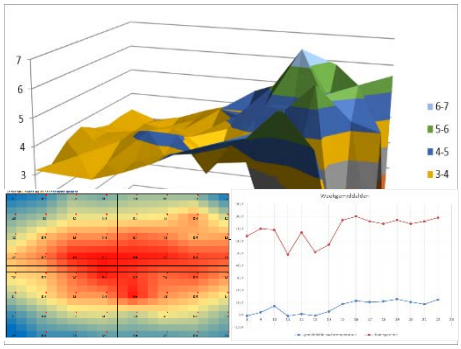
Temperatuurgelijkheid verbeteren door klimaat monitoring





Uitgevoerd door:

Rob Wientjens
Climeco Engineering B.V.

Productschap Tuinbouw
Kas als Energiebron
Ministerie van Economische Zaken

Inhoud

1 Management samenvatting 3

2 Inleiding 5

3 Uitvoering van het project met vijf deelnemende tuinders 7

3.1 Deelnemende tuinders 9

4 Eerste meetperiode 11

4.1 Doelstelling en meetplan per deelnemende tuinder 11

4.2 Waarnemingen en conclusies na de eerste meetperiode 16

5 Tweede meetperiode 27

5.1 Waarnemingen en conclusies na de tweede meetperiode 27

6 Praktische conclusies naar aanleiding van de metingen 36

7 Homogeniteit verbeterd? 38

8 Analyse door TNO 42

9 Discussies tijdens de bijeenkomsten 46

Climeco Engineering BV
De Haaghe 21
6641 JA Beuningen
info@climeco.eu
www.climeco.eu

077 – 398 77 97

Projectnummer: 13505-03

1 MANAGEMENT SAMENVATTING

Het project 'Temperatuurgelijkheid verbeteren door klimaat monitoring' gaat uit van de volgende basiselementen:

- *Een draadloos sensornetwerk voor het continue meten van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid op een groot aantal plaatsen in de kas,*
- *Het dagelijks beoordelen en analyseren van de metingen op basis van visualisaties en weerdata,*
- *Het achterhalen van oorzaken en het vinden van oplossingen voor ongewenste temperatuurverschillen in de kas, door het combineren van de meetgegevens van het draadloze sensorsysteem en de metingen en aansturingen van de klimaatcomputer. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een analyse-systeem en gesprekken met de tuinders,*
- *De tuinders voeren aanpassingen door in de kas, op basis van de conclusies,*
- *De klimaatmonitoring wordt uitgevoerd bij 5 tuinders en het delen van informatie en ervaringen wordt gestimuleerd.*

Het project is opgedeeld in grofweg 2 fasen:

1) *Eerste meetperiode: na installatie van het draadloze sensornetwerk wordt een periode van 6 weken gemeten, waarna een analysegesprek plaatsvindt. De periode wordt afgesloten met een tussenbijeenkomst.*
2) *Tweede meetperiode: naar aanleiding van de resultaten en conclusies uit de eerste meetperiode zijn aanpassingen in de kas gemaakt. Tijdens deze meetperiode wordt wederom gemonitord en beoordeeld, in hoeverre de temperatuurverdeling in de kas verbeterd is. Deze meetperiode en feitelijk het praktische deel van dit project wordt afgesloten met een eindbijeenkomst.*

Het is gebleken dat het meten met een draadloos sensornetwerk veel inzicht verschaft over de horizontale temperatuurverdeling in de kas. Alle deelnemende tuinders hebben ongelijkheden in het kasklimaat kunnen lokaliseren, die anders onopgemerkt bleven.

Bij meerdere tuinders zijn proeven en testen uitgevoerd en er werd direct inzicht in de gevolgen voor de temperatuurgelijkheid verkregen. Dit is met name interessant met het oog op toekomstige investeringen op het gebied van klimaatinstallaties.

Een tuinder heeft een nieuwe kas, gebouwd volgens de principes van 'Het Nieuwe Telen'. Hij wilde snel 'de karakteristiek' van zijn nieuwe kas leren kennen. Hierbij viel op dat er grote temperatuurverschillen optreden. Na een diepgaander onderzoek met rookproeven en luchttechnische metingen bleek, dat er ontwerpfouten in bepaalde klimaatinstallaties aanwezig zijn.

Een tuinder heeft een aanzienlijke hoeveelheid energie bespaard door een lagere nachttemperatuur te hanteren. Door inzicht in de temperatuurverdeling heeft hij beoordeeld of de gekozen nachttemperatuur nog verantwoord was, met het oog op schimmelziektes.

Een tuinder met een kas volgens de principes van 'Het Nieuwe Telen' met warmte terugwinning heeft eerst de temperatuurgelijkheid weten te perfectioneren door kleine aanpassingen door te voeren. In de tweede meetperiode heeft hij in de voornacht zijn luchtbehandeling systeem uitgeschakeld, omdat verwacht werd dat dit tot teelt technische voordelen zou leiden. Tijdens de

tweede meetperiode viel op dat de temperatuurgelijkheid drastisch slechter werd, in de uren dat het luchtbehandeling systeem uit stond. Wellicht dat de door het systeem gegenereerde overdruk, of het verdelen van de lucht met een distributiesysteem van luchtslurven hier een grote rol in spelen.

Er zijn een aantal veranderingen in de kassen doorgevoerd door de tuinders. Dit varieert van het maken van aanpassingen in de klimaatregeling, tot het ophangen van extra ventilatoren op specifieke plekken. Ook is er een aantal keren gekozen om verwarmingsbuizen te isoleren met hiervoor geschikte verf.

Of de aanpassingen direct tot een gelijkmatiger klimaat heeft geleidt is soms wel, maar soms ook niet direct inzichtelijk door veranderende omstandigheden, in of buiten de kas. Het bleek heel goed mogelijk om aanpassingen te adviseren en door te voeren op basis van de beschikbare informatie. Echter, om de onderliggende oorzaak aan te wijzen, bleek veel moeilijker. Het identificeren van de onderliggende oorzaken zou principiële problemen in kassen bloot kunnen leggen. Hiervoor is een klimaattechnisch specialist van TNO ingeschakeld. Hij heeft aanvullende analyses uitgevoerd op de beschikbare informatie. Uit deze analyses volgen een beperkt aantal conclusies in de vorm van hypotheses. Het is duidelijk dat er nog veel meer te leren is uit de beschikbare data, maar daarvoor ontbrak de beschikbare tijd.

Gebleken is dat ‘kieren’ met de schermen een grote aanjager is voor temperatuurverschillen in de kas. Dit kan theoretisch goed verklaard worden. Met name in grotere kassen en lagere stooktemperaturen zijn hier debet aan.

Het is theoretisch goed te onderbouwen dat het afschot van de kas van grote invloed is op de temperatuurverdeling. De locatie van het betonpad lijkt ook een invloed te zijn, maar is lastiger te onderbouwen.

Met name de windsnelheid en de buitentemperatuur zijn te identificeren als meest invloedrijke buitenomstandigheden voor temperatuurverschillen in de kas gedurende de nacht. De zoninstraling heeft overdag een dominante invloed.

Het vermoeden bestaat dat overdruk in de kas een positieve invloed heeft op de gelijkheid in de kas. Dit is theoretisch te onderbouwen, maar het lijkt dat er bepaalde voorwaarden zijn waaraan voldaan moet worden om de positieve effecten ervan te kunnen ervaren.

2 INLEIDING

Het optimaliseren van de teeltomstandigheden is cruciaal bij het streven naar meer en betere en gezondere productie. Hierin is het kasklimaat een belangrijk aspect en heeft dus direct invloed op de efficiëntie van de productie. Vanzelfsprekend zal het monitoren van het kasklimaat een belangrijke rol kunnen spelen om de doelstelling naar de verbetering van de teeltomstandigheden te bereiken. Het is daarom van groot belang, dat substantieel meer informatie over het kasklimaat verzameld wordt met het doel acties te ondernemen, teneinde het kasklimaat daadwerkelijk te verbeteren.

Voor de meeste tuinders is het monitoren van het kasklimaat op basis van een grote hoeveelheid aan meetgegevens een nieuw fenomeen. Wanneer vervolgens de aandacht ook gericht wordt op het delen van kennis, zal het proces van bewustwording hiermee in de gehele sector worden gestimuleerd.

Het monitoringsplan is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- *Bijeenbrengen van 5 glastuinbouwbedrijven die medewerking willen verlenen aan het monitoren van het kasklimaat, waarbij veelvoudig de kastemperatuur en relatieve luchtvochtigheid wordt gemeten.*
- *Delen van kennis*
- *Delen van inzichten*
- *Aanvang: begin 2013*
- *Einde: mei 2013*

Huidige situatie

In de loop der jaren is de trend, kassen te bouwen met grotere teeltoppervlakten.
De moderne kassen bieden belangrijke voordelen, echter een groot aantal tuinders kampen met onverantwoord grote temperatuurverschillen. Er wordt over het algemeen geteeld met een hoge relatieve luchtvochtigheid. De plaatselijke temperatuurverschillen veroorzaken al vrij snel problemen met het gewas. Het beïnvloed de groei en vergroot het risico op schimmelziekten, zoals botrytis.

Gevolgen temperatuurverschillen:

- *Het gewas groeit minder gelijkmatig*
- *Meer kans op ziektes, zoals botrytis*
- *Meer energieverbruik*
- *Duurzaam telen komt in het gedrang*

Installeren van draadloze sensoren

Het installeren van een groot aantal (draadloze) sensoren, waarmee zowel de kastemperatuur als de relatieve luchtvochtigheid wordt gemeten en doorgestuurd naar een database systeem. In een kas waar op een groot aantal zorgvuldig gekozen locaties continue de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid gemeten wordt, kan gezocht worden naar de oorzaken van verschillen in temperatuur- en relatieve luchtvochtigheid.

Voordelen van een gelijk kasklimaat:

- *Minder marge in T en RV nodig: energiebesparing*
- *Gelijkere groei: minder arbeid*
- *Minder botrytis: minder arbeid, minder uitval*
- *Klimaatregeling gaat beter functioneren, voorspelbaar klimaat, meer controle*
- *Gezonder telen*

Omschrijving "Draadloos sensornetwerk" (wireless sensor network, WSN)

De gebruikte sensoren zijn draadloos uitgevoerd en meten met 1 sensor zowel de ruimtetemperatuur als de relatieve luchtvochtigheid.

De meetdata wordt met een in te stellen interval, draadloos verzonden naar een basisstation en vervolgens via het internet naar een server gestuurd. De server is voorzien van software, die de data verwerkt. Via internet kan door diegenen die daarvoor de inlogcodes ter beschikking heeft de presentaties van de gemeten waarden opvragen.

Hierbij wordt onder andere gepresenteerd:

- *Een realtime warmtekaart, waarin in één opslag in kleuren een goed beeld is te vormen van de gemeten temperatuur en vochtverschillen*
- *In grafieken wordt het verloop van de gemeten waarden van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in beeld gebracht*
- *Er kan specifiek gekeken worden naar de nachtperiode*
- *Nadat de maximaal toelaatbaar temperatuurverschil is ingevuld, wordt aangeven in procenten en in een grafiek in welke mate de gemeten waarden daaraan voldoen*
- *Historische gegevens worden bewaard, zodat ook achteraf de gewenste presentaties kunnen worden opgeroepen.*

De gewenste situatie

Op het moment dat de oorzaken bekend zijn, wordt een actieplan uitgewerkt. De ervaring leert, dat vaak een belangrijk deel van de oplossingen met beperkte investeringen te realiseren is. Het beoogde resultaat is het bereiken van een gelijkmatiger kasklimaat.

Elke deelnemer is de mogelijkheid geboden, om specifieke doelstellingen aan te geven.

3 UITVOERING VAN HET PROJECT MET VIJF DEELNEMENDE TUINDERS

Deelnemers aan het project "Temperatuurgelijkheid verbeteren door klimaat monitoring"

Een aantal door Climeco geselecteerde tuinders is benaderd om mee te werken aan dit project. Hierbij is specifiek gelet op glastuinbouwbedrijven met een energie-intensieve teelt.

Bijkomende aspecten die een rol gespeeld hebben bij de keuzes zijn o.a.:

- *Kassen met meerdere scherminstallaties*
- *Kassen, uitgevoerd met 'Het Nieuwe Telen"*
- *Kassen met assimilatie belichting*
- *Afwijkend energieverbruik*

Hardware en software

Het WSN bestaat uit een aantal draadloze sensoren, uitgaande van gemiddeld 10 sensoren per hectare. Het WSN meet de kastemperaturen en RV, waarbij de data via een basisstation met een internetverbinding naar een server wordt verstuurd.

De bijbehorende software staat op de server en verwerkt de data en geeft deze weer in grafieken en warmtekaarten. Op deze manier zijn de temperatuurverschillen direct inzichtelijk. De resultaten zijn toegankelijk voor degene die in bezit zijn van een inlogcode.

De analyse software bestaat uit een databasebestand met gecombineerde gegevens van het WSN en de klimaatcomputer. Er kan zeer gedetailleerd geanalyseerd worden met behulp van een grafische weergave, zodat de oorzaken van temperatuurverschillen kunnen worden achterhaald.

Meetplan

Gestart wordt met het bepalen van de matrix, waarin de locaties van de sensoren vastgelegd wordt. Vervolgens wordt het WSN geïnstalleerd en software ingesteld. Uitgangspunt is dat er een netwerk van sensoren in het horizontale vlak wordt geïnstalleerd, aangevuld met een referentiemeting die de meetbox -meting moet benaderen. Hiertoe wordt er een sensor bij voorkeur in de meetbox geplaatst. Indien dit niet mogelijk bleek, werd deze sensor tegen de meetbox gemonteerd, bij voorkeur met het meetelement afgeschermd voor zoninstraling.

Advies

Voor een periode van 3 maanden worden meetgegevens verzameld (T en RV). Nagenoeg elke dag worden de metingen beoordeeld en aantekeningen gemaakt. In deze periode vindt overleg plaats met de betreffende tuinder en worden eventueel aanpassingen en/of proeven uitgevoerd. Na de meetperiode worden de meetgegevens gecombineerd met de gegevens uit de klimaatcomputer in een analyseprogramma.

Uit deze combinatie van data kunnen snel conclusies worden getrokken. De feitelijke analyse vindt plaats in een sessie, samen met de tuinder. Hierbij wordt gekeken naar de temperatuurverschillen bij de voorkomende omstandigheden en gelijk gezocht naar oorzaken en oplossingen. De bevindingen zijn achteraf uitgewerkt in een adviesrapport met aanbevelingen, compleet met economische overwegingen.

Beoordeling van de metingen

Voor de analyse van de metingen werd vooral gekeken naar de nachtelijke uren. Dit zijn doorgaans de meest kritische uren van het etmaal en zijn dus belangrijk. Dit is ook de periode dat de klimaatsystemen in de kas veel invloed hebben op het kasklimaat. Als overdag de zon schijnt en de luchtramen wellicht geopend zijn is er weinig invloed te verwachten van de klimaatsystemen. Overigens worden de sensoren in een beperkte mate beïnvloed door (zon)instraling.

In de software behorende bij het WSN worden de gemeten waarden per 5 minuten weergegeven. Om een goede indruk te krijgen van de koude en warme plekken over een gehele nacht, is vooral gekeken naar het 24-uurs gemiddelde en in hoeverre een bepaalde sensor zich buiten de marge van +/- 0,75 °C bevond.

De gegevens uit de klimaatcomputer werden gecombineerd met de metingen uit het WSN in een analysebestand. Daarbij is de momentane warmteverdeling gekoppeld aan de metingen en aansturingen van de klimaatsystemen in de kas. Tijdens de dagelijkse monitoring worden kritische of interessante momenten vastgelegd en met het analysebestand kan de oorzaak achterhaald worden.

Twee meetperioden

Per tuinder hebben twee meetperioden van circa 6 weken plaats gevonden. Na elke meetperiode zijn de resultaten geanalyseerd en conclusies getrokken. Voor zover mogelijk zijn na de eerste meetperiode aanpassingen doorgevoerd en vervolgens is gestart met de tweede meetperiode.

Na de tweede periode is opnieuw een uitgebreide analyse uitgevoerd.

Kennisuitwisseling

Om kennisuitwisseling te faciliteren zijn in de meetperiode van 3 maanden, 2 discussiebijeenkomsten georganiseerd. Na circa 1,5 maand is een tussentijdse bijeenkomst georganiseerd om de eerste resultaten te bespreken en te vergelijken. Hiervoor is door Climeco een presentatie verzorgd.

Na de meetperiode van circa 3 maanden is de eindbijeenkomst georganiseerd. Hierbij zijn de meetresultaten gepresenteerd, inclusief de gevonden oorzaken en oplossingen.

Elk project is afzonderlijk behandeld, waarbij een zeer waardevolle discussie heeft plaatsgevonden. Opvallend is hierbij de grote onderlinge omtrent de meetresultaten en vervolgens de oorzaken en gevolgen van de afwijkende meetwaarden.

3.1 DEELNEMENDE TUINDERS

Bedrijf 1: **Traditionele tomatenteelt**
Bouwjaar: 2003
Areaal: 2,5 ha
Afdelingen: 2
Overig: Koppad

Scherm: Enkel scherm
Verwarming: Buisrail, groeibuis en apart geregelde gevelnetten
Ventilatoren: Boven het gewas

Plantdatum: 15 januari
Vast folie: Verwijderd op 16 maart

Bedrijf 2: **Tomatenteelt met HNT (Het Nieuwe Telen)**
Bouwjaar: 2008
Areaal: 3,7 ha
Afdelingen: 2
Overig: Koppad

Scherm: Dubbel scherm
Verwarming: Buisrail en apart geregelde gevelnetten
Ventilatoren: LBK's en luchtslurven (HNT)
Gevels: Stegdoppel

Plantdatum: 25 november
Vast folie: geen: 2^{e} scherm is een beweegbaar foliedoek

Bedrijf 3: **Phalaenopsis**
Bouwjaar: vanaf 1991 in fases
Areaal: 3,1 ha
Afdelingen: 8
Overig: Koppad links en rechts ten behoeve van het transportsysteem

3 klimaatruimtes
Opkweek: Warm
Tussenkweek: Koud
Afkweek: Warm

Scherm: 3-voudig scherm
Verwarming: Ondernet, bovennet
Koeling: LBK's met slurven in tussenkweek afdeling
LBK's boven het gewas in afkweek afdeling
Hoge druk nevel installatie
Ventilatoren: Ventilatoren bovenin in opkweek afdeling
Belichting: Assimilatiebelichting in alle afdelingen

Bedrijf 4: **Teelt biologisch tomaat, komkommer en paprika**
Bouwjaar: 2011
Areaal: 2 ha
Afdelingen: 2
Overig: Koppad

Scherm: Dubbel scherm
Verwarming: Buisrail, groeibuis dubbel, gevelnetten
Ventilatoren: LBK's en luchtslurven (HNT)
Gevels: Steg doppel

Bedrijf 5: **Teelt van Gerbera's**
Bouwjaar: 2012
Areaal: 3,1 ha
Afdelingen: 4
Overig: Middenpad

Scherm: Dubbel scherm, gevelschermen
Verwarming: Buisrail, gevelnet loopt mee met buisrail
Ventilatoren: LBK's en luchtslurven (HNT)
Assimilatiebelichting
Deksproeiers

4 EERSTE MEETPERIODE

Voor aanvang van de eerste meetperiode is het WSN geïnstalleerd op basis van een meetplan. De afmetingen van de kas zijn in kaart gebracht en de meest optimale verdeling is ingetekend. Er is rekening gehouden met de specifieke doelstelling van elke tuinder afzonderlijk.

