

Onderdoor en bovendoor koelen en verwarmen met luchtunits in roos

DLV Plant

Postbus 7001
6700 CA Wageningen

Agro Business Park 65
6708 PV Wageningen

T 0317 49 15 78

F 0317 46 04 00

E info@dlvplant.nl

www.dlvplant.nl

Gefinancierd door

Productschap Tuinbouw (PT)
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)
Directie Landbouw Bedrijfsvoering en Organisatieontwikkeling
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Uitgevoerd door

DLV Plant: Jan-Paul van der Kolk, Edwin van der Knaap en Helma Verberkt
DLV Glas en Energie: Ronald-Jan Post
Plant Dynamics: Ad Schapendonk en Sander Pot
Lek/Habo-groep: Jan Franssen

PT - Projectnummer: 13232

LNV – Projectnummer: 1802344

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLV Plant. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Plant B.V.. Alle rechten dienaangaande worden voorbehouden. DLV Plant B.V. is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit

The logo of the Dutch Horticulture Sector, featuring the word 'Productschap' in black, a stylized green and red plant icon, and the word 'Tuinbouw' in black.

Productschap **Tuinbouw**

Inhoudsopgave

Samenvatting	6
1 Inleiding en doel	8
1.1 Inleiding	8
1.2 Doelstelling onderzoek onderdoor of bovendoor koelen met luchtunits	9
1.3 Doelstelling onderzoek onderdoor of bovendoor verwarmen met luchtunits	10
2 Materiaal en methode koelen en verwarmen met luchtunits	11
2.1 Proefopzet koelen met luchtunits	11
2.2 Proefopzet verwarmen met luchtunits	12
2.3 Accommodatie en teeltgegevens Van den Berg Roses	13
2.4 Accommodatie en teeltgegevens GJ van der Weijden	13
2.5 Accommodatie en teeltgegevens Boonekamp Roses	14
2.6 Accommodatie en teeltgegevens Porta Nova	16
2.7 Waarnemingen en verwerking koelen	18
2.8 Waarnemingen en verwerking verwarmen	19
3 Klimaatmetingen	21
3.1 Temperatuurloggers	21
3.2 Pilot akoestische metingen 2008	22
3.2.1 Inleiding	22
3.2.2 Quick scan	23
3.2.3 Betrouwbaarheid metingen	24
3.3 Interpretatie grafieken	24
4 Resultaten bovendoor koelen van den Berg Roses	26
4.1 Gegevens 2008	26
4.1.1 Klimaatmetingen koelen 2008	26
4.1.2 Productiegegevens 2008	28
4.1.3 Kwaliteitsgegevens 2008	30

4.1.4	Planttemperatuurmetingen	32
4.2	Gegevens 2009	33
4.2.1	Klimaatmetingen koelen 2009	33
4.2.2	Productiegegevens 2009	35
4.2.3	Kwaliteitsgegevens 2009	37
4.3	Conclusies bovendoor koelen van den Berg Roses	39
5	Resultaten bovendoor koelen en verwarmen G.J. van der Weijden	40
5.1	Klimaatmetingen bovendoor koelen 2008	40
5.2	Klimaatmetingen bovendoor verwarmen 2008 – 2009	41
5.2.1	Opzet	41
5.2.2	Horizontale temperatuurverdeling	43
5.2.3	Verticale temperatuur- en vochtverdeling	46
5.2.4	Planttemperatuur metingen	51
5.2.5	Luchtstromen	53
5.3	Conclusies bovendoor verwarmen en koelen G.J. van der Weijden	59
6	Resultaten bovendoor koelen en verwarmen Boonekamp Roses	60
6.1	Resultaten klimaatmetingen bovendoor koelen 2009	60
6.1.1	Algemene klimaatgegevens	60
6.1.2	Horizontale temperatuur en vochtverdeling	62
6.1.3	Verticale temperatuursgradiënt, vochtgradiënt en luchtstromen	66
6.2	Productie en kwaliteitsgegevens 2009	76
6.3	Resultaten klimaatmetingen bovendoor verwarmen 2008-2009	76
6.3.1	Opzet	76
6.3.2	Horizontale Temperatuurverdeling	78
6.3.3	Verticale temperatuur- en vocht verdeling	81
6.3.4	Luchtstromen	87
6.4	Conclusies bovendoor koelen en verwarmen Boonekamp Roses	96
7	Resultaten onderdoor koelen en verwarmen Porta Nova	97
7.1	Resultaten onderdoor koelen 2008	97
7.1.1	Klimaatmetingen onderdoor koelen 2008	97
7.1.2	Productiegegevens 2008	99
7.1.3	Kwaliteitsgegevens 2008	101
7.1.4	Planttemperatuurmetingen	102
7.2	Resultaten onderdoor koelen 2009	105
7.2.1	Klimaatmetingen onderdoor koelen 2009	105

7.2.1.1	Algemene klimaatgegevens	105
7.2.1.2	Horizontale temperatuur- en vochtverdeling	107
7.2.1.3	Verticale temperatuursgradiënt, vochtgradiënt en luchtstromen	112
7.2.1.4	Omgevings- en planttemperatuurmeting	121
7.2.2	Productiegegevens 2009	123
7.2.3	Kwaliteitsgegevens 2009	125
7.3	Resultaten onderdoor verwarmen 2008 - 2009	127
7.3.1	Klimaatmetingen onderdoor verwarmen 2008 – 2009	127
7.3.1.1	Opzet	127
7.3.1.2	Horizontale temperatuurverdeling	128
7.3.1.3	Verticale temperatuur- en vochtverdeling	131
7.3.1.4	Planttemperatuurmetingen	137
7.3.1.5	Luchtstromen	138
7.4	Conclusies onderdoor koelen en verwarmen Porta Nova	147
8	Energieberekeningen onder- en bovendoor koelen	148
8.1	Vraagstelling	148
8.2	Uitwerking	148
8.3	Resultaten	149
8.3.1	Porta Nova	149
8.3.2	Boonekamp Roses	150
8.3.3	Efficiëntie onder- of bovendoor koelen	152
8.4	Conclusies energieberekening onder- en bovendoor koelen	154
9	Energieberekeningen onder- en bovendoor verwarmen	155
9.1	Vraagstelling	155
9.2	Uitwerking	155
9.3	Resultaten	156
9.3.1	Porta Nova	156
9.3.2	Van der Weijden	158
9.3.3	Verwarmen met bronwater zonder warmtepomp	160
9.3.4	Gebruik dagbuffer	160
9.3.5	Vergelijking kosten verwarmingsbuizen en fiwihex	160
10	Elektriciteitsverbruik	162
10.1	Inleiding	162
10.2	Porta Nova	162
10.3	Boonekamp Roses	162

10.4	Conclusie elektriciteitsverbruik	162
11	CO₂ besparing onder- en bovendoor koelen	164
11.1	Vraagstelling	164
11.2	Uitwerking	164
11.3	Resultaten	164
11.3.1	Model en werkelijkheid	164
11.3.2	Boonekamp Roses	165
11.3.3	Porta Nova	166
11.4	Conclusies	168
12	Economische evaluatie	170
12.1	Inleiding	170
12.2	Opties	172
12.3	Resultaat	173
13	Toetsing CFD model	175
13.1	Inleiding	175
13.2	Resultaten en conclusies	176
14	Conclusies en aanbevelingen	178
14.1	Conclusies	178
14.2	Aanbevelingen	182
Bijlage 1	Energiekosten kaskoeling	184
Bijlage 2	Luchttemperatuur-gradiënt bij Roos	185

Samenvatting

Het afgelopen jaar is op diverse rozenbedrijven die onderdoor of bovendoor koelen en/of verwarmen onderzoek verricht met als doel antwoorden te vinden op vragen als: wat zijn de temperatuurverschillen, vochtverschillen en dynamiek daarbinnen gedurende het koeling-, verwarmings- en ontvochtigingsproces, wat is de juiste positie koelers/verwarmingsunits en wat zijn de korte en lange termijn plantreacties hierop. Dit moet leiden tot haalbaarheid sterkte en zwakte analyse van de diverse wijzen van koeling en verwarmen met Fiwihexen in de teelt van rozen.

Verwarmen

Onderdoor verwarmen met de Fiwihex is goed mogelijk en is energetisch zelfs erg efficiënt. De temperatuurverschillen zijn iets groter ten opzichte van bovendoor verwarmen, indien het gewas zelf relatief veel weerstand veroorzaakt. Bij onderdoor verwarmen, wanneer de luchtaanzuiging op gewasniveau plaatsvindt, in combinatie met gewassen die gevoelig zijn voor hoog vocht, kunnen kritisch hoge vochtwaarden sneller worden bereikt. In dergelijke omstandigheden draagt luchtbeweging niet per definitie bij aan het vergroten van de verdampingsruimte. Bovendoor verwarmen met de Fiwihex gaat beter ten aanzien van de temperatuur en vochtverdeling dan van te voren gedacht werd, er is immers minder weerstand boven het gewas. Voor een optimale sturing bij bovendoor verwarmen dienen de luchtunits wel gecombineerd te worden met een "actief"ondernet. Het ondernet kan al bij lage temperaturen bijdragen aan een optimale temperatuur- en vochtverdeling. De hoogte van de benodigde buistemperatuur is afhankelijk van de warmtevraag. Dankzij deze lage temperaturen blijft, indien gebruik gemaakt wordt van een warmtepomp, een hoge "coëfficiënt of performance" gewaarborgd. Luchtunits bovenin de kas doen geen noemenswaardige afbreuk aan de "coëfficiënt of performance". In de kas zelf wordt de warmte, minder effectief ingezet, maar de werkelijke verschillen waren in dit onderzoek niet betrouwbaar te kwantificeren, vanwege het ontbreken van een zuivere referentie.

De energiebesparing die potentieel gerealiseerd kan worden bij onderdoor verwarmen is fors. Bij bovendoor verwarmen is er geen besparing aan te tonen ten opzichte van traditioneel verwarmen. Ervaring zal moeten leren hoeveel energie er uiteindelijk bespaard kan worden zonder dat dit nadelige effecten heeft op het gewas.

De nieuwe manier van verwarmen vraagt een andere manier van klimaatsturing. Er zal nu veel gericht op bijvoorbeeld vocht gestuurd moeten gaan worden. De resultaten laten zien wat de meest kritische plekken in het gewas zijn. Bij onderdoor verwarmen is dit op bloemhoogte en bij bovendoor verwarmen op het ingebogen blad.

Modelberekening via het Explorer model laten zien dat er met onderdoor verwarmen een kwantitatief voordeel behaald kan worden en bovendoor een meer kwalitatief voordeel behaald wordt. Dit is een algemene conclusie waarbij de nuance gemaakt moet worden dat de resultaten cultivarafhankelijk zijn. De verschillen op de biomassa productie zijn echter gering. Het effect van luchtverwarming op de productie in vergelijking met de conventionele verwarmingssituatie is klein. Effecten die kunnen optreden zoals, meer- of minder uitloop kunnen overbrugd worden door het gewasmanagement aan te passen.

Koelen

Klimatologisch blijkt bovendoor koelen een stabiel klimaat te geven met kleine horizontale en verticale temperatuur- en vochtgradiënten. Onderdoor koelen laat grotere horizontale en verticale gradiënten zien en geeft een minder stabiel klimaat dan bovendoor koelen. Bij beide manieren van koelen is de variatie van temperatuur ter hoogte van het ingebogen blad het grootst. Ook planttemperatuur metingen laten bij bovendoor koelen een kleinere gradiënt zien dan bij onderdoor koelen. Fotosynthese metingen laten zien dat het effect op de plant klein of afwezig is. Voor een optimaal kasklimaat heeft bovendoor koelen de voorkeur.

De energiebesparing die gehaald kan worden door onderdoor te koelen i.p.v. bovendoor koelen is gering maar wel aanwezig. Het blijkt dat het energieverbruik het meest afhankelijk is van de koelstrategie. Voorbeelden hiervan zijn tijdstip van schermen en de raamstanden tijdens het koelen.

Productie- en kwaliteitsgegevens laten zien dat vergelijkingen die gemaakt zijn met de referentie bedrijven aantonen dat er iets meer kwaliteit geproduceerd wordt door te koelen. De verschillen zijn gemiddeld echter gering maar kunnen in bepaalde periode van het jaar wel significant zijn. De eerder aangetoonde meerproductie van 19% bij Van den Berg Roses is niet behaald in dit onderzoek omdat de referentiebedrijven nauwelijks of geen lagere CO₂ dagwaarden registreerde. Dit houdt impliciet in dat temperatuur en vocht, binnen extreme grenzen weinig van invloed zijn op de biomassa-productie.

Berekeningen met betrekking tot de CO₂ behoefte laten zien dat er een forse besparing te behalen valt bij zowel onderdoor als bovendoor koelen. Dit lijkt dan ook de meest belangrijke reden om te gaan koelen. Of het uiteindelijk rendabel is om hiervoor een koel- c.q. verwarmingsinstallatie aan te schaffen is o.a. sterk afhankelijk van de verhouding tussen de gas- en de elektriciteitsprijs. De CO₂ bron is ook erg bepalend voor de mate van besparing die behaald kan worden. Afhankelijkheid van relatief dure vloeibare CO₂ zal koelen sneller interessant maken dan wanneer er CO₂ van de WKK (met teruglever mogelijkheid) gebruikt wordt. De variabele koelkosten kunnen concurreren met aanvullend vloeibare CO₂ of zelf met het doseren van relatief goedkope OCAP CO₂. Alle doorgerekende opties, met een hoge CO₂ doseercapaciteit of koeling, leiden tot vergelijkbare variabele kosten. Echter, de terugverdientijd ten gevolge van de meerinvestering is bij koeling een langdurige aangelegenheid. Wanneer de CO₂ emissierechten in de toekomst verhandelbaar worden dan is dit een belangrijk voordeel voor gekoelde kassen omdat er dan, afhankelijk van de situatie, 45 tot 80% minder CO₂ uitstoot op het bedrijf zelf plaatsvindt.

Fiwihex onder- of bovendoor?

Uitgaande van het kasklimaat geniet de plaatsing van de Fiwihexen bovenin de voorkeur. Ten aanzien van energiebesparing heeft de plaatsing van de Fiwihexen onderin de voorkeur. De besparing bij een rozenkwekerij bij onderdoor koelen leidt tot nog meer warmteoverschot. De keuze zal sterk afhangen van eisen aan de kwaliteit van het gewas, energiemanagement en bedrijfssituatie van de teler.

1 Inleiding en doel

1.1 Inleiding

Al jarenlang werkt de glastuinbouw gestaag toe naar een compleet gesloten en beheersbaar teeltsysteem. Het ideaal is dan bij de inzet van koeling dat er zo min mogelijk koude en zonne-energie weglekt, en dat alles wat niet meer nodig is gecontroleerd de kas verlaat. Bij gietwater gebeurt dat al veelvuldig, vooral in de vruchtgroenteteelt. Tegelijk is daarmee het verlies aan meststoffen minimaal. Warmteverlies is nog niet te voorkomen, omdat een kas overtollig verdampingsvocht kwijt moet door te luchten. Ontvochtiging via een koelsysteem is technisch gezien ook mogelijk en onder sommige omstandigheden haalbaar. Er zijn verschillende koelconcepten beschikbaar, voor zowel bovenin als onderin de kas, centraal als decentraal en met en zonder verdeelslurven. Vanwege het kleine aantal geïnstalleerde systemen leven er nog veel vragen over de toepassing van koelsystemen, zoals over de beste locatie in de kas en hoe de schermen te gebruiken bij koeling.

Optimalisatie van de teelt in combinatie met efficiënte energiebenutting is de drijvende kracht voor innovatie in de Nederlandse glastuinbouw. In de rozenteelt komt het toepassen van kas/gewas koeling steeds meer in de belangstelling te staan. Het doel van deze ontwikkelingen is een betere klimaatbeheersing afgestemd op de teelt (vooral in de zomer) en slimmer omgaan met energie. Gebruik van warmte/koude buffers, warmtepompen en efficiënte warmtewisselaars staan hierbij centraal. Op dit moment worden verschillende koelsystemen aangeboden. Naast technische verschillen is de *manier* waarop de koele lucht wordt ingebracht, namelijk van boven of van onder het gewas, van cruciaal belang voor het effect op de teelt. Dit onderzoek zal het effect van de positie van de koelunits in kaart brengen, zowel qua richting en snelheid van de luchtstroom als qua temperatuur gradiënt. De temperatuur gradiënt en de daarmee samenhangende gradiënt in RV in het gewas en de plant respons hierop staan centraal.

De ontbrekende schakel bij de ontwikkeling van een gekoelde kas is de response van het gewas. Zo zou koude inbrengen van boven het gewas beter zijn voor de gewasgroei en koelen/verwarmen van onderaf juist energetisch erg interessant zijn. Verwarmen beneden het gewas met de warmtewisselaars met gebruik van warmte uit de dagbuffer kan de inzet van een warmtepomp sterk verminderen. Koude inbrengen van onderuit zou de verliezen van koude via de luchtramen wellicht verder kunnen verminderen. De temperatuur en vocht gradiënt in het gewas is voor beide systemen totaal verschillend. Een fysiologische onderbouwing van de invloed op het gewas (CO_2 opname) ontbreekt of is op zijn minst ontoereikend voor een weloverwogen keuze voor een koelsysteem. Bovendien is weinig bekend welke range in temperatuur en vocht, in combinatie met luchtbeweging door het gewas, toelaatbaar is met behoud van goede plantresponse op de fotosynthese (CO_2 opname) en huidmondjesgedrag. Dit maakt het lastig criteria aan te geven waar een koelsysteem aan zou moeten voldoen. Een bijkomend aspect is dat verschillen in raseigenschappen (bijvoorbeeld temperatuur en VPD gevoeligheid) van invloed kunnen zijn op de response en dus op de criteria voor een koelsysteem. Vanuit de techniek geredeneerd is plaatsing van warmtewisselaars en het effect op de efficiëntie en temperatuursverdeling nog niet uitgekristalliseerd.

De sector heeft ingezet op verduurzaming en verwacht dit voor een groot deel te kunnen realiseren door (semi-) gesloten te gaan telen. Binnen een paar jaar zal in Nederland een paar honderd hectare met (semi-) gesloten kassen vol staan. Op een aantal bedrijven worden al aanpassingen gemaakt of vindt zelfs nieuwbouw plaats. Er zijn echter veel vragen hieromtrent. Met name de keuze van scherm en koelerpositie staan nog niet vast en is onduidelijk op basis waarvan gekozen moet worden.

Bij het bovendoor koelen van een kas wordt b.v. vaak gebruik gemaakt van het klefeffect aan het scherm om de "luchtworp" te verlengen. De kans bestaat dat door de langs geblazen lucht en het klefeffect (via de open stroken in het scherm) gekoelde lucht boven het scherm terecht komt. Er gaat mogelijk hierdoor gekoelde lucht en koelvermogen verloren aan het door de zon opgewarmde scherm. Als voorbeeld zou bij bovendoor koelen naar schatting 20% koelvermogen verloren gaan via "open" schermen. Uitgaande van 100 ha semi-gesloten teelt dreigt bij 375 MWh/ha koudwaterproductie met een warmtepomp ($COP = 8 \text{ kW}_e/\text{kW}_{th}$) en een kostprijs van 100 €/MWe een schade van ca. € 500.000,- per jaar. Om aan het ambitieniveau van de sector te voldoen moet de kennis omtrent keuze van het scherm en koelerpositie verder ontwikkeld worden.

Om meer inzicht te krijgen in de effecten op onderdoor en bovendoor koelen is in 2008 een project gestart 'Onderzoek naar toepassing verschillende wijze van koeling op de groei en ontwikkeling van Roos'. Een belangrijke vraag hierbij is op welke wijze kunnen de luchtunits ook ingezet worden voor het verwarmen c.q. ontvochtigen van kassen en welke effecten heeft dit op het kasklimaat in relatie tot de gewasgroei en gewasontwikkeling en op het energieverbruik.

Temperatuurinstellingen zijn het belangrijkste stuur bij de teelt van kasgewassen en de ruimtelijke temperatuurverdeling in de kas bepaalt of die sturing al dan niet effectief werkt. We willen immers koelen waar de opwarming het grootst is en verwarmen waar dat economisch gezien het hoogste rendement oplevert. Soms is dat de top van het gewas maar onder bepaalde omstandigheden is meer warmte onderin juist gewenst. Het meten en liever nog het voorspellen van de dynamiek van de temperatuurverdeling in een kas is daarom van groot belang. Dit belang is in de afgelopen jaren toegenomen door de introductie van geforceerde koelsystemen en gemengde koel/verwarmingssystemen. Om deze reden is halverwege 2008 een aanvullend project gestart 'Verwarming met luchtunits bij Roos i.c.m. dynamische simulatie van temperatuur gradiënten en de consequenties voor productiviteit bij Roos'.

1.2 Doelstelling onderzoek onderdoor of bovendoor koelen met luchtunits

Doelstelling is onderzoek naar toepassing verschillende wijze van koeling (onderdoor of bovendoor) in relatie tot schermen op de groei en ontwikkeling van Roos om te komen tot een economisch bruikbare toepassing in de praktijk.

Het koelonderzoek bestaat uit een drietal componenten:

- Toetsing/validatie van een (Computational Fluid Dynamics (CFD)) als bruikbaar instrument om gedegen keuzes te maken voor de juiste wijze van koeling en schermen.

- Onderzoek naar de korte termijn effecten (fotosynthese karakteristieken en huidmondjesgedrag) van onderdoor en bovendoor koelen in relatie tot gebruik schermen.
- Onderzoek naar de lange termijn effecten (productie en kwaliteit) van onderdoor en bovendoor koelen in relatie tot gebruik schermen.

1.3 Doelstelling onderzoek onderdoor of bovendoor verwarmen met luchtunits

Het toepassen van luchtunits voor verwarmen en ontvochtiging kan naast koelen extra voordelen opleveren. Om deze voordelen te kwantificeren is dit onderzoek opgezet.

Het verwarmingsonderzoek bestaat uit:

- In kaart brengen van de temperatuurverschillen en dynamiek daarin gedurende het verwarmings- en ontvochtigingsproces bij toepassing van luchtunits onderdoor en bovendoor.
- Onderzoek naar de korte termijn effecten (fotosynthese karakteristieken en huidmondjesgedrag) en de lange termijn effecten (productie en kwaliteit) van onderdoor en bovendoor verwarmen/ontvochtigen met luchtunits in relatie tot gebruik schermen.
- Kwantificeren van de mate van energiebesparing en economische evaluatie van toepassing van luchtunits om te verwarmen en te ontvochtigen.

Technische doelstelling:

- Uitbreiding CFD model voor toepassing van luchtunits om te verwarmen en te ontvochtigen.
- Model van de gewasinvloed op het microklimaat en koppeling aan het CFD model.

Doel van deze projecten is antwoorden te vinden op vragen als: wat zijn de temperatuurverschillen, vochtverschillen en dynamiek daarbinnen gedurende het koeling-, verwarmings- en ontvochtigingsproces, wat is waarde van toepassingen van CFD, wat is de juiste positie koelers/verwarmingsunits en wat zijn de korte en lange termijn plantreacties hierop. Dit moet leiden tot haalbaarheid sterkte en zwakte analyse van de diverse wijzen van koeling en verwarmen met Fiwhexen in de teelt van rozen. De onderzoeken hebben plaatsgevonden op diverse rozenbedrijven. In dit verslag worden de resultaten van beide projecten weergegeven.

Beide projecten zijn gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (PT) en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Uitvoerders in dit project zijn Plant Dynamics, Lek/Habo, FlowMotion en DLV Plant en de deelnemende tuinbouwbedrijven. De deelnemende tuinbouwbedrijven zijn Porta Nova, G.J. van der Weijden, Boonekamp Roses BV en Van den Berg Roses. Het project is in nauwe samenwerking uitgevoerd met de leden van de BCO van de landelijke Rozencommissie van LTO Groeiservice.

