71% en een hemisferische transmissie 82.9% (=Diff71%). Dit glastype heeft een structuur met kleine piramidetjes.
- Referentie of helder glas: met een haze van 0% en hemisferische transmissie 82.7% (=Ref0%)

Voor dit type diffuus glas is gekozen omdat in de voorgaande tomatenproef in deze kas de hoogste productie werd gerealiseerd (Dueck *et al.* 2012).

De hemisferische transmissie was bij beide behandelingen dus vrijwel gelijk. De zijgevels van de kas gedekt met diffuus glas bevatte hetzelfde type diffuus glas met uitzondering van de noordgevel. De kas met normaal glas lag aan de noordkant.

2.2 Teeltomstandigheden

Proefplaats:	Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk
Kasafdelingen:	Kassen 804 en 805, afmetingen 15 m lang en 9.60 m breed (bruto 144 m ²), kolomhoogte 5.50 m, met doorlopende nokluchting
Naburige afdelingen:	In de naburige afdelingen werd niet geteeld en de temperatuur stond in beide afdelingen op 16 °C ingesteld
Hoogte gewasdraad:	2.20 m
Teeltgoten:	Eén goot (lengte 12.5 m) met één gewasrij langs beide gevels en 5 goten daar tussenin met dubbele gewasrijen (V-systeem), hoogte tot bovenkant goot ca. 50 cm
Ras:	Venice (Rijk Zwaan)
Zaai- en plantdatum:	Resp. 29 november en 27 december 2011
Plantdichtheid:	1.4 planten/m ²
Teeltsysteem:	Traditionele teelt ofwel paraplu-systeem, getopt bij de draad op 2 scheuten
Substraatmat:	Grodan Grotop Master, afmetingen 1.33 x 20 x 7.5 cm (4 planten/mat)
Schermb:	Energiescherm (LS10 ultra)
Verwarming:	In hoogte verstelbare groeibuis (35 mm). Buisrailnet (51 mm)
CO ₂ -dosering:	Dosering van teeltstart tot begin februari tot ca. 600 ppm, daarna tot einde teelt op 700 à 750 ppm met OCAP-CO ₂ , doseercapaciteit maximaal 200 kg/ha/uur
Verneveling:	Er is verneveld met een hogedrukverneveling gedurende de nacht en dag als de RV onder respectievelijk 74 en 80% kwam
Voeding:	Starten met startschema, er is niet gerecirculeerd
Duur proef:	Tot en met 30 april
Aanhouden vruchten:	1 ^e en 2 ^e vrucht in resp. 7 ^e en 11 ^e oksel, daarna 2 à 3 oksels leeg en nog 2 vruchten verdeeld onder de draad, dus in totaal 4 stamvruchten aanhouden
Klimaatinstellingen:	Getracht is om het klimaat zoveel mogelijk per behandeling te optimaliseren. Dit is gedaan op advies van telers binnen de begeleidingscommissie (BCO), die de proef vrijwel wekelijks hebben bezocht.
Overige teeltmaatregelen:	Mede aan de hand van de wekelijkse voedingsanalyses werd de druppel-EC en of voedingssamenstelling per behandeling aangepast.

2.3 Metingen

2.3.1 Klimaatregistratie

De setpoints en het gerealiseerde klimaat in beide kassen werden elke 5 minuten geregistreerd met de klimaatcomputer (Hoogendoorn ISii). Daarbij werden de kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, CO₂-concentratie, raam- en schermstand, buistemperaturen, globale straling en het PAR licht in de kas gemeten en opgeslagen.

2.3.2 Lichtmetingen

De globale straling werd gemeten met een solarimeter boven de kassen bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. Er werd daarnaast een tweede solarimeter geplaatst met een zogenaamde 'schaduwring' die het diffuse deel van de globale straling meet. Op deze wijze is er een indruk verkregen van de verdeling diffuus en direct licht.

Metingen van het lichtintensiteit (PAR) in de kas zijn uitgevoerd met een LiCor Line quantum sensor (LI-191) met een lengte van 100 cm. De sensoren waren in de kas opgehangen ongeveer 1.5 m boven het gewas, middenin elke kasafdeling. Op 30 maart en 17 april zijn transmissie metingen in de kas verricht door met een 1 m lange staaf PAR-sensoren per afdeling in alle 6 paden circa 80 lichtmetingen uit te voeren. Hierbij werd één sensor buiten de kas geplaatst die diende als referentie. De meetresultaten zijn verwerkt in plots.

De spectrale metingen van het glas zijn uitgevoerd in het laboratorium in Wageningen.

2.3.3 Condens metingen

In dit onderzoek is extra aandacht besteed aan condensatie op het kasdek. Op acht verschillende dagen is op verschillende tijdstippen en onder verschillende weersomstandigheden de hoeveelheid condens tegen het kasdek gemeten. Dit is gedaan door met een sjabloon van 25 bij 25 cm een gedeelte van het glas af te kaderen en daarbinnen het vocht met papieren zakdoekjes op te deppen. De tissues waren vooraf gewogen (Figuur 1.). Elke keer is op 2 glasgedeeltes aan zowel de noord- als zuidkant gemeten. Om verdamping tegen te gaan, zijn de zakdoekjes direct in afgesloten plastic zakjes gedaan en zijn daarna weer gewogen. De hoeveelheid condens is uitgedrukt in g/m² glasoppervlak.



Figuur 1. Meting hoeveelheid condens met behulp van een sjabloon en papieren zakdoekjes.

Figuur 2. Zichtbaar condens op het glas.

2.3.4 Plantregistraties en gewasmetingen

Om de effecten van de behandelingen op de gewas- en vruchtgroei te bepalen, zijn een aantal waarnemingen verricht. Per afdeling zijn bij 2 x 10 planten de volgende parameters geregistreerd:

- Wekelijks lengtegroei totdat de plant de draad had bereikt en werd gekopt. Metingen op 4, 11 en 18 januari.
- Wekelijks aantal bladeren totdat de draad werd bereikt. Metingen op 4, 11 en 18 januari.
- Bloeidatum van de eerste en tweede aangehouden vrucht, ofwel in het 7^e en 11^e oksel.

Uitgroeiduur

Wekelijks zijn van week 3 tot en met week 13 per afdeling 20 vruchtjes met net geopende bloemen gelabeld om de uitgroeiduur te bepalen. Vervolgens is bij het oogsten ervan de oogstdatum geregistreerd om de uitgroeiduur van de vrucht te bepalen. Het aantal dagen van bloei tot oogst werd daarna gestandaardiseerd op vruchten van 400 g om een betere vergelijking tussen de behandelingen mogelijk te maken. De vruchtgroei verloopt rondom dit vruchtgewicht grotendeels lineair (Marcelis, 1992).

Drogestofgehalte

Op drie data, 13 februari, 5 en 28 maart, is het drogestofgehalte van 10 vruchten per afdeling bepaald. De gehalveerde vruchten werden gedroogd in een droogstoof gedurende 2 dagen bij 70 °C en daarna 2 dagen bij 105 °C.

Aan het einde van de teelt zijn per behandeling van 10 hoofdstengels (stengel vanaf steenwolkblok tot de draad) het vers- en drooggewicht bepaald; eveneens van 10 nog groene bladeren zowel bovenin als halverwege het gewas. Daarnaast is nog van 20 bladeren op verschillende posities aan de plant het vers- en drooggewicht gemeten.

Gewastemperatuur

De gewastemperatuur werd gemeten met IR planttemperatuurcamera's (Brinkman). De camera's werden 50 cm boven het gewas opgehangen in een hoek van ca. 80 ° (t.o.v. horizontaal) om de temperatuur in het bovenste deel (ca. 1.5 tot 3 m²) van het gewas te meten. Op 2 heldere, zonnige dagen is de bladtemperatuur gemeten met een 2-punts hand infrarood thermometer (Testo 930-T2). Per afdeling werden 10 tot 48 bladeren op 2 plaatsen per blad bovenin de plant gemeten. Op de eerste meetdag is de bladtemperatuur ook halverwege de plant gemeten.

SPAD-metingen

Met een SPAD meter (Minolta SPAD-502) is op twee data de lichttransmissie door het blad bepaald. Dit geeft een indruk van de hoeveelheid chlorofyl in het blad. De meting op 27 februari is uitgevoerd bij het bovenste (15^e of 16^e) blad van 30 verschillende planten. De meting op 3 maart is uitgevoerd bij 10 planten per behandeling bij het 5^e, 10^e en 15^e à 16^e blad. Alle bladeren waren volgroeid.

Wateropname

De watergift per kas werd berekend aan de hand van de gift per minuut van de druppelaars vermenigvuldigd met de druppeltijd. De drain werd van de hele kasafdeling gemeten en geregistreerd via de klimaatcomputer.

2.3.5 Productie- en kwaliteitsbepalingen

Productie

De oogst vond drie maal per week plaats. Voor de productiewaarnemingen zijn steeds 3 carrousels (dubbele rijen) aan de noordzijde van de kas genomen, om eventuele effecten van de ernaast liggende afdeling te minimaliseren. De totale oppervlakte van de meetvelden was 60 m². Langs de gevel was er een randrij die als buffer diende. Per oogstdatum is het volgende genoteerd: aantal geoogste vruchten, aantal kilo's, aantal en gewicht klasse 2 + krom en gewicht stekvruchten.

Kwaliteit

In week 4, 6, 9 en 12 zijn 20 vruchten per afdeling in een bewaarcel weggezet bij 20 °C en 80% RV. Beoordeeld is op vruchtkleur bij inzet, na 7 en 14 dagen bewaring volgens een kleurschaal van 1 tot 9, waarbij een hoger cijfer een donkerder kleur betekent. Na 14 dagen zijn de vruchten beoordeeld op een slappe nek volgens een schaal van 0 tot 3; een hoger cijfer betekent een minder slappe nek.