Daarna wordt het WSN geïnstalleerd.

4.1 DOELSTELLING EN MEETPLAN PER DEELNEMENDE TUINDER

Bedrijf 1: Traditionele tomatenteelt

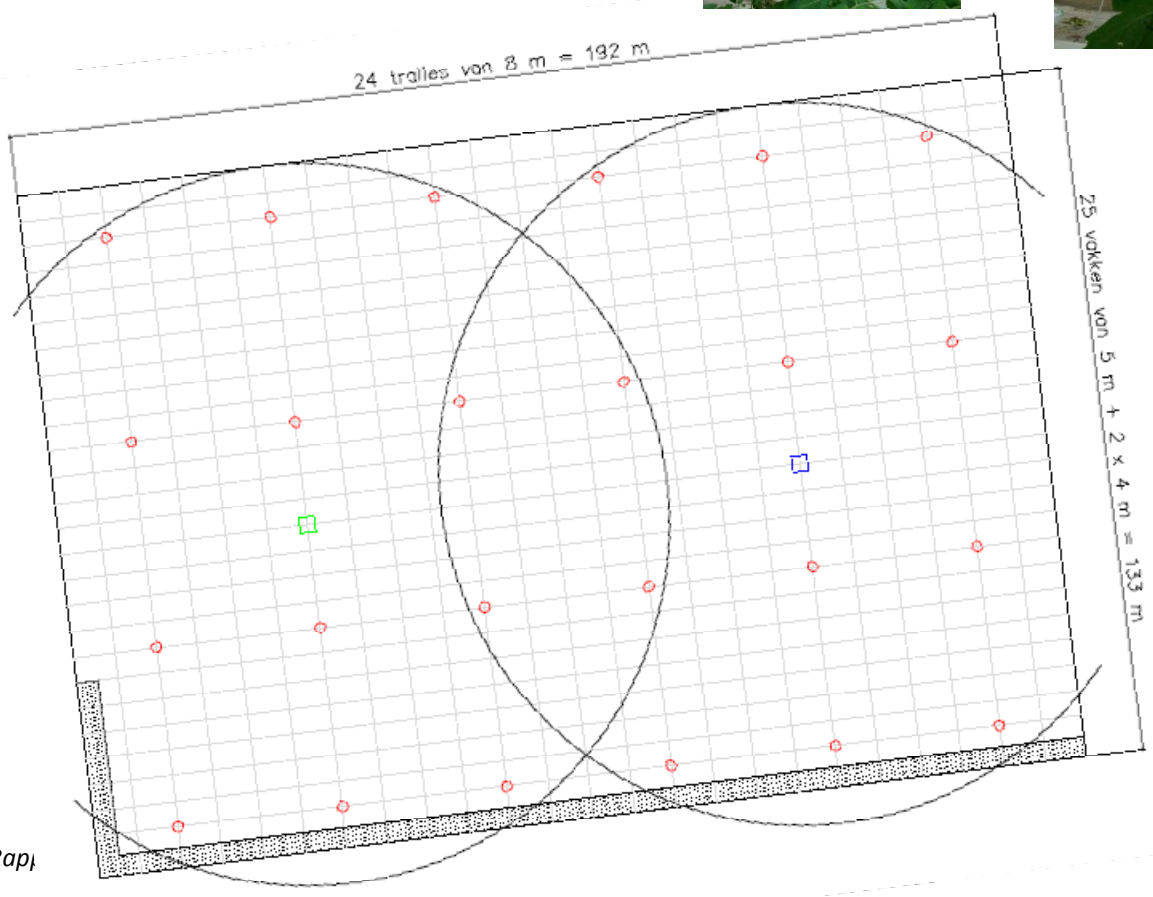
Doelstelling tuinder:

1) *Energie besparen d.m.v. het te telen met lagere nachttemperaturen*
2) *Het klimaat bewaken met behulp van de sensoren*

Meetplan:	26 sensoren Matrix 6x4 vlak boven het gewas 1x referentie-meting aan meetbox 1x sensor op goothoogte
Start metingen:	maandag 18 februari 2013
1e Periode tot:	vrijdag 15 maart 2013 (met vast folie)
2e Periode tot:	Woensdag 5 juni 2013 (zonder vast folie)





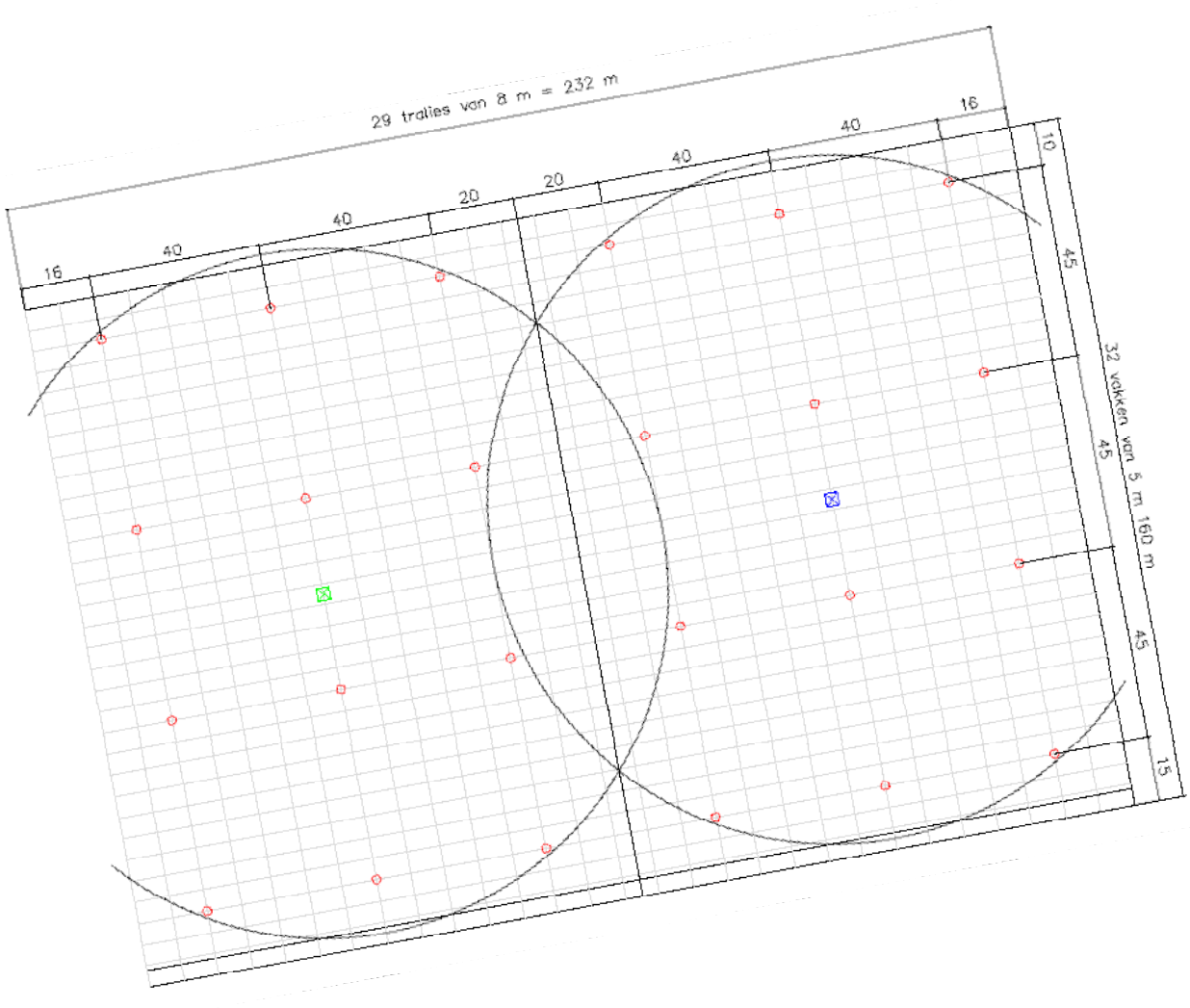


Bedrijf 2: Tomatenteelt met HNT (Het Nieuwe Telen)

Doelstelling tuinder:

1) *Streven naar 100% homogeniteit*
2) *Botrytis geen kans geven*

Meetplan:	26 sensoren matrix 6x4 sensoren vlak boven het gewas 1x referentie aan meetbox 1x sensor op goothoogte
Start metingen:	maandag 18 februari 2013
1e Periode tot:	donderdag 21 maart 2013
2e Periode tot:	Woensdag 5 juni 2013

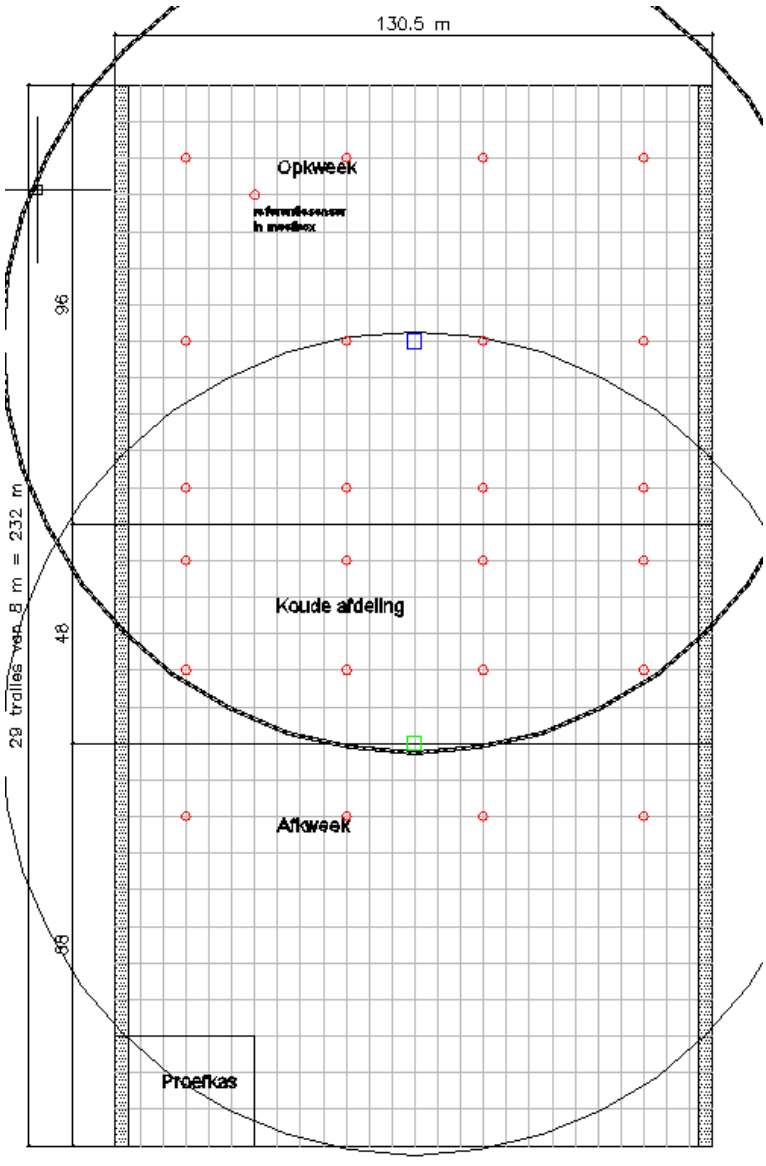


Bedrijf 3: **Phalaenopsis**

Doelstelling tuinder:

1) *Homogeniteit per afdeling bepalen*
2) *Klimaatinvloeden in kaart brengen tussen afdelingen onderling*
3) *Inzicht in de gevolgen van onder-/overdruk in de kas op het klimaat*

Meetplan:	Opkweek en koude afdeling
	25 sensoren
	matrix 6x4 sensoren vlak boven het gewas
	1x referentie in meetbox
Start metingen:	dinsdag 19 maart 2013
Periode tot:	donderdag 16 mei 2013

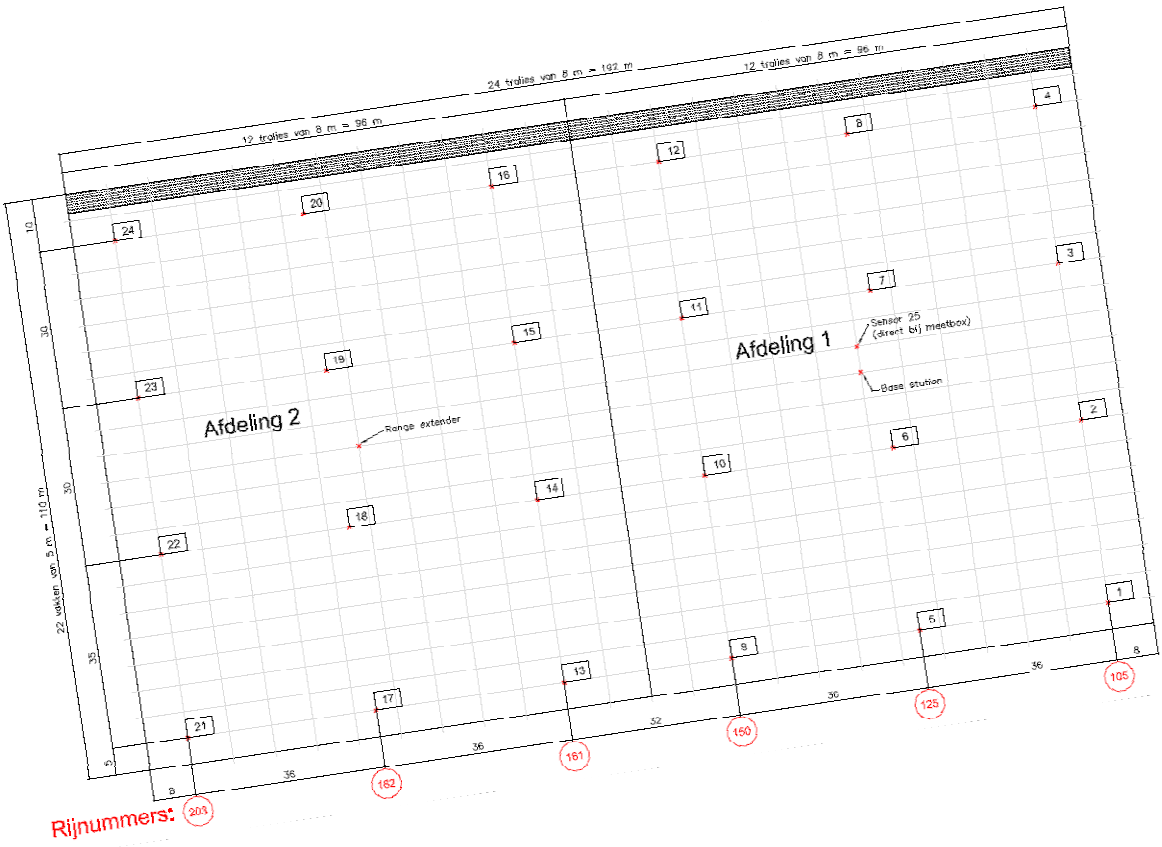


Bedrijf 4: Teelt biologisch tomaat, komkommer en paprika

Doelstelling tuinder:

1) *Controle over het klimaat*
2) *Scherper telen met HNT installatie*

Meetplan:	25 sensoren in tomaten afdeling matrix 6x4 sensoren bij de kop van het gewas 1x referentie aan meetbox
Start metingen:	7 januari 2013
Periode tot:	5 maart 2013

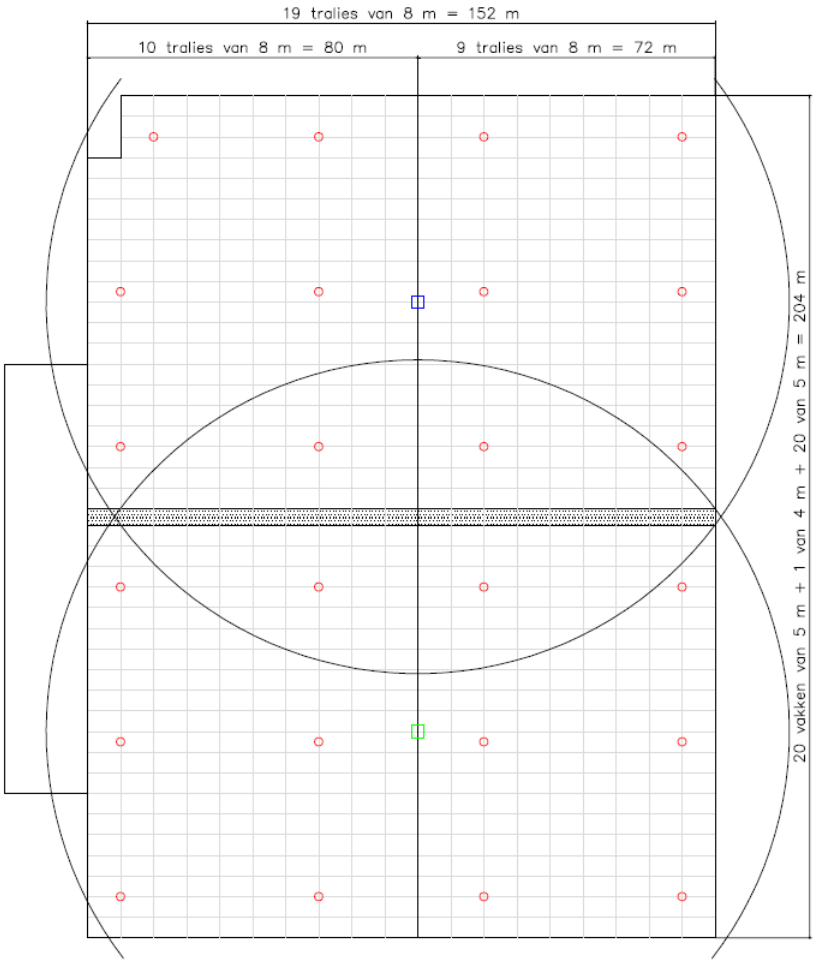


Bedrijf 5: Teelt van Gerbera's met HNT (Het Nieuwe Telen)