2 Materiaal en methode koelen en verwarmen met luchtunits

2.1 Proefopzet koelen met luchtunits

Het onderzoek is uitgevoerd op een viertal praktijkbedrijven waar op verschillende wijzen wordt gekoeld in de teelt van rozen.

Bij Gert-Jan van der Weijden is gedurende de koelperiode van 2 tot 12 juni 2008 de temperatuursverdeling gemeten d.m.v. 160 temperatuurloggers. Op dit bedrijf wordt bovendoor gekoeld.

Bij Porta Nova (PN) wordt gemodelleerd en gemeten vanaf zomer 2008 in de onderdoor gekoelde kas (PN2) met jonge aanplant 'Red Naomi' onder $165 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ assimilatiebelichting. Er is een vergelijk gemaakt met een bestaande controle afdeling (PN1) waar 'Red Naomi' wordt geteeld (geplant in aug. 2006) onder $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ assimilatiebelichting. In zowel de gekoelde en de conventionele kas zijn temperatuurmetingen uitgevoerd in de periode van 1 juli t/m 15 juli 2008, met 80 temperatuurloggers per kas. In de zomer van 2009 is er op het gekoelde bedrijf gemeten met akoestische meetapparatuur. In kaart zijn gebracht de horizontale en verticale temperatuur- en vochtverdeling, luchtstroming in richting en snelheid. De productie- en kwaliteitsgegevens van zowel onderdoor koelen als conventioneel zijn bijgehouden. Tevens zijn steellengte, steeldikte en versproductie gemeten en/of berekend. Een vergelijking tussen de referentie afdeling en de gekoelde afdeling is in 2008 niet gemaakt in verband met de leeftijd van het gewas. In 2009 is dit vergelijk wel gemaakt.

De gegevens van 2008 van de diverse metingen bij G.J. van der Weijden en PN zijn vervolgens gebruikt voor toetsing van het CFD-model van FlowMotion.

Bij Boonekamp roses wordt gemodelleerd en gemeten vanaf zomer 2009 met een jonge aanplant 'Grande Amore' onder $190 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ assimilatiebelichting. Er is gemeten met akoestische meetapparatuur. In kaart zijn gebracht de horizontale en verticale temperatuur- en vochtverdeling, luchtstroming in richting en snelheid. De productie- en kwaliteitsgegevens zijn bijgehouden. Tevens zijn de steellengte, steeldikte en versproductie gemeten en/of berekend.

Bij Van den Berg Roses zijn de productie en kwaliteitsgegevens van bovendoor koelen en conventioneel (referentieafdeling) bijgehouden in 2008 en 2009. Tussen beide afdelingen is een vergelijking gemaakt van knopgrootte, steellengte, steeldikte en versproductie. Nadere gegevens m.b.t. kassituatie, teelt en fotosynthese waarnemingen op dit bedrijf zijn reeds in voorgaand onderzoek uitgevoerd. Dit bedrijf heeft met name als referentiebedrijf meegelopen, om gegevens van de proefjaren te vergelijken met voorgaande jaren.

Op bovengenoemde vier bedrijven heeft Plant Dynamics door middel van fotosynthese metingen met de licor 6400 de huidmondjes reactie in afhankelijkheid van de lichtintensiteit, VPD en CO_2 concentratie in kaart gebracht. Daarnaast werd het effect van koeling op de verandering van gewastemperatuur en de huidmondjesgeleidbaarheid

bestudeerd en inzichtelijk gemaakt door de spreiding van de bladtemperatuur in kaart te brengen, zowel in de tijd als over het gewas.

2.2 Proefopzet verwarmen met luchtunits

Bij Gert-Jan van der Weijden is gedurende de verwarmingperiode van 17 tot 28 november 2008 de temperatuursverdeling gemeten d.m.v 160 temperatuurloggers en met akoestische meetapparatuur.

Bij Porta Nova is gedurende de verwarmingperiode van 5 tot 18 december 2008 de temperatuursverdeling gemeten d.m.v 160 temperatuurloggers en met akoestische meetapparatuur.

Bij Boonekamp Roses is gedurende de verwarmingperiode van 4 tot 17 maart 2009 de temperatuursverdeling gemeten d.m.v 160 temperatuurloggers en met akoestische meetapparatuur.

Bij alle drie de bedrijven is getracht onder de volgende proefomstandigheden te meten:

- Conventioneel verwarmen met het ondernet.
- Conventioneel verwarmen met het ondernet zonder minimumbuis en de ventilator van de Fiwihex in verschillende standen.
- Verwarmen met de Fiwihex, afhankelijk van de bedrijfssituatie onderdoor of bovendoor.

Bij Gert-Jan van der Weijden en Porta Nova is er tijdens het verwarmen met de Fiwihex door Plant Dynamics gemeten. Door middel van fotosynthese metingen met de licor 6400 is de huidmondjesreactie in afhankelijkheid van de lichtintensiteit, VPD en CO₂ concentratie in kaart gebracht. Daarnaast werd het effect van verwarming op de verandering van gewas temperatuur en de huidmondjesgeleidbaarheid bestudeerd en inzichtelijk gemaakt door de spreiding van de bladtemperatuur in kaart te brengen, zowel in de tijd als over het gewas.

De productie en kwaliteitsgegevens zijn bij Porta Nova in de winterperiode, tijdens het verwarmen vastgelegd.

2.3 Accommodatie en teeltgegevens Van den Berg Roses

Het bedrijf bestaat uit een Venlo kastype van 5 meter pothoogte en tweeruitsluchting. Type schermen zijn XLS 14 F zomer doek en het energie c.q. lichtdoek is een 95 obscura.

Het aantal lampen in de gekoelde en niet gekoelde afdeling is 2550 à 1000 watt. Dit is een PAR-licht intensiteit van $165 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. De grootte van de gekoelde en niet gekoelde afdeling is 23.000 m^2 . De koeling bestaat uit een koelunit met 2 ventilatoren per 380 m^2 . De koelunits zijn boven het gewas geplaatst. Er hangt 1 koelunit per 365 m^2 . Gedurende de winter wordt er duurzaam koude gewonnen via koeltorens.

De kas bestaat uit twee afdelingen, in beide afdelingen wordt het ras 'Avalanche' geteeld. De plantdatum van de niet gekoelde afdeling is maart 2004 en de gekoelde afdeling is geplant in oktober 2001.



Foto 1 Opstelling koelunits van der Berg Roses

2.4 Accommodatie en teeltgegevens GJ van der Weijden

De onderzoeken bij Gert-Jan van der Weijden zijn uitgevoerd in Venlo kastype met de pothoogte van 4,25 meter, vakmaat 4 meter en tralie van 9,60 meter. De kas wordt bovendoor gekoeld met behulp van de Fiwihex. Het ras dat geteeld wordt is 'Finess'. De koelafdelingen hebben een totale oppervlakte van 14.400 m^2 . Het totaal aantal fiwihexen is 180. En het totaal aantal assimilatielampen is 2072 à 600 watt. Dit geeft een PAR licht intensiteit van $116 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. Dit is gemeten met een PAR-sensor in de donkerperiode. Er is een scherm geïnstalleerd, te weten: energie/licht doek LS obscura.

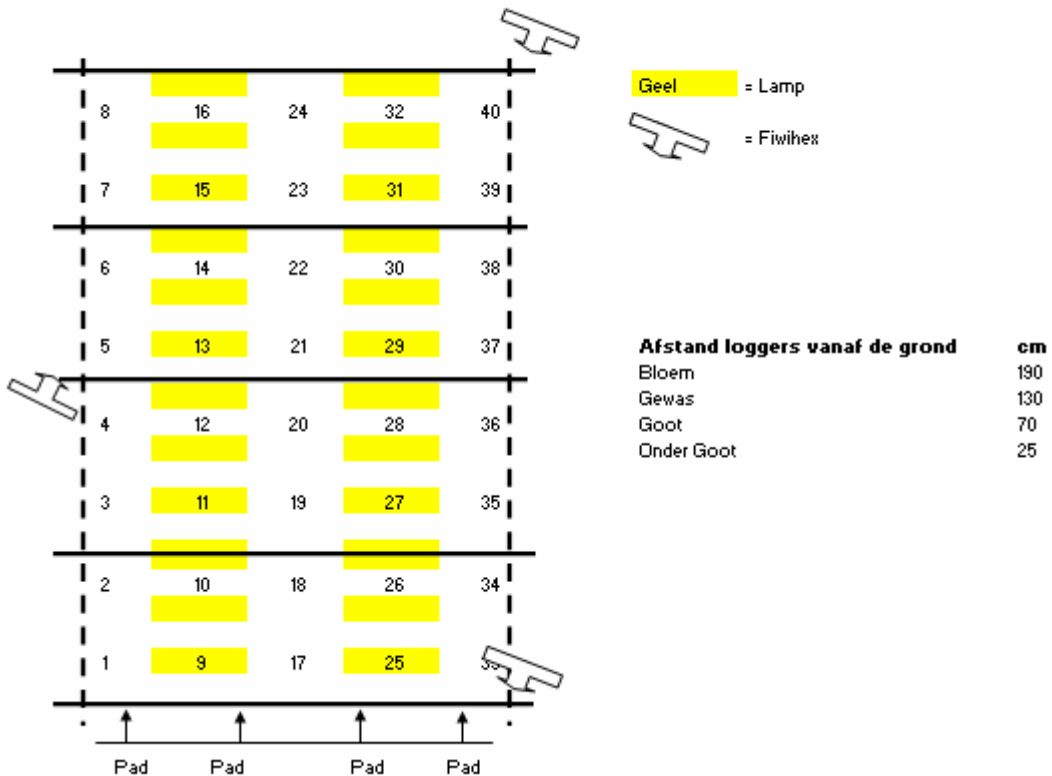


Foto 2 Opstelling koelunits G.J. van der Weijden

De opstelling van de Fiwihex is schematisch weergegeven in de volgende figuur. Er zijn 4 paden per tralie. De nummering geeft aan waar de temperatuurloggers hebben gehangen tijdens de meetperiode gedurende de verwarmingsproef.

Verdeling van de stokken over het meetveld.

Alle stokken staan in het midden van een bed. Een bed bestaat uit twee goten. De verdeling van de stokken is als onderstaand



Figuur 1 Opstelling temperatuurloggers verwarmingsproef G.J. van der Weijden

Figuur 1 laat de opstelling zien van de temperatuurloggers tijdens de verwarmingsproef. Er is voor gekozen om de temperatuurloggers ditmaal niet af te dekken tegen instraling (in tegenstelling tot de koelproef). De invloed die de straling en/of de belichting op de meting heeft is dan evenredig over alle loggers. Hoofdstuk 3.1 gaat verder in op de invloed van straling op de loggers.

2.5 Accommodatie en teeltgegevens Boonekamp Roses

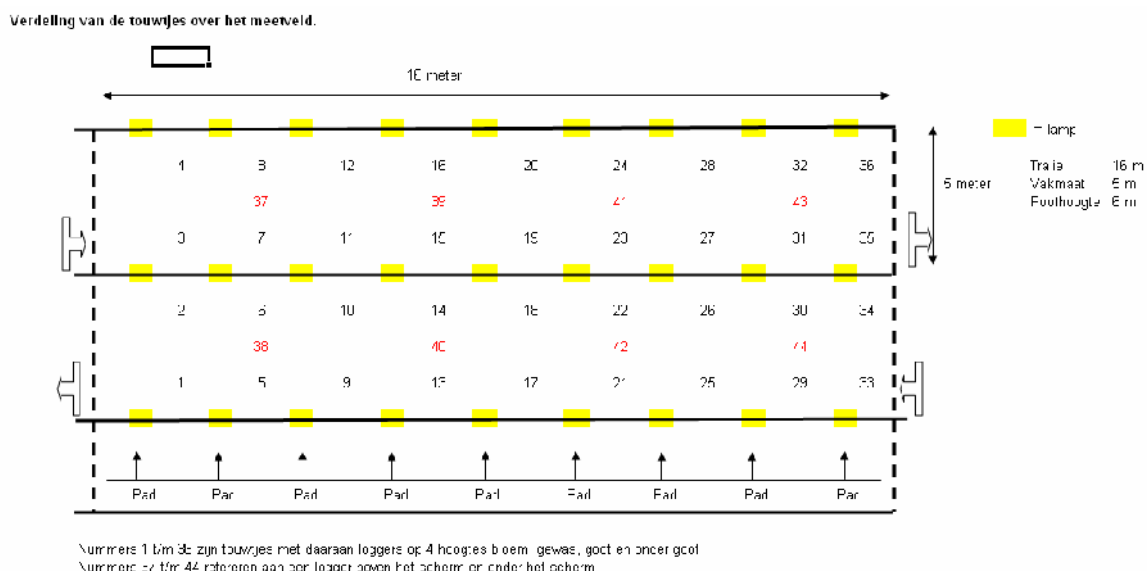
De onderzoeken bij Boonekamp Roses zijn uitgevoerd in een Venlo kastype met een pothoogte van 6 meter, vakmaat 5 meter en een tralie van 16 meter. De kas wordt bovendoor gekoeld met behulp van de FiwiHex. Het ras dat geteeld wordt is ‘Grande Amore’. Het bedrijf heeft een oppervlakte van 43.200 m². Het totaal aantal fiwihexen is 504. En het totaal aantal assimilatie lampen is 4536 à 1000 watt. De PAR licht intensiteit is 190 μmol/m².s. Het zomerdoek is een 13 F ultra en het energie/lichtdoek is een Obscura 99 LS.

De opstelling van de fiwihex is schematisch weergegeven in de volgende figuur. Er zijn 9 paden per tralie. De nummering geeft aan waar de temperatuurloggers hebben gehangen tijdens de



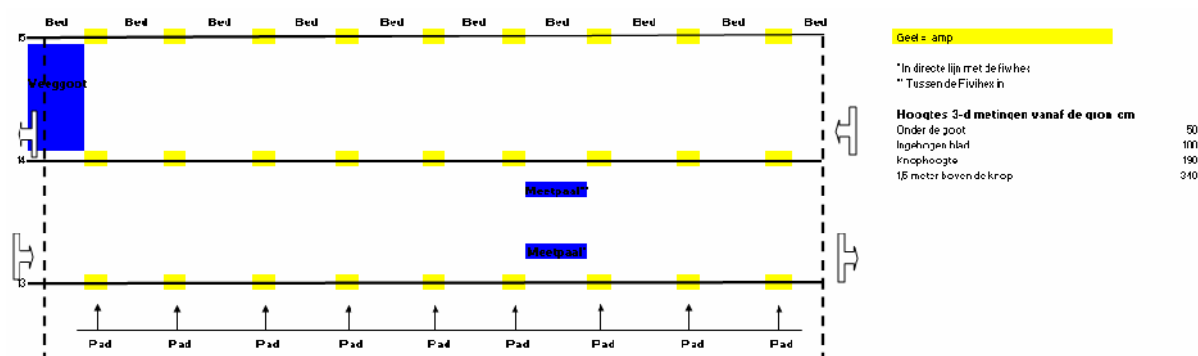
Foto 3 Opstelling koelunits Boonekamp Roses

meetperiode gedurende de verwarmingsproef.



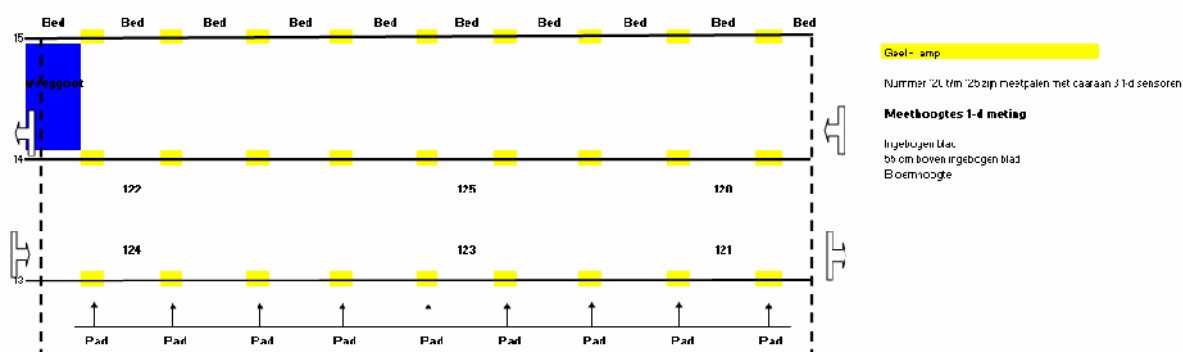
Figuur 2 Meetopstelling verwarmingsproef Boonekamp Roses

Tijdens de koelperiode zijn er twee verschillende meetopstellingen geweest. Als 1^e zijn er 3-d metingen uitgevoerd waarbij op vier hoogtes onder de goot, ingebogen blad, bloem en 150 cm boven de bloem gemeten is. Er zijn twee meetpalen neergezet in het 6^{de} bed van de tralie, één in directe lijn met de Fiwihex en één tussen de fiwihex in. Dit laatste is gedaan om te kijken wat er met het klimaat gebeurt als de planten in directe uitblaas staan of niet. De 3-d metingen meten op de genoemde hoogtes windsnelheid, windrichting, temperatuur en vocht.



Figuur 3 Meetopstelling 3-d metingen koelen Boonekamp roses

Als 2^e zijn er 1-d metingen uitgevoerd om de horizontale temperatuur en vochtgradiënt in kaart te brengen. Per meetpaal is er op 3 hoogtes gemeten namelijk ingebogen blad, 55 cm boven ingebogen blad en bloemhoogte. Deze meting brengt geen luchtstromen in kaart. In Figuur 3 en Figuur 4 zijn de meetopstellingen schematisch weergegeven.



Figuur 4 Meetopstelling 1-d metingen koelen Boonekamp roses

2.6 Accommodatie en teeltgegevens Porta Nova

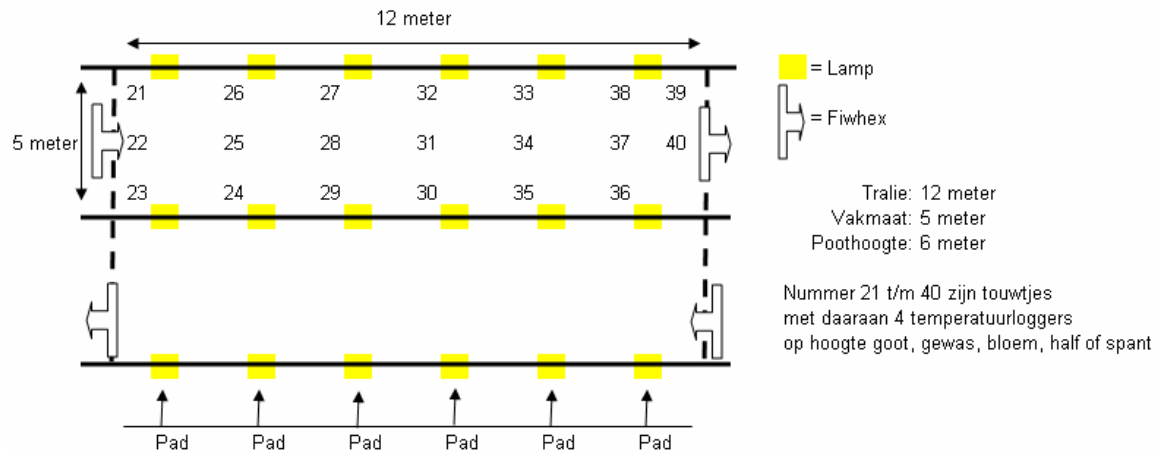
Het onderzoek bij Porta Nova te Waddinxveen is uitgevoerd op twee locaties. Porta Nova 1 heeft een poothoogte van 5 meter, traliemaat van 8 meter. Het totaal aantal assimilatielampen is 8436 à 600 watt/m² en wordt in 3 niveaus geschakeld. De PAR licht intensiteit is 200 μmol/m².s. De totale oppervlakte is 43.200 m². Porta Nova 2 heeft een poothoogte van 6 meter en een traliemaat van 12 meter. De kas wordt onderdoor gekoeld en verwarmd met Fiwihexen. Het aantal Fiwihexen is 800 en het totaal aantal assimilatielampen is 6372 à 1000 Watt. De PAR lichtintensiteit is 164 μmol/m².s. De totale oppervlakte is 64.200 m². Op beide bedrijven ligt een zomerdoek XLS13F en een energiedoek Obscura 99 LS bij Porta Nova 2 en een Obscura 95 LS bij Porta Nova 1.



Foto 4 Opstelling koelunits Porta Nova

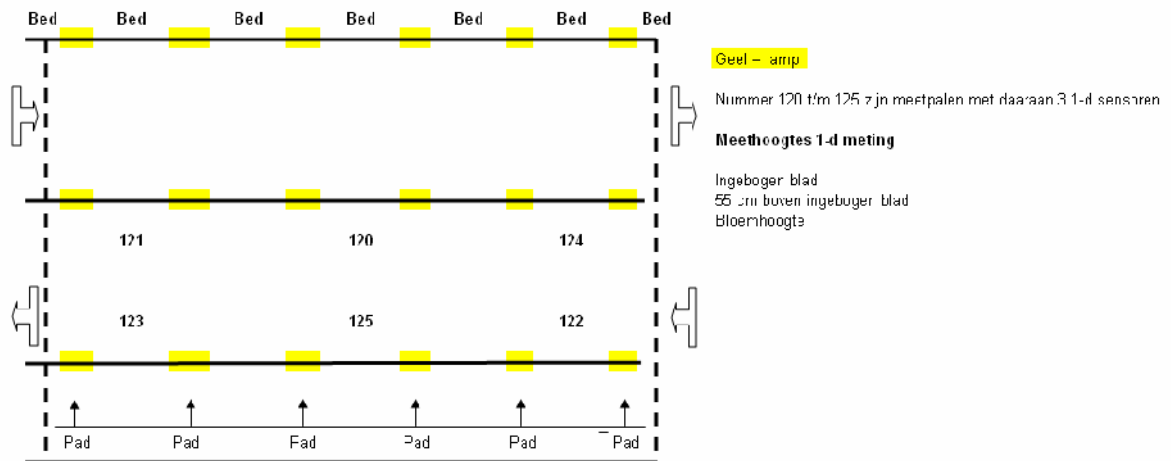
Op beide bedrijven wordt het ras ‘Red Naomi’ geteeld. Bij Porta Nova 1 is geplant in augustus 2006, bij Porta Nova 2 is geplant in het voorjaar 2008.

De opstelling van de Fiwihex bij Porta Nova 2 is schematisch weergegeven in de volgende figuur. Er zijn 6 paden per tralie. De nummering geeft aan waar de temperatuurloggers hebben gehangen tijdens de meetperiode gedurende de verwarmingsproef.



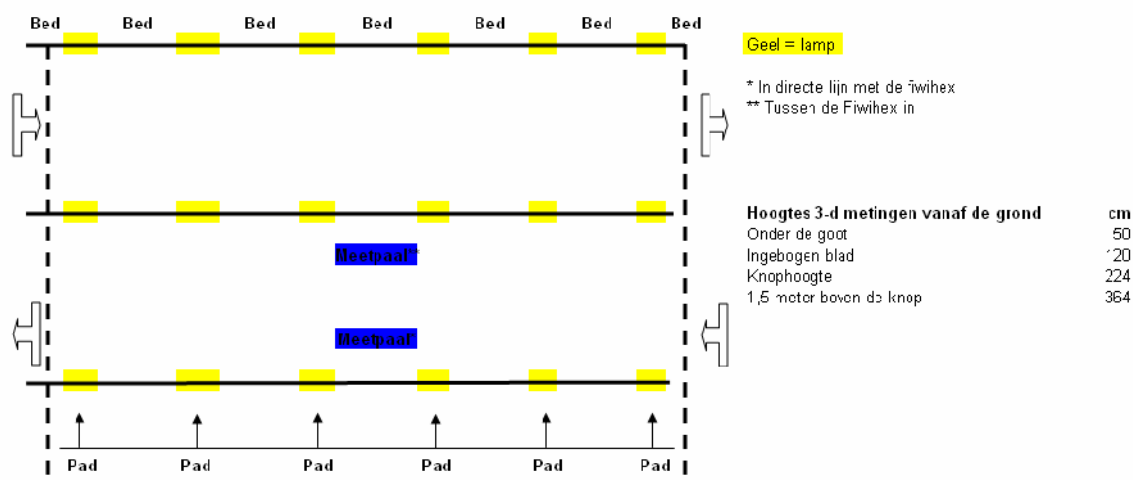
Figuur 5 Meetopstelling verwarming proef Porta Nova

Tijdens de koelperiode zijn er twee verschillende meetopstellingen geweest. Als 1^e zijn er 1-d metingen uitgevoerd om de horizontale temperatuur en vochtgradiënt in kaart te brengen. Per meetpaal is er op 3 hoogtes gemeten namelijk ingebogen blad, 55 cm boven ingebogen blad en bloemhoogte. Deze meting brengt geen luchtstromen in kaart.