2.3.6 Energiegebruik

Het energiegebruik is bepaald door aan de hand van de buistemperaturen, buisdiameters, buislengte en de kasluchttemperatuur het afgegeven vermogen te berekenen.

3 Resultaten en discussie

3.1 Gewasontwikkeling

Vrijwel wekelijks heeft minimaal één persoon van de begeleidingscommissie onderzoek (BCO) de proef bezocht en adviezen gegeven over de klimaatinstellingen en andere teeltzaken. Daarnaast heeft ook een excursiegroep met komkommertelers uit de regio de proef enkele malen bezichtigd.

Bij het planten (27 december) had de plant een vrij dikke stengel. Het gewas groeide na het planten goed weg. Tot 13 januari is er dag en nacht geschermd (geen vast folie). Op advies van de BCO is het scherm daarna overdag gedurende een kortere of langere periode open geweest. Half januari had het gewas een wat lichte kleur. Begin en half februari stond het gewas er goed op, voldoende generatief en goed in balans. De overgang van stam- naar rankvruchten verliep goed, hoewel de vruchten op de rank in eerste instantie niet zo sterk oogden. In het algemeen konden er in gewasstand op het oog geen duidelijke verschillen tussen de twee behandelingen worden waargenomen. Soms stond het gewas onder helder glas wat zwakker en een ander keer onder diffuus glas. Dit had mede te maken met het feit dat de productiegolven in beide kassen niet geheel gelijktijdig verliepen. Er is in beide kassen een lichte meeldauwaantasting geweest en hiertegen zijn in totaal vier bestrijdingen uitgevoerd.

Het weer kenmerkte zich door soms langdurig donkere periodes (bijvoorbeeld week 7 en 9) en weken met een hoge instraling (week 12 en 13). Op 11 en 12 maart was er na een lange periode met relatief weinig instraling, plotseling veel instraling. Vooral in de kas met helder glas trad er toen bij verschillende bladeren bij de draad bladverbranding op (Figuur 3.). Dit wijst erop dat de bladtemperatuur minder hoog is opgelopen en/of de plant onder diffuus glas de plotseling grote verdamping beter aankon. In overleg met de BCO is er in beide kassen bij een hoge instraling niet geschermd, omdat gebruik gemaakt kon worden van de hogedrukverneveling. De gehele periode is er verneveld als de RV gedurende de nacht en dag onder de respectievelijk 74 en 80% uitkwam.

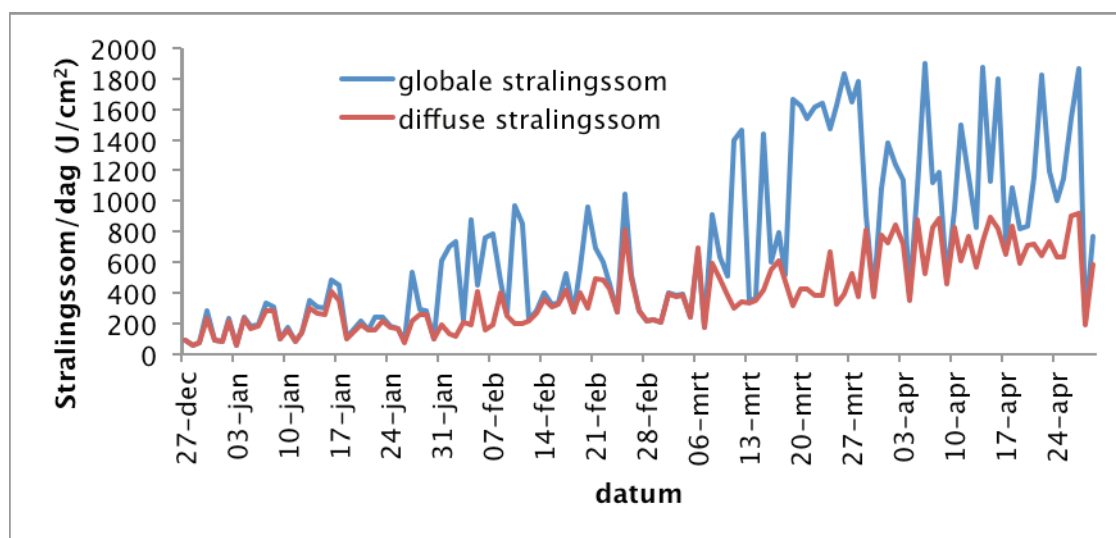


Figuur 3. Door hoge bladtemperaturen op 11 en 12 maart trad er vooral bij de referentie verbranding op van bladeren bij de draad.

3.2 Klimaatomstandigheden

3.2.1 Globale straling en diffuus licht

In Figuur 4. is de globale en diffuse stralingssom per dag weergegeven gedurende de proefperiode.



Figuur 4. De globale en diffuse stralingssom per dag gedurende de gehele proefperiode.

Gemiddeld over de hele proefperiode bedroeg het percentage diffuus licht 57% van de totale globale straling. Vanaf 19 maart waren er een flink aantal achtereenvolgende dagen met veel zon, dus met veel direct licht. Ook in de eerste helft van februari was het aandeel direct licht ten opzichte van de hoeveelheid diffuse straling relatief groot. Op 28 april was de globale straling met nog geen 200 J/cm² opvallend laag.

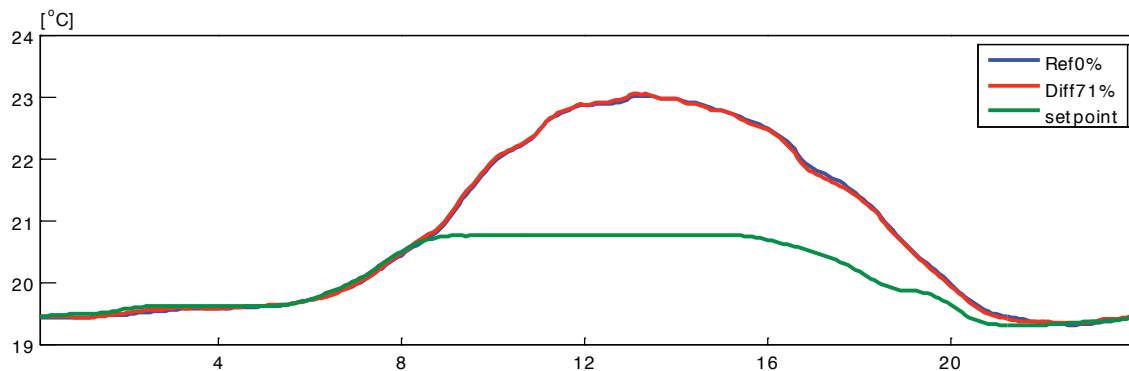
3.2.2 Kasklimaat

Hoewel het de bedoeling was om het klimaat per behandeling te optimaliseren, was het volgens de begeleidende telers niet nodig om de klimaatparameters verschillend in te stellen. De klimaatinstellingen zijn in beide kassen gedurende de gehele periode dan ook gelijk geweest. Dit resulteerde in beide kassen in een vrijwel identiek (Tabel 1.).

Tabel 1. Gerealiseerd klimaat in de kas met helder glas (Ref0%) en diffuus glazen kas (Diff71%) gedurende de proefperiode van 27 december 2011 tot en met 30 april 2012.

Klimaatparameter	Ref0%	Diff71%
temperatuur dag (°C)	22.0	21.9
temperatuur voornacht (°C)	19.3	19.3
temperatuur nacht (°C)	19.6	19.6
temperatuur etmaal (°C)	20.8	20.8
RV dag (%)	81	81
RV nacht (%)	80	80
RV etmaal (%)	80	80
vochtdeficiet dag (g/m ³)	3.7	3.7
vochtdeficiet nacht (g/m ³)	3.4	3.4
vochtdeficiet etmaal (g/m ³)	3.6	3.6
CO ₂ dag (ppm)	747	743

Ook per week bekeken waren de verschillen in gerealiseerd klimaat erg gering. Dit blijkt ook uit Figuur 5., waarin het cyclisch gemiddelde over de dag van de kasluchttemperatuur en de setpoint verwarmen over de gehele proefperiode is weergegeven.



Figuur 5. Cyclisch gemiddelde kasluchttemperatuur en het setpoint verwarmen over de periode 27 december tot en met 30 april.

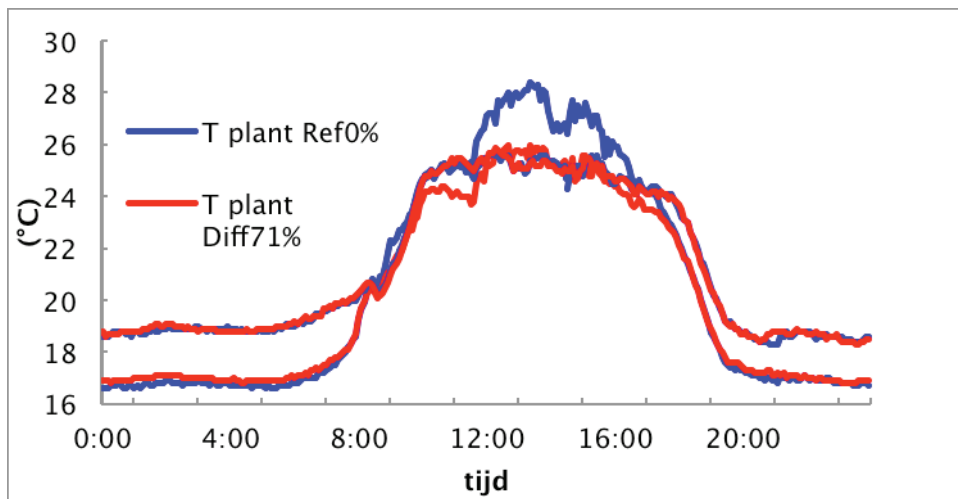
In deze Figuur is te zien dat er geen stelselmatige verschillen in gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen de beide afdelingen zijn. Zoals al eerder is aangegeven werden afdelingen de gehele teeltperiode gelijk geregeld met betrekking tot setpoint verwarmen, setpoint ventilatie en schermregeling. Wel zijn er in de laatste week van februari tijdens het kieren op vocht soms geringe verschillen in schermkier ontstaan.