Doelstelling tuinder:

1) *Snel inzicht in de eigenschappen van de nieuwe kas*
2) *Scherper telen met HNT installatie*

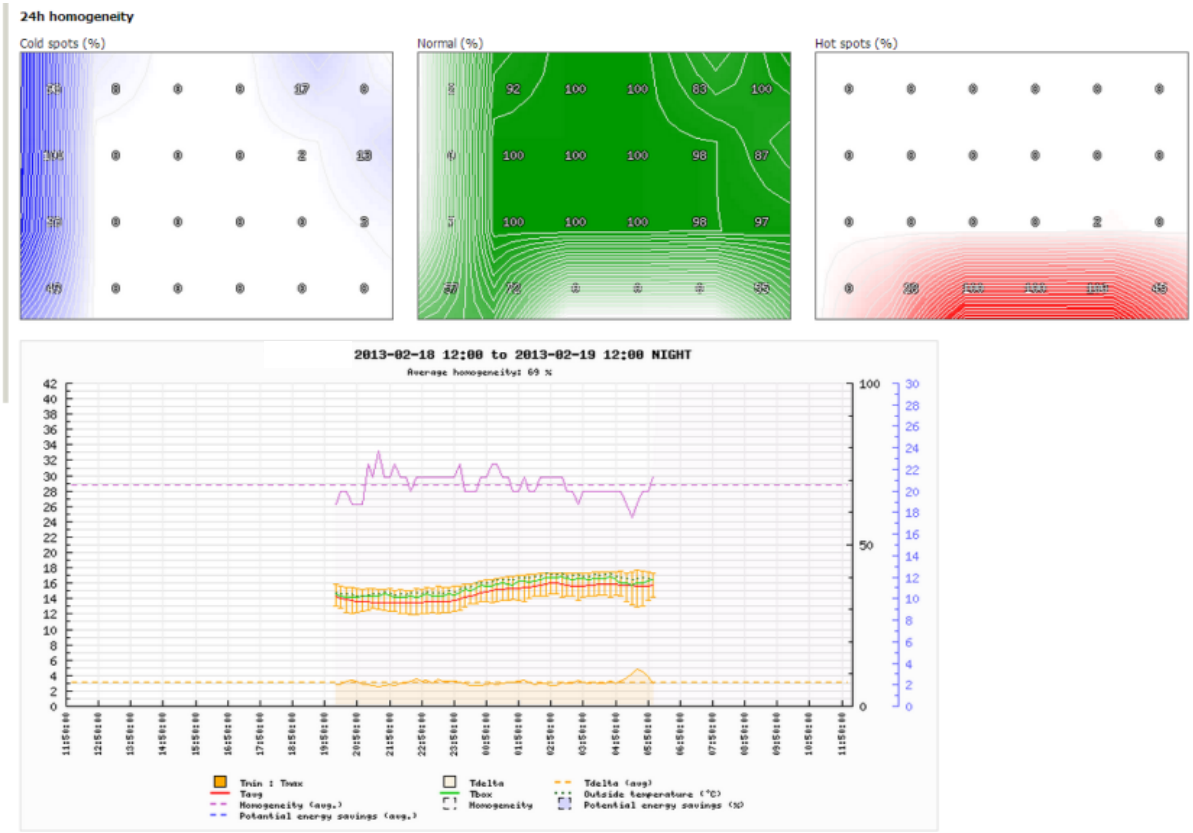
Meetplan:	25 sensoren matrix 6x4 sensoren tussen de bloem 1x referentie aan meetbox
Start metingen:	vrijdag 1 maart 2013
Periode 1 tot:	donderdag 21 maart 2013
Periode 2 tot:	donderdag 30 mei 2013



4.2 WAARNEMINGEN EN CONCLUSIES NA DE EERSTE MEETPERIODE

Bedrijf 1: Traditionele tomatenteelt

Representatief beeld “eerste meetperiode”:



Conclusies aan de hand van de eerste meetperiode:

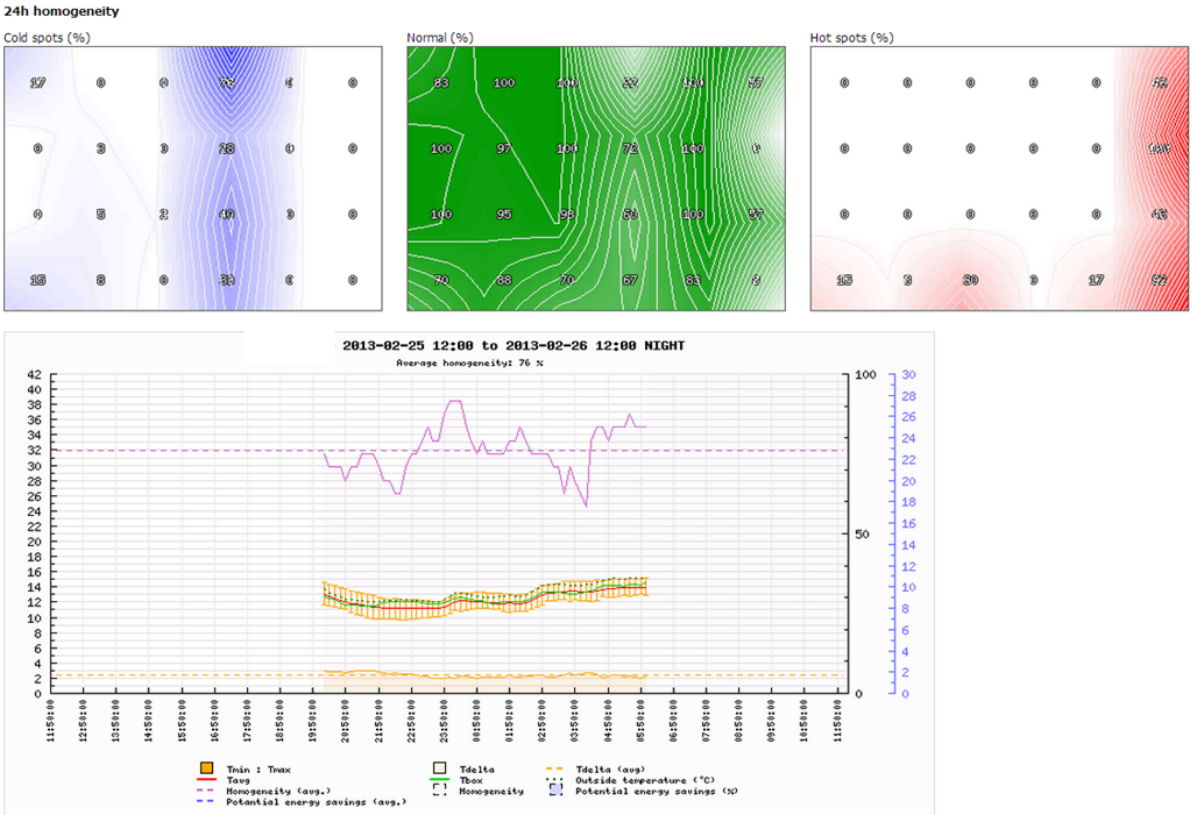
1) Koude sector aan de gevel die grenst aan de verwerkingsruimte
2) Warme sector aan het einde van het pad
3) Temperatuurverschil ruim 3 °C

Veranderingen per 25 februari:

Uitgevoerde acties tijdens eerste meetperiode:

1) Groeibuis is ingeschakeld om meer gelijkheid te creëren
2) Folie boven het pad is weggehaald

Reprenstatief beeld na 25 februari:



Conclusies aan de hand van de eerste meetperiode <u>na 25 februari</u>:

1) Temperatuurverschil iets kleiner: doorgaans 2,5 °C
2) Opvallende warme sector aan de verre zijgevel (oosten). Oorzaak gevonden in de gevelverwarming ter plaatse. De aanvoertemperatuur wordt erg snel opgevoerd tot 90 °C.
3) Koude sector halverwege de kas in de richting van de kappen.
4) Verondersteld wordt dat temperatuurverschillen kleiner worden wanneer meer luchtbeweging in de kas gemaakt wordt door middel van ventilatoren. Deze zijn aanwezig, echter begrensd op 80% ventilatorstand. De begrenzing heeft te maken met het stroomverbruik. Om de ventilatoren op de meest kritische momenten toch op 100% te laten draaien kost slechts enkele uren meer stroom, terwijl de temperatuurverschillen kleiner worden.

Conclusies na de volledige eerste meetperiode:

1) Het temperatuurverschil is bij aanvang 3 °C of hoger
2) Het inschakelen van de groeibuis brengt meer gelijkheid waardoor het temperatuurverschil afneemt tot 2,5 °C

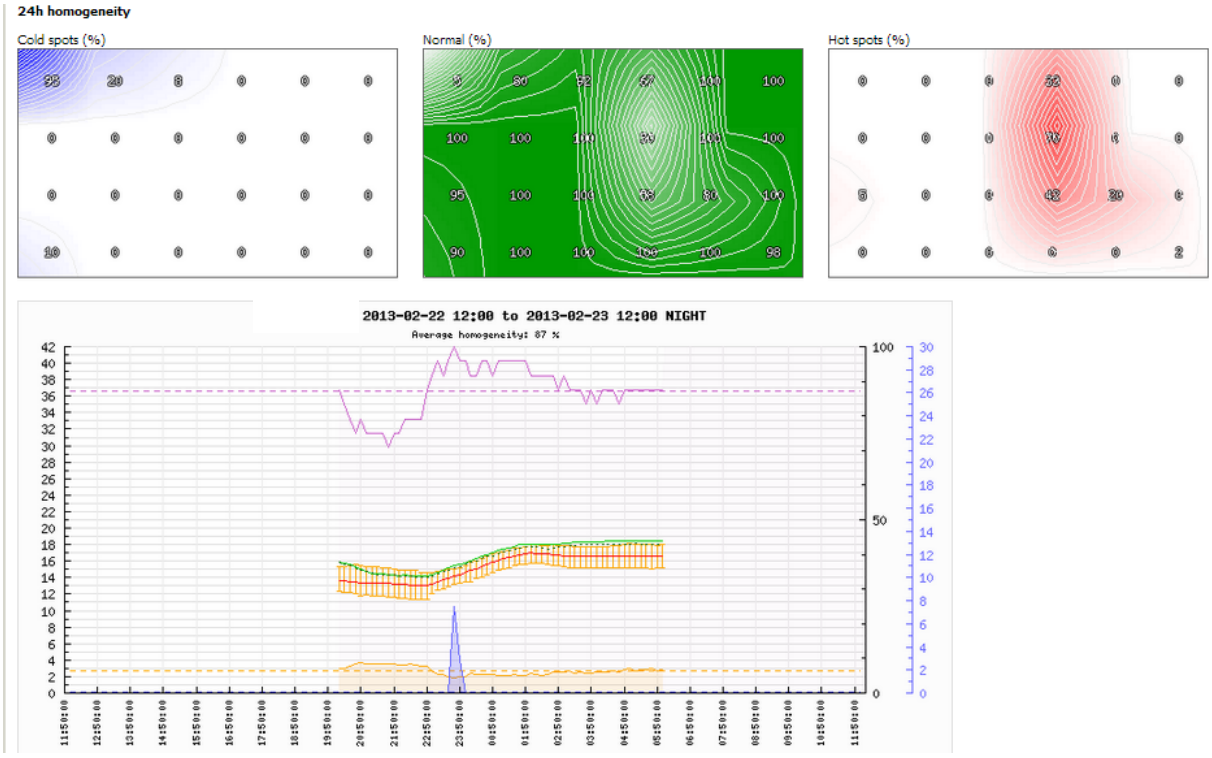
***Acties na de eerste meetperiode*:**

1) Gevelverwarming wordt getemperd door de maximum temperatuur lager in te stellen
2) De begrenzing van de ventilatoren boven het gewas op 80% wordt verwijderd

Effecten van deze acties worden gemonitord in de tweede meetperiode, echter zal het folieschерm dan verwijderd zijn, waardoor een geheel nieuwe situatie ontstaat voor het kasklimaat en zal vergelijken lastig zijn.

Bedrijf 2: Tomatenteelt met HNT (Het Nieuwe Telen)

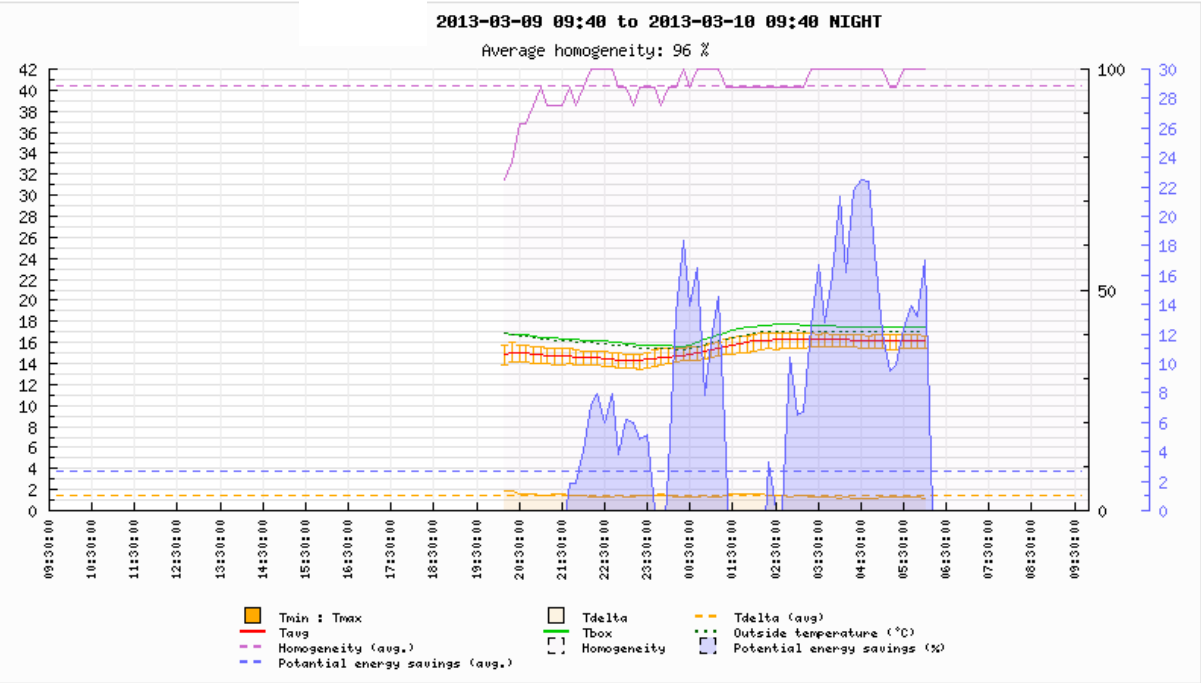
<u>Representatief beeld “eerste meetperiode”:</u>



Ter plaatse van de 4e rij sensoren bevindt zich doorgaans een warmere sector. Dit kan te maken hebben met een sloot die gedempt is en waar de kas overheen gebouwd is. De structuur van de ondergrond is daarmee plaatselijk anders en dat kan mogelijkerwijs temperatuurverschillen veroorzaken.

Algemeen beeld bedrijf 2:

Over het algemeen is geconstateerd dat de gelijkheid erg goed is in deze kas. Een homogeniteit van 85% of hoger komt 17 keer voor in 6 weken. Met uitschieters naar boven tot 100% en 96% gemiddeld over de nacht.



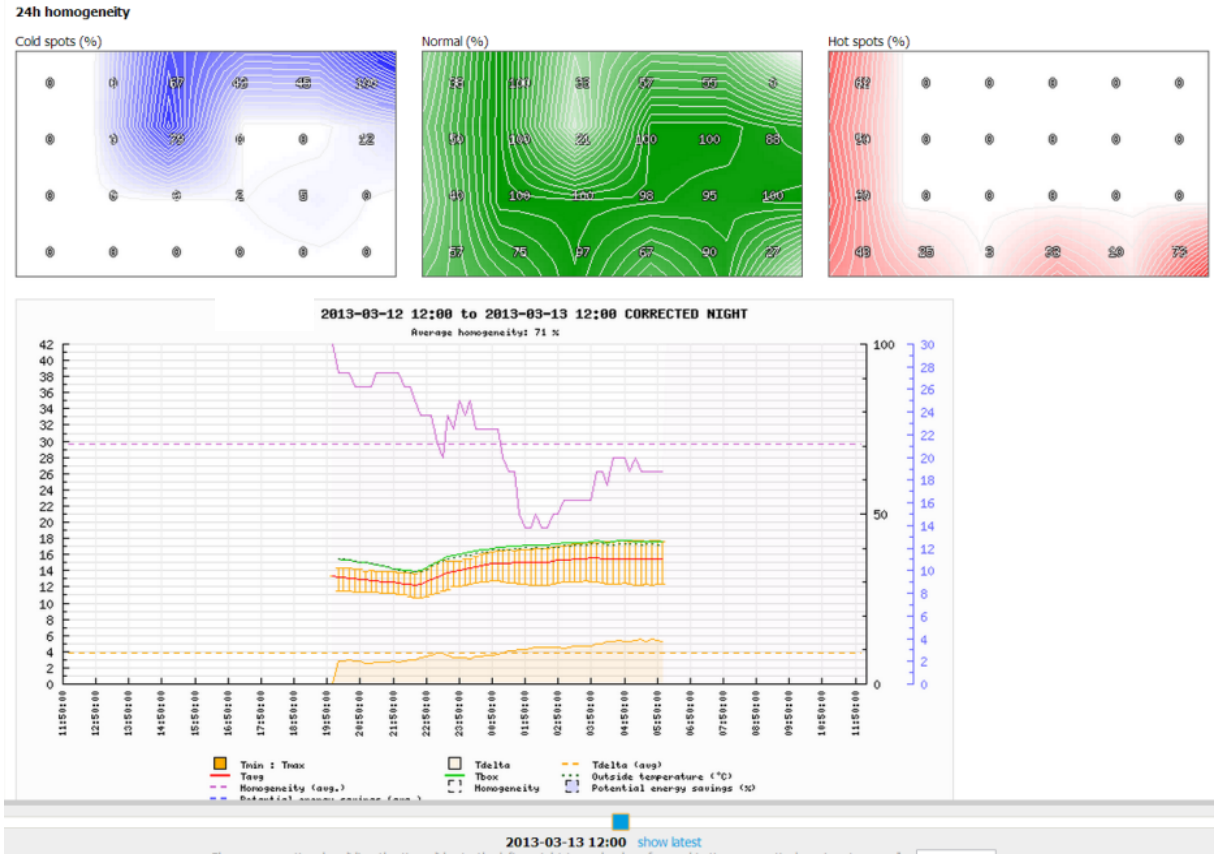
Conclusies na de eerste meetperiode:

1) Het temperatuurverschil zit doorgaans rond 2 °C
2) Een te beperkt verwarmingsvermogen is desastreus voor de gelijkheid
3) De gelijkheid is bovengemiddeld hoog

Acties na de eerste meetperiode:

1) Ter plaatse van de warmere sector worden enkele buizen behandeld met isolerende verf
2) Begrenzing op de buistemperatuur verhoogd met 5 °C tot 50 °C

Uitzonderingsituatie: 13 en 14 maart:



Op 13 en 14 maart werden de temperatuurverschillen plotseling veel groter, tot ruim 5 °C.