Figuur 6 Meetopstelling 1-d metingen koelen Porta Nova

Als 2^e zijn er 3-d metingen uitgevoerd waarbij op vier hoogtes onder de goot, ingebogen blad, bloem en 150 cm boven de bloem gemeten is. Er zijn twee meetpalen neergezet in het 6^{de} bed van de tralie, één in directe lijn met de Fiwhex en één tussen de Fiwhex in. Dit laatste is gedaan om te kijken wat er met het klimaat gebeurt als de planten in directe uitblaas staan of niet. De 3-d metingen meten op de genoemde hoogtes windsnelheid, windrichting, temperatuur en vocht. In Figuur 6 en Figuur 7 zijn de meetopstellingen schematisch weergegeven



Figuur 7 Meetopstelling 3-d metingen koelen Porta Nova

2.7 Waarnemingen en verwerking koelen

Bij de koelproef in 2008 is de temperatuur verdeling bepaald door temperatuurdataloggers op verschillende hoogtes bloem, gewas, teeltgoot en onder de teeltgoot in een meetvlak op te hangen. De loggers zijn tijdens de meetperiode afgedekt door een afdekfolie om de stralingsinvloed op de temperatuurmeting zoveel mogelijk weg te nemen. Bij de koelproef in 2009 zijn luchtstromen, horizontale en verticale temperatuur en vochtverdeling in kaart gebracht. Resultaten moeten weergeven wat de verdeling is en of de resultaten binnen gestelde grenzen blijven.

In 2008 is als pilotproef voor vervolg onderzoek akoestische meetapparatuur uitgetest. Deze meetapparatuur maakt door middel van geluidsmeting lucht- en temperatuurstromen op een bepaalde plek of over een groter oppervlak inzichtelijk. In de vervolgproef in 2009 is deze apparatuur veelvuldig ingezet. De meetgegevens afkomstig uit de akoestische meetapparatuur zijn gekoppeld aan de klimaatdata van de klimaatcomputer om zo verbanden in kaart te brengen van bijvoorbeeld de ventilatorstand op de luchtstroom langs de plant. Vervolgens zijn de akoestische meetdata en klimaatdata van de klimaatcomputer aan het explorer-model van Plant Dynamics gekoppeld.

Klimaatgegevens zijn geregistreerd op Letsgrow.com bij Porta Nova en Van den Berg Roses. Bij Van der Weijden en Boonekamp zijn de gegevens op de klimaatcomputer zelf bewaard. Daarbij zijn o.a. de schermstand, temperatuur, RV, CO₂ en PAR licht bijgehouden.

Van het gewas is de gewichtsproductie (in gram/m²), het aantal stuks per week per m² en de kwaliteit (takgewicht, taklengte, knopgrootte en gram per cm²) geregistreerd. De productiegegevens zijn geregistreerd in Letsgrow.com. Bij Van den Berg roses is hierbij ook een vergelijking gemaakt tussen de conventionele en gekoelde afdeling. Door de verschillende gewasstadia bij Porta Nova in 2008 was het hier niet mogelijk om een goede vergelijking te maken. De gegevens van 2009 zullen een veel betrouwbaarder beeld geven.

De productiegegevens van zowel Porta Nova als Van den Berg zijn verwerkt in grafieken per periode en kwaliteitsgegevens in tabellen per jaar. Waar mogelijk is er een vergelijk gemaakt tussen de verschillende wijzen van koelen en conventioneel.

De fotosynthese metingen zijn verricht met de LiCor fotosynthese apparatuur. In het meetcuvet van deze apparatuur kunnen de lichtomstandigheden, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte-termijn reactie van het blad op deze verandering bepaald worden. Waarnemingen die tijdens de fotosynthesemetingen gedaan zijn, zijn o.a. de assimilatie capaciteit in afwezigheid van de huidmondjesbeperking. In deze situatie is gevarieerd in lichtintensiteit, CO₂ concentratie en bladtemperatuur. Naast de fotosynthese metingen zijn er ook metingen verricht op het gebied van temperatuurgradiënten en gewastemperatuur tijdens het koelen met scherm en zonder scherm.

Tijdens de fotosynthese metingen op de verschillende bedrijven zijn o.a. de klimaatomstandigheden, huidmondjesgeleidbaarheid en fotosynthese capaciteit bepaald. De uitkomsten van deze metingen zijn weer gerelateerd aan de verschillende wijzen van koelen.

De temperatuurverdeling bij koelen en conventioneel is in 2008 in kaart gebracht en vergeleken met het CFD-model van FlowMotion. Daarbij is voor elke situatie de afwijking bepaald tussen de echte en de berekende situatie. Ook zijn de temperatuurgradiënten in het gewas tijdens het boven- en onderdoor koelen in kaart gebracht.

FlowMotion heeft met behulp van numerieke stromingsleer Computational Fluid Dynamics (CFD) luchtstromingen in de kas gesimuleerd met behulp van een computermodel. De uitkomsten afkomstig uit het computermodel van FlowMotion zijn verwerkt tot temperatuurplaatjes waarin de temperatuurverdeling in het meetvlak te zien zijn. Ook zijn er temperatuurplaatjes gemaakt van de metingen afkomstig van de temperatuurloggers. Het verschil tussen de berekende en de gemeten situaties zijn inzichtelijk gemaakt en vergeleken. Hierin is onderscheid gemaakt tussen metingen en/of berekening op een vast tijdstip en een gemiddelde over een langere periode.

Na tegenvallende resultaten van het model van Flow-Motion o.a. omdat de gewasspecificaties niet in het model meegenomen worden, zijn de activiteiten van Flow Motion in 2009 stopgezet. Plant Dynamics heeft hun eigen model verder verfijnd en deze lijkt een grotere betrouwbaarheid te hebben.

Van het koelseizoen 2009 is een energieberekening gemaakt voor Porta Nova en Boonekamp Roses. Uit deze berekening moet blijken wat het koelen extra aan energie kost in vergelijking tot traditioneel telen.

2.8 Waarnemingen en verwerking verwarmen

De horizontale temperatuur verdeling is bepaald door temperatuurdataloggers op verschillende hoogtes in een meetvlak op te hangen. De loggers zijn tijdens de meetperiode niet afgedekt omdat de stralingsinvloed in de winterperiode minimaal is en de

horizontale verdeling beter in kaart te brengen is door de invloeden van de afdekking uit te sluiten.

De verticale temperatuur verdeling is in kaart gebracht door de akoestische metingen op een vast punt. Tevens zijn er zogenaamde Quick scans gemaakt om de luchtstromen in een proefvlak in kaart te brengen.

Klimaat gegevens zijn geregistreerd op Letsgrow.com bij Porta Nova. Bij Van der Weijden en Boonekamp zijn de gegevens op de klimaatcomputer zelf bewaard. Daarbij zijn o.a. de schermstand, temperatuur, RV, CO₂ bijgehouden. PAR licht is bij Boonekamp op de klimaatcomputer bijgehouden, bij Van der Weijden is het PAR licht geregistreerd door middel van een datalogger.

De fotosynthesemetingen zijn verricht met de LiCor fotosynthese apparatuur. In het meetcuvet van deze apparatuur kunnen de lichtomstandigheden, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte-termijn reactie van het blad op deze verandering bepaald worden. Waarnemingen die tijdens de fotosynthesemetingen gedaan zijn, zijn o.a. de assimilatie capaciteit in afwezigheid van de huidmondjesbeperking. In deze situatie is gevarieerd in lichtintensiteit, CO₂ concentratie en bladtemperatuur. Buiten de fotosynthese metingen om zijn er ook metingen verricht op gebied van temperatuurgradiënten en gewastemperatuur tijdens het verwarmen met scherm en zonder scherm.

Tijdens de fotosynthese metingen op de verschillende bedrijven zijn o.a. de klimaatomstandigheden, huidmondjesgeleidbaarheid en fotosynthese capaciteit bepaald. De uitkomsten van deze metingen zijn weer gerelateerd aan de verschillende wijzen van verwarmen.

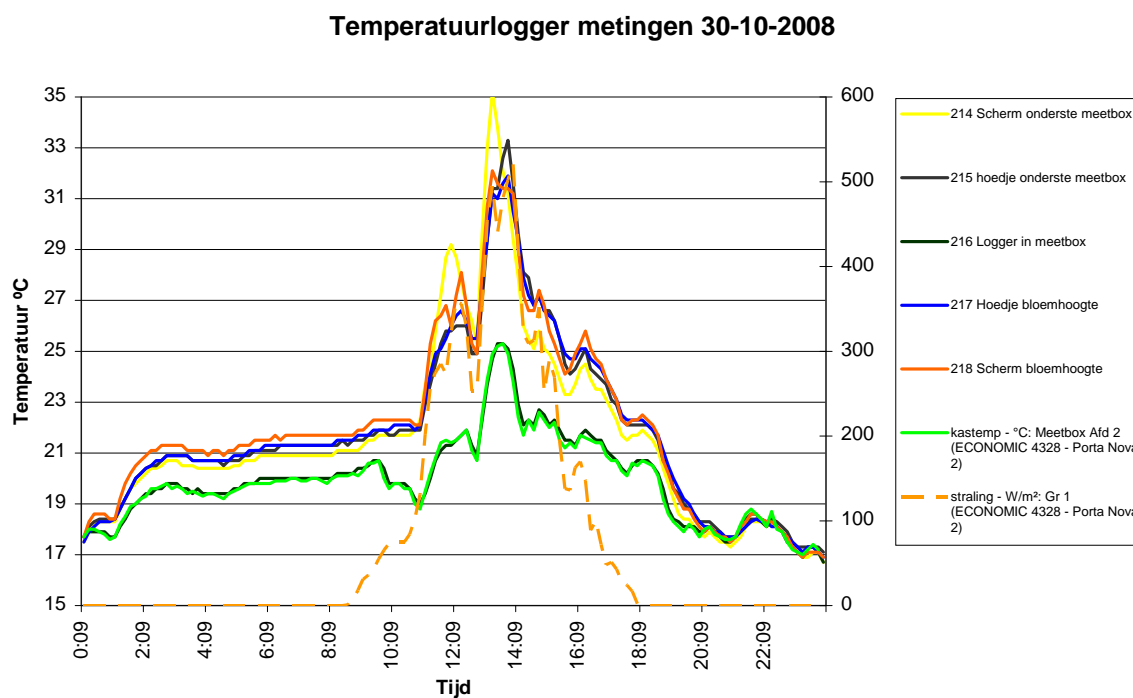
De meetgegevens afkomstig uit de akoestische meetapparatuur is gebruikt in het Explorer-Model van Plant Dynamics. Het model moet na toetsing met de praktijkmetingen gewas responses zoals uitloop, aantal stelen en kwaliteit van onder en boven verwarmen met Fiwihexen in kaart brengen.

3 Klimaatmetingen

3.1 Temperatuurloggers

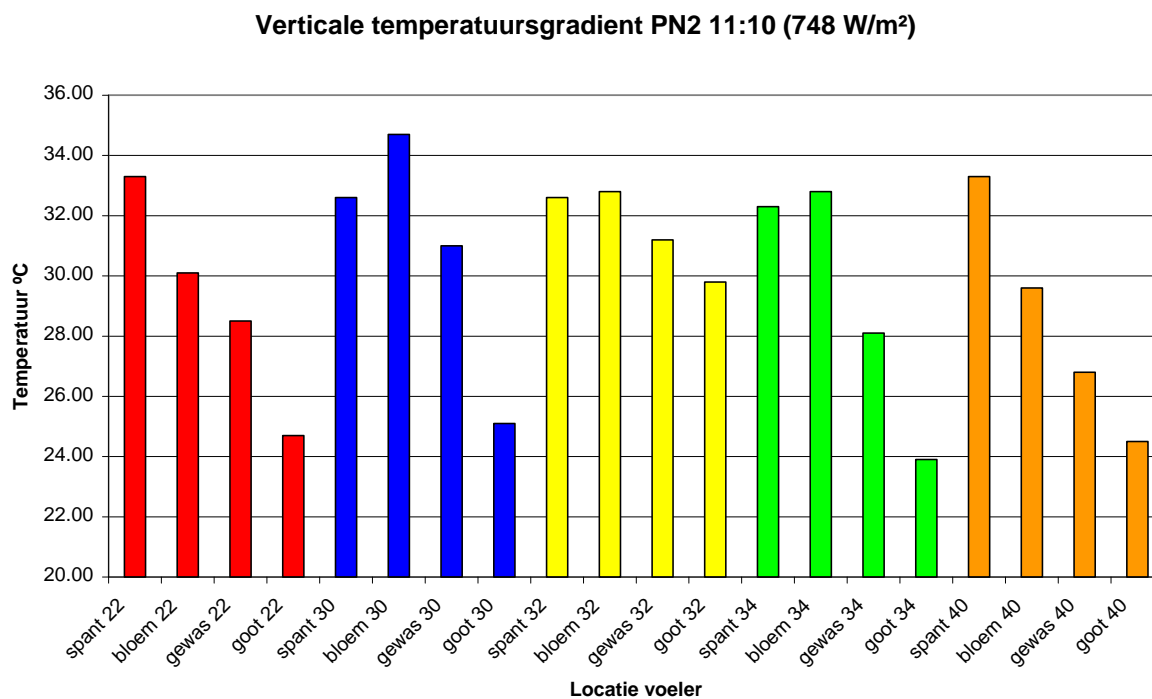
Tijdens de koelproeven in 2008 zijn er verschillende temperatuurmetingen met temperatuurloggers uitgevoerd. Tijdens het verwerken bleek al snel dat de loggers naarmate de straling toeneemt een grote afwijking gaan geven. Zelfs als de assimilatiebelichting aan staat is er al een waarneembaar verschil te zien. Om te zien hoeveel effect de straling op de temperatuurloggers heeft, zijn er een aantal proeven uitgevoerd met verschillende afschermingen.

Als proefopstelling is gekozen om een temperatuurlogger in de meetbox te leggen, om uit te kunnen sluiten of de temperatuurloggers standaard afwijken. Vervolgens zijn er rond de meetbox loggers opgehangen met verschillende afdekkingen, zoals gebruikt in de koelproeven in 2008. De afdekking wordt omschreven als een hoedje en een scherm in de legenda van onderstaande grafiek.



Figuur 8 Resultaten proef afscherming temperatuurloggers bij Porta Nova

Figuur 8 laat de resultaten zien van de temperatuurloggersproef. De temperatuurlogger (216) die in de meetbox zit volgt bijna naadloos de lijn van de meetbox. Dit geeft aan dat er geen standaard afwijking tussen de meetbox en logger zitten. Meting 214 en 215 zijn op dezelfde hoogte gehangen als de meetbox. Ondanks de afscherming is er in de nacht, met belichting aan, al een afwijking met de meetbox te zien. Naarmate de straling buiten toeneemt, wordt het verschil tussen meetbox en loggers alleen maar groter. De metingen 217 en 218 op bloemhoogte laten een nog grotere afwijking zien.



Figuur 9 Temperatuurlogger metingen tijdens koelen Porta Nova

Figuur 9 laat een aantal metingen op 5 meetpunten in het horizontale vlak zien. Op elke horizontaal meetpunt is op 4 hoogtes gemeten. De weergegeven metingen zijn om 11:10 vastgelegd op de desbetreffende dag waarbij de koeling aan stond. De vaste meetboxen die op de klimaatcomputer binnenkomen op gewas hoogte en boven de bloem laten een verschil zien van $\pm 1,5$ °C. Terwijl de loggers verschillen laten zien tot 6°C.

Aan de hand van bovenstaande is dan ook besloten dat de uitkomsten van de temperatuurloggers niet betrouwbaar genoeg zijn om de temperatuurverdeling overdag in kaart te brengen. Om deze gradiënten wel betrouwbaar vast te leggen is in september 2008 een pilot-meting met akoestische meetapparatuur uitgevoerd. De volgende paragraaf geeft hier uitleg over.

3.2 Pilot akoestische metingen 2008

3.2.1 Inleiding

Tijdens de koelperiode is er een pilotproef akoestische metingen uitgevoerd. Doel van deze proef was om te bepalen of akoestische meetapparatuur waardevol kan zijn voor verder onderzoek aan koelen c.q. verwarmen.

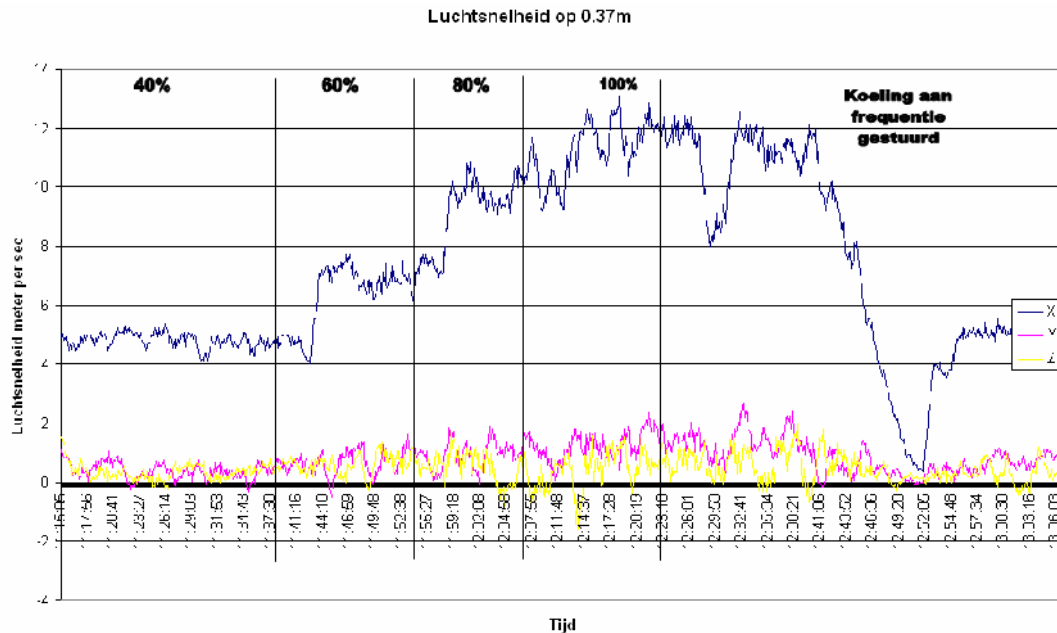
De akoestische meetapparatuur meet windrichting, windsnelheid, temperatuur en luchtvochtigheid (referentiemeter). De metingen worden gedaan d.m.v. de snelheid van het geluid te meten tussen de verschillende sensoren (transmitters). Aan de hand van de snelheid van het geluid kunnen vervolgens de bovengenoemde parameters bepaald worden. Op de foto is een zogenaamde 3-d



Foto 5 3-d meetunit

meter weergegeven. Dit houdt in dat de temperatuur en luchtstroming in 3 verschillende richtingen namelijk x, y en z bepaald worden.

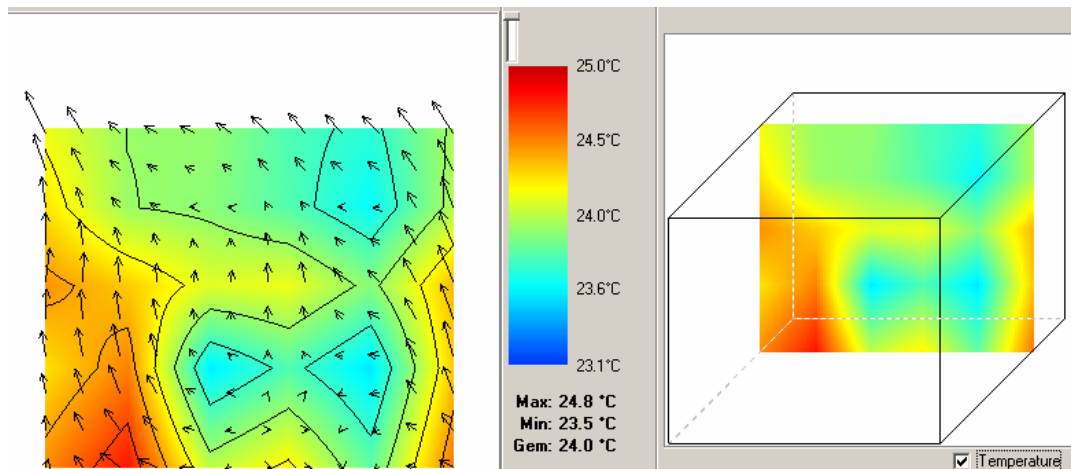
In de onderstaande grafiek is te zien wat het effect is van het verhogen van de ventilatorsnelheid op de windsnelheid bij onderdoor koeling met Fiwihexen bij Porta Nova. De meting is gedaan op een hoogte van 37 cm recht tegenover de Fiwihex op een afstand van ± 3 meter. De percentages die weergegeven worden geven aan op hoeveel procent de ventilator staat te draaien.



Figuur 10 Effect van het verhogen van de ventilatorsnelheid op de windsnelheid

3.2.2 Quick scan

De meetapparatuur biedt ook de mogelijkheid om een zogenaamde Quick scan te maken. Bij deze scan wordt binnen een korte periode een aantal metingen verricht op verschillende plekken in een meetvlak. De programmatuur voegt deze metingen uiteindelijk samen tot een plaatje en vervolgens tot een film. Hierin is te zien wat de luchtstromen, temperatuur en luchtvochtigheid zijn in het meetvlak. De volgende figuur geeft hier een voorbeeld van. De kleuren geven de temperatuur weer, de pijlen (vectoren) de richting en de lengte van de pijl de windsnelheid.