In Tabel 2. is de planttemperatuur weergegeven in de 2^e helft van de teeltperiode (maart en april).

Tabel 2. Planttemperatuur gedurende de dag, nacht en etmaal en de gemiddelde kastemperatuur per etmaal; gemiddeld over de maanden maart en april.

Klimaatparameter	Ref0%	Diff71%
Temperatuur plant dag (°C)	22.3	21.9
Temperatuur plant nacht (°C)	17.8	18.2
Temperatuur plant etmaal (°C)	19.8	19.8
Temperatuur kaslucht etmaal (°C)	21.1	21.1

Gemiddeld over de gehele periode is de plant- en kastemperatuur per etmaal bij beide kasafdelingen weer exact gelijk. Overdag is de planttemperatuur in de afdeling met helder glas echter gemiddeld 0.4 °C hoger en 's nachts juist 0.4 °C lager, maar dit verschil zit binnen de meetfout. Vooral bij veel instraling is de planttemperatuur (in de kop van de plant) onder helder glas duidelijk hoger. Dit is te zien in Figuur 6.



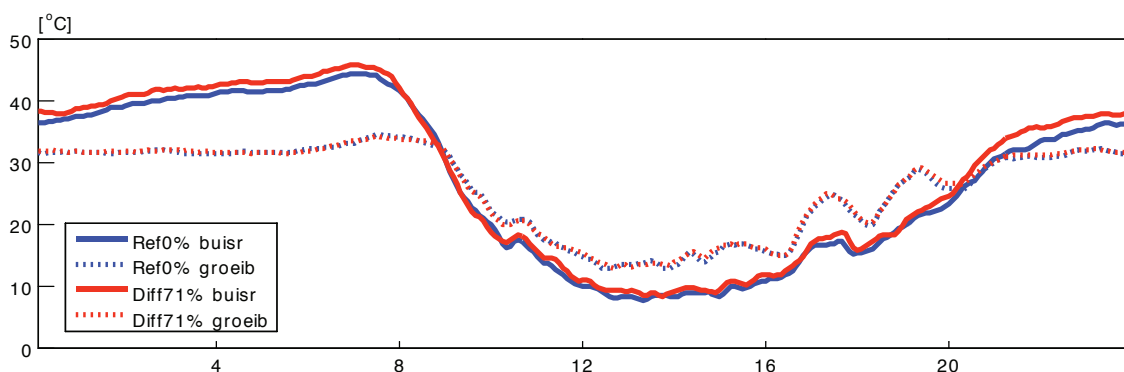
Figuur 6. Verloop van de plant- en kasttemperatuur bij de referentie en onder diffuus glas op 15 maart 2012. Het scherm was gesloten van 0.00 uur tot 8.30 uur.

In de middag is de planttemperatuur bij de referentie 2 à 2.5 °C hoger dan bij Diff71%. In de nacht ligt de planttemperatuur onder diffuus glas er juist weer iets boven. Op Proefcentrum Hoogstraten vond men bij een ander soort diffuus glas (Hortifuse 5.7) eenzelfde effect (Cristien Sauviller, persoonlijke communicatie). Als bij gelijke kasluchttemperatuur en geopende schermen, de planttemperatuur in de kop van de plant gaat verschillen, dan kan dat duiden op een verschil in emissie of stralingsverlies. In dit geval zou dat duiden op een lager stralingsverlies emissie bij diffuus glas (zie ook paragraaf 3.3), maar mogelijk is het toch een meetfout. Op de weergegeven dag was de etmaaltemperatuur van de kaslucht in beide afdelingen gelijk.

Handmetingen op enkele lichte dagen lieten tussen beide kassen eveneens verschillen in gewastemperatuur zien. Op 12 maart was de gewastemperatuur om 12.00 uur 1.7 °C hoger in de referentie dan in de diffuus glazen kas. Om 15.00 uur was dit verschil 2.0 °C. Bij een handmeting op 21 maart om 14.30 uur bedroeg het verschil 1.7 °C. Deze resultaten komen overeen met eerder onderzoek met komkommer en tomaat onder diffuus glas (Dueck *et al.* 2009; Dueck *et al.* 2012). Diffuus glas zorgt ervoor dat het licht beter wordt verspreid, waardoor de kop van de plant bij veel instraling minder wordt opgewarmd.

3.2.3 Energiegebruik

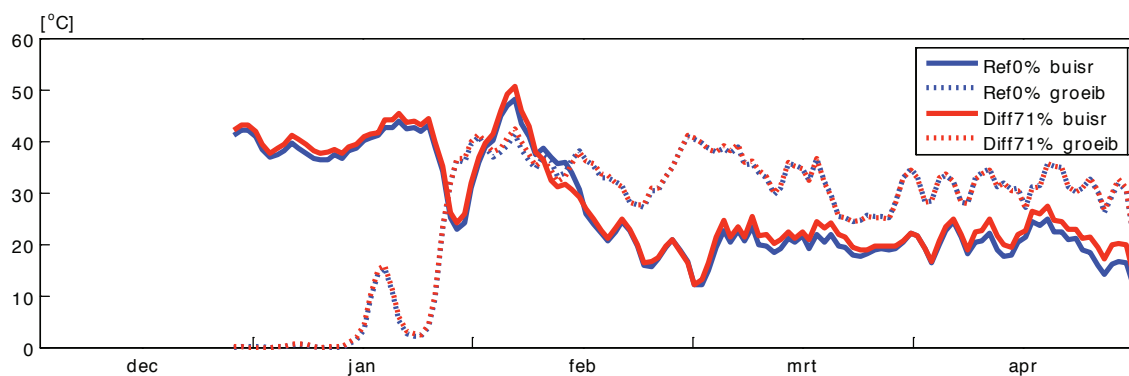
De kas wordt verwarmd met twee verwarmingsnetten, een buisrail systeem van 6 x 51 mm per kap van 4.8 meter en een groeibuis van 3 x 35 mm per kap van 3.8 meter. In Figuur 7. zijn de cyclisch gemiddelde temperaturen van buisrail en groeibuis over de gehele teeltperiode weergegeven.



Figuur 7. Cyclisch gemiddelde temperaturen van buisrail en groeibuis over de periode 27 december tot en met 30 april.

De gemiddelde buistemperatuur kan onder de kasluchttemperatuur dalen doordat de temperatuur van de buis op 0 °C wordt gezet zodra de warmtevraag wegvalt en de pomp wordt uitgezet. In groeibuistemperatuur zijn er geen verschillen tussen de afdelingen. Wel zijn er wat verschillen in gerealiseerde buisrailtemperatuur. Dit kan verschillende oorzaken hebben, namelijk verschil in regeling, verschil in kasuitrusting en/of verschil in warmteverlies door het dek of gevels. De verschillen in regeling of kasuitrusting kunnen verwaarloosbaar klein worden geacht. De kassen zijn gelijk geregeld en ook de kasuitrusting is op het kasdek na exact gelijk. Met betrekking tot de geveleffecten zijn deze niet te verwaarlozen en niet te onderschatten. Door de kleine afmetingen van de kasafdelingen gaan de geveleffecten een grote rol spelen. Hierop is geanticipeerd door de afdelingen die naast de behandelingen liggen, zo gelijk mogelijk te sturen. In deze afdelingen zijn dan ook gelijke setpoints (16 °C) ingesteld en eveneens gerealiseerd.

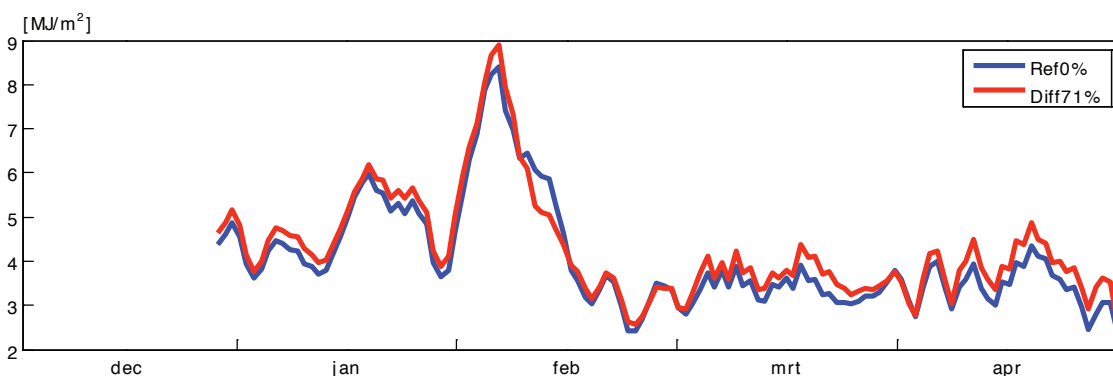
Wat dan overblijft is het warmteverlies door het dek. De lichttransmissie eigenschappen van het kasdek zijn vrijwel gelijk (zie Par. 3.3.1). Er komt bij diffuus glas dus niet minder licht ofwel minder energie binnen in de kas dan bij de referentie. Waar in de voorgaande Figuur de buistemperaturen als cyclisch gemiddelde gegeven waren, zijn deze in Figuur 8. als daggemiddelde waarden gegeven.



Figuur 8. Etmaalgemiddelde temperaturen van buisrail- en groeibuisverwarming over de periode 27 december tot en met 30 april.