In de gegeven situatie was dat de nachtelijke buitentemperatuur bij -10 °C met daarbij een straffe noordelijke wind. Op zich waren er in de voorgaande perioden lagere buitentemperaturen opgetreden, echter niet in combinatie met de noordelijke wind. De oorzaak werd gevonden in een buistemperatuur die begrensd was op 45 °C. Dit was tot dan toe altijd voldoende gebleken, echter nu was het beschikbare vermogen niet toereikend. Na een verhoging van de maximaal begrensde watertemperatuur in de klimaatcomputer met 5 °C is het probleem niet meer opgetreden en is het temperatuurverschil in de kas weer in lijn met de voorgaande periode.

Bedrijf 3: Phalaenopsis

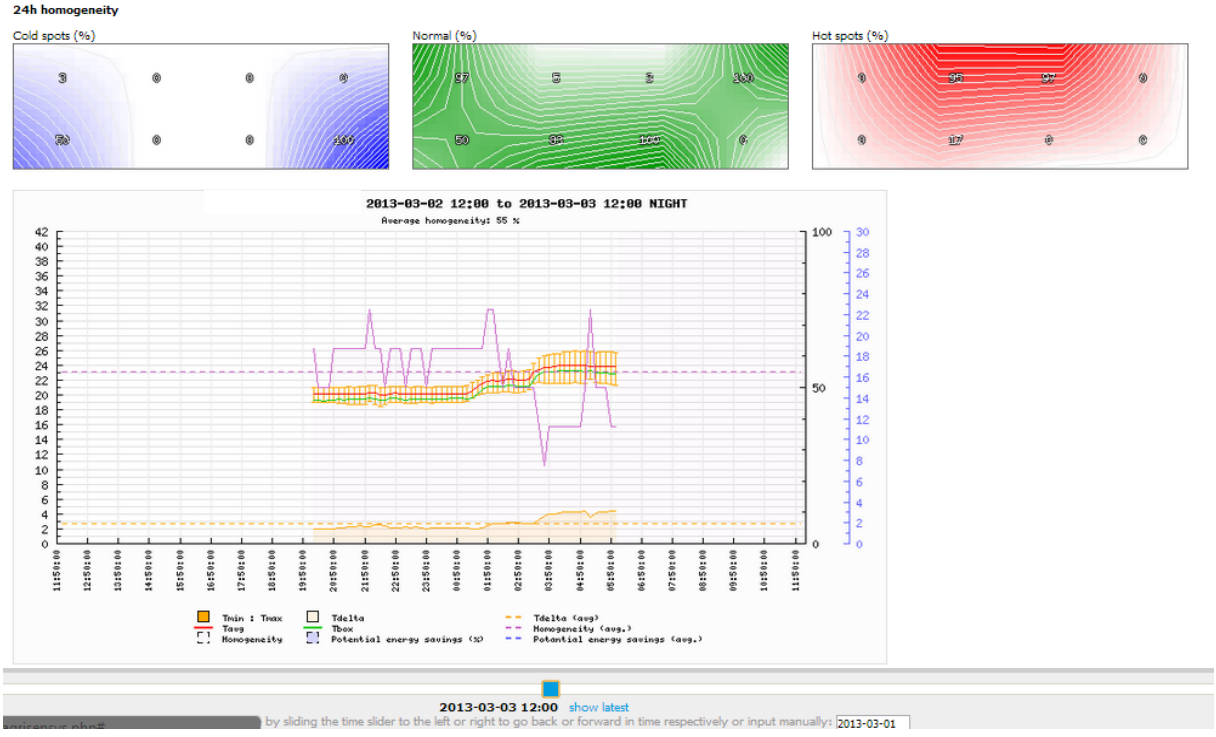
Gezien de methode van watergift door sproeien, waarbij de sensoren volledig nat zullen worden dient eerst bepaalt te worden of de sensoren hiertegen bestand zijn. Een beperkte set van 8 sensoren worden in de koude afdeling geplaatst.





De sensoren blijken na controle niet anders te meten dan 2 referentie sensoren, waardoor het installeren van de volledige set verantwoord is.

<u>Representatief beeld “eerste meetperiode, koude afdeling”</u>:



Conclusies na de eerste meetperiode in de koude afdeling:

1) Invloed van de assimilatie belichting op de temperatuurverschillen is groot. Zodra deze ingeschakeld wordt neemt het temperatuurverschil toe.
2) Gedurende de periode wordt doorlopend hetzelfde beeld geconstateerd, wat duidt op weinig invloeden van buitenaf.
3) Het is duidelijk dat de warmere naastliggende afdeling veel invloed heeft op het grensgebied met die afdeling.

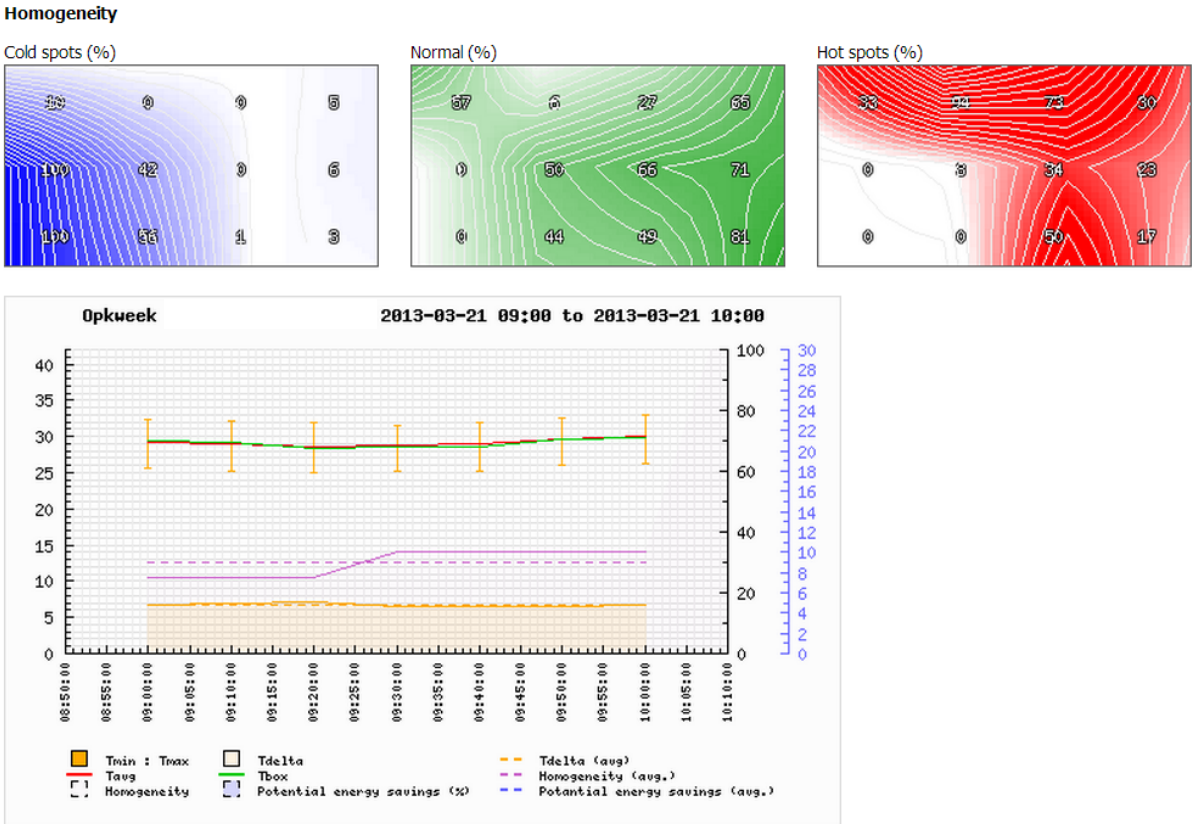
Onderdrukproef donderdag 21 maart 2013

Het doel van het uitvoeren van een onderdrukproef is om te onderzoeken of door een onderdruk te realiseren in de kas de temperatuurgelijkheid verbeterd. De redenering van de tuinder is dat overdruk een positieve invloed heeft op de gelijkheid van het kasklimaat en dat wellicht dit ook te bereiken is met een lichte onderdruk, zonder te investeren in een uitgebreid luchtverdeelsysteem. Als de kas een gelijkmatige lekdichtheid heeft, zou onder invloed van de onderdruk overal evenveel buitenlucht de kas ingezogen moeten worden, wat tot een gelijkmatiger kasklimaat moet leiden.

Opzet van de onderdrukproef:

- *3 ventilatoren in de gevel geplaatst, naar buiten blazend*
- *Gezamenlijke capaciteit ruim 50.000 m³/u = 5 m³/u/m²*
- *Door middel van rookproeven worden luchtstromingen in beeld gebracht*

<u>Representatief beeld tijdens de onderdrukproef:</u>

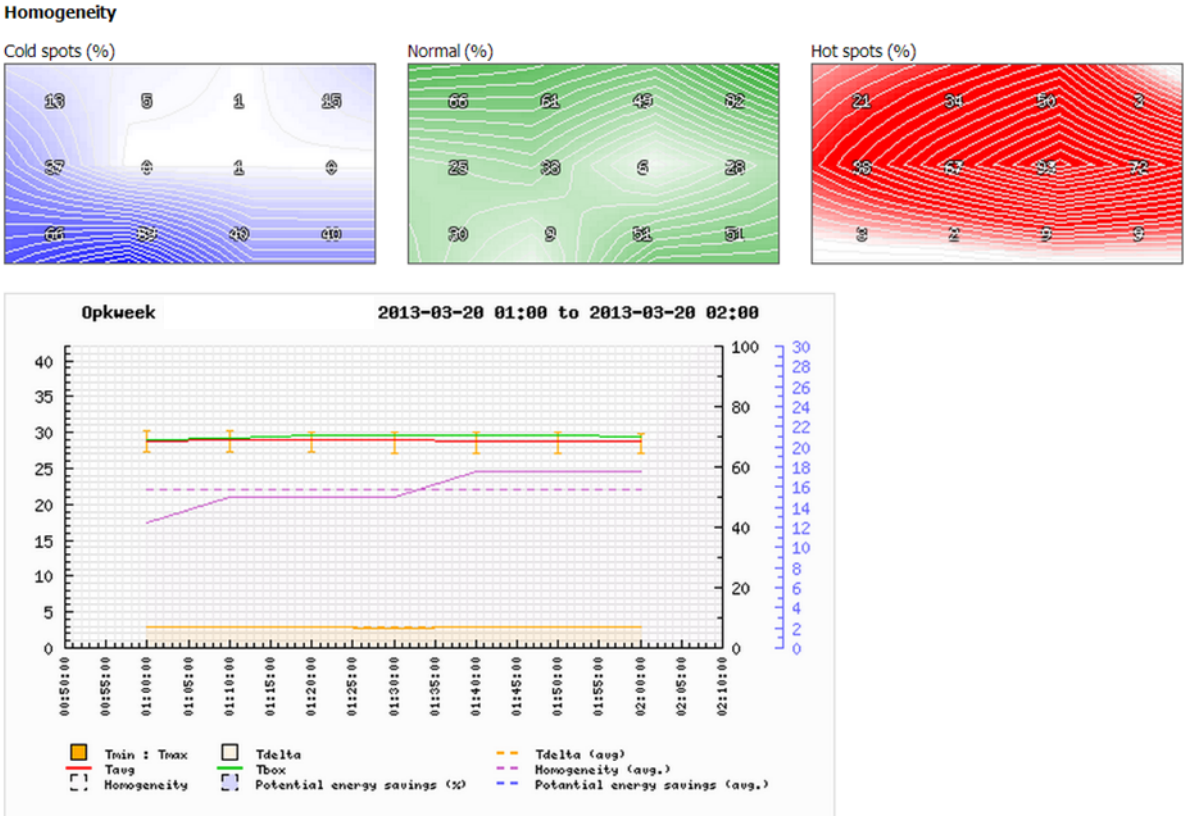


Onderdrukproef geen succes:

1) *Teveel ongecontroleerde luchtstromen door lekkages langs automatische deuren en tussengevel (schermdoek/twingevel)*
2) *Afzuiging op de plek waar het toch al het koudst is, versterkt de koude plek aldaar.*

Conclusie:
Overdruk is in de praktijk beter uitvoerbaar door betere verdelingsmogelijkheden

Representatief beeld “eerste meetperiode, opkweek”:



Conclusies na de eerste meetperiode in de opkweek/warme afdeling:

1) *Invloed van de assimilatie belichting op de temperatuurverschillen is ook hier groot. Zodra deze ingeschakeld wordt neemt het temperatuurverschil toe.*
2) *Gedurende de periode wordt doorlopend hetzelfde beeld geconstateerd, wat duidt op weinig invloeden van buitenaf.*
3) *Het is duidelijk dat de koudere naastliggende afdeling veel invloed heeft op het grensgebied met die afdeling.*

Actiepunten na de eerste meetperiode in de opkweek/warme afdeling:

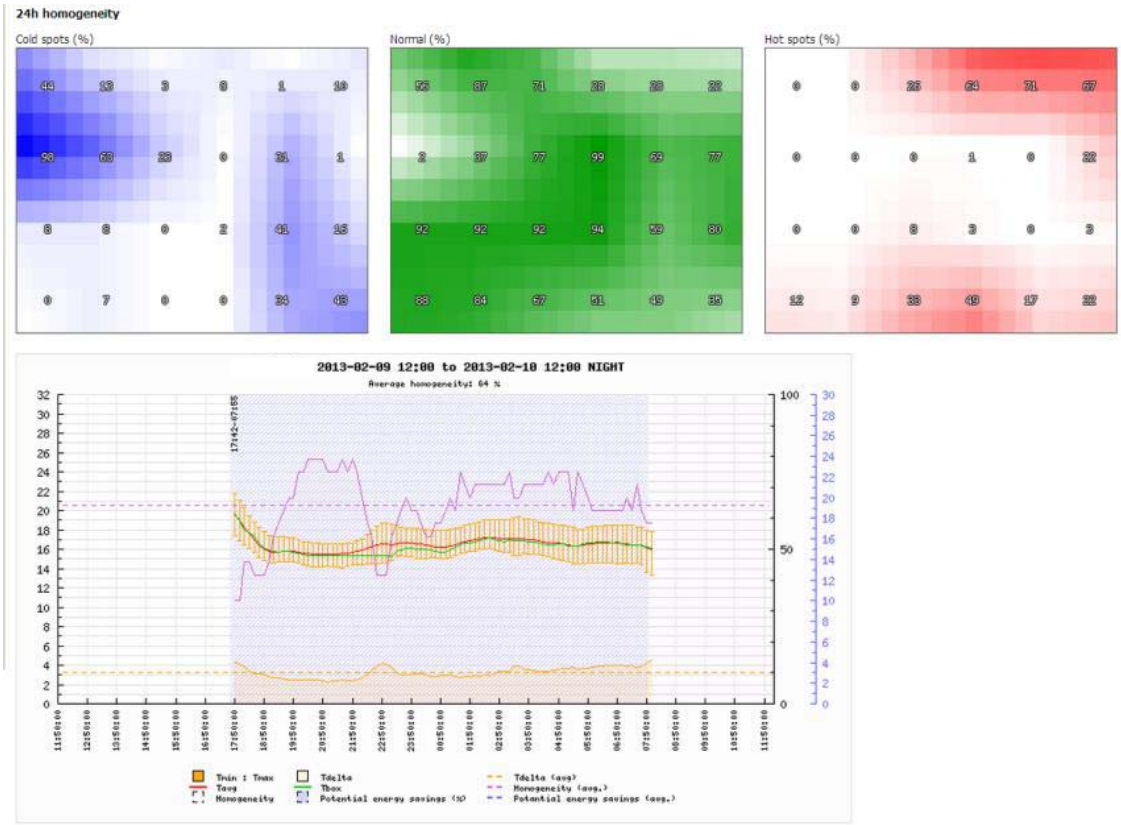
1) *Opties voor nieuwe tussengevel bekijken: wordt meegenomen bij toekomstige bouwplannen*
2) *Afweging maken: overdruksysteem of meer horizontale/verticale ventilatoren: meer inzicht is nodig om een goede beslissing te kunnen nemen*
3) *Extra dagdeel inprogrammeren om meer instelmogelijkheden te hebben, met betrekking tot het aansturen van de schermen: is uitgevoerd*

Bedrijf 4: Teelt biologisch tomaat, komkommer en paprika

Voorafgaand aan dit project is op dit bedrijf al eerder klimaatmonitoring toegepast. Daaruit zijn destijds al acties voortgevloeid, te weten:

- *Isoleren leidingen*
- *Verplaatsen van meetboxen gevelnetten*
- *Aanpassen regeling*