Figuur 11 Voorbeeld uitkomst Quick scan

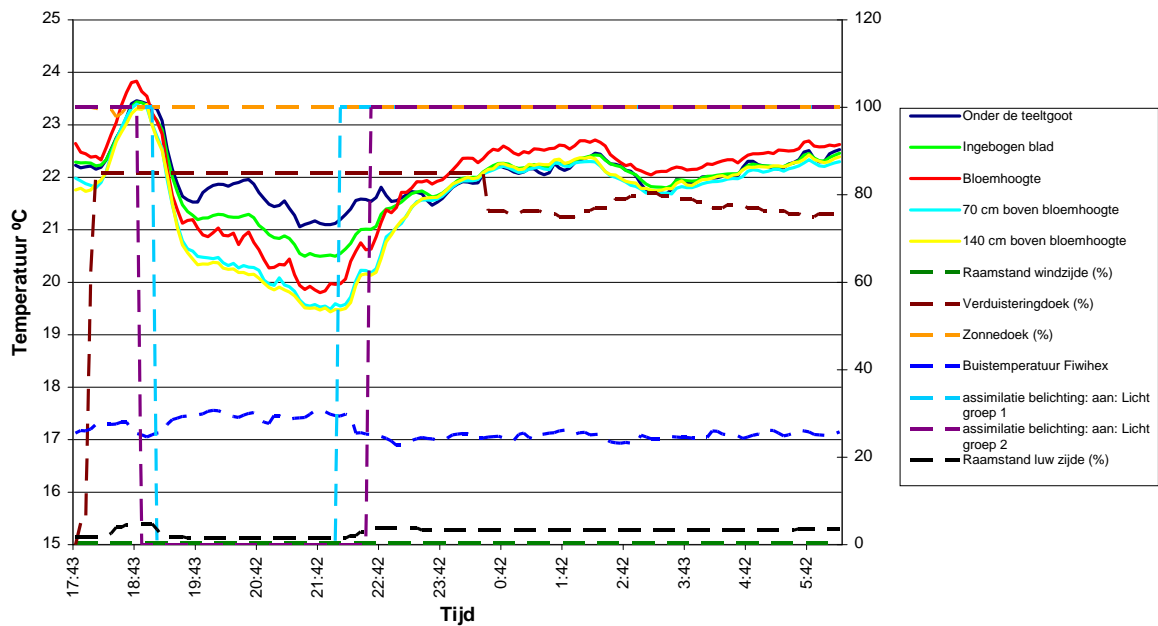
3.2.3 Betrouwbaarheid metingen

De pilotmeting heeft uitgewezen dat de meetapparatuur een goed instrument is om te bepalen welke effecten de koeling c.q. verwarmen met Fiwihexen heeft op de luchtstromen, temperatuur en luchtvochtigheid in de kas. Een groot voordeel van de meting is dat deze stralingsongevoelig is, doordat deze meting de toestand van de lucht meet. Uniek aan de meetapparatuur is dat deze de luchtstromen in kaart kan brengen.

3.3 Interpretatie grafieken

In dit verslag worden veel grafieken getoond. Iedere grafiek heeft zoveel mogelijk dezelfde opmaak.

Verticale temperatuurgradient 16-17 december



Figuur 12 Voorbeeld interpretatie grafieken

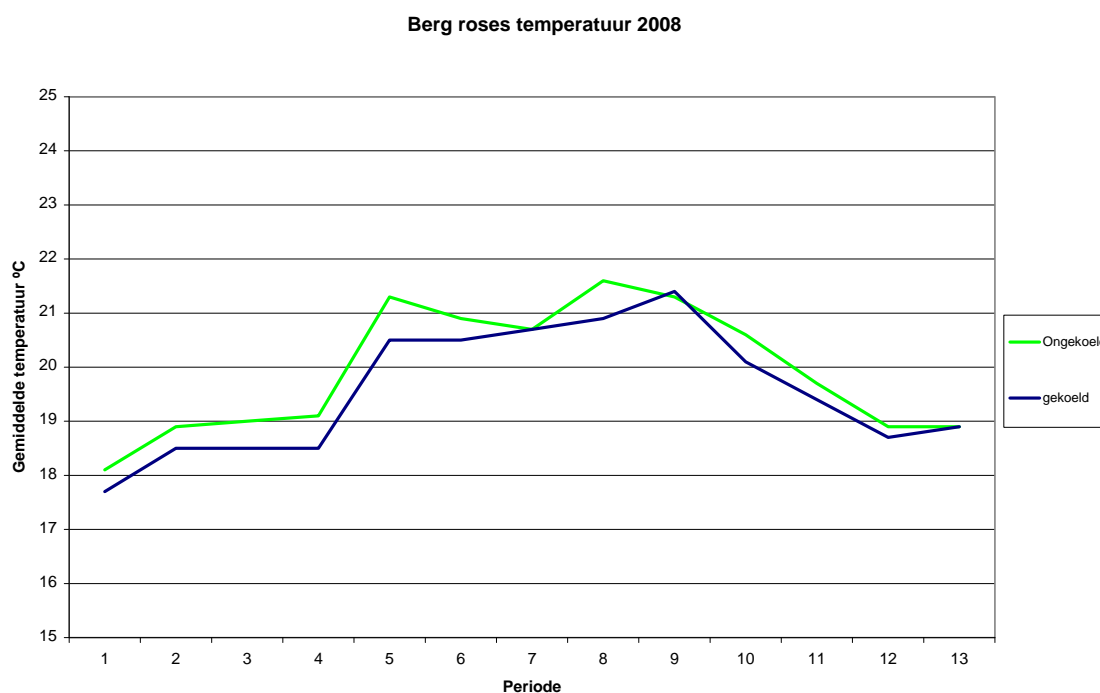
De waardes op de linker Y-as geven altijd de waarde van de doorgetrokken lijnen. De rechter y-as geeft de waardes aan van de onderbroken stippellijnen. Wanneer de eenheid van de waardes niet staat vermeldt op de y-as dan wordt dat weergegeven in de legenda aan de rechter kant. In sommige gevallen wordt er gebruik gemaakt van een verkleiningsfactor om de grafiek overzichtelijk te maken. Achter de beschrijving bij de legenda staat dan bijvoorbeeld “factor 0.1”.

4 Resultaten bovendoor koelen van den Berg Roses

4.1 Gegevens 2008

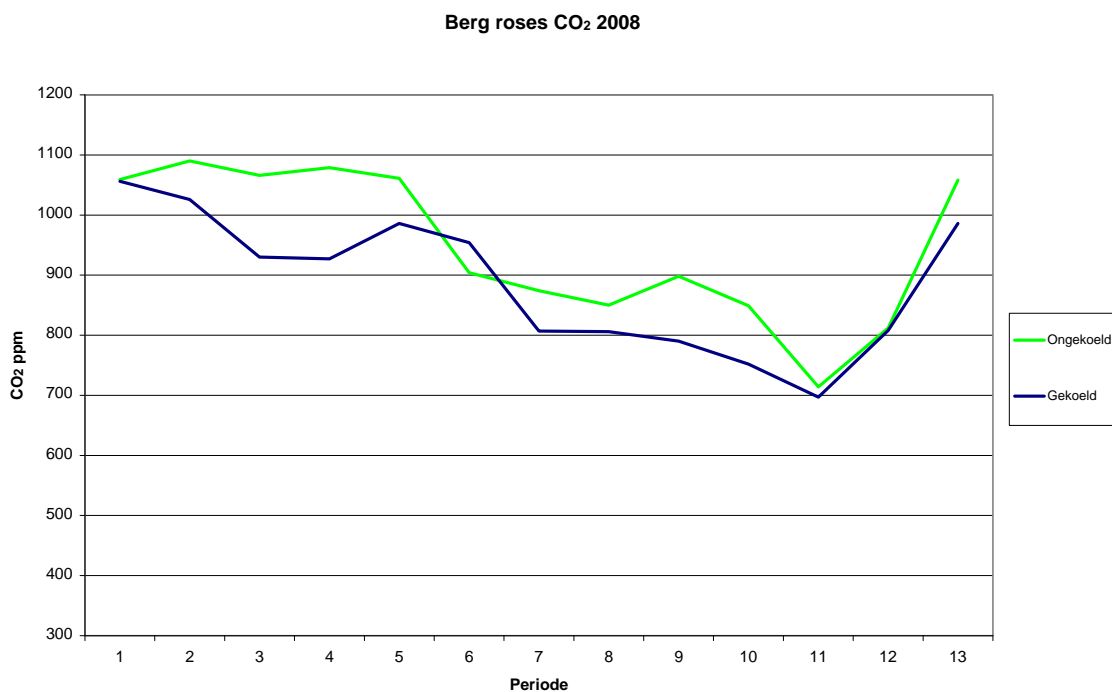
4.1.1 Klimaatmetingen koelen 2008

Het verloop van het klimaat bij Berg Roses in 2008 wordt in deze paragraaf besproken. Als eerste worden de gemiddelde waarden over het hele jaar getoond. Daarna wordt er specifieke op een koeldag ingegaan waarbij ook planttemperatuurmetingen zijn verricht.



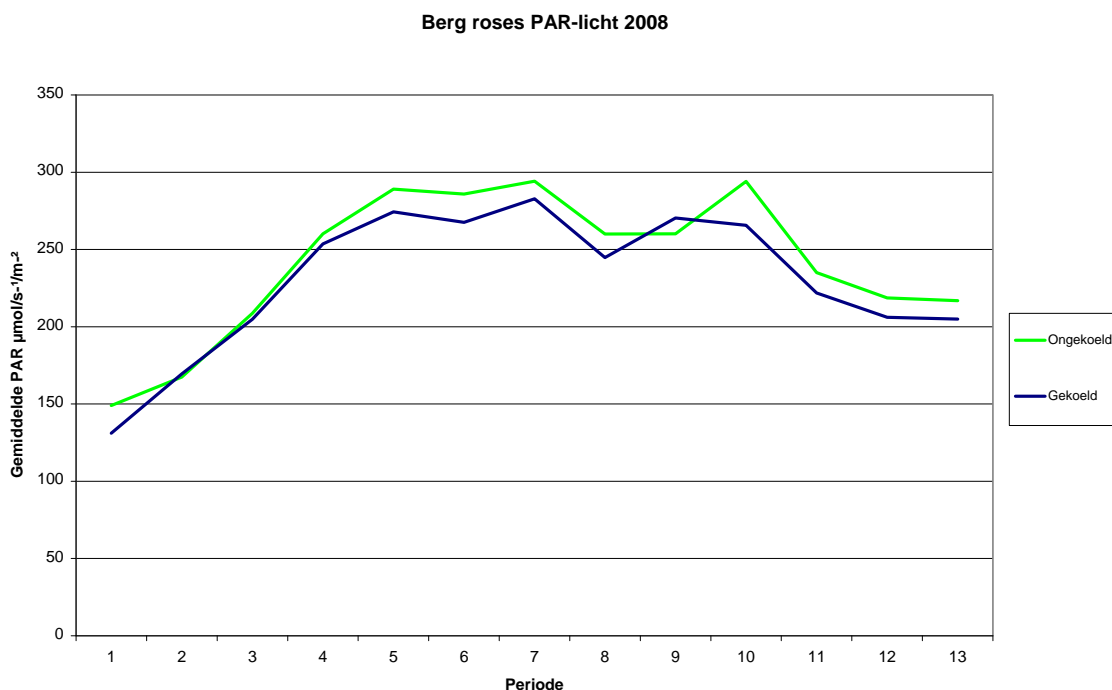
Figuur 13 Gemiddelde temperatuur Berg Roses 2008

Figuur 13 laat de gemiddelde temperatuur per periode zien. Duidelijk is te zien dat in de ongekoelde afdeling een hoger gemiddelde temperatuur is gerealiseerd. De gemiddelde temperatuur in de gekoelde afdeling is 19,6°C geweest en in de ongekoelde afdeling 19,9°C. Dit maakt een verschil van 0,3°C



Figuur 14 Gemiddelde CO₂ gehalte Berg Roses 2008

Figuur 14 laat het gemiddelde CO₂ gehalte zien per periode van 4 weken. Het gemiddelde CO₂ gehalte in de ongekoelde afdeling is op periode 6 na hoger geweest dan in de gekoelde afdeling. De gekoelde en ongekoelde afdeling zitten aangesloten op 1 stuurgroep. Een regelklep zorgt ervoor dat de afdeling met het laagste CO₂ gehalte het meeste CO₂ gedoseerd krijgt. Gemiddeld is het CO₂ gehalte in de gekoelde kas 887 ppm geweest en in de ongekoelde kas 947 ppm. Dit maakt een verschil van 60 ppm.



Figuur 15 Gemiddeld PAR-licht Berg Roses 2008

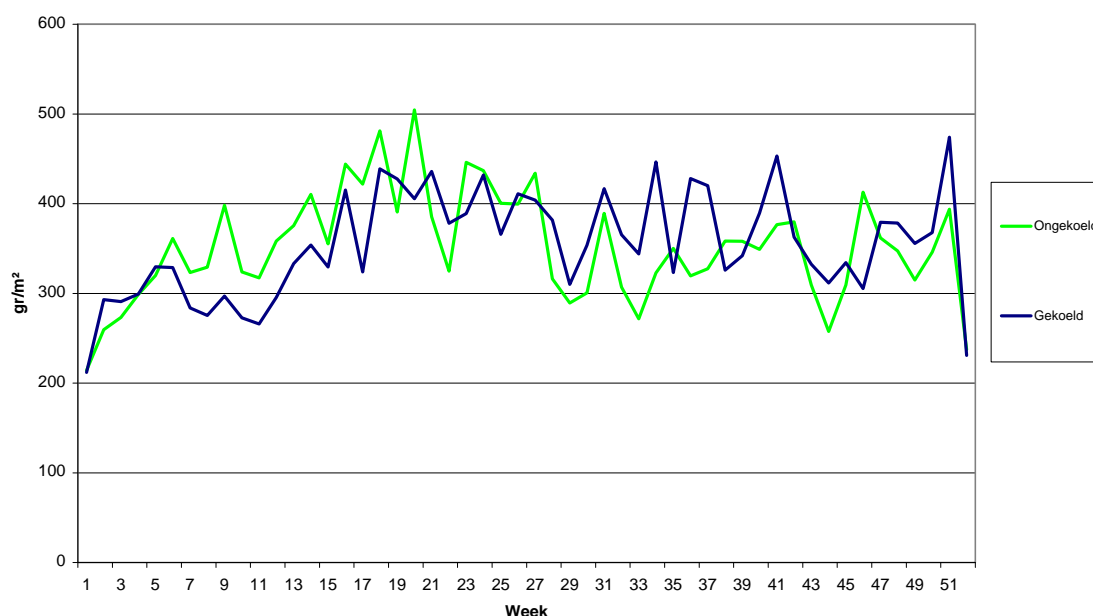
Figuur 15 laat het gemiddelde PAR licht per periode zien. Er is in de ongekoelde afdeling gemiddeld meer licht toegelaten dan in de gekoelde afdeling. In de gekoelde afdeling is er gemiddeld $231 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ PAR-licht geweest en in de ongekoelde afdeling $241 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ PAR-licht.

In hoofdstuk 4.1.2 worden de consequenties van de getoonde klimaatgegevens op de productie getoond.

4.1.2 Productiegegevens 2008

De totale productie (= oogst) gegevens van de gekoelde als de niet gekoelde afdeling bij Berg Roses is bijgehouden.

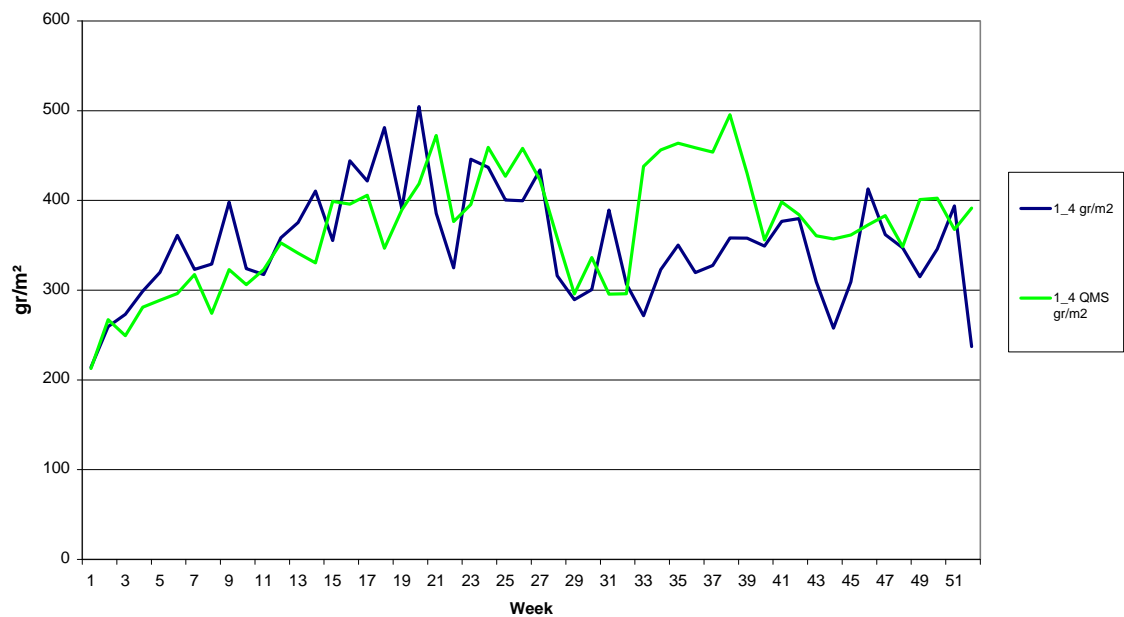
Vergelijk productie 2008



Figuur 16 Productiecijfers per week 2008 Berg Roses

Figuur 16 laat de productie cijfers zien van de gekoelde en ongekoelde afdeling bij Berg Roses in 2008. In het begin van het jaar is te zien dat de gekoelde afdeling iets voorloopt op de ongekoelde afdeling. Vanaf week 29 is in het merendeel van de gevallen de productie in de gekoelde afdeling hoger. De totale productie in de ongekoelde afdeling is $18,29 \text{ kg}$ en in de gekoelde afdeling $18,42 \text{ kg}$. Het absolute verschil tussen de gekoelde en niet gekoelde afdeling is $126 \text{ gr}/\text{m}^2$. Dit is 1% meer dan in de ongekoelde afdeling.

Productie ongekoeld 2008

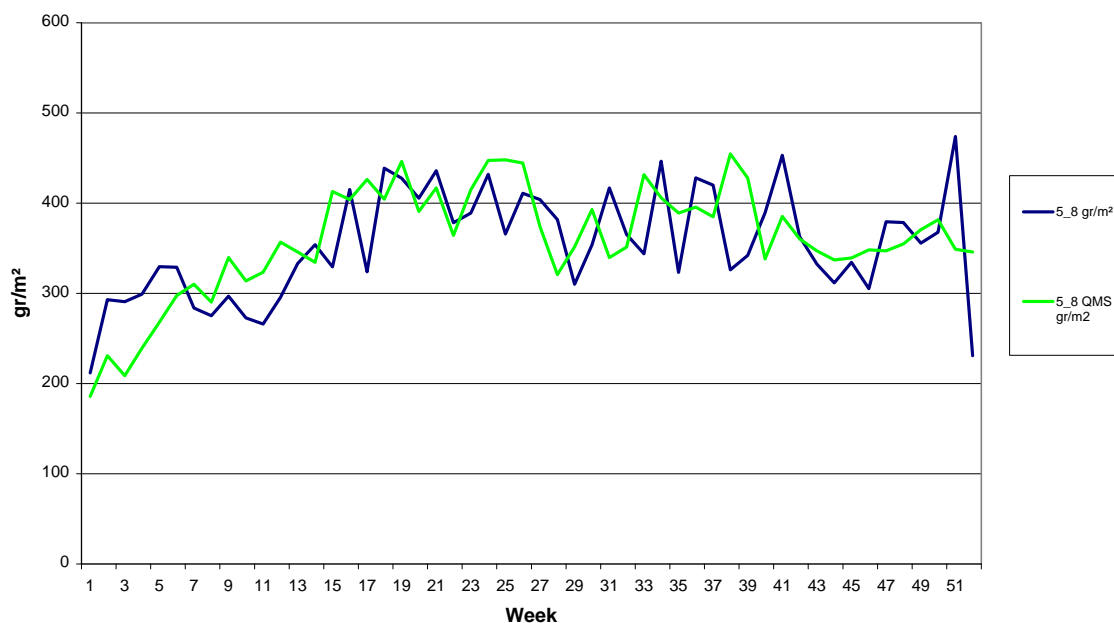


Figuur 17 Productiecijfers t.o.v. QMS ongekoeld 2008 Berg Roses

Figuur 17 laat de productie zien van de ongekoelde afdeling ten opzichte van de berekende productie met QMS (Quality Monitoring system). QMS berekent de productie aan de hand van verschillende klimaatparameters. Door de daadwerkelijk gerealiseerde productie met de berekende waarde te vergelijken, wordt bepaald hoe de plant 'gefunctioneerd' heeft.

Opvallend in Figuur 17 is de hoge piek in de berekening van week 33 t/m 39 waarbij de gerealiseerde productie achterblijft op de berekende productie. De reden hiervan is dat de belichtingsarmaturen daar vervangen zijn en QMS met een verhoogd PAR-cijfer is gaan meten. Het verschil is een lagere gerealiseerde productie van 899 gr/m^2 (5%) ten opzichte van de berekening.

Productie gekoeld 2008



Figuur 18 Productiecijfers t.o.v. QMS gekoeld 2008 Berg Roses

Figuur 18 laat de productie zien van de gekoelde afdeling ten opzichte van de berekende productie met QMS. Beide lijnen volgen elkaar goed. Het verschil is een lagere gerealiseerde productie van 270 gr/m² (1%) ten opzichte van de berekening. De planten hebben blijkbaar geen last gehad van stress. Van een extra meerproductie is geen sprake.

4.1.3 Kwaliteitsgegevens 2008

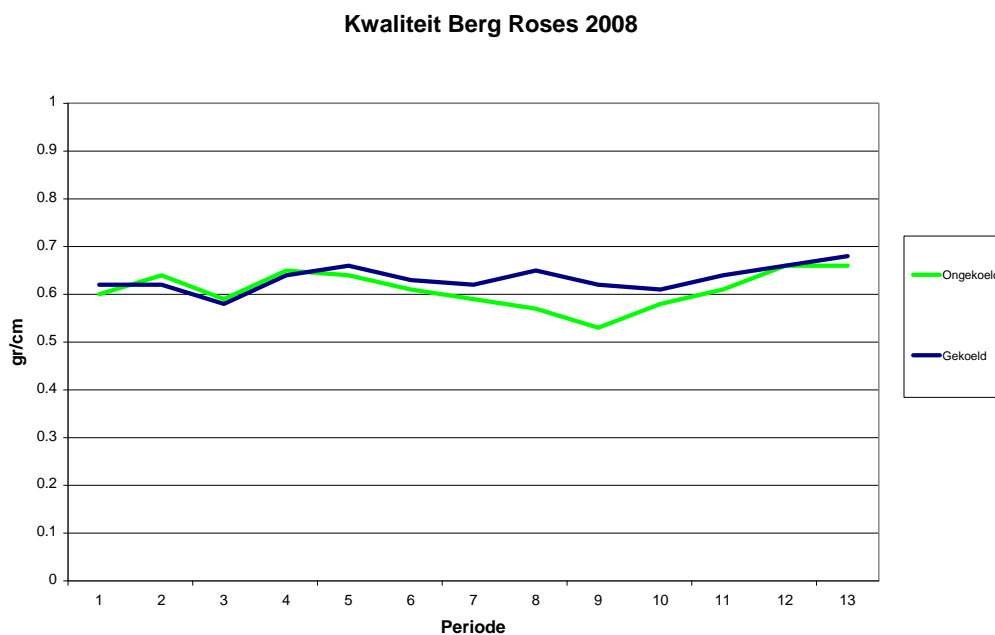
Om het effect van koelen op de kwaliteit van het geogste product in kaart te brengen zijn in Tabel 1 de gemiddelde taklengte en gewicht, kwaliteit en het aantal takken weergegeven. De waarden zijn gemiddelden van 13 periodes van 4 weken in 2008.