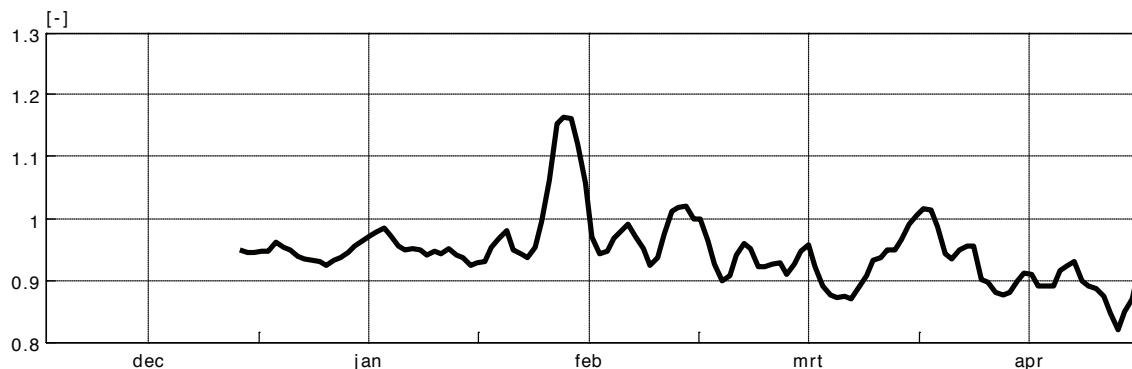
Later in de teelt (vanaf maart) lijkt het relatieve verschil in temperatuur van de groeibuis wat toe te nemen (zie ook Figuur 7.).

Aan de hand van het verschil tussen de buistemperatuur en kasluchttemperatuur én de buisdiameter, is de warmteafgifte van beide verwarmingsnetten berekend en per dag gesommeerd. De resultaten zijn in Figuur 9. gepresenteerd.



Figuur 9. Het berekende energiegebruik per dag over de periode 27 december tot en met 30 april.

In m^3 a.e. (=aardgasequivalenten) uitgedrukt zou de referentie in deze teelt $16.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ en de kas met diffuus glas $17.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ gebruikt hebben, een verschil van ruim 5%. In Figuur 10. is de ratio in energiegebruik van de referentie ten opzichte van de diffuus afdeling gegeven.



Figuur 10. Ratio in energiegebruik van de referentie ten opzichte van de diffuse afdeling over de periode 27 december tot en met 30 april.

Een eenduidige verklaring voor het verschil is niet te geven. Dat het verschil grotendeels door het kasdek wordt bepaald ligt wel in de lijn der verwachting. De wat hogere verdamping onder diffuus glas kan hierbij echter ook een rol spelen (zie Par. 3.6.). De schermen zijn (vrijwel) exact gelijk gestuurd. Waar nog enig effect in te verwachten is, is het convectie verlies naar het kasdek. Door de structuur van het glas is het contactoppervlak van de kaslucht met het glas veel groter dan bij een vlakke ruit. Bij dit prismatic glas zou het contactoppervlak 30 à 35% groter zijn. In het project “Condensatie tegen het kasdek; Licht- en energie-effecten van condensatie op acht kasdekmaterialen” (Stanghellini *et al.* 2010) zijn de U-waarden van een proefkasje in dat project bepaald om de warmtebalans op te kunnen stellen. Daaruit bleek dat er een duidelijke toename (ca. 8%) van de U-waarde was bij een structuur glas. Dit is waarschijnlijk een overschatting omdat in deze U-waardebepaling geen stralingsverliezen zijn opgenomen. Ook is te verwachten dat er een effect is van de structuur als deze aan de binnen- of buitenkant zit. Het totaaleffect in een echte kas zal echter zeker minder dan de 8% zijn. Dit energie-effect is naar verwachting kleiner bij andere structuurglazen dan van glas met een piramidestructuur, omdat het contactoppervlak van deze ruiten afneemt. Bij een geëtste diffuse ruit zou het energie-effect weer verdwenen moeten zijn mits er geen verschil in emissie is.

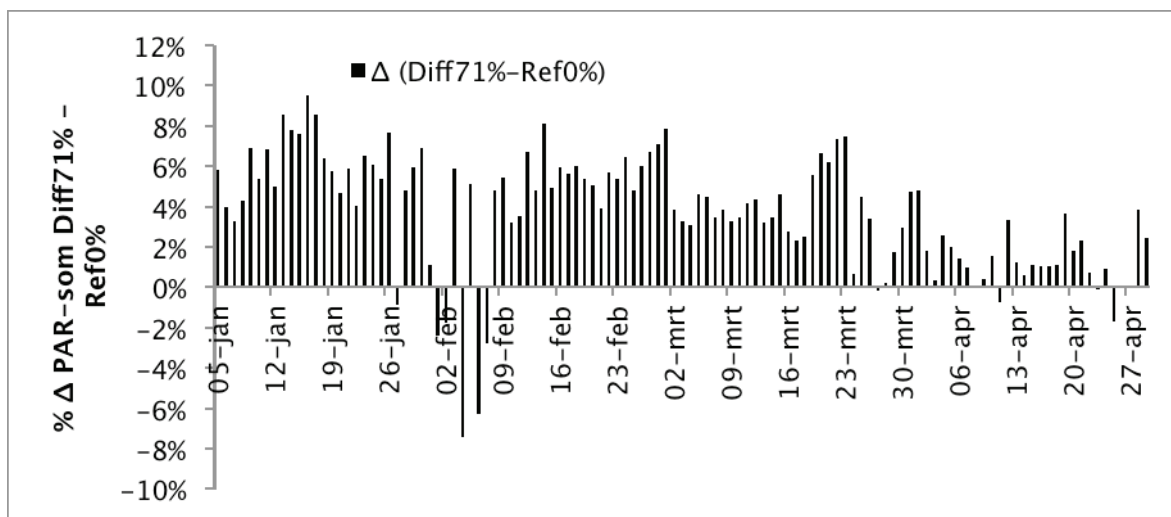
3.3 Lichtmetingen

3.3.1 Transmissie glas

Voorafgaande aan de proef met tomaat in 2011, is het glas in Wageningen doorgemeten op lichttransmissie. De hemisferische transmissie was bij helder (0% haze) en diffuus prismatic glas (71% haze) respectievelijk 82.7 en 82.9%, dus vrijwel gelijk. De loodrechte transmissie was respectievelijk 89.8 en 93.6%. De zon staat echter in Nederland nooit loodrecht op het glas (bij een dekhelling van 22°), waardoor de hemisferische transmissie een veel betere maat is voor de werkelijke lichtdoorlatendheid van het glas.

3.3.2 Transmissie kasdek

De hoeveelheid PAR-licht is tijdens de komkommerproef continu gemeten met staaf PAR-sensoren. In Figuur 11. is per dag het procentuele verschil in PAR-som tussen Diff71% en de Ref0% weergegeven.



Figuur 11. Het relatieve verschil in gemeten PAR-licht in de diffuus glazen kas ten opzichte van de referentiekas gedurende de teeltperiode.

Op de meeste dagen is de gemeten hoeveelheid PAR-licht in de kas met diffuus glas hoger dan bij helder glas. De totale lichtsom in de kas is gedurende de gehele meetperiode bij diffuus en helder glas respectievelijk 1000 en 975 mol/m². Er is dus gemiddeld 2.5% meer PAR-licht gemeten in de Diff71%-kas dan in de referentiekas, terwijl er in lab-metingen met hemisferische transmissie een te verwaarlozen verschil in hemisferisch gemeten lichttransmissie naar voren kwam. Bij de kasmetingen werd zowel in een donkere als lichte week ongeveer hetzelfde relatieve verschil waargenomen.

Het is onbekend waarom begin februari een aantal dagen zijn met juist een hogere gemeten transmissie in de referentie dan bij diffuus glas. Het zou kunnen zijn dat er tijdelijk een vervuiling van het glas op de dek boven de meetstaaf is opgetreden.

De gemeten hogere lichttransmissie in de Diff71%-kas is waarschijnlijk het gevolg van meer condens tegen het kasdek (zie Par. 3.4.).

Het verschil in transmissie tussen beide kasdekken lijkt in de tijd wel af te nemen, wat waarschijnlijk komt door het optreden van minder condens tegen het kasdek.

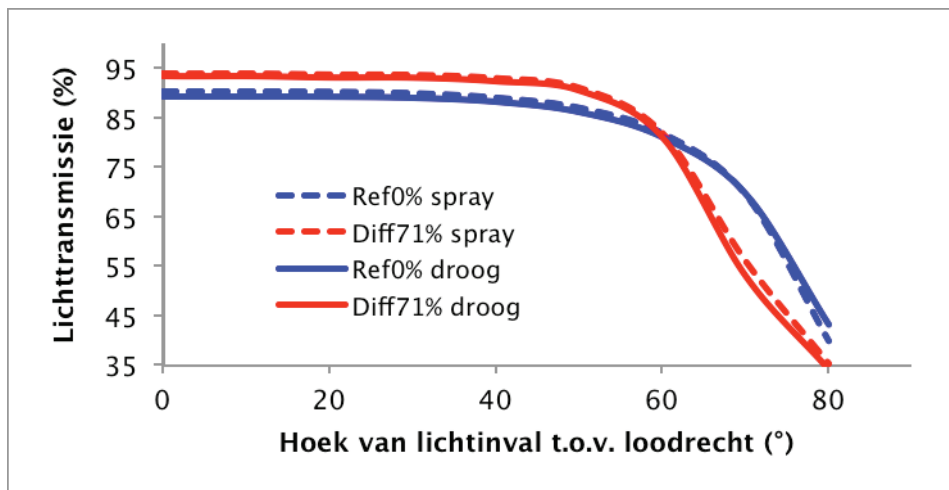
Op de twee bewolkte dagen waarop er condens op het glas aanwezig was, is de lichttransmissie gemeten. Voor de berekening van de gemiddelde transmissie zijn de gemeten waarden van de middelste 3 paden genomen om eventuele gevelinvloeden zoveel mogelijk te vermijden. De lichttransmissie op 30 maart bij Ref0% en Diff71% was respectievelijk 63.8 en 66.9%; op 17 april was deze respectievelijk 64.5 en 67.7%. Op beide dagen was de lichtdoorlatendheid van het kasdek dus ruim 3% hoger bij Diff71% dan bij Ref0%, wat vrijwel overeenkomt met de lichtsom bij de continue metingen.