<u>Representatief beeld “eerste meetperiode”:</u>



Conclusies na de eerste meetperiode

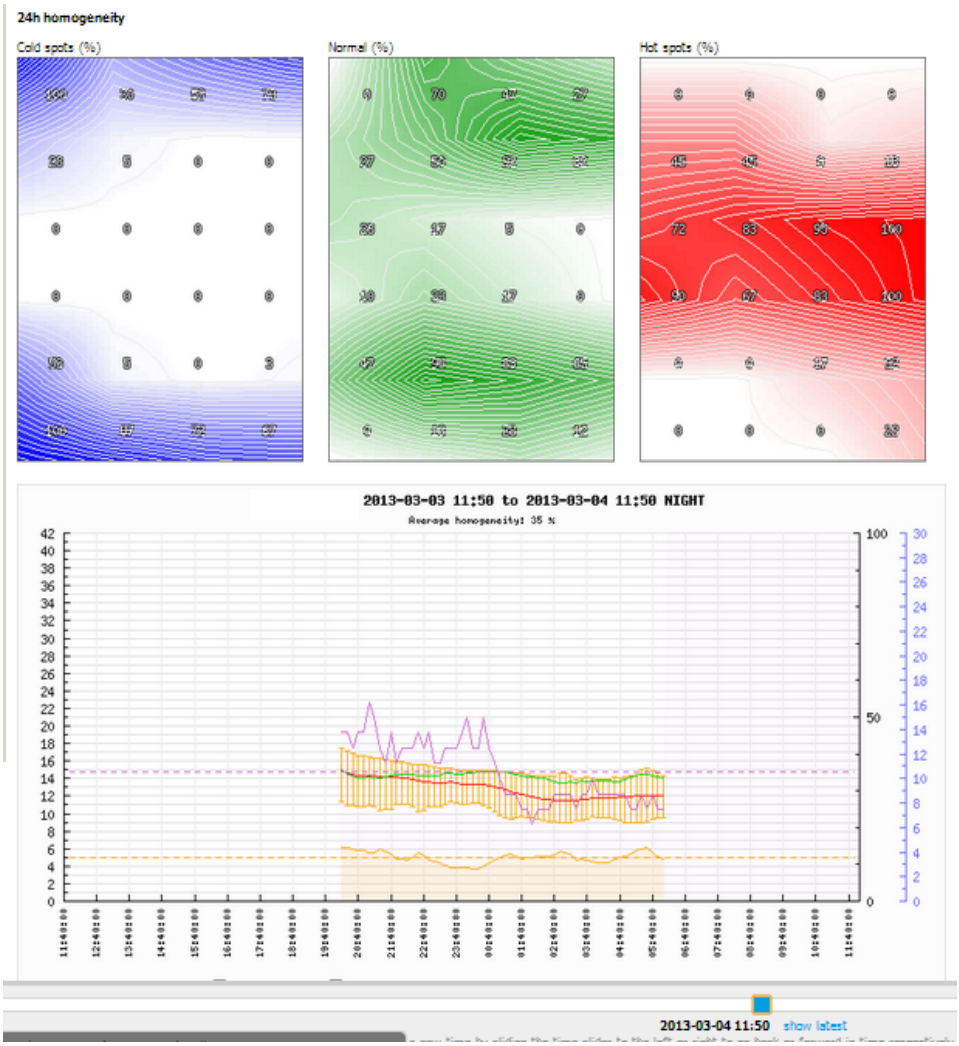
1) *Zeer wisselend beeld, qua locatie van de warme en koude plekken*
2) *Temperatuurverschil in de nacht bedraagt doorgaans 3 – 4 °C*
3) *Homogeniteit rond 60%*

Acties na de eerste meetperiode:

1) *De regeling van de luchtbehandelingsunits is aangepast. Het maximum toerental is begrensd op 80%*

Bedrijf 5: Teelt van Gerbera's met HNT (Het Nieuwe Telen)

Representatief beeld "eerste meetperiode":



Conclusies na de eerste meetperiode

1) *Koude kopgevels*
2) *Warm t.p.v. middenpad*
3) *Temperatuurverschil 5 – 6 °C*
4) *Lage homogeniteit*
5) *Het verloop laat per etmaal hetzelfde beeld zien*

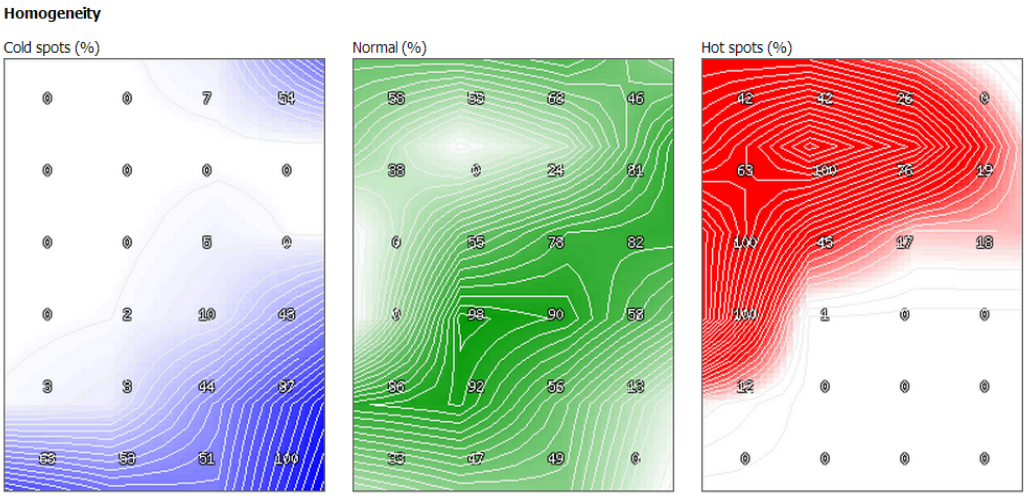
Oorzaak:

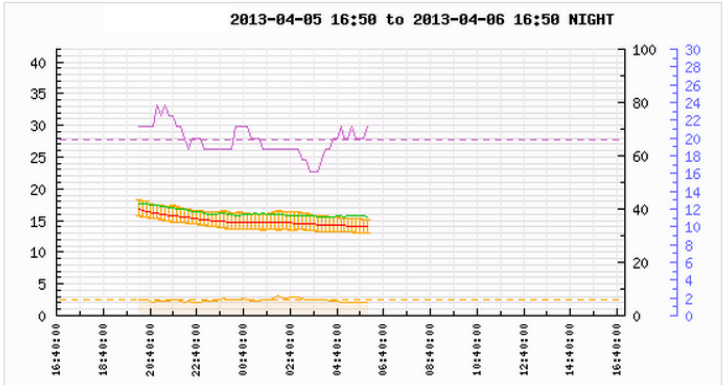
Op het moment dat een kier getrokken wordt treedt dit beeld op. Gesloten houden van de schermen is niet mogelijk door VD dat te laag wordt. Een VD van 1 is minimaal voor de teelt, maar wordt niet gehaald. Daardoor wordt terug gegrepen naar traditioneel telen en daarbij ook nog de LBK's aan!
Vermoeden:
Er wordt wel lucht ingeblazen door de LBK's maar er is geen voorziening om lucht te laten ontsnappen. Daardoor te weinig inbreng van droge buitenlucht. Daardoor is kieren noodzakelijk en dit veroorzaakt de grote temperatuurverschillen.

Beeld tijdens de test van 5 en 6 april 2013:

Om te onderzoeken of de grote temperatuurverschillen veroorzaakt worden door het kieren, is een test uitgevoerd.

- *Minimale raamstand (1,5%) en beide schermen dicht houden (geen kier)*
- *LBK's draaien op 100% toerental*





De warmteverdeling is nog niet optimaal, maar het temperatuurverschil is geslonken tot 2 a 3 °C, wat een reductie van ruim 50% betekent.

Het vermoeden is bevestigd in metingen, de test bevestigd dat de grote temperatuurverschillen ontstaan door het kieren.

Acties:

1) *Rookproeven en luchttechnische metingen uitvoeren om de werking van het luchtbehandeling systeem te controleren.*
2) *In overleg met de installateur een manier bedenken om de ingeblazen buitenlucht gecontroleerd af te voeren*

5 TWEEDE MEETPERIODE

Na de eerste meetperiode zijn de metingen geanalyseerd en conclusies en acties gedefinieerd. Er zijn veranderingen doorgevoerd en in de tweede meetperiode wordt opnieuw gemeten. Hoewel de buitenomstandigheden anders zijn, is het toch interessant te kijken wat de resultaten in de tweede meetperiode zijn, in vergelijking tot de eerste meetperiode. In de analyses wordt meer gefocust op het achterhalen van oorzaken van temperatuurverschillen. Deze zijn dan ook benoemd in dit hoofdstuk.

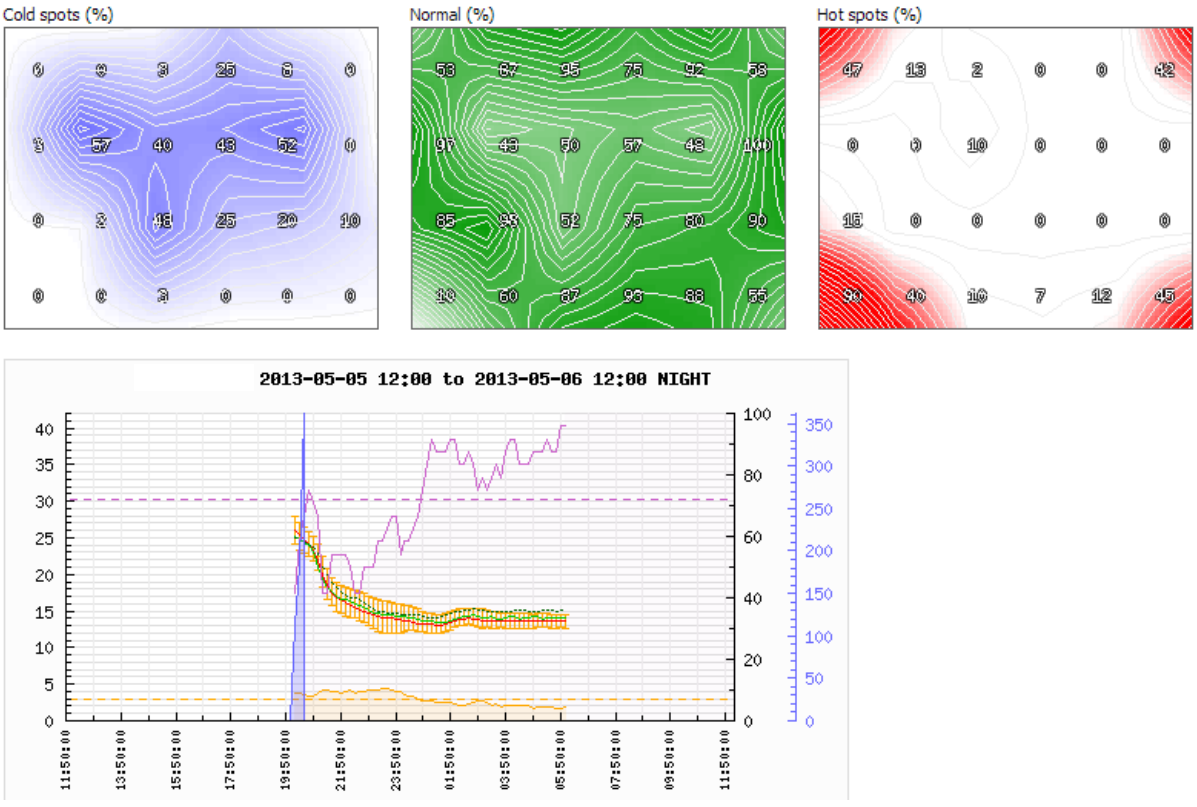
5.1 WAARNEMINGEN EN CONCLUSIES NA DE TWEEDE MEETPERIODE

Bedrijf 1: Traditionele tomatenteelt

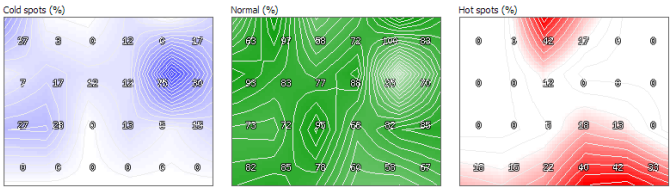
Tweede meetperiode: 15 maart tot 5 juni 2013

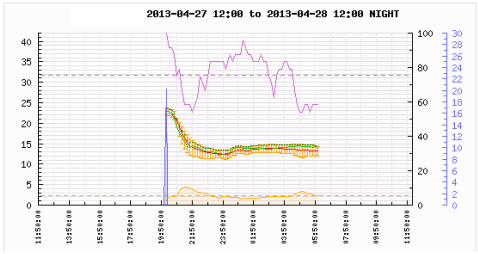
Verandering:
Vaste folie verwijderd

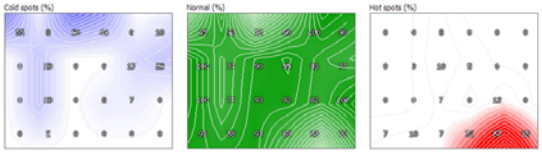
Representatief beeld “tweede meetperiode”:

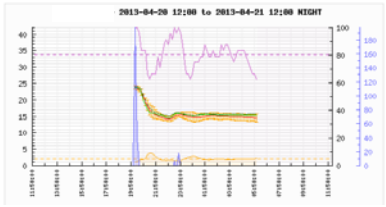


Centraal vaak kouder









Einde pad te warm

Conclusies na de tweede meetperiode:

1) *Centraal is het vaak kouder in de kas*
2) *Aan het einde van het pad is het nog steeds vaak te warm*

Oorzaken:

1) *De gevelverwarming lijkt te 'agressief' te reageren op een te lage temperatuur, gemeten door de gevel meetbox.*
2) *De verwarming lijkt ter plaatse te veel warmte af te geven.*

Acties:

1) *Gevelnetten minder snel in laten komen waardoor de buisrail en groeibuis meer moeten doen.*
2) *Ter plaatse de eerste 20 m van de aanvoerbuis van de buisrail verven met isolatieverf.*

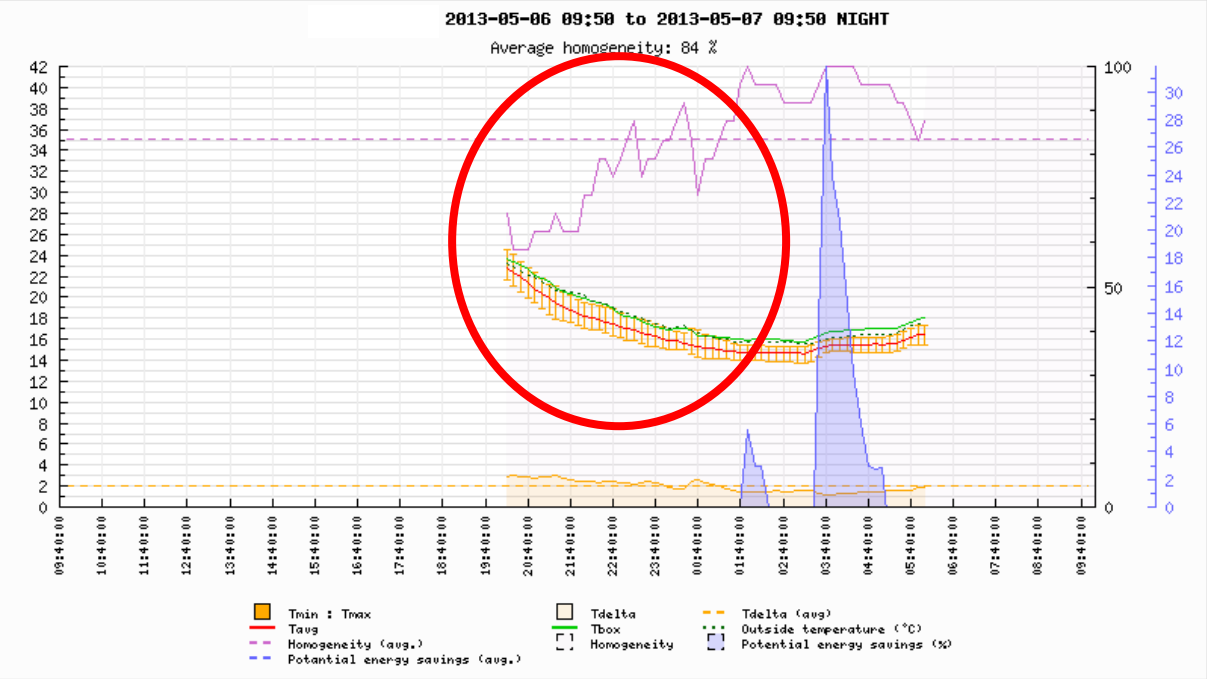
Bedrijf 2: Tomatenteelt met HNT (Het Nieuwe Telen)

Tweede meetperiode: 21 maart tot 5 juni 2013

Veranderingen:

1) *Buisrail buizen geverfd met isolatieverf ter plaatse van de warmere plek*
2) *Regeling van de LBK's aangepast, in de voornacht gaan zij enkele uren uit*

Representatief beeld "tweede meetperiode":



Conclusie na de tweede meetperiode:

Het valt op dat in de voornacht de gelijkheid drastisch slechter is dan voorheen. De stabiele hoge waarden van gelijkheid (homogeniteit) worden niet meer gehaald.

Er is een groot verschil in voor- en nanacht. Interessant is om de gelijkheid van de voor- en de nanacht apart te berekenen.

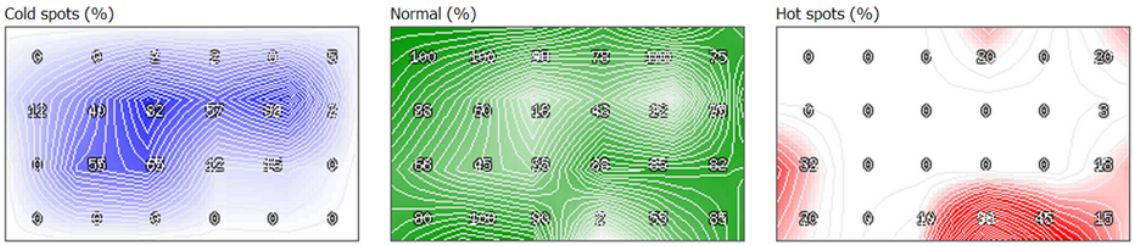
Oorzaak:

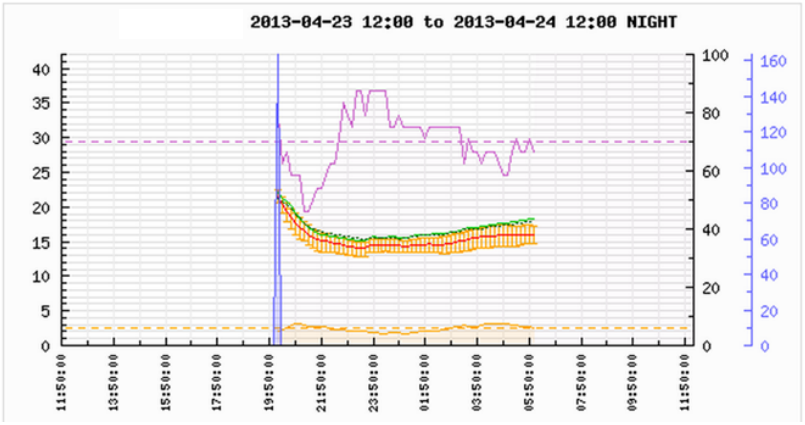
Het uitschakelen van de LBK's heeft een negatief effect op de gelijkheid van het kasklimaat.

Actie:

De verwachting is dat het uitschakelen van de LBK's op dit dagdeel een voordeel oplevert voor het gewas. De ongelijkheid wordt voorlopig geaccepteerd, dus geen actie.