Tabel 1 Kwaliteitsgegevens gemiddeld per periode (4 weken) Berg Roses 2008

	Ongekoeld 2008	Gekoeld 2008	Vershil
S: Aant takken * (#/m ²)	36.8	35.2	-1.6
S: Gem, lengte * (cm)	63.0	63.7	0.7
S: Gem, takgewicht * (gr)	38.4	40.3	1.9
S: Kwaliteit * (gr/cm)	0.61	0.63	0.02

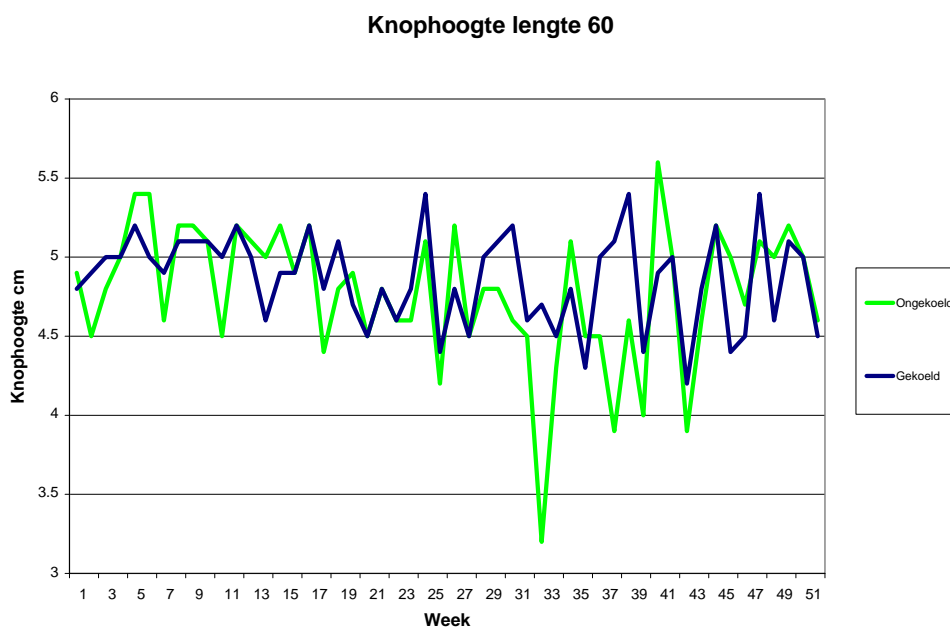
De gekoelde kas heeft gemiddeld 0,7 cm meer taklengte en 1,9 gr meer gewicht per tak. De kwaliteit van de takken zijn in de gekoelde afdeling beter met 0,02 gr/cm meer ten opzicht van de niet gekoelde kas. Het aantal takken is in de ongekoelde afdeling echter met gemiddeld 1,6 takken hoger per periode/m². Gekoeld heeft dus een iets hogere kwaliteit en ongekoeld een hogere kwantiteit.

Figuur 19 geeft het kwaliteitsverloop in gr/cm per periode van 2008 weer. De kwaliteit van de ongekoelde en gekoelde kas lopen aan het begin en eind van het jaar redelijk overeen. Periode 8 en 9 laat in de gekoelde afdeling een hogere kwaliteit zien



Figuur 19 Kwaliteitsverloop gekoelde en ongekoelde kas Berg Roses 2008

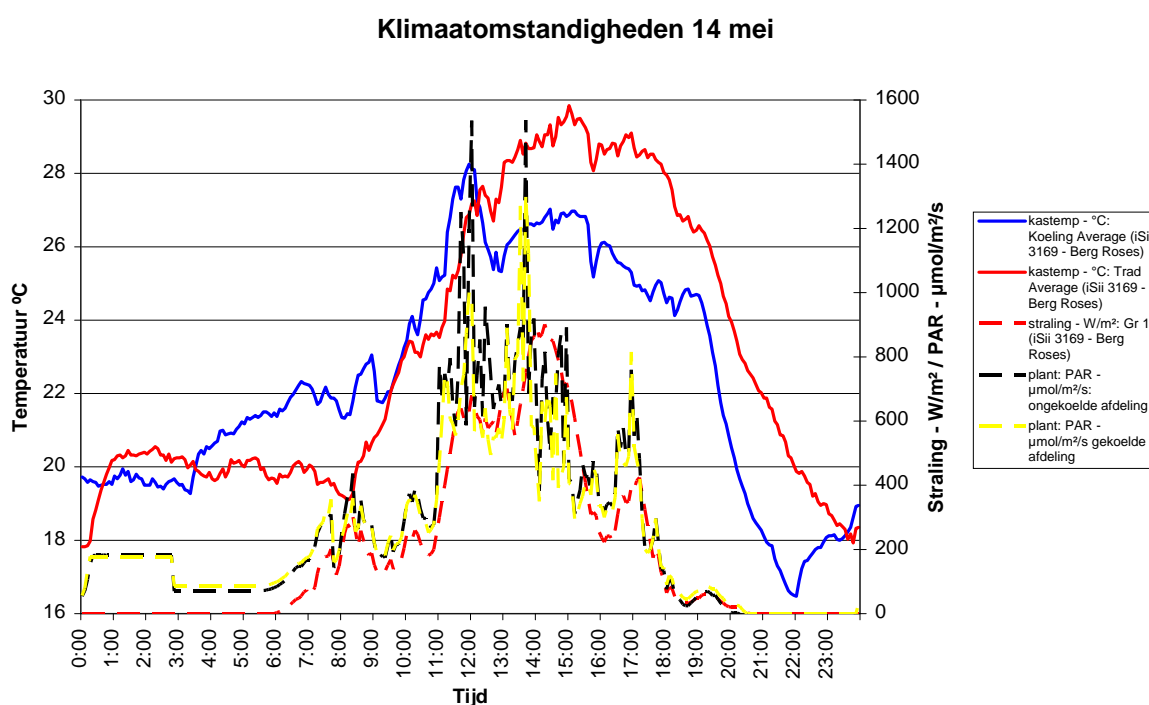
De knophoogte is gemiddeld over het jaar in de ongekoelde afdeling 4,78 cm en in de gekoelde afdeling 4,87 cm geweest. Dit maakt een verschil van 0,11 cm. Figuur 20 laat de knophoogte metingen van de gekoelde en ongekoelde afdeling per week zien.



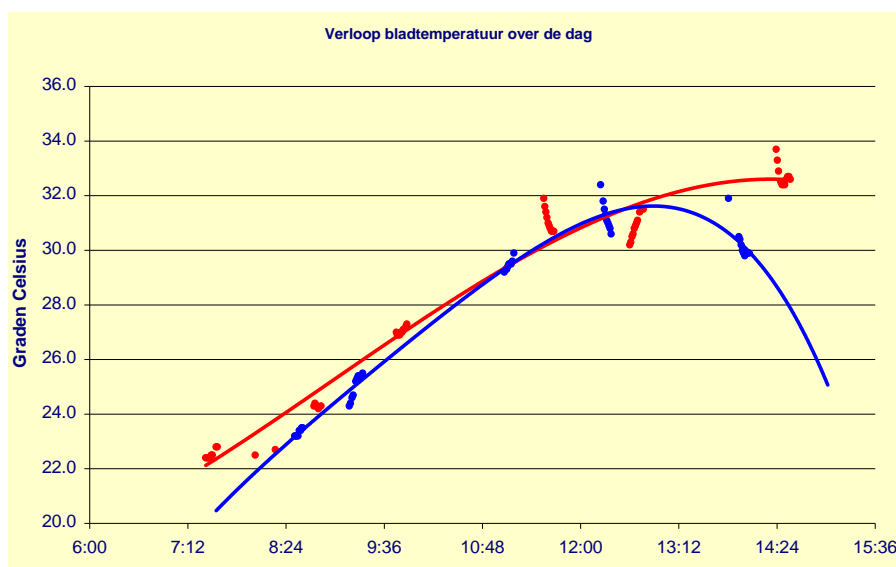
Figuur 20 Knophoogte lengte 60 Berg Roses

4.1.4 Planttemperatuurmetingen

Op 14 mei 2008 zijn er planttemperatuur metingen uitgevoerd en zijn er klimaatdata geregistreerd. Het was een zonnige dag. De assimilatiebelichting bedroeg $140 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ in de gekoelde kas en $110 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ in de ongekoelede kas en werd om 7:00 uur uitgeschakeld. Het scherm in de gekoelde kas werd om 12:24 dichtgetrokken. Figuur 21 geeft de omgevingstemperatuur, straling buiten en PAR licht binnen van de gekoelde en ongekoelede afdeling weer



Figuur 21 Klimaat omstandigheden 14 mei 2008 Berg Roses



Figuur 22 Planttemperatuurmetingen 14 mei 2008 Berg Roses

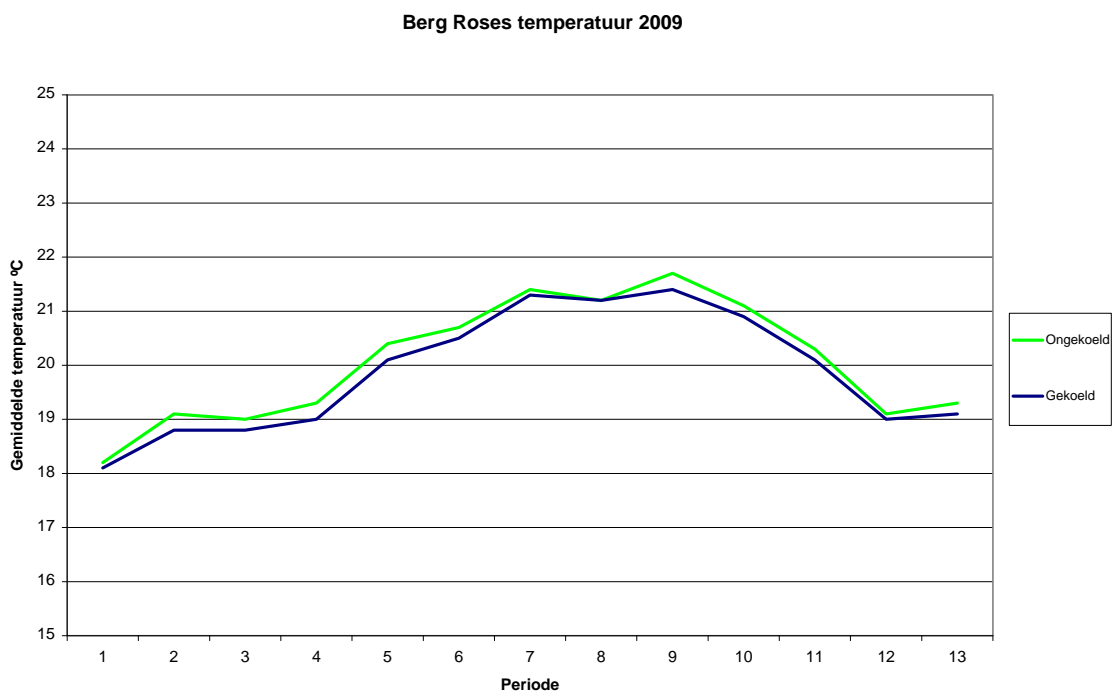
Voorgaande figuur laat de planttemperatuurmetingen zien die uitgevoerd zijn in de gekoelde en ongekoelede afdeling. In de ongekoelede kas was de gradiënt van de temperatuur in het gewas, (van top via midden naar ingebogen blad) door het gebruik van Reduheat betrekkelijk gering, namelijk minder dan 1 graad in de ochtend, 1,1°C rond het middaguur en 3,8°C in de middag. In de gekoelde kas was de gradiënt 's ochtends vroeg gelijk aan de ongekoelede kas. Daarna liep het verschil snel op en om 9:00 uur werd in de "gekoelde kas" al een gradiënt van 1,2°C gemeten. De koeling was toen echter nog uit. Om 10:45 uur was de bladtemperatuur in de "gekoelde kas" opgelopen tot 27,3°C. Op dat moment schakelde de koeling in. De bladtemperatuur van het topblad daalde binnen 3,5 minuten van 27,3 naar 25,8°C en de gradiënt keert om: boven 25,8°C onder 26,3°C. Het verschil tussen de top en het ingebogen blad is bij hoge instraling ongeveer 3,8°C in de ongekoelede kas en 1,2°C in de gekoelde kas.

De situatie was uitermate stabiel over de dag. Er waren geen noemenswaardige temperatuurschokken gemeten en de gradiënten over het gewas waren klein en waarschijnlijk zijn ze fysiologisch verwaarloosbaar. Het gewas zelf had een uitstekende conditie en reguleerde het klimaat voor een groot deel zelf. Het sluiten van het scherm heeft praktisch dezelfde koelende werking als de koelinstallatie zelf: een daling van de temperatuur met 1,5°C. Het verschil met de koeling was een kleinere gradiënt tussen top en bodem maar dit is een marginaal effect dat geen gevolgen heeft voor de teelt.

4.2 Gegevens 2009

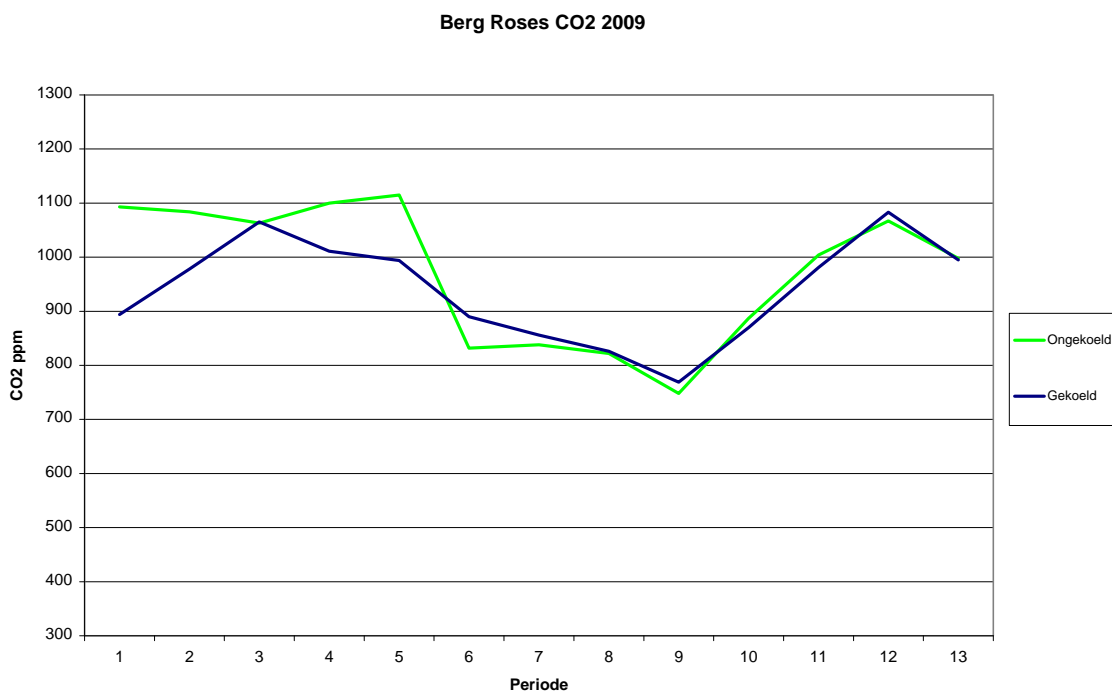
4.2.1 Klimaatmetingen koelen 2009

Het verloop van het klimaat bij Berg Roses in 2009 wordt in deze paragraaf besproken. Als eerste worden de gemiddelde waarden over het hele jaar getoond. Daarna wordt er specifiek op een koeldag ingegaan waarbij ook planttemperatuur metingen zijn gedaan.



Figuur 23 Gemiddelde temperatuur Berg Roses 2009

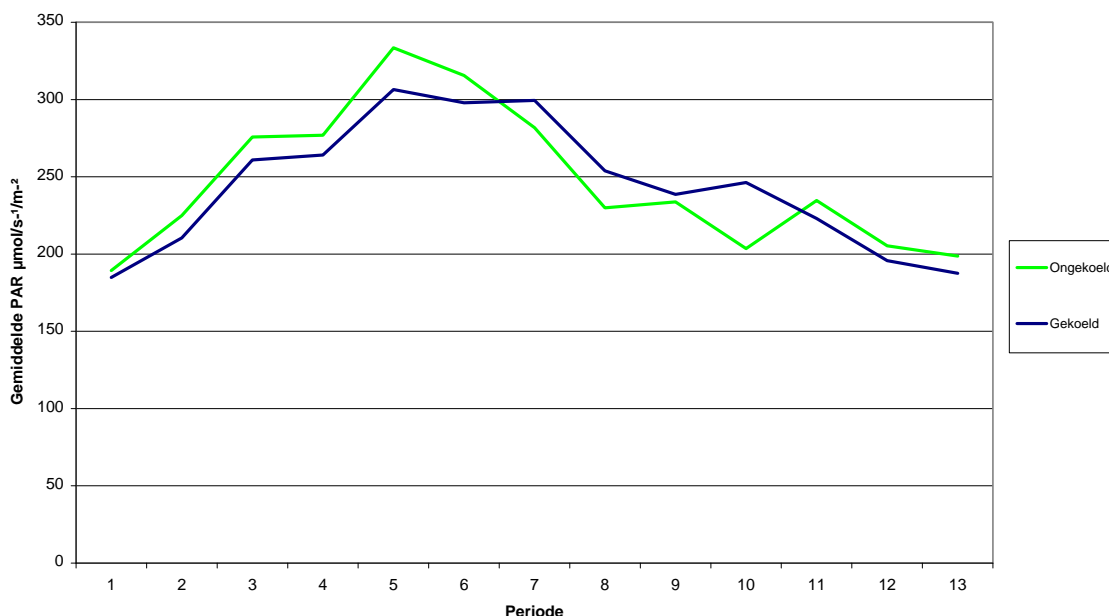
Figuur 23 laat de gemiddelde temperatuur per periode zien. Duidelijk is te zien dat in de ongekoelde afdeling een hoger gemiddelde temperatuur is gerealiseerd. De gemiddelde temperatuur in de gekoelde afdeling is 19,9°C geweest en in de ongekoelde afdeling 20,1°C. Dit maakt een verschil van 0,2°C.



Figuur 24 Gemiddelde CO₂ gehalte Berg Roses 2009

Figuur 24 laat het gemiddelde CO₂ gehalte zien per periode van 4 weken. Het gemiddelde CO₂ gehalte in de ongekoelde afdeling is t/m periode 5 duidelijk hoger geweest, daarna wordt het verschil kleiner. De gekoelde en ongekoelde afdeling zitten aangesloten op 1 stuurgroep. Een regelklep zorgt ervoor dat de afdeling met het laagste CO₂ gehalte het meeste CO₂ gedoseerd krijgt. Gemiddeld is het CO₂ gehalte in de gekoelde kas 939 ppm geweest en in de ongekoelde 973 ppm. Dit maakt een verschil van 34 ppm.

Berg Roses PAR-licht 2009



Figuur 25 Gemiddeld PAR-licht Berg Roses 2009

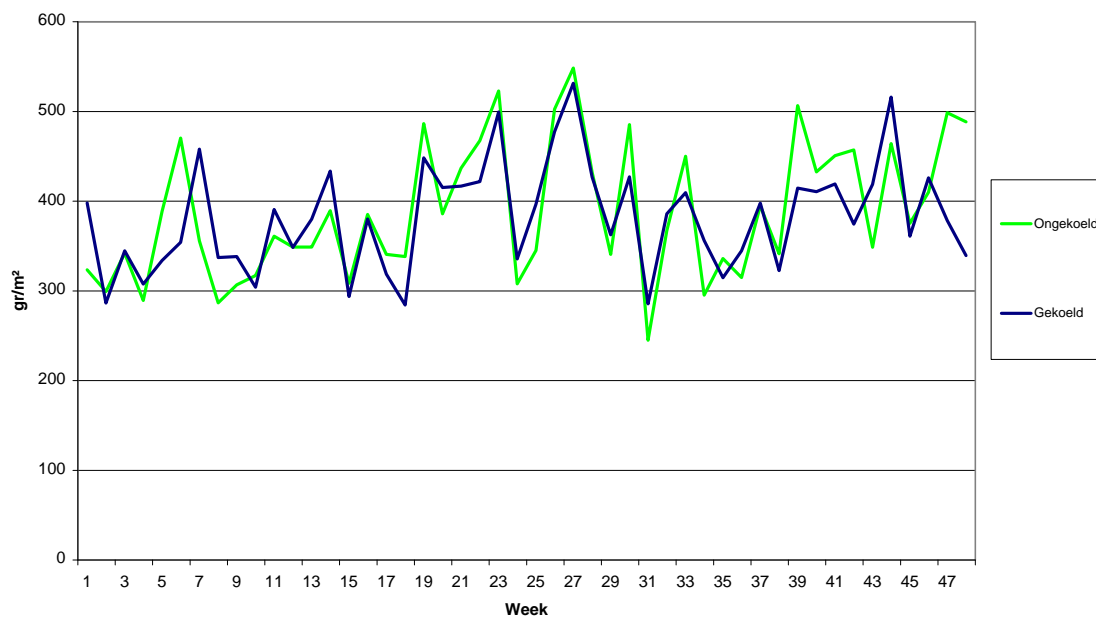
Figuur 25 laat het gemiddelde PAR licht per periode zien. Er is in de ongekoelde afdeling t/m periode 6 gemiddeld meer licht toegelaten dan in de gekoelde afdeling. Daarna is in gekoelde afdeling t/m periode 10 de PAR-licht waarde in de gekoelde afdeling hoger. In de gekoelde afdeling is er gemiddeld 244 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ PAR-licht geweest en in de ongekoelde afdeling 246 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ PAR-licht. In de ongekoelde kas is de gemiddeld PAR gedurende de eerste helft van het jaar hoger door minder schermdoekgebruik. Er was Reduheat aangebracht (18 emmers/ha). De gekoelde kas was niet gecoat.

In hoofdstuk 4.2.2 worden de consequenties van de getoonde klimaatgegevens op de productie getoond.

4.2.2 Productiegegevens 2009

De totale productiegegevens van de gekoelde en de niet gekoelde afdeling bij Berg Roses zijn bijgehouden.

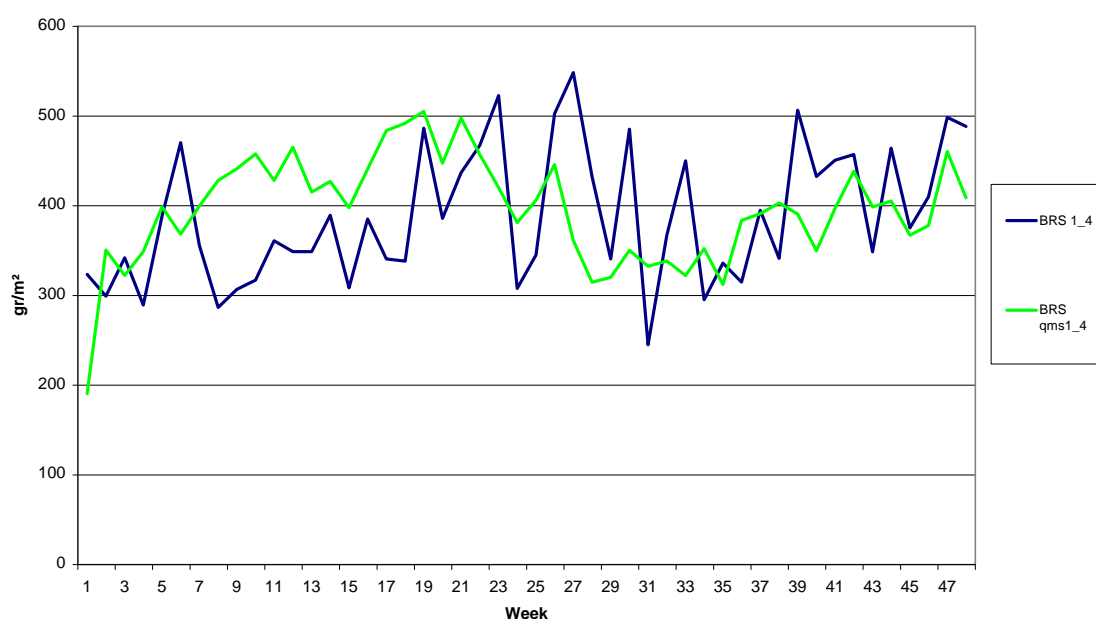
Vergelijk productie 2009



Figuur 26 Productiecijfers per week 2009 Berg Roses

Figuur 26 laat de productie cijfers zien van de gekoelde en ongekoelde afdeling bij Berg Roses in 2009. De productie hoeveelheid loopt gedurende het jaar redelijk gelijk. De totale productie in de ongekoelde afdeling is 18,63 kg en in de gekoelde afdeling 18,33 kg. Het absolute verschil tussen de gekoelde en niet gekoelde afdeling is 312 gr/m². Dit is 2% minder ten opzichte van de ongekoelde afdeling.