In Bijlage I. staan figuren van de lokale lichtdoorlatendheid in beide kassen gemeten op 17 april. Daarin is te zien dat de lichtdoorlatendheid bij Diff71% inderdaad hoger is. In het midden van de kas is de lichtdoorlatendheid het hoogst en aan de gevels het laagst. Ook de tralieligger met het scherm pakket is goed te herkennen aan een lagere transmissie.

3.3.3 Transmissie met condens

Voor de lab-metingen is het glas zowel in droge toestand als na het aanbrengen van een waterspray (nabootsen condens) gemeten. Vòòr het aanbrengen van de waterspray (droog) was de lichttransmissie bij Ref0% en Diff71% respectievelijk 82.1 en 82.3%, nà het aanbrengen van de spray respectievelijk 82.6 en 83.2%. Bij deze meting nam door het sprayen de lichttransmissie in beide gevallen toe, maar bij Diff71% iets meer: 0.9% in plaats van 0.5%.

In Figuur 12. is de transmissie van beide glassoorten in droge en natte toestand bij de verschillende invalshoeken **ten opzichte van loodrecht** gegeven.



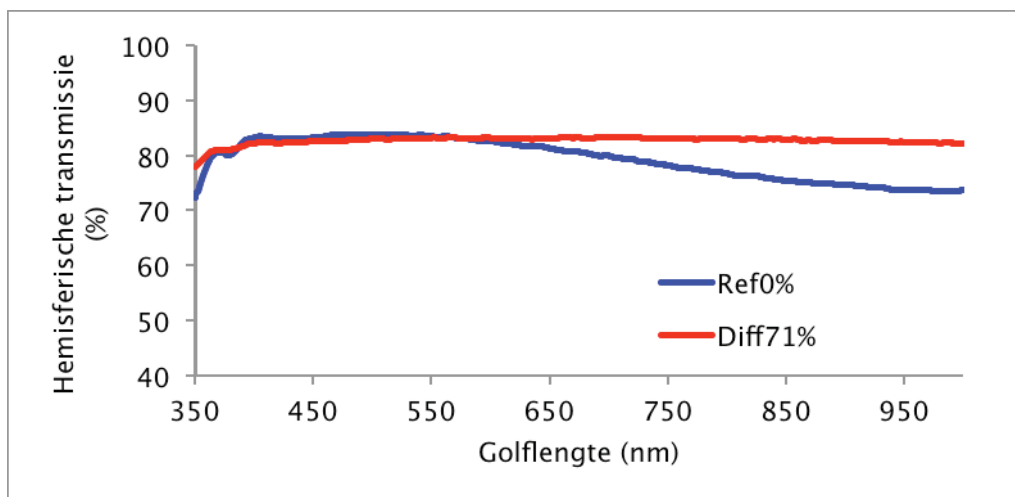
Figuur 12. De gemeten lichttransmissie bij verschillende invalshoeken van het licht ten opzichte van loodrecht van het glas gemeten in droge toestand en na het aanbrengen van een waterspray.

Bij deze metingen lijkt het effect van het 'condens' gemiddeld erg gering te zijn. De verschillen tussen nat en droog zijn iets groter bij Ref0% bij een hoek van 80 ° en bij Diff71% bij een hoek 70 ° ten opzichte van loodrecht. Dit zijn wel de hoeken van lichtinval die in de wintermaanden veel voorkomen.

Stanghellini *et al.* (2010) vonden in een onderzoek met verschillende soorten glas veel grotere transmissieverschillen als gevolg van condens. In hun onderzoek was er als gevolg van condens bij referentie glas ofwel standaard glas een afname van de transmissie van 6%. In hetzelfde onderzoek was bij een diffuse glassoort met een fijne piramidale structuur en geen AR-coating (Vetrasol 503) het verschil tussen droog glas en glas met condens nihil. Zij vonden tussen beide glassoorten dus een groter verschil in lichttransmissie als gevolg van condens. Mogelijk heeft dit te maken met de manier van aanbrengen van het 'condens'. Stanghellini *et al.* (2010) brachten het condens aan op het glas door in een speciale opstelling in een klein kasje water te verdampen, waarbij de damp tegen het koude kasdek condenseerde. In ons onderzoek is het vocht aangebracht door het water op het glasoppervlak te sprayen, wat mogelijk een iets ander resultaat geeft qua lichtdoorlatendheid. Door de toegepaste meettechniek in het laboratorium kwam daar het "condens" aan de buitenkant terwijl deze in de kas uiteraard aan de binnenkant van de kas zit. Dit kan invloed hebben op de druppelvorm en dus de transmissie.

3.3.4 Lichtspectrum

Naast de hoeveelheid licht die door het glasdek komt, kan het type glas ook een invloed hebben op het spectrum, de golflengtes of kleuren van het licht. Daartoe is de transmissie van beide glasdekken spectraal in het laboratorium gemeten. De hemisferische transmissies zijn weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13. Spectrale hemisferische lichttransmissie van de twee kasdektypen.

Diff71 lijkt iets meer UV-straling (golflengte tot 400 nm) door te laten dan het heldere glas. Er worden geen stuurlichteffecten in het blauwe gebied (ca. 450 nm) verwacht, maar stuurlichteffecten van verrood licht (ca. 750 nm) lijken wel mogelijk, al zijn de verschillen in de rood:verrood verhouding niet groot. Het verschil in transmissie tussen het diffuse en heldere glas wordt steeds groter vanaf ongeveer 650 nm. Het lijkt erop dat onder dit diffuse glastype er meer rood en verrood licht en zeker meer NIR straling tot 1000 nm het gewas kan bereiken.

3.4 Condensatie tegen kasdek

Hemming *et al.* (2006) hebben berekend dat gedurende het jaar zo'n 85% van de periode dat er licht is, condens op het kasdek aanwezig is. Door de lage buitentemperaturen in het winterseizoen, zal dat in deze periode dus nog hoger liggen. Op een zevental data is de hoeveelheid condens op het kasdek bij beide behandelingen gemeten. gemeten. In Tabel 3. zijn de resultaten hiervan weergegeven.

Tabel 3. Resultaten van condensmetingen van het kasdek in de referentie (Ref0%) en diffuus glas (Diff71%) op 7 data onder verschillende weersomstandigheden. Tevens is van beide kassen het verschil tussen de binnen- en buitentemperatuur gegeven + de raamopeningen in de periode 0.5 uur voor tot 1 uur na de start van de metingen.

meetdatum	weertype	ΔT (bin-bui) (°C)		raamopening (%)		condensatie (g/m ²)		extra condens Diff71% t.o.v. Ref0% (%)
		Ref	Dif71	Ref	Dif71	Ref	Dif71	
5 mrt	bewolkt	15.3	15.2	0.0	0.0	31.4	40.8	30
13 mrt	bewolkt	12.0	12.1	0.8	0.5	22.1	32.2	46
16 mrt	bewolkt	13.1	12.9	0.4	0.4	19.1	36.4	90
19 mrt	zonnig	15.8	15.3	14.3	17.6	9.0	26.0	191
30 mrt	bewolkt	12.1	12.2	0.0	0.0	17.3	33.9	96
13 apr	zonnig	13.4	12.9	1.5	1.6	5.3	24.0	354
25 apr	zonnig	13.5	13.6	4.4	4.6	9.9	27.0	174

Bij diffuus glas wordt er duidelijk meer condens op het glas vastgehouden, wat nog niet wil zeggen dat er op dit type glas meer waterdamp condenseert. De grotere hoeveelheid condens bij het diffuse dan bij het heldere glas varieert van 30 tot ca. 350%. Er is vooral een groot verschil onder zonniger weersomstandigheden, als er bij de referentie vrij weinig condens aanwezig is. Er is geen duidelijke relatie gevonden tussen de hoeveelheid condens en het verschil in binnen- en buitentemperatuur.

De grotere hoeveelheid aanwezig condens bij dit soort diffuse glas is waarschijnlijk het gevolg van het grotere contactoppervlak bij het diffuse glas met prisma's (prismatic) ten opzichte van het normale glas. Daarnaast zal het water door de prisma's of piramides ook meer in de holtes blijven hangen en dus moeilijker naar beneden stromen. Bij een ander soort diffuus glas in het kasdek met een vlakker contactoppervlak zal de hoeveelheid condens hoogstwaarschijnlijk geringer zijn.

3.5 Gewaswaarnemingen

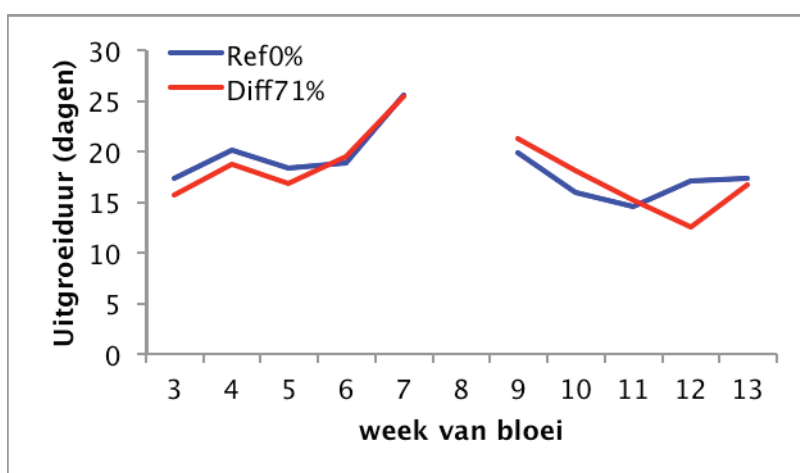
3.5.1 Plantregistraties

De plantlengte op 4, 11 en 18 januari was bij de referentie respectievelijk 87, 140 en 197 cm. Bij Diff71% was dit respectievelijk 90, 144 en 202 cm. Onder diffuus glas leken de planten dus iets sneller te groeien. Dit kan een gevolg zijn van iets meer licht in de diffuus glazen kas.