Representatief beeld “tweede meetperiode”:





Conclusie na de tweede meetperiode:

In een nacht na een zonnige dag valt het op dat er een warme plek aanwezig is bij het pad.

Oorzaak:

Verondersteld wordt dat de zoninstraling op het pad voor veel warmte-uitstraling zorgt in de nacht. Er zijn onderzoeken die dit effect benoemen, echter is er ook twijfel of dit daadwerkelijk de oorzaak kan zijn.

Actie:

Dit verschijnsel komt weinig voor en de gewasstand lijdt er niet onder, geen actie.

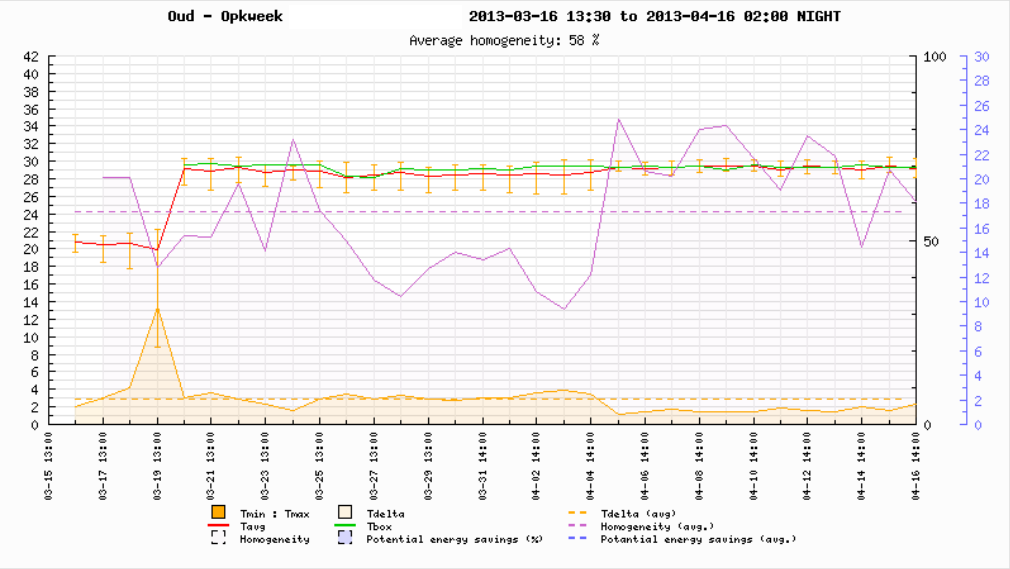
Bedrijf 3: Phalaenopsis

Tweede meetperiode: 19 maart tot 16 mei 2013

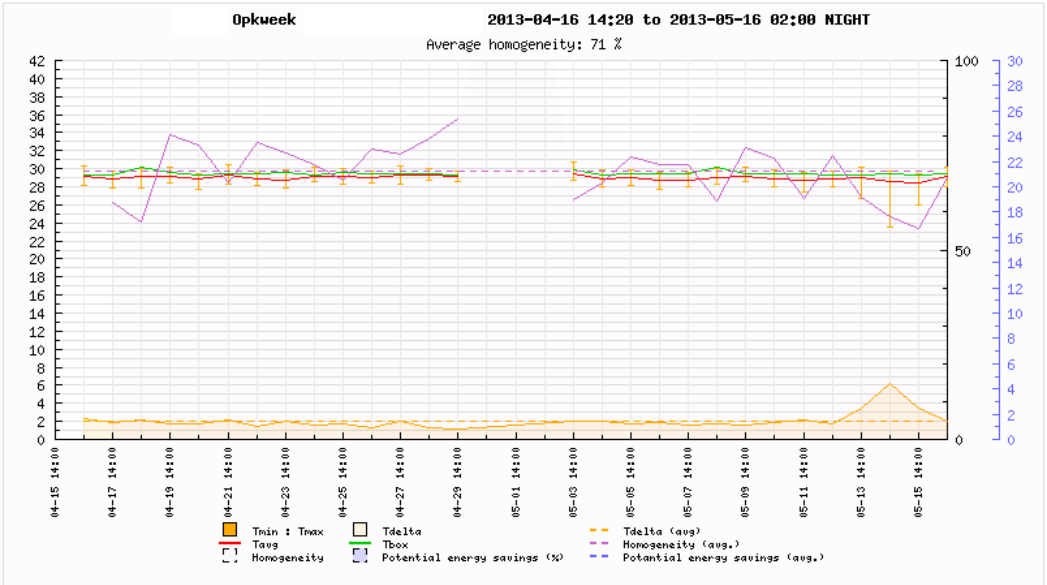
Veranderingen:

1) *Extra dagdeel in geprogrammeerd*
2) *Er wordt nu minder gekierd*

<u>Grafiek gemiddelde gelijkheid</u>

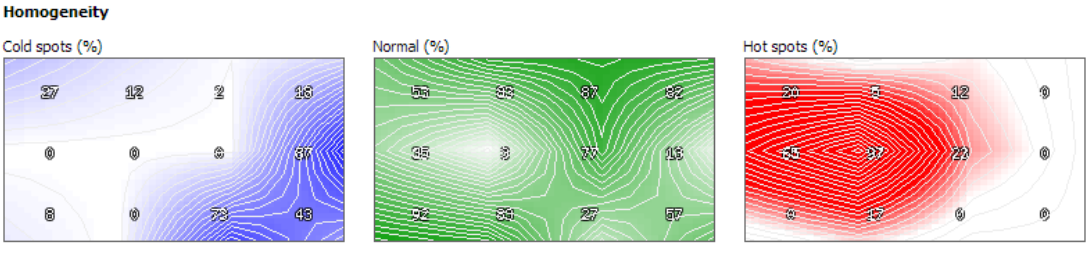


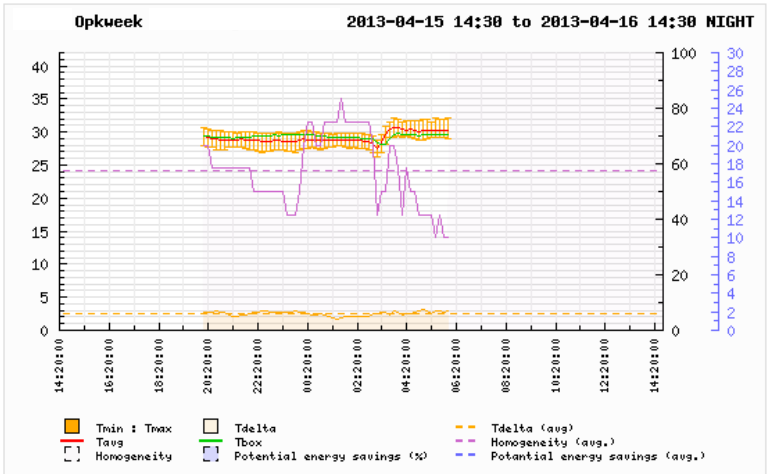
Gemiddelde gelijkheid voor de bijeenkomst: 58%

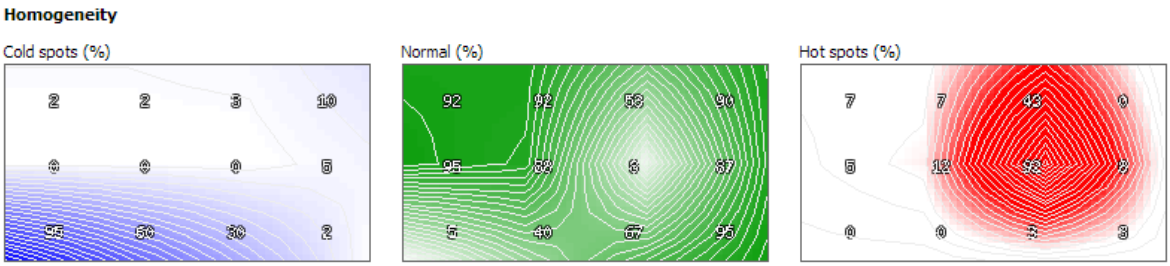


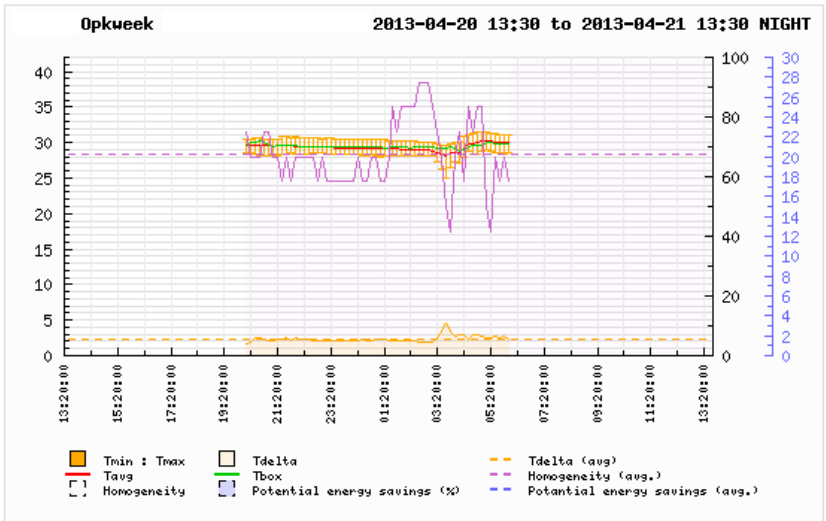
Gemiddelde gelijkheid na de bijeenkomst: 71%

Representatief beelden “tweede meetperiode”:









Conclusies na de tweede meetperiode:

1) *Vaak een warme plek centraal in de opkweek*
2) *Veel beïnvloeding door de naastliggende afdeling blijft onveranderd*

Oorzaak:

1) *Warmte trekt mogelijk naar de hoogste plek van de kas*
2) *Naastliggende afdeling is 10 °C kouder en er is veel luchtlekkage geconstateerd*

Oplossing:

1) *Ventilatoren toch weer anders opstellen*
2) *Beter isolerende tussengevel met minder lekkage*

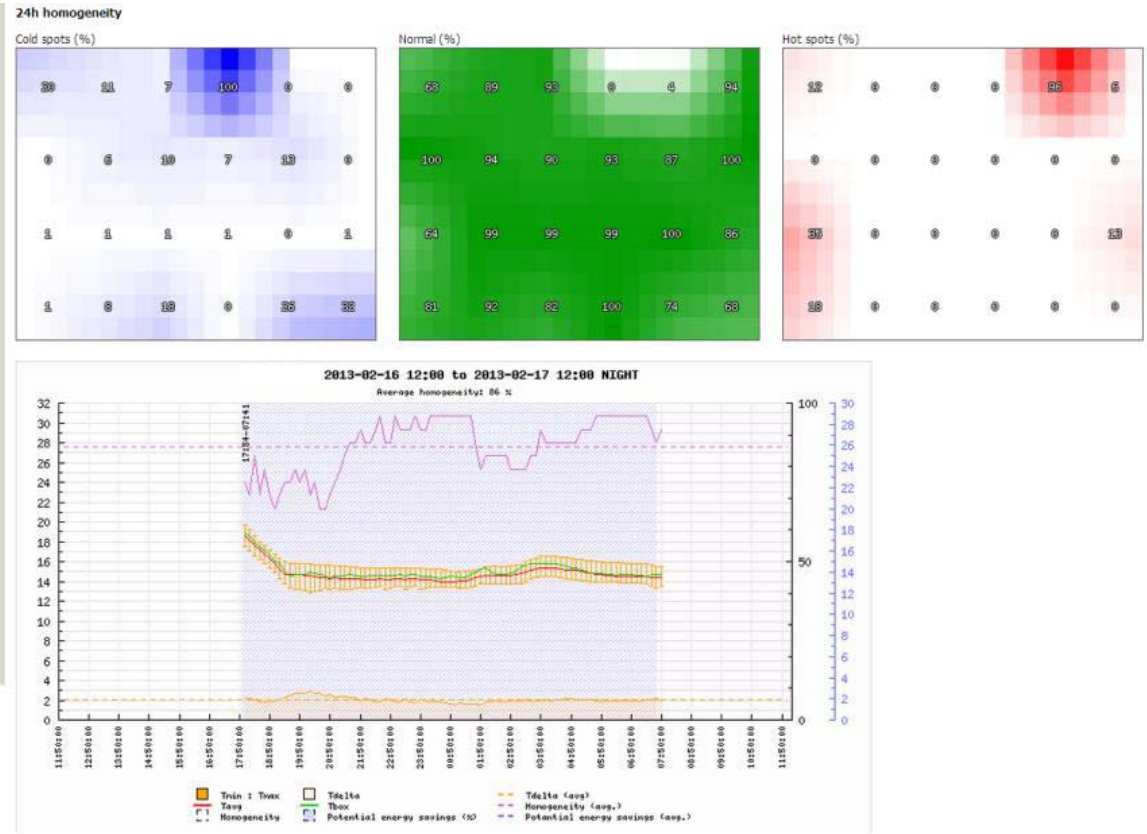
Bedrijf 4: Teelt biologisch tomaat, komkommer en paprika

Tweede meetperiode: 5 maart tot 12 mei 2013

Veranderingen:

1) *De regeling van de ventilatoren is dusdanig ingesteld dat zij maximaal op 80% toerental draaien.*

<u>Representatief beeld “tweede meetperiode”:</u>



Conclusies na tweede meetperiode

1) *Het temperatuurverschil is gemiddeld 2 °C*
2) *De homogeniteit ligt gemiddeld rond 80%*

Optie ter verbetering van het klimaat: overdruk creëren.
Wanneer de inblaasventilatoren volop draaien en de afzuigventilatoren niet, wordt er overdruk gecreëerd. Dit valt te constateren door het feit dat wanneer de toegangsdeur naar de kas geopend wordt er een behoorlijke hoeveelheid lucht uit de kas ontsnapt.
Er is een overdrukmeter geïnstalleerd, echter deze geeft geen reële waardes.

Eind april is een test uitgevoerd met overdruk. Gedurende 3 etmalen hebben de inblaasventilatoren op een vaste stand buitenlucht ingeblazen en stonden de afzuigventilatoren uit. Dit heeft niet geleidt tot een waarneembare verbetering in temperatuurgelijkheid.

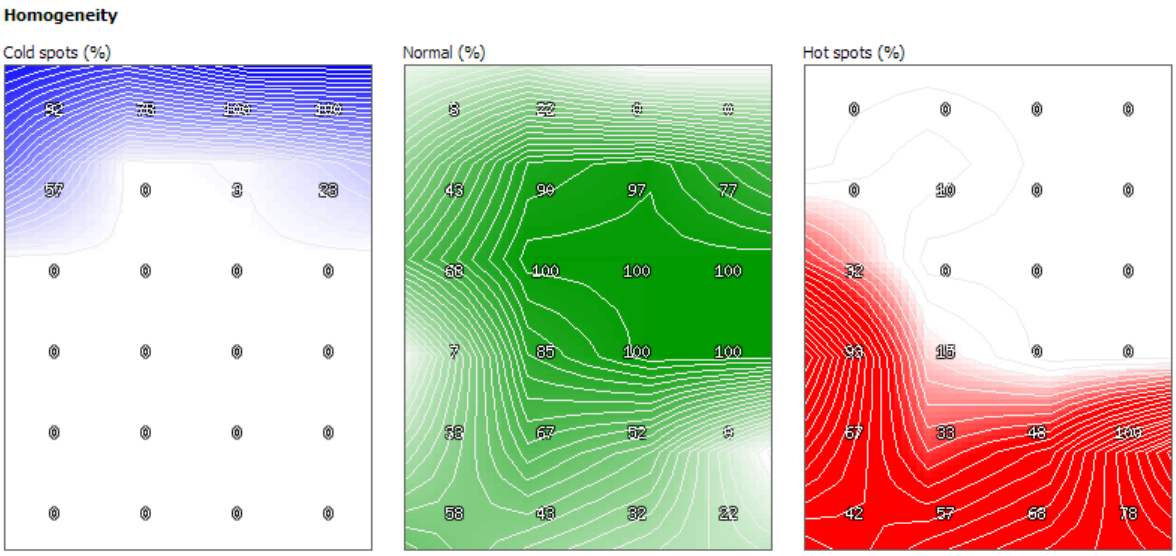
Bedrijf 5: Teelt van Gerbera's met HNT (Het Nieuwe Telen)

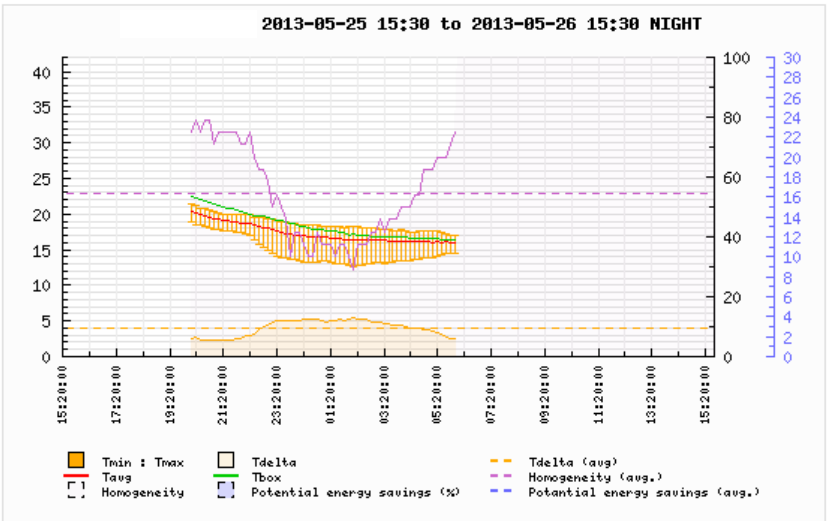
Tweede meetperiode: 21 maart tot 30 mei 2013

Veranderingen:
Om de temperatuurverschillen uit de eerste meetperiode te verkleinen zullen aanpassingen aan het gecontroleerd ventilatiesysteem noodzakelijk zijn. Deze zijn tijdens de tweede meetperiode nog niet uitgevoerd.

Derhalve is het logisch dat er een vergelijkbaar beeld te zien is.

<u>Representatief beeld "tweede meetperiode":</u>





Afwijkend van het beeld van de eerste meetperiode is dat in de tweede meetperiode de warme en koude plekken wegtrekken naar een gevel.

6 PRAKTISCHE CONCLUSIES NAAR AANLEIDING VAN DE METINGEN

In de praktijk is gebleken, dat het installeren van een uitgebreid sensorsysteem, waarbij zowel de kastemperatuur als de RV wordt gemeten een belangrijke bijdrage levert aan het verder perfectioneren van het kasklimaat. Aan de hand van de uitgevoerde metingen en met daarnaast data uit de klimaatcomputer zijn analyses uitgewerkt.