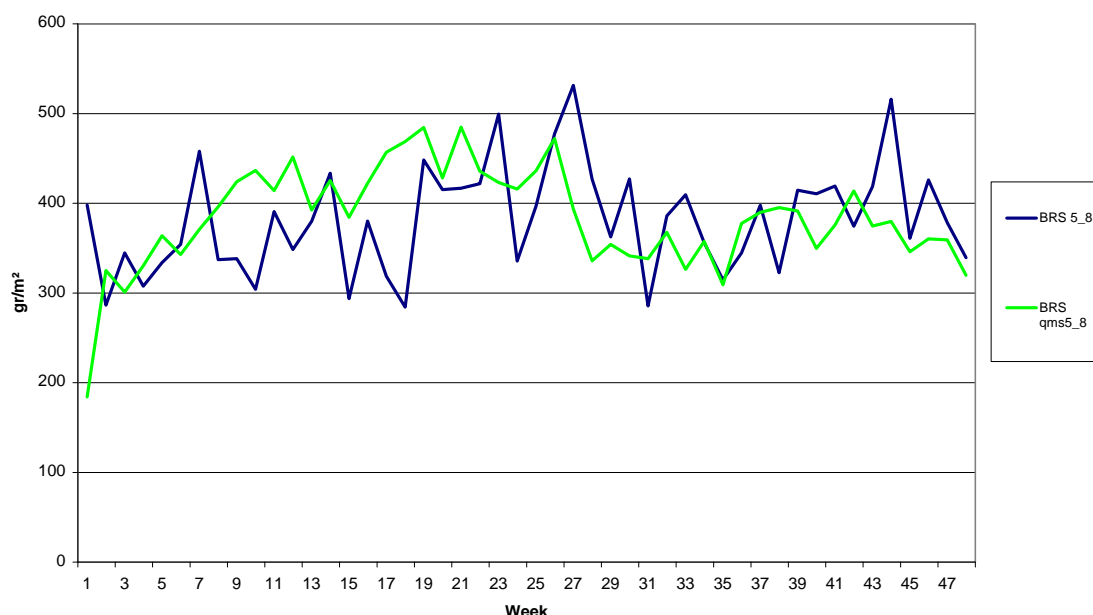
Productie ongekoeld 2009



Figuur 27 Productiecijfers t.o.v. QMS ongekoeld 2009 Berg Roses

Figuur 27 laat de productie zien van de ongekoelde afdeling ten opzichte van de berekende productie met QMS. Opvallend is dat aan het begin van het jaar t/m week 17 de berekende productie hoger is dan de gerealiseerde productie. In de ongekoelde kas is er veel corrigerend snoeiwerk d.m.v. onderdoor knippen verricht om de steelkwaliteit te verbeteren. Hierdoor heeft de productie tijdelijk in moeten boeten. Daarna zijn wat hogere pieken in de gerealiseerde productie te zien ten opzichte van de berekende. Uiteindelijk is een lagere gerealiseerde productie van 355 gr/m² (2%) ten opzichte van de berekening gerealiseerd.

Productie gekoeld 2009



Figuur 28 Productiecijfers t.o.v. QMS gekoeld 2009 Berg Roses

Figuur 28 laat de productie zien van de gekoelde afdeling ten opzichte van de berekende productie met QMS. Van week 9 t/m week 18 loopt de berekende productie iets voor. De reden hiervan is dat er net zoals in ongekoelde kas corrigerend snoeiwerk d.m.v. onderdoor knippen is verricht. In de gekoelde kas is dit in mindere mate nodig geweest dan de ongekoelde kas. Daarna lopen de lijnen redelijk gelijk met wat pieken daar gelaten. Het verloop ten opzichte van de ongekoelde afdeling is wat rustiger met een minder grillig verloop. Uiteindelijk is een lagere gerealiseerde productie van 102 gr/m² (1%) ten opzichte van de berekening gerealiseerd.

4.2.3 Kwaliteitsgegevens 2009

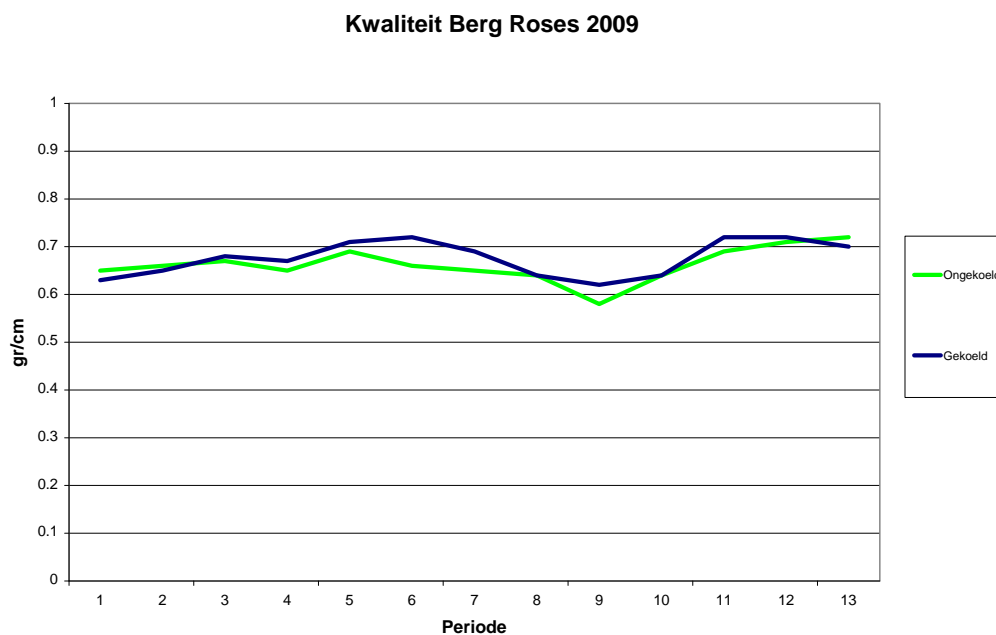
Om het effect van koelen op de kwaliteit van het geogste product in kaart te brengen zijn in Tabel 2 de gemiddelde taklengte, het takgewicht, kwaliteit en het aantal takken weergegeven. De waardes zijn gemiddelden van 13 periodes van 4 weken in 2009.

Tabel 2 Kwaliteitsgegevens gemiddeld per periode (4 weken) Berg Roses 2009

	Ongekoeld 2009	Gekoeld 2009	Vershil
S: Aant takken * (#/m ²)	35.8	34.3	-1.5
S: Gem, lengte * (cm)	63.5	63.9	0.4
S: Gem, takgewicht * (gr)	42.1	43.3	1.2
S: Kwaliteit * (gr/cm)	0.66	0.68	0.02

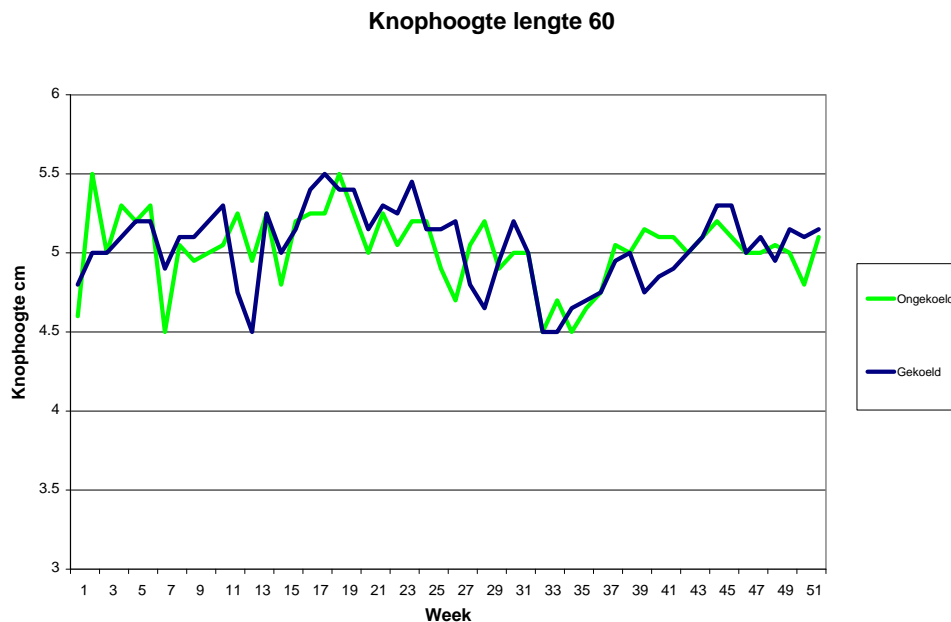
De gekoelde kas heeft gemiddeld 0,4 cm meer taklengte en 1,2 gr meer gewicht per tak. De kwaliteit van de takken zijn in de gekoelde afdeling beter met 0,02 gr/cm meer ten opzicht van de niet gekoelde kas. Het aantal takken is in de ongekoelde afdeling met gemiddeld 1,5 takken hoger per m². Gekoeld heeft dus een iets hogere kwaliteit en ongekoeld een hogere kwantiteit. De verschillend zijn echter gering.

Figuur 29 geeft het kwaliteitsverloop in gr/cm per periode van 2009 weer. De kwaliteit van de gekoelde kas loopt over het algemeen iets voor op de kwaliteit van ongekoelde kas.



Figuur 29 Kwaliteitsverloop gekoelde en ongekoelde kas Berg Roses 2009

De knophoogte is gemiddeld over het jaar in de ongekoelde afdeling 5,03 cm en in de gekoelde afdeling 5,04 cm geweest. Dit maakt een verschil van 0,01 cm. Figuur 30 laat de knophoogte metingen van de gekoelde en ongekoelde afdeling per week zien.



Figuur 30 Knophoogte lengte 60 2009 Berg Roses

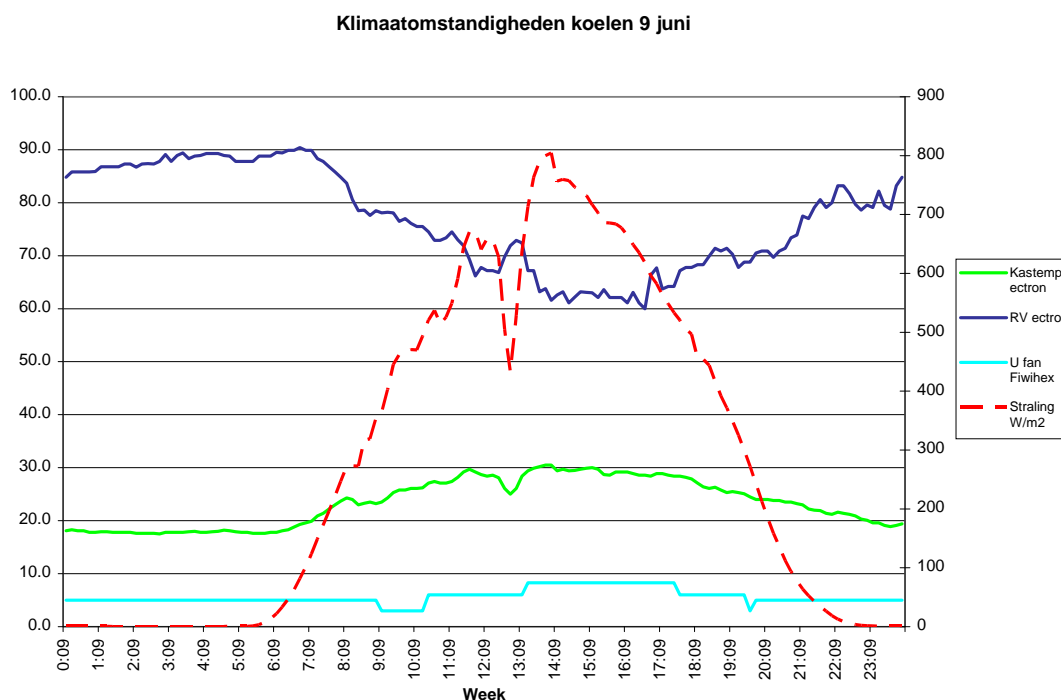
4.3 Conclusies bovendoor koelen van den Berg Roses

- De planttemperatuurgradiënt wordt kleiner als er (bovendoor) gekoeld wordt in vergelijking met de niet gekoelde afdeling.
- In 2008 is de knop in de gekoelde afdeling iets groter dan in de ongekoelde afdeling. In 2009 is er nagenoeg geen verschil.
- De ongekoelde afdeling heeft een lagere gerealiseerde productie (5% in 2008 en 2% in 2009) dan de berekende productie. De gekoelde afdeling heeft een lager gerealiseerde productie van (1% 2008 en 2009) dan de berekende productie.
- De gekoelde afdeling heeft meer kwaliteit en de ongekoelde afdeling heeft meer kwantiteit. De verschillen zijn echter erg klein.

5 Resultaten bovendoor koelen en verwarmen G.J. van der Weijden

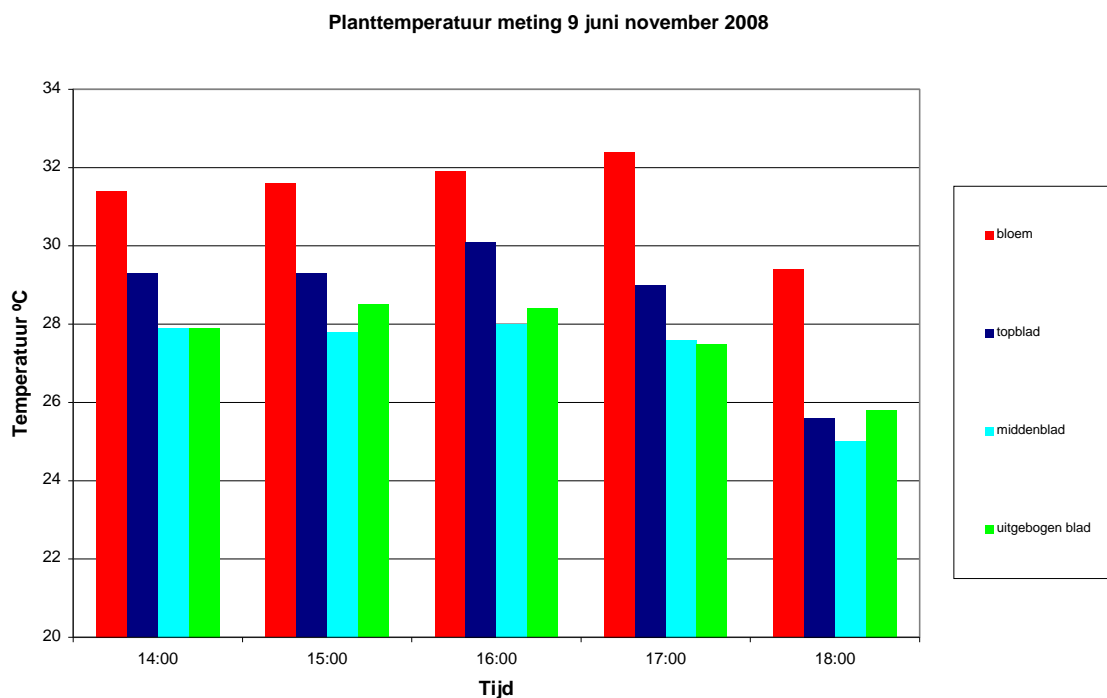
5.1 Klimaatmetingen bovendoor koelen 2008

In 2008 hebben er verschillende metingen plaatsgevonden om het effect van bovendoor koelen in kaart te brengen. De volgende 2 figuren laten de klimaat- en planttemperatuur metingen zien tijdens een koeldag op 9 juni 2008.



Figuur 31 Klimaatomstandigheden koelen 9 juni G.J. van der Weijden

Figuur 31 laat de klimaatomstandigheden zien op 9 juni. Het was een overwegend zonnige dag waarbij de straling opliep tot boven de 800 watt/m². Het scherm (LS obscura) stond half dicht tijdens de koelperiode. Rond 18:00 uur liep deze open. Ramen stonden ver open en de dakberegening aan. De koeling draait voortdurend. De aanvoer temperatuur is gemiddeld 16°C en de retour 21°C. De koelcapaciteit was te klein op deze dag.



Figuur 32 Planttemperatuurmeting 9 juni G.J. van der Weijden

Figuur 32 laat de planttemperatuurmetingen zien die op 9 juni uitgevoerd zijn. Opvallend is te zien dat de bloemtemperatuur vanaf twee uur nog stijgt terwijl de straling zijn hoogtepunt bereikt heeft rond 14:00 uur en daarna langzaam afneemt. Op bladniveau is de gradiënt altijd kleiner dan 2°C. In deze periode zijn ook fotosynthesemetingen verricht. De resultaten hiervan staan in bijlage 2.

Doel van de planttemperatuur metingen was om de effecten van bovendoor koelen met de Fiwihex in kaart te brengen. Ondanks de beperkte koelcapaciteit verschilt de bladtemperatuur op alle gemeten hoogtes niet veel met de omgevingstemperatuur. De knoepstemperatuur geeft wel een groter verschil aan met de omgevingstemperatuur. Metingen gedaan in 2009 bij Boonekamp Roses geven een kleinere gradiënt aan bij bovendoor koelen. Dit wil zeggen dat door de beperkte koelcapaciteit de bloemtemperatuur ver opgelopen is. Deze is echter wel af te koelen door bovendoor te koelen, indien er genoeg koelcapaciteit is.

5.2 Klimaatmetingen bovendoor verwarmen 2008 – 2009

5.2.1 Opzet

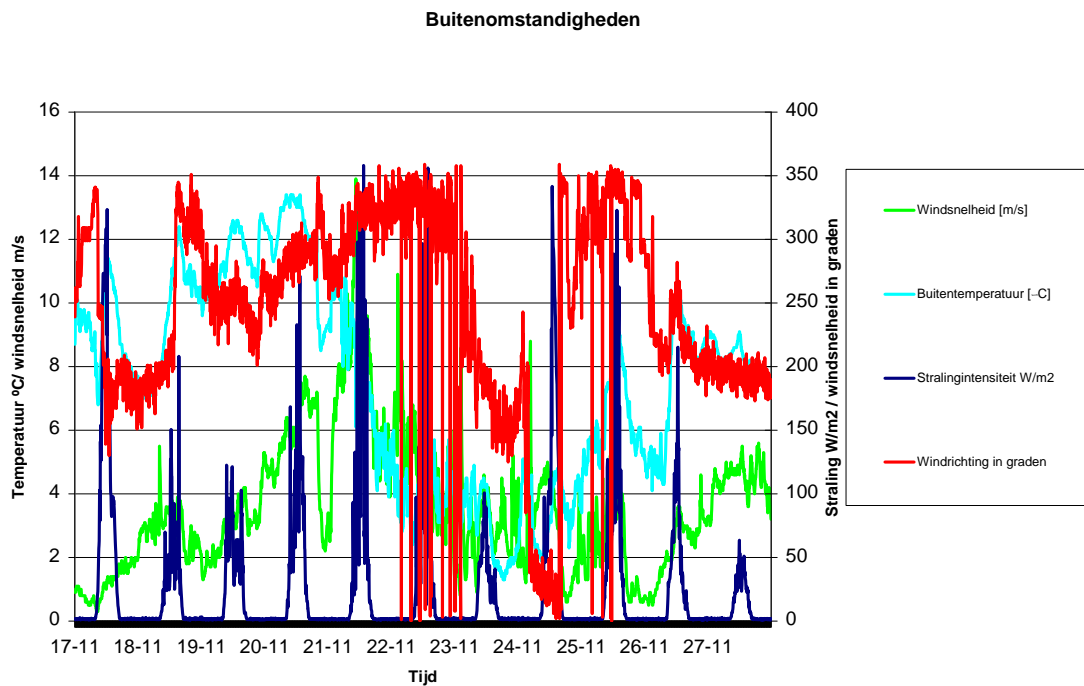
Tijdens een intensieve meetperiode van 17 t/m 28 november 2008 zijn er verschillende proeffactoren onderzocht wbt het verwarmen met de Fiwihex, ondernet met minimumbuis, ondernet zonder minimum buis en de Fiwihex ventilatorstand aan en een combinatie van deze twee. In Tabel 3 staat het tijdschema van de proefperiode weergegeven.

Tabel 3 Tijdschema proeffactoren verwarmen G.J. van der Weijden

Tijdschema proeffactoren verwarmen G.J. van der Weijden		
Datum	Tijd	
17-11	15:00	Conventioneel verwarmen ondernet met een minimum buis
19-11	14:00	Conventioneel verwarmen ondernet en ventilator aan op 58% gedeeltelijk zonder minimum buis, waarbij de buistemperatuur verhoogd werd bij een te laag vochtdeficit.
21-11	8:30	Conventioneel verwarmen ondernet en ventilator aan 40% gedeeltelijk zonder minimum buis, waarbij de buistemperatuur verhoogd werd bij een te laag vochtdeficit.
21-11	12:30	Verwarmen met de Fiwihex ventilatorregeling op een range van 40-70%.
24-11	5:30	Verwarming met de Fiwihex op 58% ingesteld.
25-11	7:30	Verwarming met de Fiwihex op 80% gezet.
25-11	13:00	Verwarming met de Fiwihex ventilator regeling op een range van 40 - 58%.
14-02	Nacht meting	Extra meting waarbij het ondernet uit heeft gestaan, om het netto effect van het verwarmen met de Fiwihex in kaart te brengen.

Om de effecten van deze proefsituaties in kaart te brengen zijn er verschillende klimaatmetingen verricht. De horizontale temperatuurverdeling is in kaart gebracht door 160 dataloggers op verschillende hoogtes op te hangen. In de paragraaf Horizontale temperatuurverdeling worden de resultaten hiervan besproken. Bij deze metingen zijn alleen de nachtperiodes relevant. Overdag hebben de loggers te veel last van stralingsinvloed. De verticale temperatuursverdeling en de verticale vochtverdeling is bepaald door te meten met akoestische meetapparatuur. De resultaten hiervan zijn beschreven in paragraaf Verticale temperatuur- en vochtverdeling. In de laatste paragraaf worden de luchtstromen die gecreëerd worden door de Fiwihex ventilator, ondernet, klimaatregeling en buiteninvloeden beschreven.

In de volgende figuur zijn de buitenomstandigheden tijdens de hele proefperiode weergegeven.