Het aantal gevormde bladeren was in de eerste teeltweken onder diffuus ook iets hoger. Op 18 januari waren er bij de referentie en diffuus glas respectievelijk 15.1 en 15.5 bladeren gevormd.

Van de aangehouden vruchtjes in het 7^e en 11^e oksel is de bloeidatum genoteerd. De bloeidag van het vruchtje in het 7^e oksel was bij Ref0% en Diff71% respectievelijk dag 23.6 en 23.2. Bij het 11^e oksel was dit respectievelijk dag 29.1 en 28.1. De vruchtjes in het 7^e en 11^e oksel van de planten geteeld onder diffuus glas bloeiden dus respectievelijk een halve en één dag eerder dan bij de planten onder helder glas.

Wekelijks zijn een aantal vruchtjes gelabeld om de uitgroeiduur te bepalen. In Figuur 14. is de uitgroeiduur bij beide behandelingen weergegeven.



Figuur 14. Uitgroeiduur per week bij de referentie en diffuus glas.

De gemiddelde uitgroeiduur was bij Ref0% en Diff71% respectievelijk 18.5 en 18.0 dagen, dus de vruchten groeiden gemiddeld een halve dag sneller uit onder diffuus glas om tot een vruchtgewicht van 400 g te komen. De uitgroeiduur is namelijk wel gestandaardiseerd op 400 g om een betere vergelijking tussen beide glastypen mogelijk te maken. Het verschil was betrouwbaar in week 3, 5 en 12. In week 8 ontbreken de uitgroeiduurgegevens, omdat toen vrijwel alle gelabelde vruchtjes aborteerden. Dit was waarschijnlijk te wijten aan zwakke bloemen als gevolg van een hoge plantbelasting in combinatie met een lage instraling in een groot aantal dagen daarvoor (12 t/m 18 februari; zie Figuur 4.).

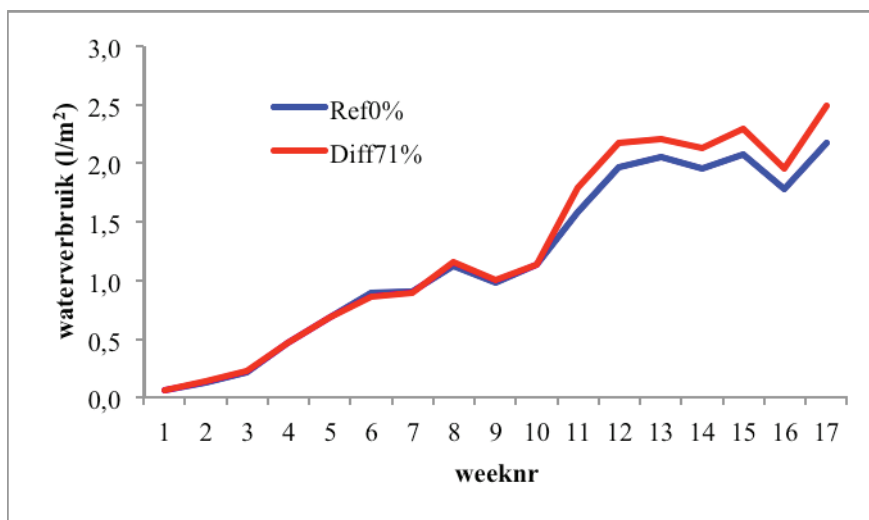
De SPAD-meting is een maat voor de kleur van het blad. Zowel bij de meting op 27 februari als op 5 maart was er geen betrouwbaar verschil in SPAD-waarde tussen Ref0% en Diff71%. Wel waren de bladeren in maart in beide kassen lichter van kleur naarmate ze meer naar onderen zaten ofwel ouder waren en minder licht ontvingen. De gemiddelde SPAD-waarde over beide behandelingen van het 5^e, 10^e en 15^e blad was respectievelijk 23, 31 en 45. Een hoger getal betekent een groener blad.

Bij de destructieve metingen aan het einde van de teelt bleken de hoofdstengels onder diffuus glas ruim 5% zwaarder te zijn dan bij de referentie; het versgewicht bij de referentie en diffuus glas was respectievelijk 134 en 142 g. Het drogestofgehalte was echter niet verschillend; dit bedroeg 6.4%.

Hoewel er bij de bladeren een verschil leek te zijn in drogestofgehalte, was dit niet betrouwbaar. Het drogestofgehalte bij de referentie en diffuus glas van de bladeren afkomstig van verschillende hoogtes was bij Ref0% en Diff71% respectievelijk 8.1 en 8.9%.

3.6 Waterverbruik

Het water dat door de plant wordt opgenomen, wordt voor ongeveer 90% weer door de plant verdampt. In de proef is dagelijks de watergift en drain geregistreerd, waardoor een indicatie kon worden verkregen van de verdamping van het gewas in beide kassen. In Figuur 15. is het waterverbruik per week weergegeven in de referentiekas en de kas met diffuus glas.



Figuur 15. Het waterverbruik per dag bij de referentie en diffuus glas, per week weergegeven.

In Figuur 15. is te zien dat vooral vanaf week 11 het waterverbruik ofwel de verdamping hoger is onder diffuus glas dan bij de referentie. Gemiddeld over de gehele periode is het verschil in waterverbruik 2.6%. Dit komt vrijwel overeen met het verschil in gemeten PAR-licht door de vaste staafsenoren in de kas (zie Par. 3.3.2.).

3.7 Productie en kwaliteit

De eerste oogst vond in beide kassen plaats op maandag 6 februari. Eigenlijk waren de vruchten onder diffuus glas al iets eerder oogstbaar, want op de eerste oogstdag waren de komkommers van onder diffuus glas 50 g zwaarder dan de komkommers uit de referentiekas.

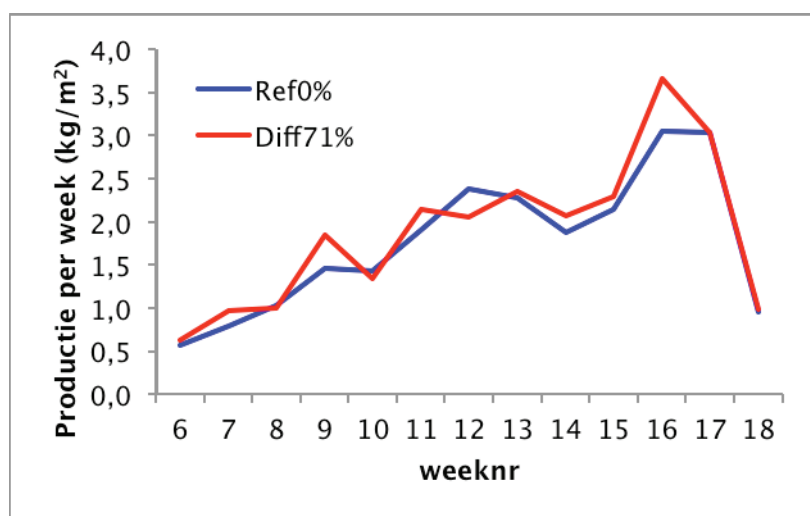
In Tabel 4. zijn de productieresultaten aan het einde van de proef (30 april) van beide behandelingen weergegeven.

Tabel 1. Tabel 4. Stuks- en kiloproductie, gemiddeld vruchtgewicht, aantal klasse 2 en kromme vruchten en hoeveelheid stek aan het einde van de proef bij de referentie en diffuus glas.

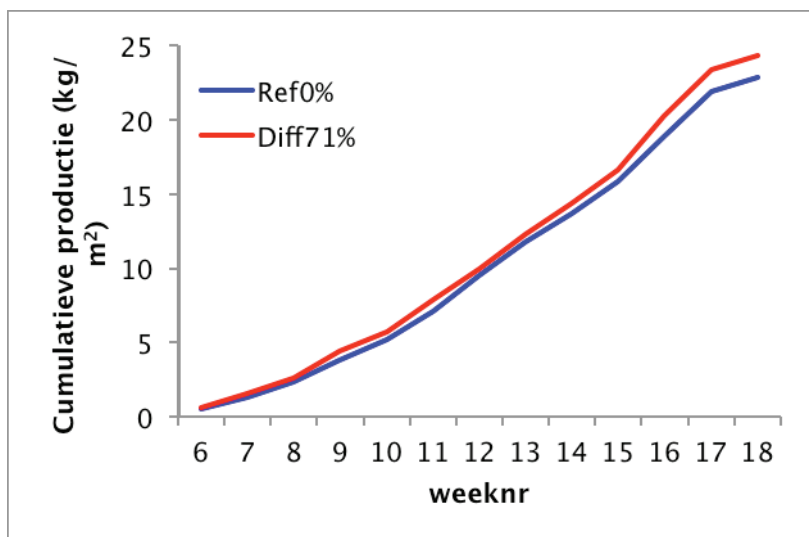
	Ref0%	Diff71%	verschil Diff71% t.o.v. Ref0% (%)
stuks (aantal/m ²)	54.6	56.7	3.9
gewicht (kg/m ²)	22.9	24.3	6.4
gemiddeld vruchtgewicht (g)	419	429	2.4
stuks klasse 2 + krom (%)	4.5	4.9	
stek (kg/m ²)	1.14	0.95	-17

De procentuele meerproductie in kilo's onder diffuus glas bedraagt 6.4%. Dit is het resultaat van bijna 4 stuks meer en ruim 2% zwaardere vruchten. Als de productie wordt bekeken bij alleen de klasse 1 vruchten, dan bedraagt de extra productie onder diffuus glas 5.9%. Dit komt door 3.5% meer vruchten, die 2.3% zwaarder zijn.