Nadat over een wat langere periode metingen en analyses zijn uitgevoerd zijn belangrijke conclusies te trekken met betrekking tot de klimaatsituatie in de kas, onder verschillende weersomstandigheden.

De doelstelling naar het streven van aspecten, zoals klimaatverbetering, energiebesparing en een verbetering van de teeltomstandigheden, blijkt haalbaar te zijn bij inzet van een uitgebreid sensorensysteem.

De deelnemers zien optredende een temperatuurverschillen van 1,5 °C als maximum verschil te tolereren. In de praktijk bleek na eenvoudige aanpassingen bedrijf 1 en 2 vaak aan deze wens te kunnen voldoen.

<u>Stappen tot het verbeteren van de temperatuurgelijkheid:</u>

Stap 1. Uitgebreid meten van kastemperaturen en relatieve luchtvochtigheid

Stap 2. Het verzamelen van de meetdata en combineren van deze data met data uit de klimaatcomputer

Stap 3. Het analyseren van alle verzamelde informatie

Stap 4. Het trekken van conclusies en opstellen van een plan van aanpak

Stap 5. Het uitvoeren van aanpassingen aan de kas en/of scherm en klimaatinstallatie en/of de instellingen van de klimaatcomputer

Stap 5. Vervolgens de resultaten beoordelen aan de hand van de metingen na de wijzigingen

Stap 6 enz. De procedure herhalen tot het gewenste resultaat is bereikt

In de praktijk zijn een aantal opvallende temperatuurverschillen geconstateerd die vaak per deelnemend bedrijf totaal verschillende optraden.

Logischerwijs bleek dus ook dat de oorzaken van de optredende temperatuurverschillen per deelnemend bedrijf totaal anders waren.

Gevonden oorzaken van temperatuurverschillen (technische gebreken buiten beschouwing gelaten):

1) *Te veel gevelverwarming*
2) *Te weinig gevelverwarming*
3) *Ongelijke grondstructuur*
4) *De verwarming te kritisch ingesteld*
5) *Ongewenste luchtstromingen via een naast liggende afdeling*
6) *Scherm laten kieren t.b.v. vochtproblemen*
7) *Meetbox op foutieve positie*
8) *Verdeelleidingen niet geïsoleerd*

Uiteraard is het buitenklimaat een motor voor temperatuurverschillen. Dit zou ook betiteld kunnen worden als oorzaak. Echter de systemen van de kas zouden in staat moeten zijn om toch een gelijkmatig klimaat te kunnen realiseren in de kas. Dat het goed mogelijk is, wordt bewezen op bedrijf 2.

Toegepaste oplossingen die hebben geleidt of nog moeten leiden tot kleinere temperatuurverschillen:

1) *Ventilatoren voor luchtbeweging waren begrensd op 80 %, nu gewijzigd naar 100 %*
2) *Buizen verven in geval plaatselijk te veel warmte wordt geproduceerd*
3) *Meer verwarmen, maximum begrenzing van de buistemperatuur verhogen*
4) *Verwarming anders aansturen door de instellingen in de klimaatcomputer te wijzigen*
5) *Isoleren van c.v. leidingen*
6) *Het verplaatsen van de meetboxen, die de gevel verwarmingsnetten aansturen*
7) *De aanwezige "twin" tussengevel en deuren vervangen door een lekdichte en isolerende tussenwand*
8) *Aanpassingen aan het overdruk-/ventilatiesysteem, zodat de schermkier niet meer noodzakelijk is t.b.v. vochtafvoer. Hierbij is te denken aan het vergroten van de capaciteiten van het buitenluchtventilatiesysteem en/of het treffen van een voorziening voor het gecontroleerd laten ontwijken van vochtige lucht uit de kas.*

7 HOMOGENITEIT VERBETERD?

Bij elk deelnemend bedrijf is de homogeniteit tussen het begin en eind van de monitoringperiode van het klimaat toegenomen.

In de korte periode van monitoring is lastig in procenten uit te drukken hoeveel het klimaat verbeterd is. Het staat wel vast dat met beperkte middelen veel vooruitgang geboekt kan worden. Alleen al door het meten en presenteren van de resultaten is meer informatie beschikbaar, wat leidt tot meer bewustwording en inzicht in het kasklimaat. Gezien de opvallend grote temperatuurverschillen die gemeten zijn is het duidelijk dat het kasklimaat meer aandacht verdiend.

Het achterhalen van oorzaken van temperatuurverschillen is in eerste instantie vaak eenvoudig, doordat duidelijke temperatuurverschillen te herleiden zijn tot technische gebreken. Daarna is een uitgebreidere analyse noodzakelijk om oorzaken en gevolgen aan elkaar te kunnen verbinden. Een duidelijke weergave van metingen, aansturingen, omstandigheden en resultaten is belangrijk.

Temperatuurverschillen zijn te herleiden tot ongewenste luchtstromingen in de kas. Deze komen op gang en zijn daarna lastig te stoppen. Het voorspellen van de luchtstromingen is lastig, echter met de informatie uit dit project, aangevuld met extra metingen, niet onmogelijk. Wanneer er op basis van deze informatie een simulatiemodel ontwikkeld kan worden, ontstaat de mogelijkheid om in combinatie met andere bestaande modellen, een integraal kasontwerp module te ontwikkelen. Hiermee kan op basis van de specifieke wensen van elke teelt en tuinder een ideaal kasontwerp gegenereerd worden, zodat een homogeen kasklimaat voorspeld kan worden.

Ter illustratie zijn grafieken gemaakt waarin de gemiddelde week-homogeniteit uitgezet is tegen de gemiddelde buitentemperatuur in de nacht in die week. De gedachte hierachter is dat bij een oplopende buitentemperatuur het gemakkelijker is om een hoge homogeniteit te behalen.

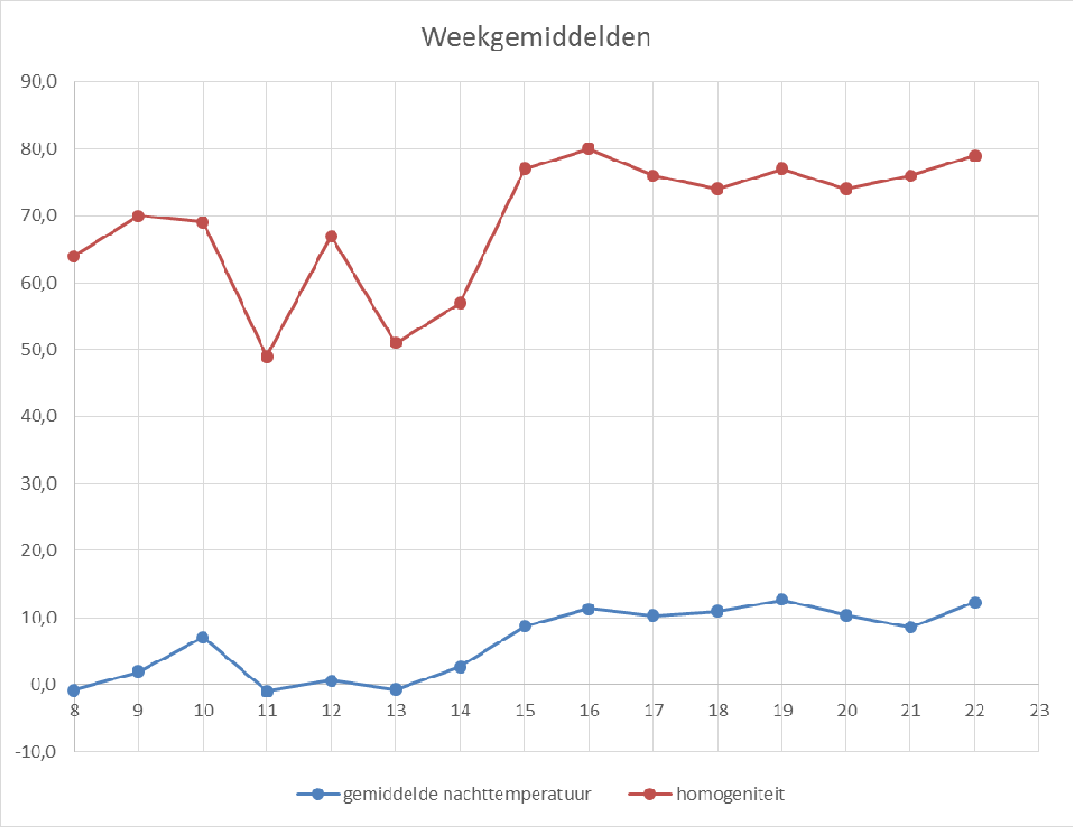
Bij bedrijf 1 wordt vanaf week 14 een grote sprong voorwaarts gemaakt in homogeniteit. Voordien was deze gemiddeld 60%, na week 14 zo'n 75%. De toename van 15% correleert met de gemiddelde buitentemperatuur die na week 14 duidelijk hoger ligt.

Bij bedrijf 2 is deze vooruitgang niet te zien. Dit houdt verband met het feit dat de homogeniteit al op een hoog niveau lag, gemiddeld zo'n 85% tot week 16 en doordat vanaf week 16 in de voornacht de homogeniteit drastisch lager is. Dit correleert met de veranderde strategie in regeling van de LBK's, deze worden vanaf dat moment in de voornacht uitgeschakeld.

De grafiek van bedrijf 4 laat zien dat er wederom een relatie bestaat tussen de buitentemperatuur en de homogeniteit. Echter in week 9 en 10 is een opvallend hoge waarde te zien, terwijl vanaf week 14 de buitentemperatuur duidelijk hoger is en daar vergelijkbare waardes genoteerd worden.

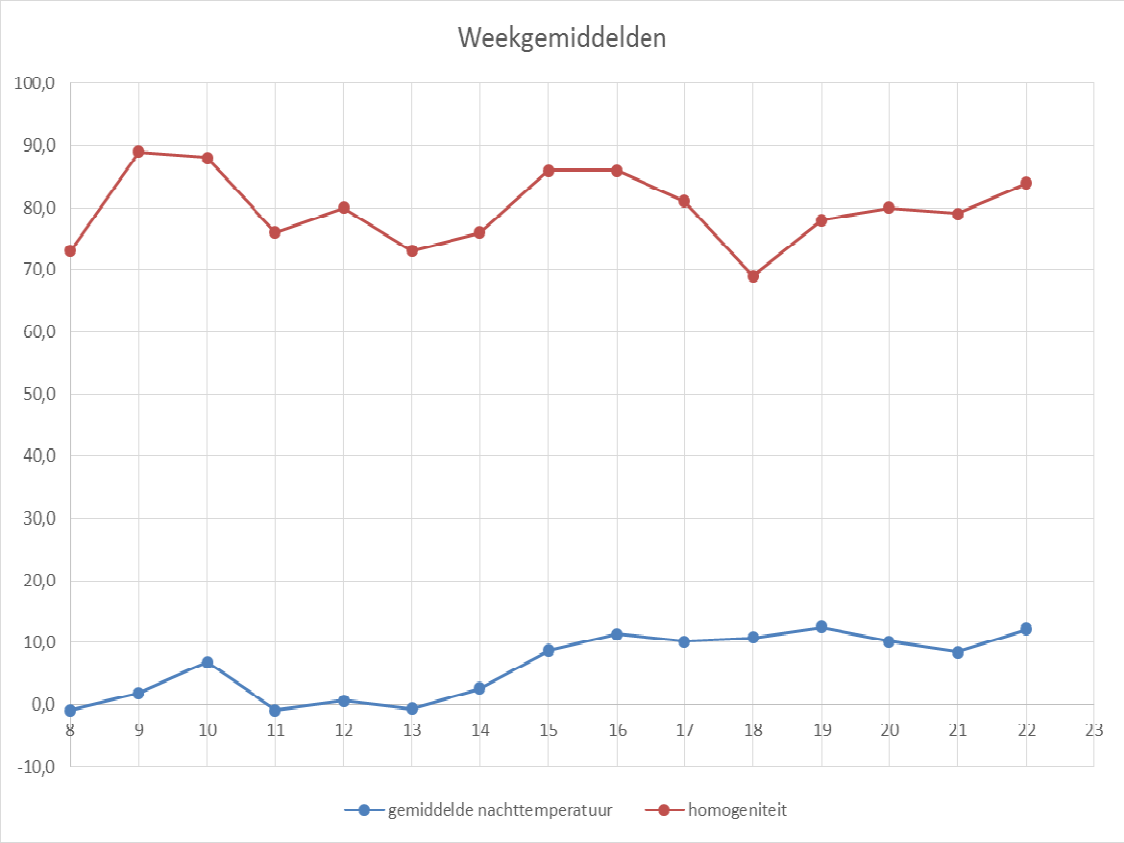
In de analyse door TNO worden meer verbanden gezocht tussen externe omstandigheden en de homogeniteit van het kasklimaat.

Verloop homogeniteit Bedrijf 1:



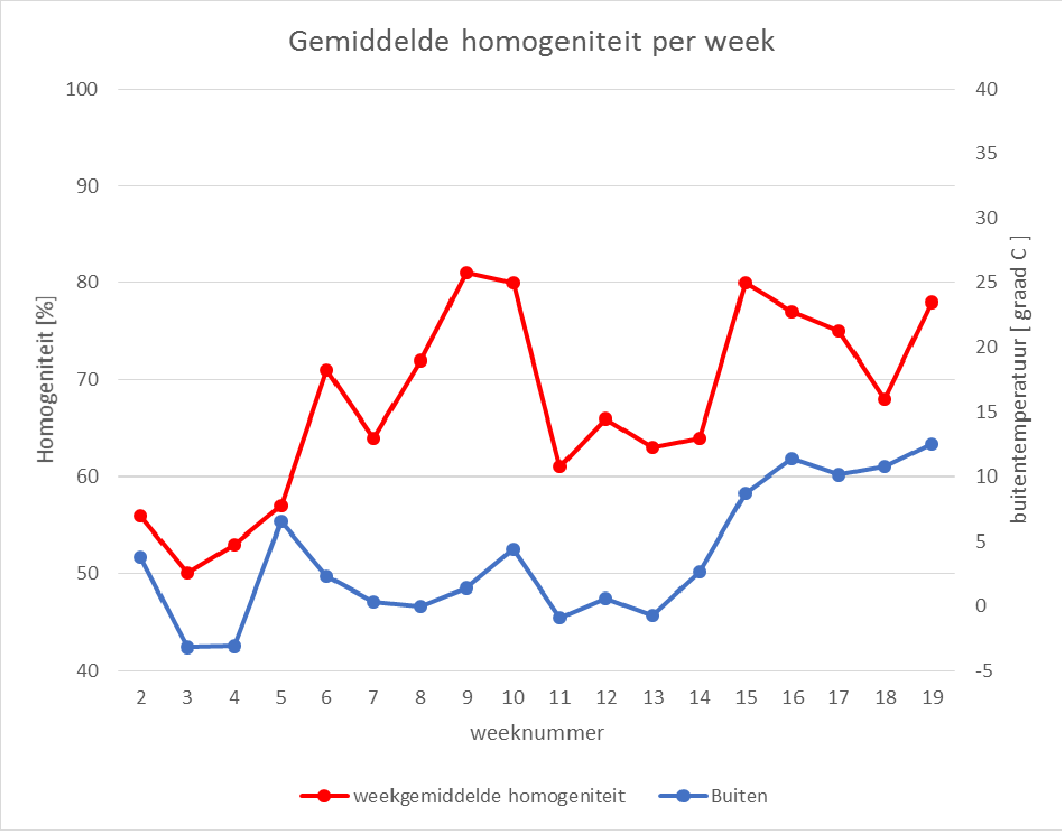
wk	Tgem.nacht	GLH		datum		
8	-0,8	64	%	18	24	februari
9	1,9	70	%	25	3	maart
10	7,0	69	%	4	10	maart
11	-1,0	49	%	11	17	maart
12	0,6	67	%	18	24	maart
13	-0,7	51	%	25	31	maart
14	2,6	57	%	1	7	april
15	8,7	77	%	8	14	april
16	11,4	80	%	15	21	april
17	10,3	76	%	22	28	april
18	11,0	74	%	29	5	mei
19	12,6	77	%	6	12	mei
20	10,4	74	%	13	19	mei
21	8,6	76	%	20	26	mei
22	12,3	79	%	27	2	juni

Verloop homogeniteit Bedrijf 2:



wk	Tgem.nacht	GLH		datum		
8	-1,0	73	%	18	24	februari
9	1,9	89	%	25	3	maart
10	6,9	88	%	4	10	maart
11	-1,0	76	%	11	17	maart
12	0,6	80	%	18	24	maart
13	-0,7	73	%	25	31	maart
14	2,6	76	%	1	7	april
15	8,7	86	%	8	14	april
16	11,4	86	%	15	21	april
17	10,2	81	%	22	28	april
18	10,8	69	%	29	5	mei
19	12,5	78	%	6	12	mei
20	10,2	80	%	13	19	mei
21	8,5	79	%	20	26	mei
22	12,1	84	%	27	2	juni

Verloop homogeniteit Bedrijf 4:



datum	weeknr	Buiten	weekgemiddelde homogeniteit
6/1 - 13/1	2	3,8	56 %
13/1 - 20/1	3	-3,2	50 %
20/1 - 27/1	4	-3,1	53 %
27/1 - 3/2	5	6,5	57 %
3/2 - 10/2	6	2,3	71 %
10/2 - 17/2	7	0,3	64 %
17/2 - 24/2	8	0	72 %
24/2 - 3/3	9	1,4	81 %
3/3 - 10/3	10	4,4	80 %
10/3 - 17/3	11	-1,0	61 %
17/3 - 24/3	12	0,6	66 %
24/3 - 31/3	13	-0,7	63 %
31/3 - 7/4	14	2,6	64 %
7/4 - 14/4	15	8,7	80 %
14/4 - 21/4	16	11,4	77 %
21/4 - 28/4	17	10,2	75 %
28/4 - 5/5	18	10,8	68 %
5/5 - 12/5	19	12,5	78 %

8 ANALYSE DOOR TNO

Op een bepaald moment is besloten de beschikbare informatie te laten beoordelen door een klimaatspecialist, die bovendien veel kennis en ervaring over de glastuinbouw bezit. De achterliggende gedachte is tweeledig:

1) *Wellicht kunnen optredende temperatuurverschillen theoretisch verklaard worden*
2) *Het verkrijgen van meer inzicht in de invloed van verschillende variabelen op het kasklimaat*

Het uiteindelijke doel is om gefundeerde adviezen te kunnen geven om de gelijkheid van het klimaat te verbeteren. Ofwel een nieuwe kas te kunnen ontwerpen waarbij de gelijkheid van het kasklimaat gegarandeerd kan worden. De uitgevoerde analyse in het kader van dit project is een aanzet (verkenning) richting het verwezenlijken van bovenstaande doel.