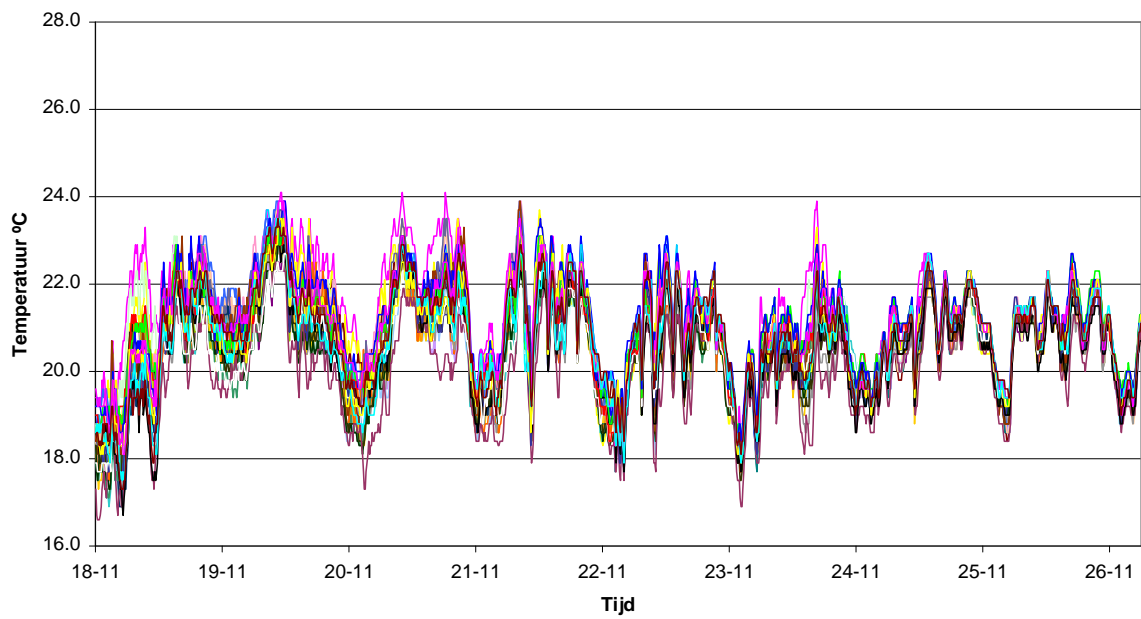


Figuur 33. Buitenomstandigheden tijdens proefperiode

5.2.2 Horizontale temperatuurverdeling

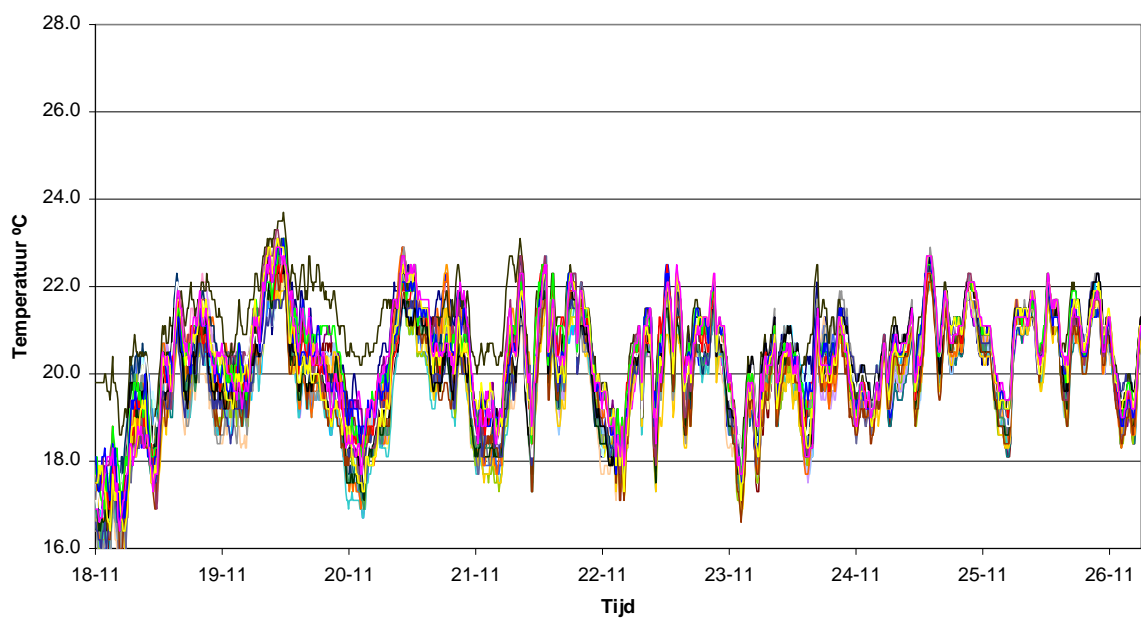
Om de horizontale temperatuurverdeling in het proefvak te bepalen zijn op 20 verschillende posities in de kas temperatuurloggers opgehangen op vier verschillende hoogtes, namelijk onder de teeltgoot, ingebogen blad, gewas en bloemhoogte. De resultaten van de metingen zijn in de volgende figuren weergegeven.

Horizontale temperatuurverdeling onder de teeltgoot



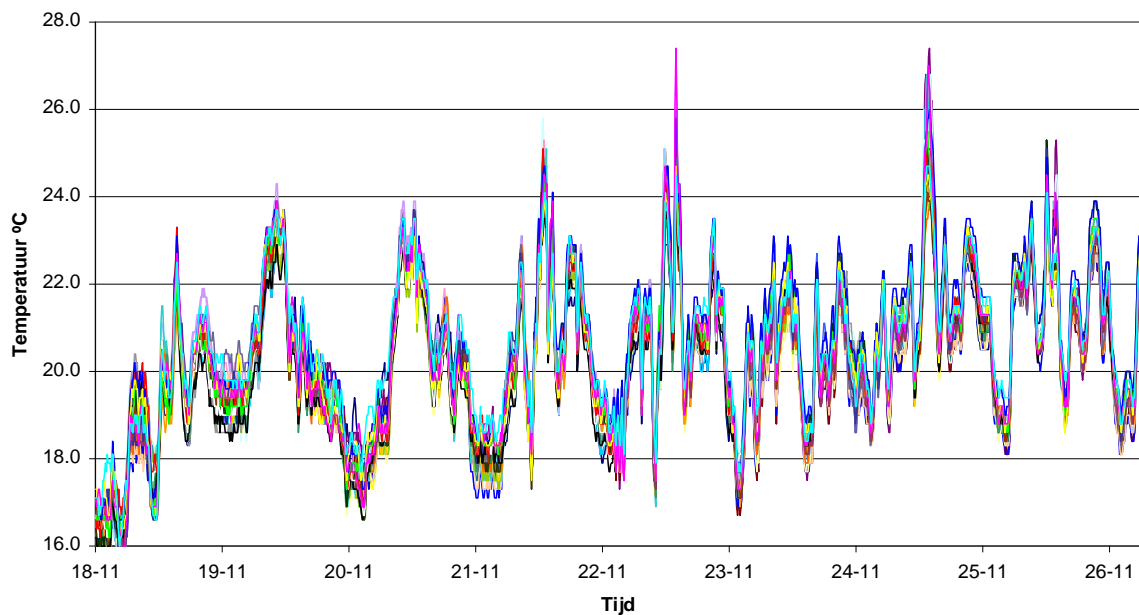
Figuur 34 Horizontale temperatuurverdeling onder de teeltgoot G.J. van der Weijden

Horizontale temperatuurverdeling ingebogen blad



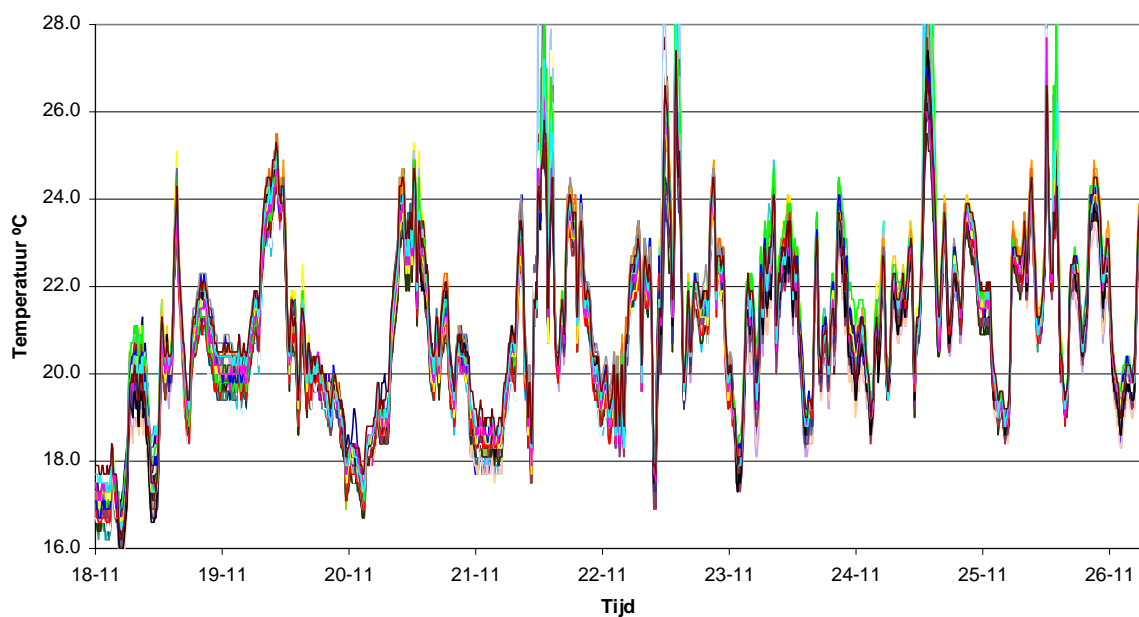
Figuur 35 Horizontale temperatuurverdeling ingebogen bladhoogte G.J. van der Weijden

Horizontale temperatuurverdeling gewashoogte



Figuur 36 Horizontale temperatuurverdeling gewashoogte G.J. van der Weijden

Horizontale temperatuurverdeling bloemhoogte



Figuur 37 Horizontale temperatuurverdeling bloemhoogte G.J. van der Weijden

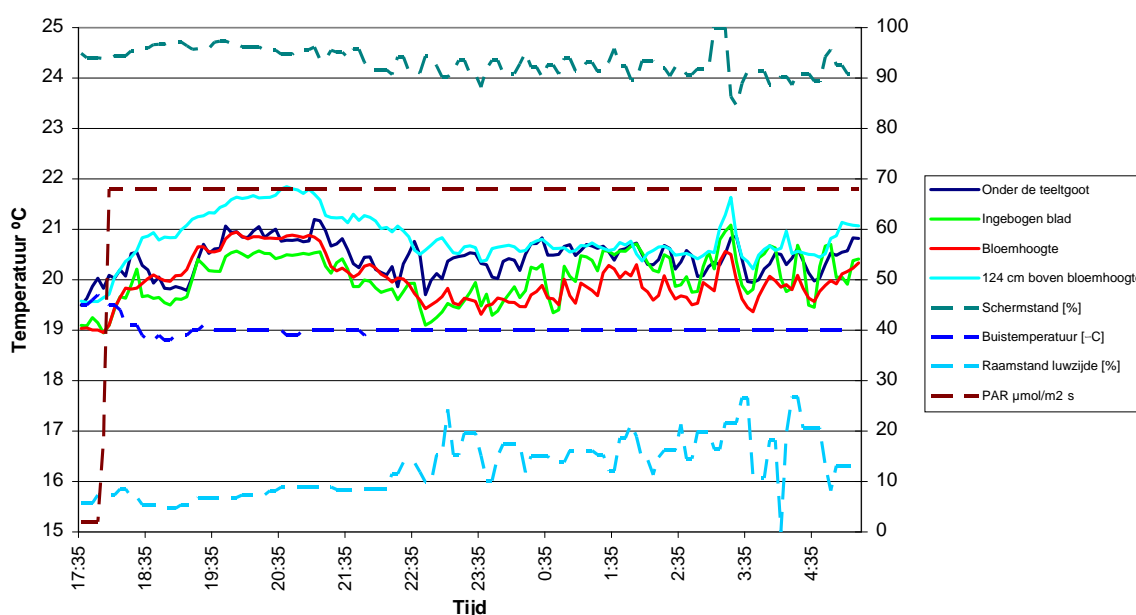
In alle voorgaande figuren is te zien dat in het begin van de proefperiode de temperatuursvariatie op de verschillende hoogtes in de nachtperiodes tussen de 2 en 3°C ligt. Als op 19 november de Fiwihex ventilator aangaat is er geen verbetering te zien van de temperatuursvariatie. Pas als er daadwerkelijk met de Fiwihex verwarmd gaat worden (vanaf 21 november) wordt op alle hoogtes de verdeling beter. Een nuance die

aangebracht moet worden is dat de buitenomstandigheden tijdens de proefperiode sterk variëren. Deze kunnen ook nog effect gehad hebben op de temperatuurverdeling. Dit neemt niet weg dat de verdeling met verwarming met de Fiwihex van 21 t/m 26 november constant beter is geweest dan conventioneel verwarmen van 18 t/m 21 november.

5.2.3 Verticale temperatuur- en vochtverdeling

Er zijn bij verschillende proefsituaties een aantal vaste metingen uitgevoerd om de verticale temperatuur- en vocht gradiënt in kaart te brengen. De resultaten daarvan worden in deze paragraaf besproken.

Verticale temperatuurverdeling 18-19 november

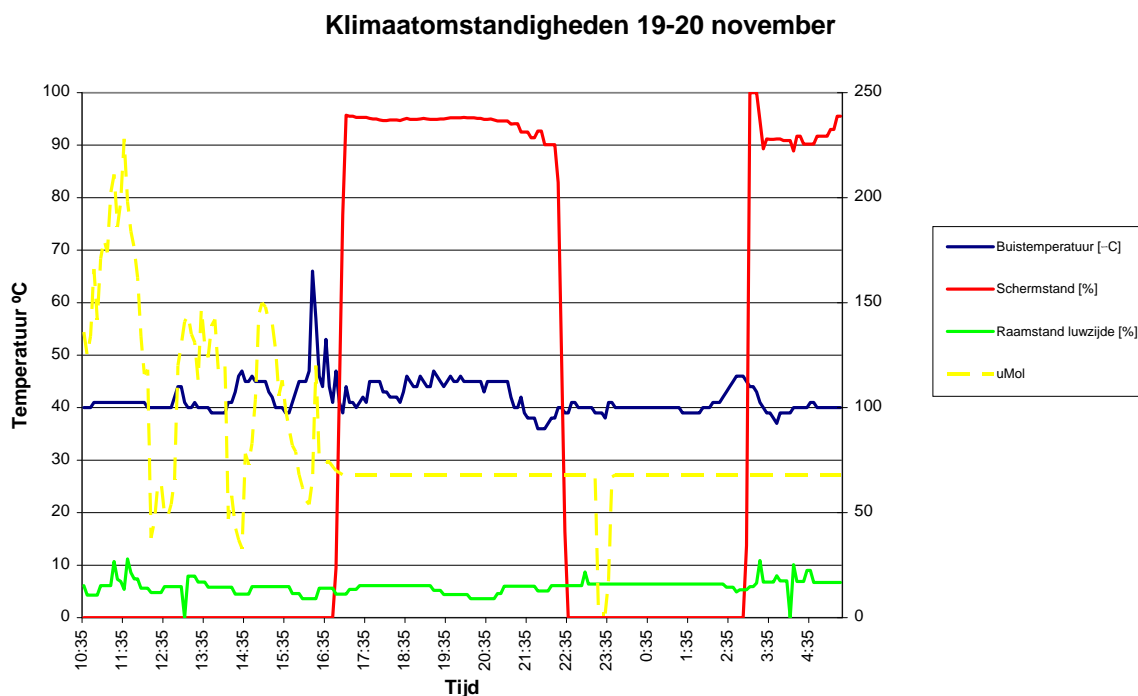


Figuur 38 Verticale temperatuurverdeling conventioneel verwarmen met minimum buis G.J. van der Weijden

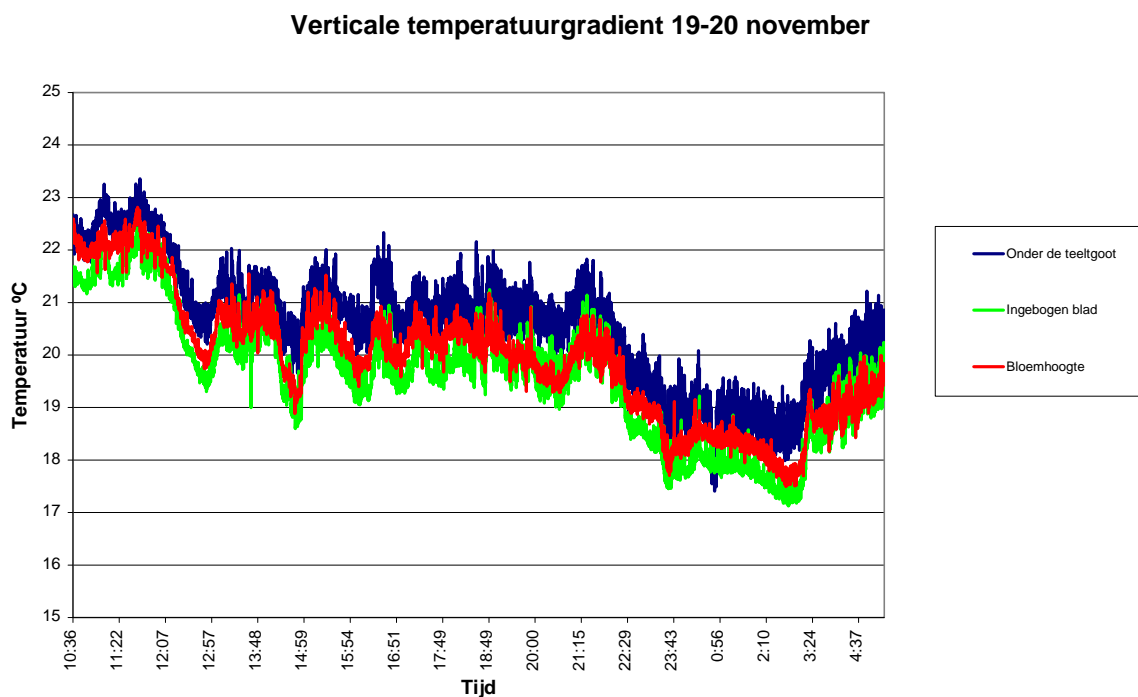
Figuur 38 laat de verticale temperatuurgradiënt zien waarin er conventioneel met het ondernet verwarmd wordt. Het ondernet heeft voor het grootste gedeelte op 40°C gelegen. De Fiwihex stond uit. De temperatuurgradiënt is redelijk constant en laat geen grote verschillen zien. De meting toont aan dat de traditionele manier van verwarmen een goede verticale verdeling van de temperatuur geeft.

De vochtmetingen gaven tijdens deze meting geen betrouwbaar beeld. Aangenomen mag worden dat deze eenzelfde soort beeld geven als de temperatuur metingen. Wat wil zeggen een kleine gradiënt.

De volgende figuren laten de klimaatomstandigheden, verticale temperatuur- en vochtgradiënt zien wanneer er verwarmd wordt met het ondernet en de Fiwihex ventilator aan.

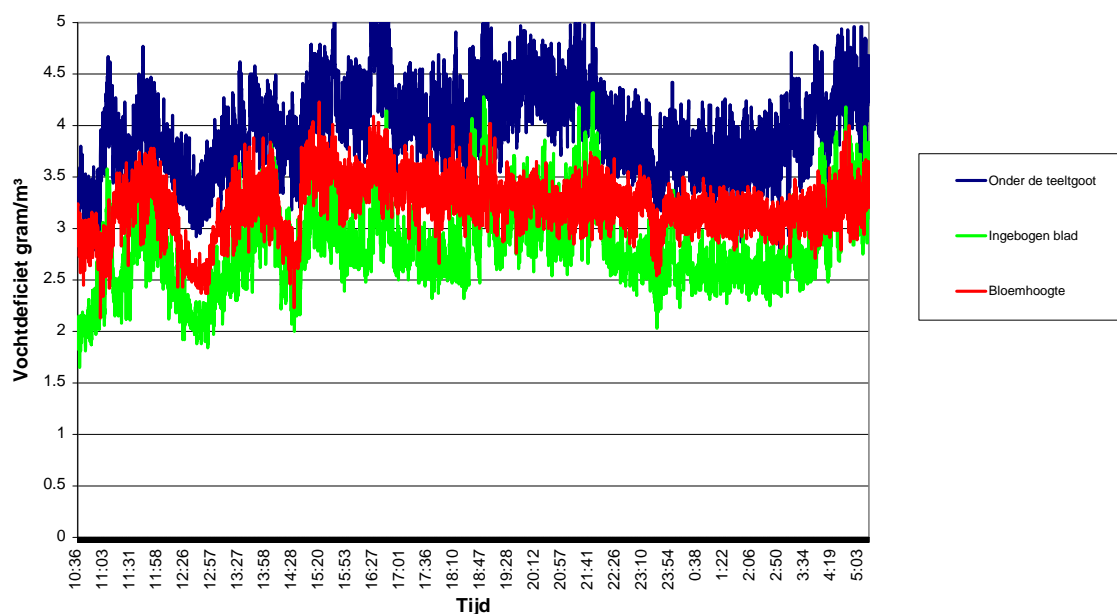


Figuur 39 Klimaatomstandigheden conventioneel verwarmen zonder minimumbuis en ventilatorstand op 58% G.J. van der Weijden



Figuur 40 Verticale temperatuurverdeling conventioneel verwarmen gedeeltelijk zonder minimum buis en Fiwhex ventilator op 58% G.J. van der Weijden

Verticale vochtgradient 19-20 november



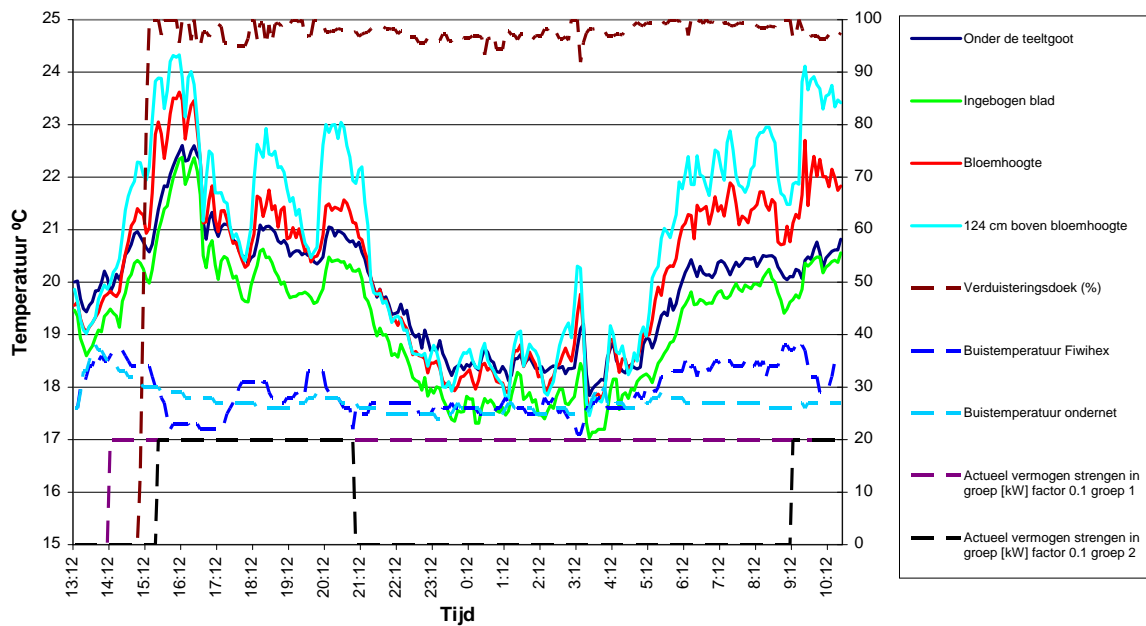
Figuur 41 Verticale vochtverdeling conventioneel verwarmen gedeeltelijk zonder minimum buis en Fiwihex ventilator op 58% G.J. van der Weijden

Figuur 40 laat over de gehele periode eenzelfde temperatuursgradiënt zien. In de meting is de belichting constant aan geweest met uitzondering van een kort moment om 23:30 uur. Op dat punt is een kleine daling te zien van de temperatuur. Kijken we naar de vochtgradiënt in Figuur 41 dan zien we hetzelfde beeld als bij de temperatuur.

Doel van de meting was om aan te tonen hoeveel effect de Fiwihex ventilator heeft op de temperatuur- en vochtverdeling en daarmee de mogelijkheid om de minimum buistemperatuur lager in te stellen. Het verschil met de meting zonder Fiwihex ventilator aan op 18-19 november, is dat de temperatuur tijdens de meting met de ventilator aan op bloemhoogte bijna altijd hoger ligt dan op ingebogen bladhoogte. Bij de meting zonder Fiwihex ventilator aan, weergegeven in Figuur 38, is de temperatuur op bloemhoogte vaak wat lager dan temperatuur op ingebogen blad. Dat dit verschil vrijwel niet optreedt bij de meting met ventilator aan zou kunnen wijzen op het efficiënt benutten van lampwarmte door luchtcirculatie. Andere effecten die een lagere temperatuur op bloemhoogte kunnen bewerkstelligen zijn de raam- en schermstand. Wanneer deze verder open gaan is in verhouding ook een versnelde daling van de temperatuur op bloemhoogte te zien.