Al vanaf het begin is er bij diffuus glas een meerproductie zichtbaar ten opzichte van helder glas (Figuur 16. t/m 18.). In Figuur 18. is te zien dat de meerproductie bij diffuus glas in de eerste 6 oogstweken zelfs rond de 10% lag, waarna dit percentage in week 12 daalde tot zo'n 4%, om daarna weer toe te nemen tot circa 6%.



Figuur 16. Productie in kilo's per week bij de referentie en diffuus glas.



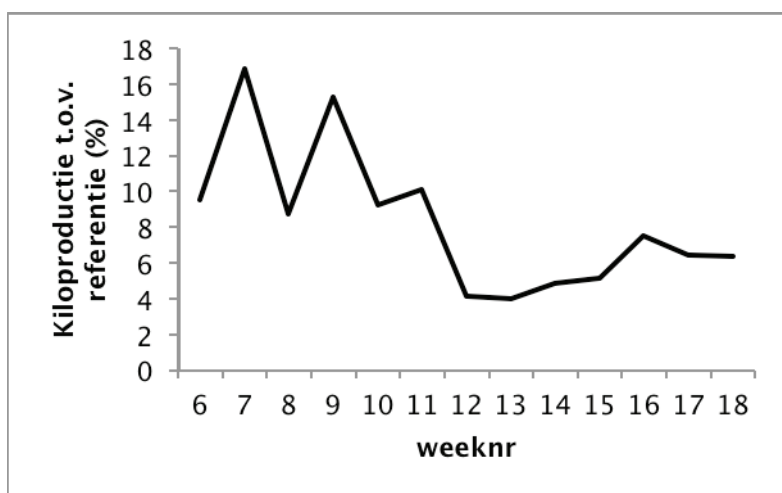
Figuur 17. Cumulatieve kiloproductie bij de referentie en diffuus glas.

De relatief hoge meerproductie van diffuus glas in de eerste oogstweken is opvallend. In de eerste teeltmaand bestond immers maar een gering gedeelte van de globale straling uit direct licht. In de eerste weken van februari was het aandeel direct licht echter behoorlijk groot (Figuur 4.). Diffuus glas maakt dit directe licht diffuus, waardoor een snelgroeïend gewas als komkommer hier duidelijk van kan profiteren. Daarnaast is de transmissie onder diffuus glas in de eerste maanden van het jaar meestal hoger geweest, wat hoogstwaarschijnlijk een gevolg was van meer condens (zie Par. 3.3.2. en 3.4.). Dit heeft ongetwijfeld de productie onder diffuus glas positief beïnvloed.

In week 12 is er bij diffuus glas sprake van een productiedip ten opzichte van de referentie. Mogelijk is er in de voorafgaande weken bij diffuus glas iets teveel van het gewas geverg'd.

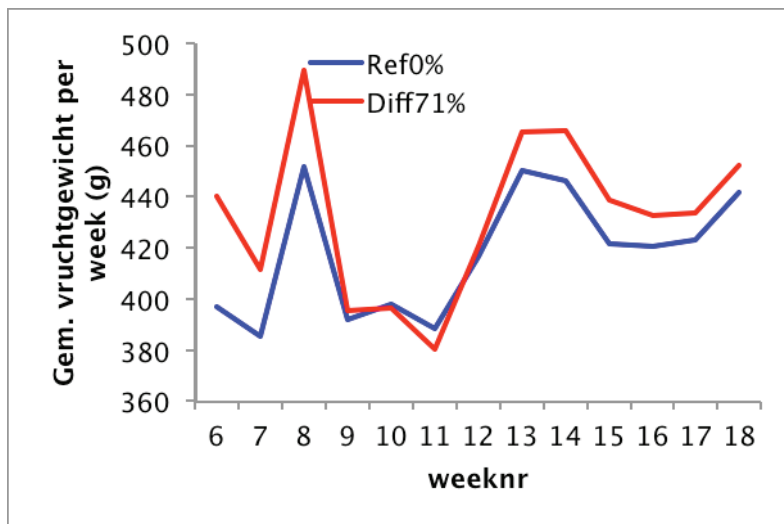
Bij diffuus glas lijkt de productie meer in pieken te verlopen, maar dit kan ook mede het gevolg zijn van een snellere uitgroei van de vruchten. De inschatting is dat de productie bij diffuus glas ongeveer een halve week voorliep op die van de referentie.

Het verloop van de stuksproductie is ongeveer vergelijkbaar met die van de productie in kilo's.



Figuur 18. Cumulatieve meerproductie per week van diffuus glas ten opzichte van de referentie in percentage weergegeven.

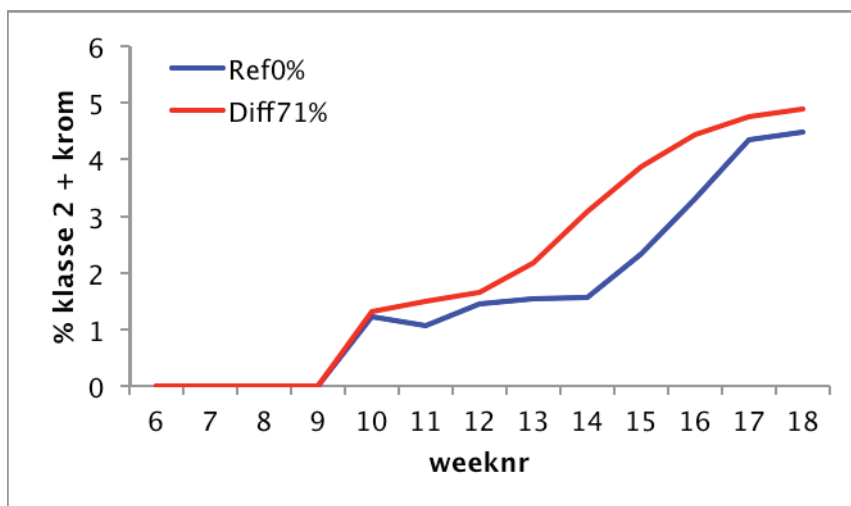
In Figuur 19. is het verloop van het vruchtgewicht in de tijd van beide kassen weergegeven.



Figuur 19. Gemiddeld gewicht van de geogste vruchten per week bij de referentie en diffuus glas.

Met uitzondering van de weken 9 tot en met 12, is het gemiddelde vruchtgewicht hoger van de vruchten afkomstig uit de diffuus glazen kas dan van de vruchten uit de kas met helder glas. Dit resulteert in een verschil van 10 g ten voordele van diffuus glas.

In Figuur 20. is het gewichtspercentage van de kwalitatief mindere vruchten (klasse 2 en krom) cumulatief per week weergegeven.



Figuur 20. Het verloop van het percentage klasse 2 en kromme vruchten cumulatief per week bij de referentie en diffuus glas.

In de eerste 4 oogstweken zijn er bij beide behandelingen geen klasse 2 of kromme komkommers geoogst. In de weken erna is het percentage klasse 2 en krom veelal iets hoger onder diffuus glas. Naar het eind toe is dit niet meer het geval. In week 16 en vooral week 17 worden er bij de referentie meer vruchten van een mindere kwaliteit geoogst. Aan het einde van de teelt is het verschil nog maar 0.4%. Dat er in een aantal weken meer klasse 2 en kromme vruchten worden geoogst onder diffuus glas kan veroorzaakt zijn doordat er vruchten zijn die normaal onder helder glas zouden aborteren, onder diffuus glas toch nog uitgroeien. Dit zullen niet altijd vruchten zijn van de beste kwaliteit.

Ook is het mogelijk dat de planten onder diffuus glas in weken met minder instraling wat meer te lijden hebben gehad van de hogere belasting van meer en zwaardere vruchten dan onder helder glas. Uiteindelijk is het verschil in kwaliteit echter gering. Er is in ieder geval onder diffuus glas minder stek geogst (-17%).

Gemiddeld over 4 bewaarproeven was er geen verschil in kleur bij inzet of na bewaring. De kleur bij inzet en na 14 dagen bewaring was zowel bij de referentie als bij diffuus glas respectievelijk 6.6 en 4.2. Ook per datum bekeken waren er minimale verschillen. In eerder onderzoek met komkommer is soms een mindere houdbaarheid (Hemming *et al.* 2007) en soms een betere houdbaarheid (Dueck *et al.* 2009) gevonden. In recent onderzoek met tomaat kon ook geen effect van diffuus glas op de houdbaarheid worden aangetoond (Dueck *et al.* 2012).

Aan het einde van de bewaarproeven is beoordeeld op slappe nekken. Op een schaal van 0 tot 3 (hoger cijfer is beter) scoorde de referentie gemiddeld 1.5 en diffuus glas 2.1. Dit verschil werd voornamelijk veroorzaakt door meer slappe nekken bij de referentie in week 9. Diffuus glas heeft dus geen negatieve invloed op de kwaliteit na bewaring.

Energie-efficiëntie

Op basis van de productie en het berekende gasverbruik is de energie-efficiëntie berekend. Uitgedrukt per kilo geogste komkommers, was de energie-efficiëntie bij de referentie en diffuus glas respectievelijk 0.71 en 0.70 m³. Per geogste komkommer was dit zowel bij de referentie als diffuus glas 0.30 m³. In dit onderzoek komt dus naar voren dat dit type diffuus glas geen invloed heeft gehad op de energie-efficiëntie.

Vooraf was de verwachting dat diffuus glas niet tot een hoger energiegebruik zou leiden, omdat de transmissie immers gelijk was aan die van het standaard glas bij de referentie. Omdat bij het diffuse glas een meerproductie van zo'n 5% werd verwacht, was vooraf ingeschat dat de energie-efficiëntie ook met zo'n 5% zou stijgen. Dit is in dit onderzoek dus niet gehaald. Dueck *et al.* (2012) vonden echter in een voorafgaande proef met een jaarrondeelt van tomaat in dezelfde kas juist een 4% lager gasverbruik dan bij de referentie. In twee andere kassen gedekt met diffuus glas met een haze van 45 en 62% was het gasverbruik respectievelijk 3% hoger en 2% lager. Deze verschillen in uitkomsten zijn niet verklaarbaar. In tegenstelling tot bij komkommer waren de klimaatsetpoints bij tomaat niet helemaal gelijk: bij diffuus glas zijn er later in de tijd iets hogere temperaturen aangehouden die vooral gerealiseerd zijn door later te ventileren.