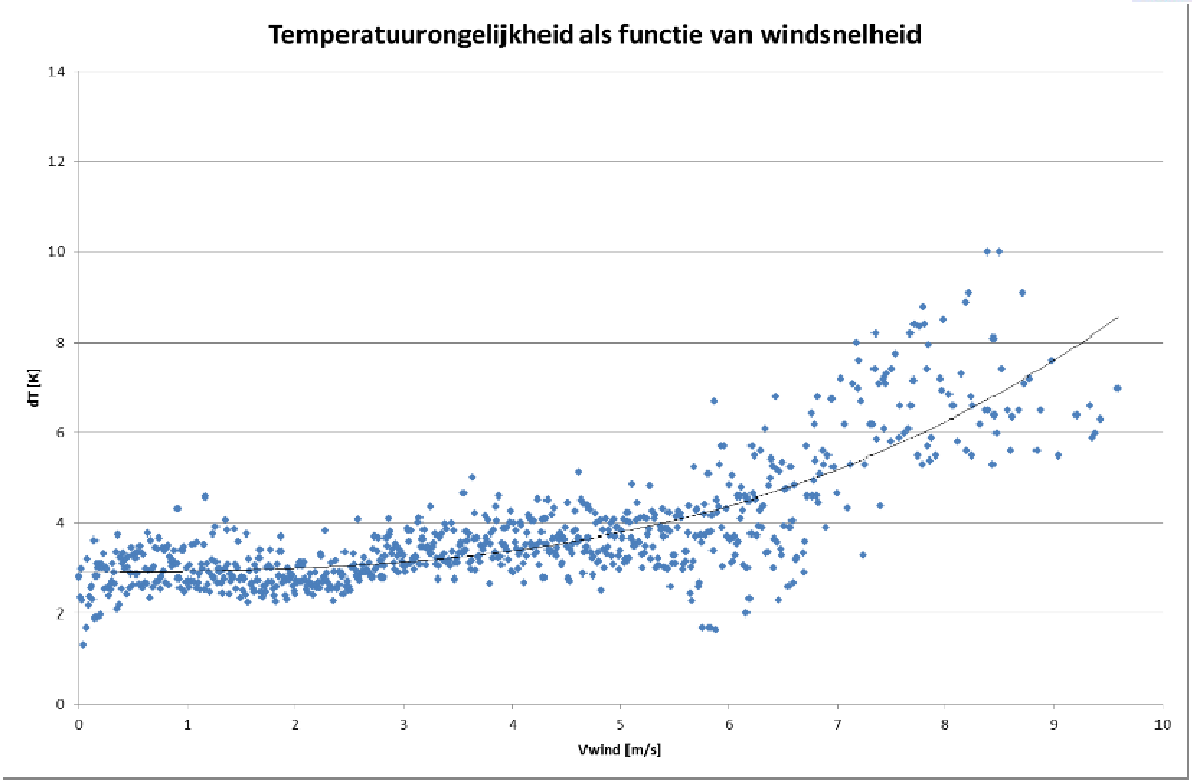
De volgende basisinformatie is gebruikt:

- *Gegevens van de deelnemende bedrijven*
- *Gegevens van het aangelegde sensornetwerk*
- *Analysebestanden met gemeten waarden van het sensornetwerk en metingen en aansturingen uit de klimaatcomputer*

Er zijn een aantal relaties gelegd tussen de klimaat(on)gelijkheid en verschillende invloeden op het kasklimaat, te weten:

1) *Buitentemperatuur*
2) *Zoninstraling*
3) *Windrichting*
4) *Windsnelheid*
5) *Combinatie van windrichting en windsnelheid*
6) *Temperatuurverschil tussen kaslucht en buitenlucht*
7) *Buistemperatuur*
8) *Raamstand (luchting)*
9) *Schermstand (luchting)*

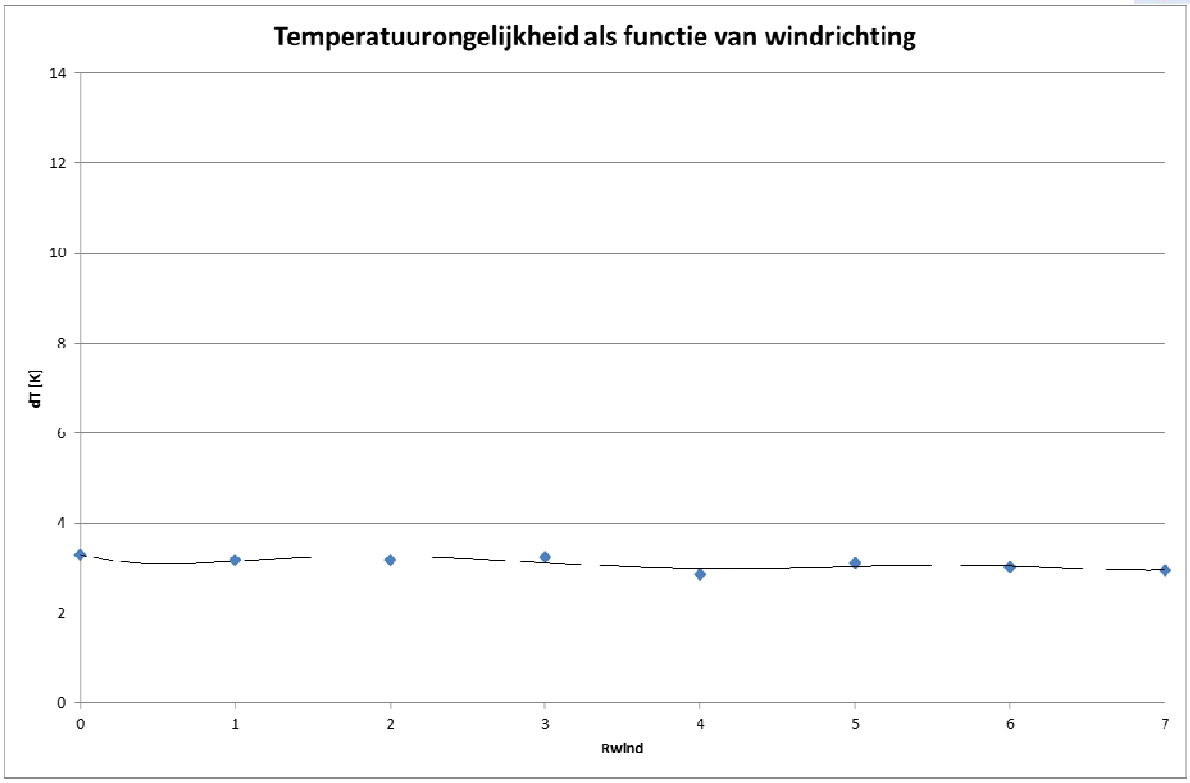
Als resultaat van deze verkenning is te benoemen dat er een duidelijke relatie aanwezig is tussen de windsnelheid en het opgetreden temperatuurverschil in de kas.



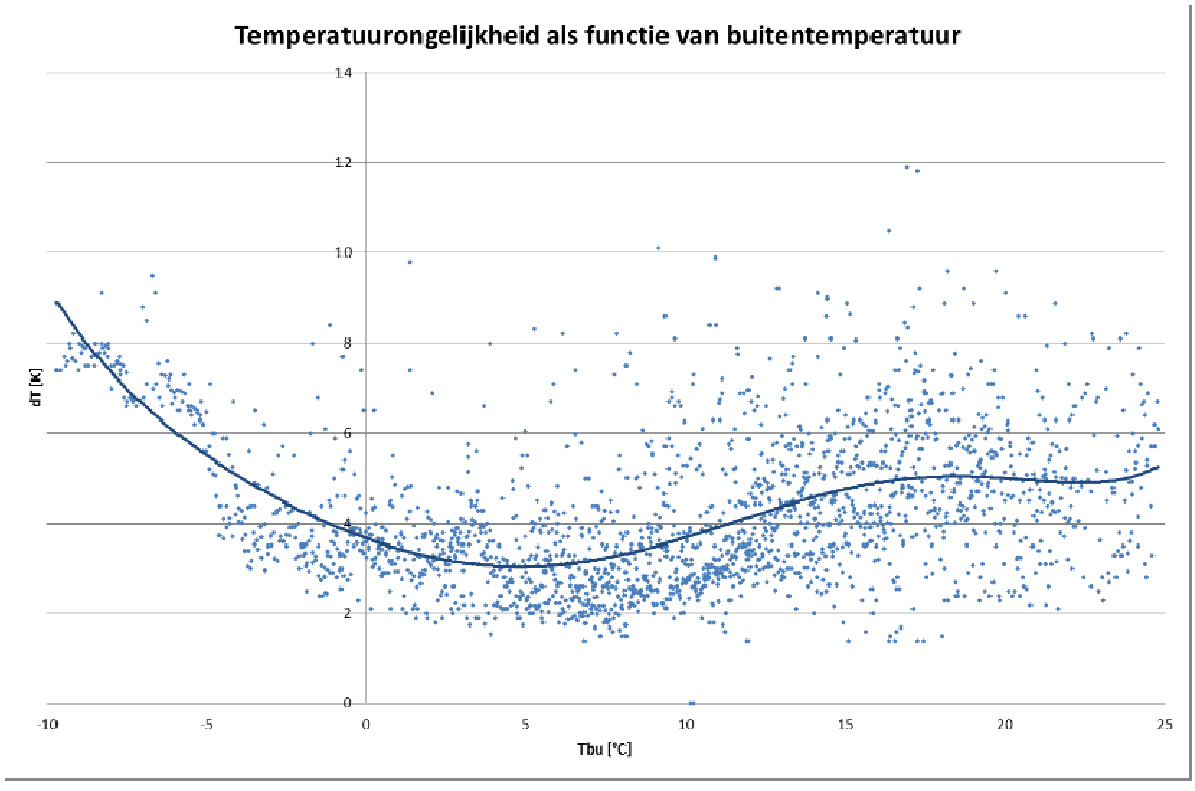
Gezien de dichtheid van de puntenwolk in het bereik van 0 tot 6 m/s betekent dat de relatie aangetoond is. Boven een windsnelheid van 6 m/s wordt de puntenwolk wijder, wat een aantal redenen kan hebben:

1) *Te weinig metingen bij deze hogere windsnelheden*
2) *Een andere factor is dusdanig van invloed dat deze zorgt voor een verstrooider beeld*

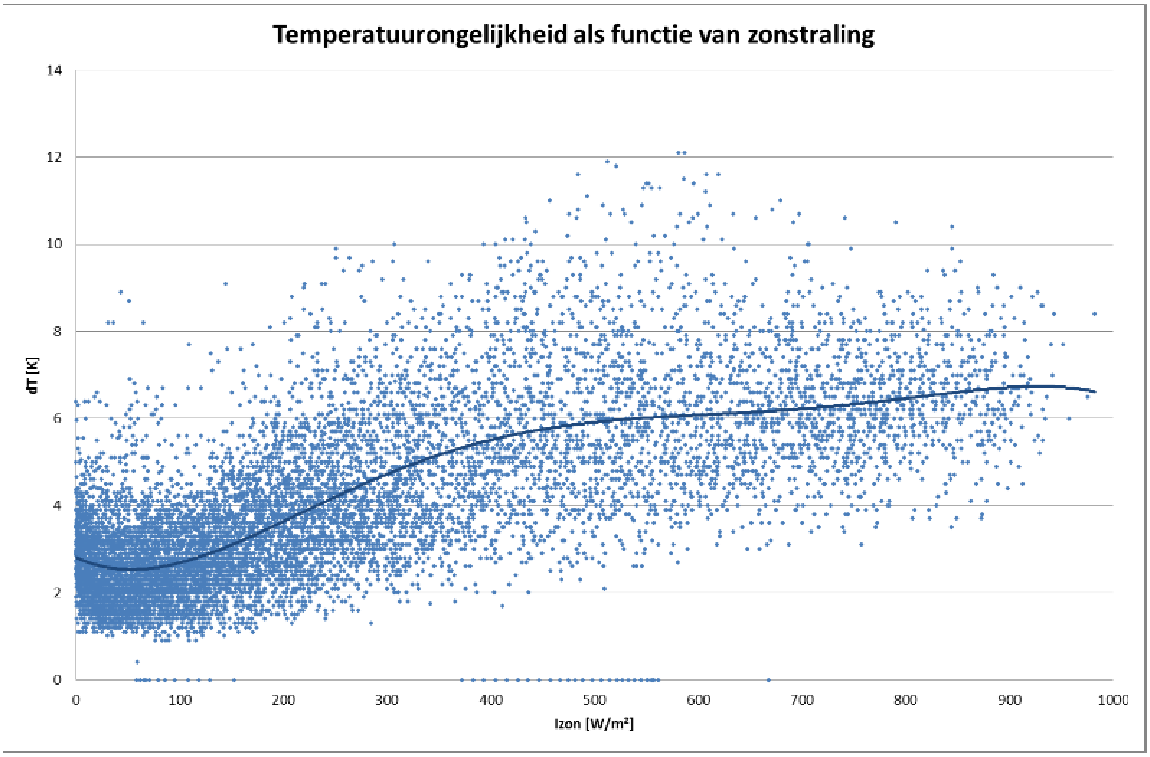
Het is opvallend te noemen dat voorlopig blijkt dat de windrichting amper van invloed is op het optredende temperatuurverschil in de kas.



Dat er een relatie is tussen de buitentemperatuur en het optredende temperatuurverschil is wel aangetoond. Door de spreiding van de punten is duidelijk dat er een of meerdere andere invloeden ook een rol spelen.



Hetzelfde geldt voor de relatie tussen de optredende temperatuurongelijkheid en de gemeten zoninstraling.



De uitgevoerde analyses zijn uitgevoerd op de volledige en ongefilterde dataset. Het zou, in het kader van dit project, interessant zijn om enkel naar de gegevens van de dag- en nachtelijke uren apart te bekijken.

Om de oorzaken van de optredende temperatuurverschillen beter te kunnen doorgronden zijn meer analyses nodig, om zo gedetailleerder beeld te verkrijgen. Vervolgens zullen door gerichte aanvullende metingen de hypotheses onderbouwd kunnen worden.

9 DISCUSSIES TIJDENS DE BIJEENKOMSTEN

De tussentijdse en de eindbijeenkomst waren in de eerste plaats om de meetresultaten met elkaar te delen, maar zeker ook om erover te discussiëren. Daarvoor was volop ruimte en het onderwerp 'kasklimaat' geeft volop aanleiding voor discussies.

Onderwerpen van de discussies:

Het was opvallend dat de gesprekken erg praktisch van aard waren, evenals de gevonden oplossingen om temperatuurverschillen te verkleinen. Dit betekent dat de gevonden oplossingen in dat bepaalde geval een verbetering zou kunnen brengen. Het is echter belangrijk om de oorzaak van het temperatuurverschil eerst goed te kennen. Hiermee zou de branche een stap vooruit kunnen zetten.

In de eerste meetperiode valt bedrijf 2 op door geringe temperatuurverschillen. Het discussiepunt was hoe te verklaren is waarom deze kas op dit gebied beter presteert. Het feit dat deze kas beschikt over een dubbel scherm installatie met een beweegbaar folie als onderste scherm en de ontvochtigingsinstallatie met LBK's en slurven lijken een rol te spelen. Al redenerend is logisch te verklaren dat deze elementen ten gunste van de temperatuurgelijkheid werken. Onbekend is of de overdruk die gecreëerd wordt ook een bijdrage levert.

Er wordt voorgesteld om een luchttechnisch- en klimaattechnisch specialist van TNO in te schakelen, om op een meer theoretische wijze bepaalde verschijnselen te kunnen verklaren. Dit kan voor beide bovenstaande discussiepunten antwoorden opleveren.

Verder wordt er veel gesproken over ontvochtiging van kassen. Onderwerpen met betrekking tot uitvoeringsvormen en regeling ervan komen aan bod.

Tijdens de eindbijeenkomst was de specialist van TNO aanwezig en hij verzorgde een korte presentatie met enkele natuurkundige principes die van toepassing zijn op kassen. Voortbordurend hierop zijn er samen met hem verschillende oplossingen besproken om het kasklimaat in kassen in het algemeen homogener te maken.

Het afschot van een kas is van grote invloed. De warme lucht verplaatst zich naar het hoogste punt en koelt af tegen het koude kasdek. Vervolgens koelt de lucht steeds verder af, omdat het langs het kasdek naar de gevel verplaatst en daar als koude lucht op het gewas valt. Wanneer deze 'thermische motor' eenmaal op gang is, is deze moeilijk te stoppen.

De kas vlak leggen, zonder afschot dus, wordt besproken, maar de conclusie is dat dit praktisch niet uitvoerbaar is. Een andere mogelijkheid is om slechts het schermdoek vlak te leggen. Dit is technisch lastig, maar zou de moeite waard kunnen zijn.

Het 'oplossen' van temperatuurverschillen in de kas met een HNT luchtsysteem met slurven wordt al enkele jaren toegepast: wanneer het te koud is aan de zijde van de LBK's, dan kan er warmer ingeblazen worden, zodat in het eerste deel van de slurf de ingeblazen lucht nog warm is. Deze lucht koelt af tot de lagere omgevingstemperatuur. Dit gaat vrij snel. Resultaat is dat de koude plekken gecompenseerd worden door de warmer ingeblazen lucht. Dit hoeft niet per se met buitenlucht, maar kan ook in de recirculatie stand.

Oplossen van temperatuurverschillen met overdruk. Wanneer een kas klimatologisch goed ontworpen is, geeft overdruk een absolute meerwaarde. Windinvloed en ongewenste luchtstromingen in de kas krijgen minder kans. Echter wanneer de systemen niet goed op elkaar

afgestemd zijn of gebreken vertonen of niet compleet uitgevoerd zijn, zal de overdruk weinig effect hebben. Overdruk is geen oplossing voor elders gemaakte fouten, het is het resultaat van systemen die wel goed op elkaar aansluiten.

Het gevoel bestaat dat in veel gevallen overdruk temperatuurgelijkheid brengt. Echter in andere gevallen bestaat hierover twijfel. Tot nu toe is er nog weinig cijfermatige onderbouwing.
Er is inmiddels een verklarende theorie op welke natuurkundige principes de overdruk methode gebaseerd is. Het is nu zaak om deze theorie te toetsen en te verwerken, zodat de tuinbouw hiervan optimaal gebruik kan maken.

Oplossen van temperatuurverschillen door **'nokschotten'** lijkt een goede manier te zijn om temperatuurverschillen te verkleinen. De nokschotten lijken relatief weinig kosten met zich mee te brengen.