Figuur 21. Overzicht van de proefkassen: vooraan referentiekas, achter tussengevel kas met diffuus glas.

4 Conclusies

- Tijdens de proefperiode van eind december tot eind april was het gerealiseerde kasklimaat in de kas met standaard glas (Ref0%) en de kas met diffuus glas met een haze van 71% (Diff71%) gelijk.
- Gedurende de proefperiode bestond in totaal 43% van de globale straling uit direct licht.
- Tijdens zonnige dagen was de bladtemperatuur bovenin het gewas circa 2 °C lager onder diffuus glas dan onder standaard glas. Dit resulteerde half maart in meer bladverbranding van de bovenste bladeren bij de referentie.
- De gemeten hoeveelheid PAR-licht in de kas was gemiddeld over de gehele teeltperiode 2.5% hoger bij Diff71% dan bij Ref0%, terwijl er bij labmetingen slechts een 0.2% hogere transmissie bij dit diffuse glas dan bij het standaardglas is gemeten.
- Transmissie metingen op 2 tijdstippen in de kasafdelingen lieten zien dat de lichtdoorlatendheid bij Diff71% ruim 3% hoger was dan bij Ref0%. Het verschil is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door condens.
- Condens op glas met een prismatische structuur geeft minder lichtverlies of heeft zelfs een positieve invloed op de transmissie in vergelijking met condens bij standaard glas.
- Gedurende een zevental metingen was de hoeveelheid condens tegen het diffuse kasdek 30 tot 350% hoger, wat niet wil zeggen dat er meer waterdamp condenseert tegen het diffuse kasdek.
- Het onderzochte diffuse glas laat wat meer NIR straling tot 1000 nm door.
- De gewasontwikkeling verliep sneller onder diffuus glas dan bij de referentie. De eerste 2 aangehouden stamvruchten bloeiden bij Diff71% 0.5 à 1 dag eerder.
- Bij een vruchtgewicht van 400 g was de gemiddelde uitgroei duur van de vruchten afkomstig uit de kas met diffuus glas 0.5 dag korter.
- De hoofdstengels waren onder diffuus glas 5% zwaarder, maar er was geen duidelijk effect van het glastype op het droge stofgehalte van deze stengels en bladeren.
- Diff71% gaf een meerproductie van ruim 6%. Dit was het gevolg van 4% meer stuks en een ruim 2% hoger vruchtgewicht.
- Het glastype had geen meetbare invloed op de vruchtkleur, houdbaarheid, slappe nekken en droge stofgehalte van de vruchten.
- Het energiegebruik onder dit type diffuus glas steeg met 5%, maar door de hogere productie was de energie-efficiëntie bij beide kassen gelijk.

5 Literatuur

Dueck T. A., D. Poudel, J. Janse & S. Hemming, 2009.

Diffuus licht - wat is de optimale lichtverstrooiing? Rapport 308 Wageningen UR Glastuinbouw. 34 blz + bijlagen.

Dueck, T. A., J. Janse, F. Kempkes, T. Li, A. Elings & S. Hemming, 2012.

Diffuus licht bij tomaat. Rapport 1158.Wageningen UR Glastuinbouw. 58 blz.

Eveleens-Clark, B. A., P. Lagas, S. M. Driever, J. Zwinkels, J. Bij de Vaate & R.C. Kaarsemaker, 2010.

40 kg Paprika. Rapport Wageningen UR Glastuinbouw. 53 blz + bijlagen.

Garcia, N. & F. Kempkes, 2012.

Effect van diffuus kasdek met anti reflectie coating bij roos. Rapport 1128.Wageningen UR Glastuinbouw.

Geukemeijer, P. & H.J. Van Telgen, 2010.

Monitoring gewasgroei tomaat onder diffuus kasdek 1. Oriënterende praktijkmetingen in een herfstteelt van tomaat. Rapport Botany, Horst. 20 blz.

Geukemeijer, P., B. Rongen & H.J. Van Telgen, 2011.

Monitoring gewasgroei tomaat onder diffuus kasdek 2. Praktijkmetingen in een jaarrond teelt van tomaat. Rapport Botany, Horst. 41 blz.

Hemming, S., R. Jongschaap, J. Janse & T. Dueck, 2007a.

Effecten van diffuus licht op komkommer. Resultaten van een teelt experiment. Nota 446, PRI Wageningen. 38 blz.

Hemming, S., F. Kempkes, V. Mohammadkhani, C. Stanghellini, G.J. Swinkels & H.J. Holterman, 2006.

Anti-reflectie-coating voor tuinbouwglas - eerste praktijkervaringen. Rapport 130 Wageningen UR Glastuinbouw. 58 blz.

Hemming, S., F. Van Noort, J. Hemming & T. Dueck, 2007b.

Effecten van diffuus licht op potplanten. Resultaten van een teeltexperiment. Nota 454, PRI Wageningen. 39 blz. + bijlagen.

Marcelis, L.F.M., 1992.

Non-destructive measurements and growth analysis of the cucumber fruit. J. Hort. Sci. 67(4): 457-464.

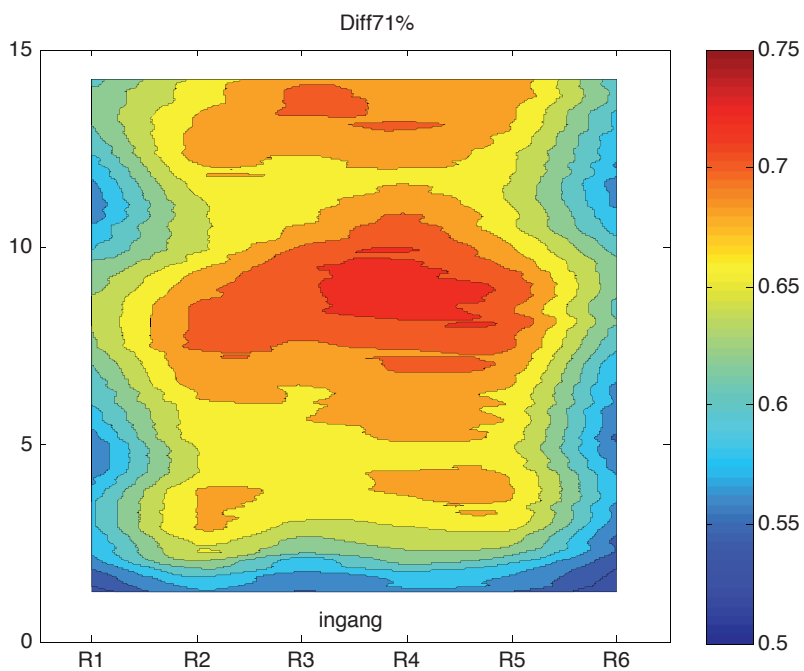
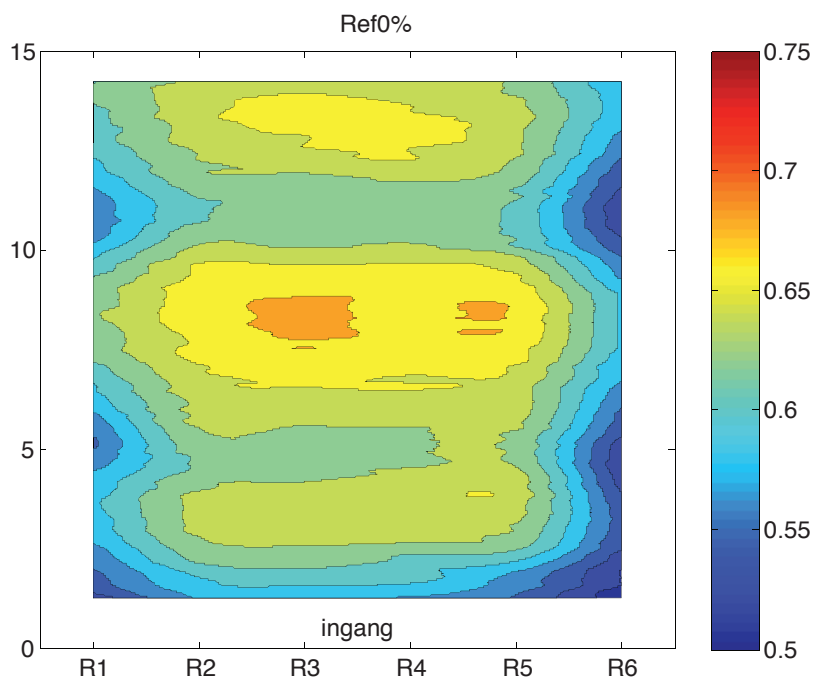
Sauviller, C., K. Goen, M. Van Mechelen & R. Moerkens, 2011.

Diffuus licht in paprika en tomaat. ProeftuinNieuws 19:24-25.

Stanghellini, C, V. Mohammadkhani, M.A. Bruins, S. Hemming, P. Sonneveld & G.J. Swinkels, (2010).

Condensatie tegen het kasdek. Rapport 1025.WUR Glastuinbouw.

Bijlage I Horizontale verdeling lichttransmissie



De horizontale verdeling van de lichttransmissie in de referentiekas en de kas met diffuus glas gemeten op 17 april. Op de y-as zijn de verschillende rijen vermeld en op de x-as de staat afstand in meters. De kleur geeft de hoogte van de lichttransmissie (%) aan. De gemiddelde transmissie in de middelste 3 paden bij Ref0% en Diff71% was resp. 64.5 en 67.7 %.