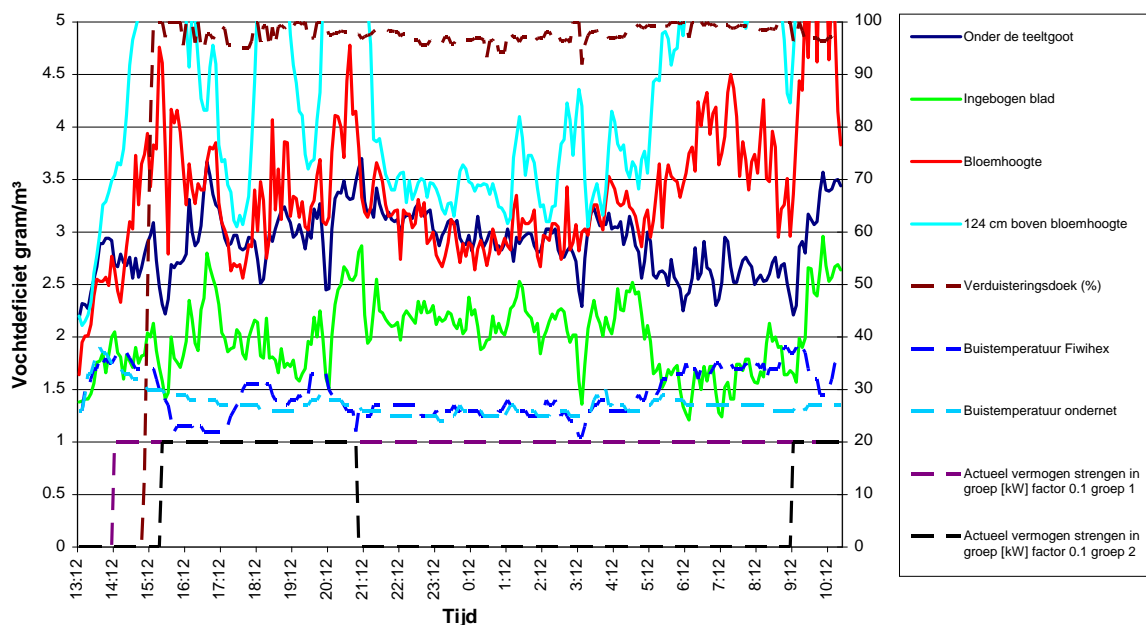
De volgende figuren laten de klimaatomstandigheden, verticale temperatuur- en vochtgradiënt zien wanneer er verwarmd wordt met de Fiwihex.

Verticale temperatuurgradient 26-27 november

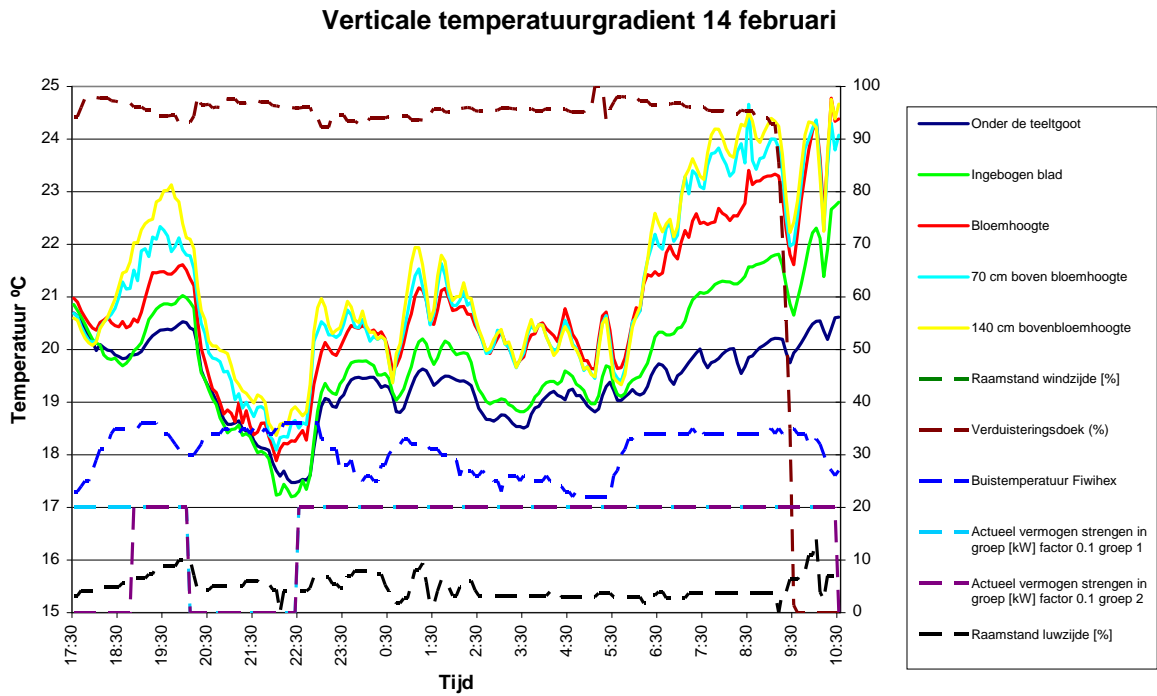


Figuur 42 Verticale temperatuurverdeling verwarming met fiwihex 40-58% G.J. van der Weijden

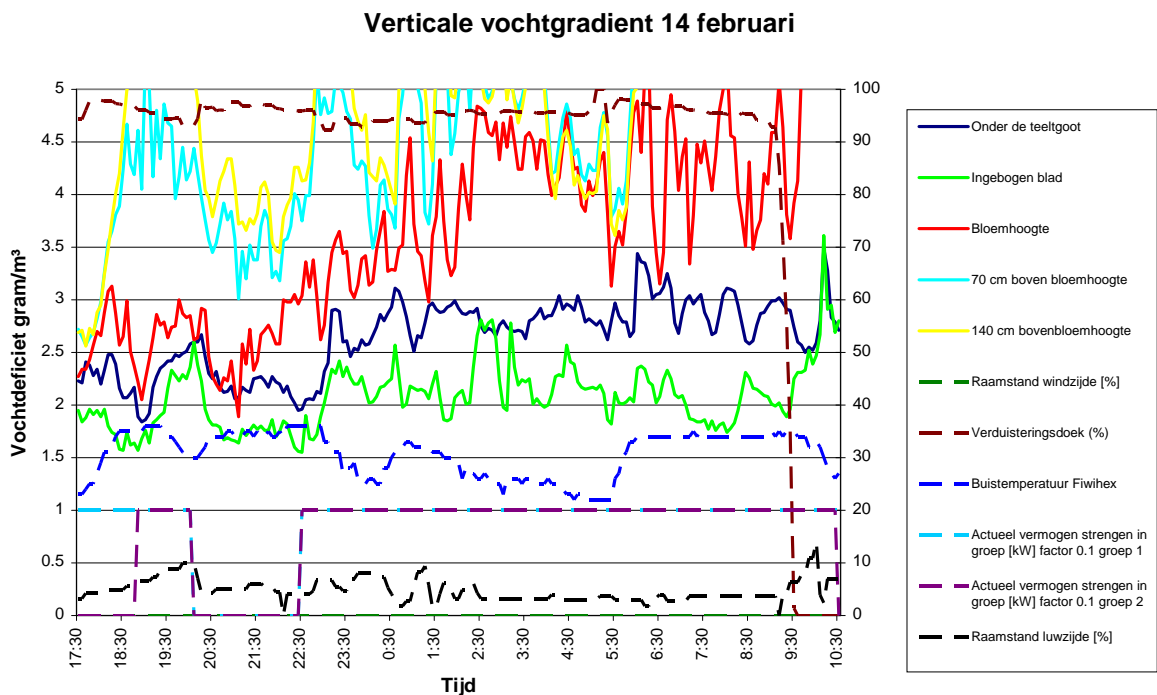
Verticale vochtgradient 26-27 november



Figuur 43 Verticale vochtverdeling verwarming met fiwihex 40-58% G.J. van der Weijden



Figuur 44 Verticale temperatuurverdeling verwarming met fiiwihex 40-58% G.J. van der Weijden



Figuur 45 Verticale vochtverdeling verwarming met fiiwihex 40-58% G.J. van der Weijden

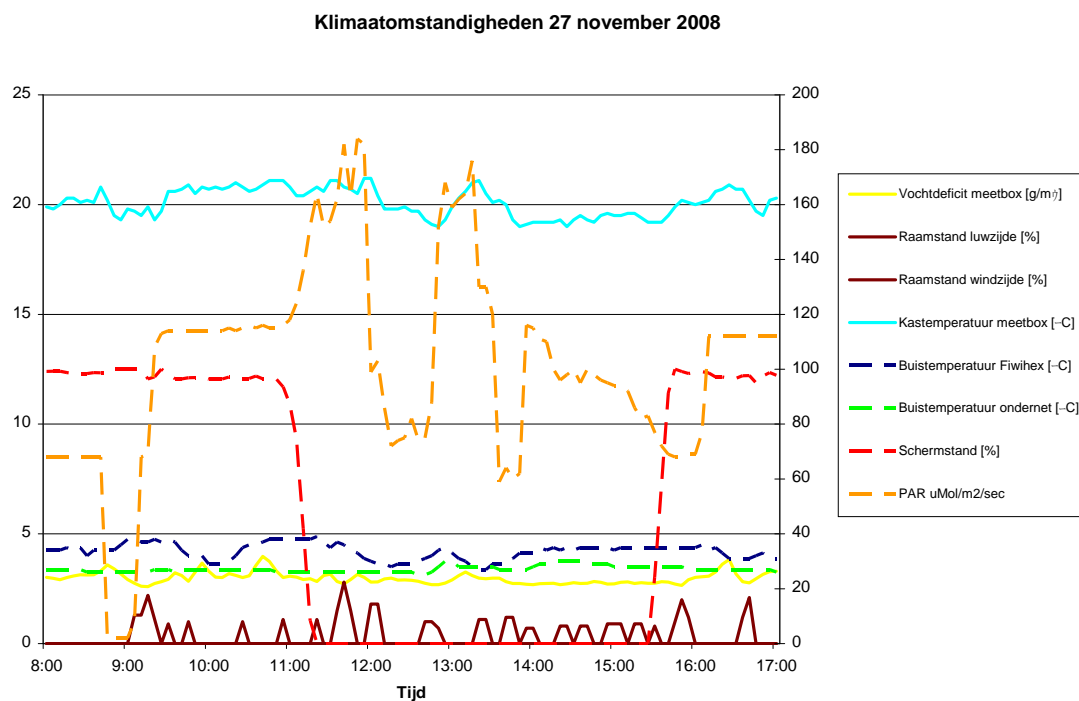
In Figuur 42 en Figuur 43 is er verwarmd met de Fiwihex en een lauw ondernet met een temperatuur tussen de 25 en 30°C. In Figuur 44 en Figuur 45 is verwarmd met de Fiwihex zonder dat het ondernet mee verwarmd. Kijkend naar Figuur 44 zien we dat wanneer er meer warmte naar de kas gestuurd wordt, hoe groter de verticale gradiënt wordt. Van 2:30 tot 5:30 uur is er minder warmtevraag. Het is hier ook duidelijk te zien dat de temperatuur naar elkaar toe trekt. Na 5:30 uur gaat de verwarmingstemperatuur omhoog en loopt de aanvoer temperatuur Fiwihex op naar 35°C. Hierbij loopt het verschil tussen ingebogen blad en bloemhoogte op tot $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$. De temperatuur onder de goot blijft het laagst. Dus wanneer er veel warmtevraag is, wordt de verticale gradiënt groter.

Als we Figuur 42 en Figuur 44 met elkaar vergelijken zien we dat het ondernet bij de eerste meting maar voor een klein deel effect heeft gehad op de temperatuurgradiënt. Beide meetdagen laat een gradiënt zien tussen de bloem en het ingebogen blad. Het vochtgehalte is op beide meetdagen op ingebogen bladhoogte het laagst, en is daarmee ook de meest kritische plek voor wat betreft het nat slaan van het gewas.

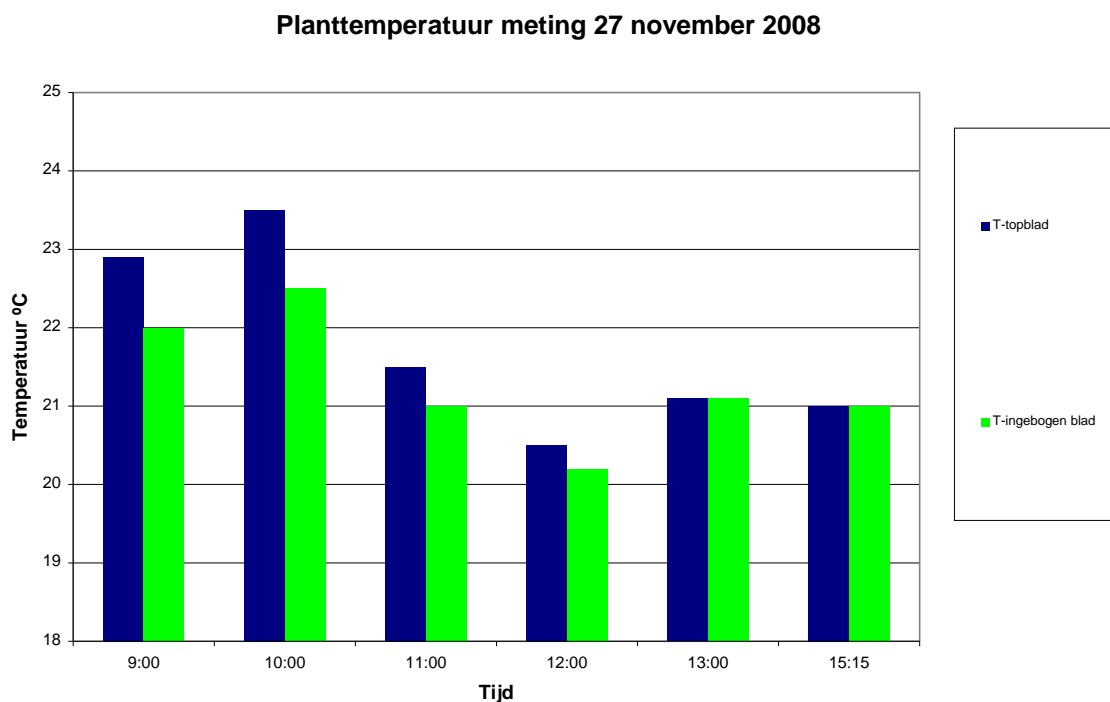
Doel van de metingen was om aan te tonen of het mogelijk is om met de Fiwihex te verwarmen. Uit de metingen blijkt dat de temperatuur- en vochtgradiënt een stuk groter worden dan bij de conventionele situatie. In de praktijk zal het dan ook noodzakelijk zijn om met het ondernet bij te stoken om de temperatuur- en vochtverschillen kleiner te maken.

5.2.4 Planttemperatuur metingen

Om een goed beeld te krijgen van het effect van bovendoor verwarmen op de plant zijn er op een dag op november fotosynthese- en planttemperatuurmetingen uitgevoerd. De planttemperatuurmetingen zijn weergegeven in Figuur 47 de klimaatomstandigheden tijdens die dag zijn weergegeven in Figuur 46.



Figuur 46 Klimaatomstandigheden bovendoor verwarmen G.J. van der Weijden



Figuur 47 Planttemperatuur meting tijdens bovendoor verwarmen G.J. van der Weijden

Kijkend naar Figuur 46 zien we dat het een bewolkte dag was waarbij de belichting de hele dag heeft aangestaan. Een uitzondering daarop is rond 13:00 uur waarbij de belichting tijdelijk uitviel door een storing. Dit is te zien aan de PAR-waardes.

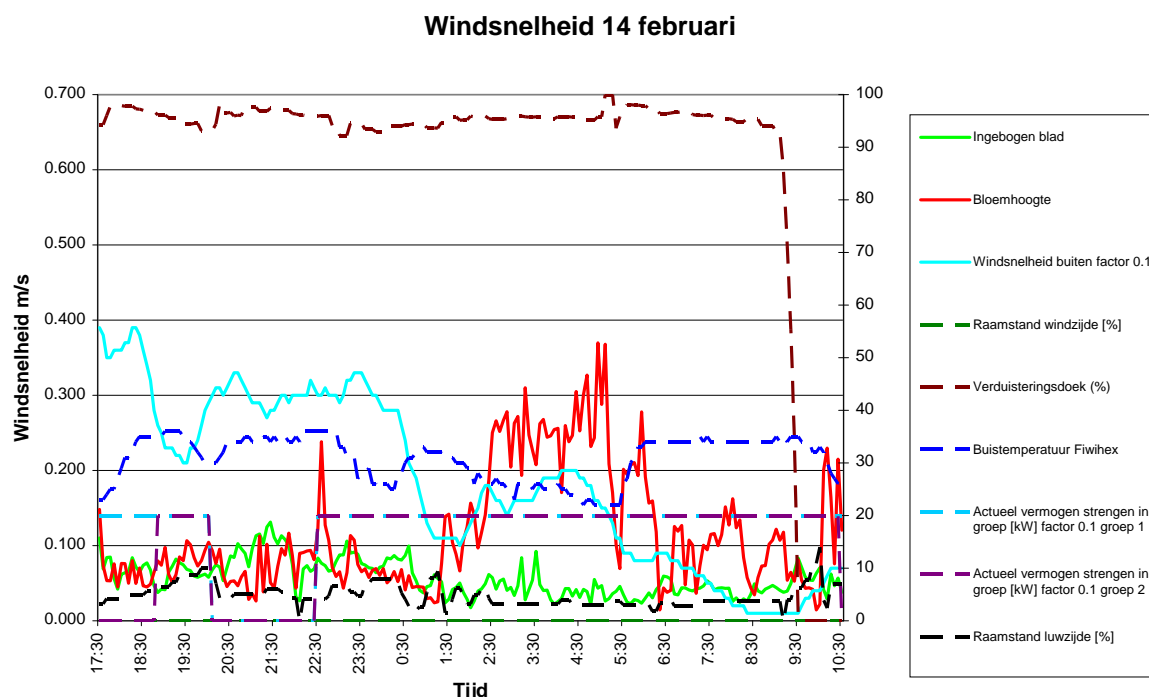
Het grootste verschil in planttemperatuurgradiënt is te zien aan het begin van de ochtend. Dit komt goed overeen met de omgevingstemperatuurmetingen waarin bij het opwarmen van de kaslucht de gradiënt groter wordt. Naarmate de temperatuur stabiliseert trekken de temperaturen naar elkaar toe.

De planttemperatuur metingen laten geen grote verticale gradiënt zien tussen ingebogen blad en top blad. Gezien deze metingen lijkt het goed mogelijk om bovendoor te verwarmen.

5.2.5 Luchtstromen

Om de luchtstromen in kaart te brengen is op vaste punten bij verschillende situaties gemeten. Naast de vaste puntmetingen zijn er zogenaamde Quick scans gemaakt zoals beschreven in Hoofdstuk 3.2.2 Quick scan. In deze paragraaf worden de resultaten hiervan besproken.

In onderstaande grafiek is de windsnelheid op ingebogen blad en bloemhoogte weergegeven op 13-14 februari 2009. De meting is verricht in het midden van een tralie.



Figuur 48 Windsnelheden ingebogen blad en bloemhoogte verwarmen met de Fiwihex met een ventilatorstand van 40% G.J. van der Weijden

Figuur 48 laat zien dat er een minimale luchtbeweging is op ingebogen bladhoogte. Op bloemhoogte varieert de snelheid erg sterk terwijl de ventilatorstand constant op dezelfde

waarde heeft staan draaien. De windsnelheid buiten begint met ongeveer 4 m/s. Rond 0:30 uur daalt deze naar ongeveer 1 m/s en dat is tevens het moment dat de luchtstroming op bloemhoogte hoger wordt. Verklaring zou kunnen zijn dat de luchtstroom van de fiwihex in tegengesteld richting waaide als de natuurlijke stroom in de kas.

Doel van deze meting is geweest in hoeverre het circuleren van de kaslucht met de Fiwihex effect heeft op de luchtbeweging in de kas. Uit de meting blijkt dat klimaat omstandigheden buiten en binnen de kas een sterke invloed hebben op de luchtbeweging in de kas. Het is dan ook de vraag in hoeverre de Fiwihex ventilator bijdraagt aan bijvoorbeeld een verhoogde vochtafvoer op ingebogen bladhoogte.

Quick scans

Van verschillende situaties zijn Quick scans gemaakt. Er is steeds gemeten op vier hoogtes. De hoogtes zijn weergegeven in Figuur 49 en zijn vanaf de grond gemeten. Het betref de volgende hoogtes:

- 45 cm onder de teeltgoot,
- 103 cm net boven het ingebogen blad,
- 180 cm is ter hoogte van de bloem en
- 304 cm is ongeveer 50 cm onder de Fiwihex uitblaas.

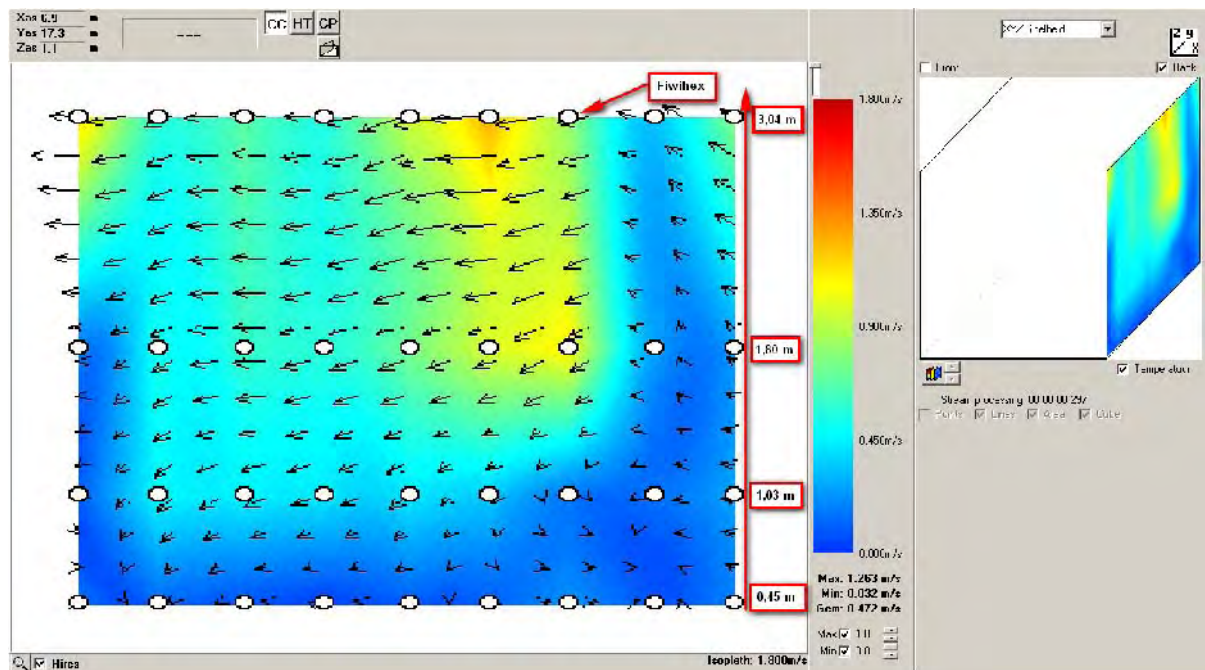
De sensoren hebben gemeten boven het pad.

Van iedere situatie zijn twee plaatjes weergegeven. Een bovenaanzicht op bloemhoogte en een zijaanzicht in lijn met de Fiwihex.

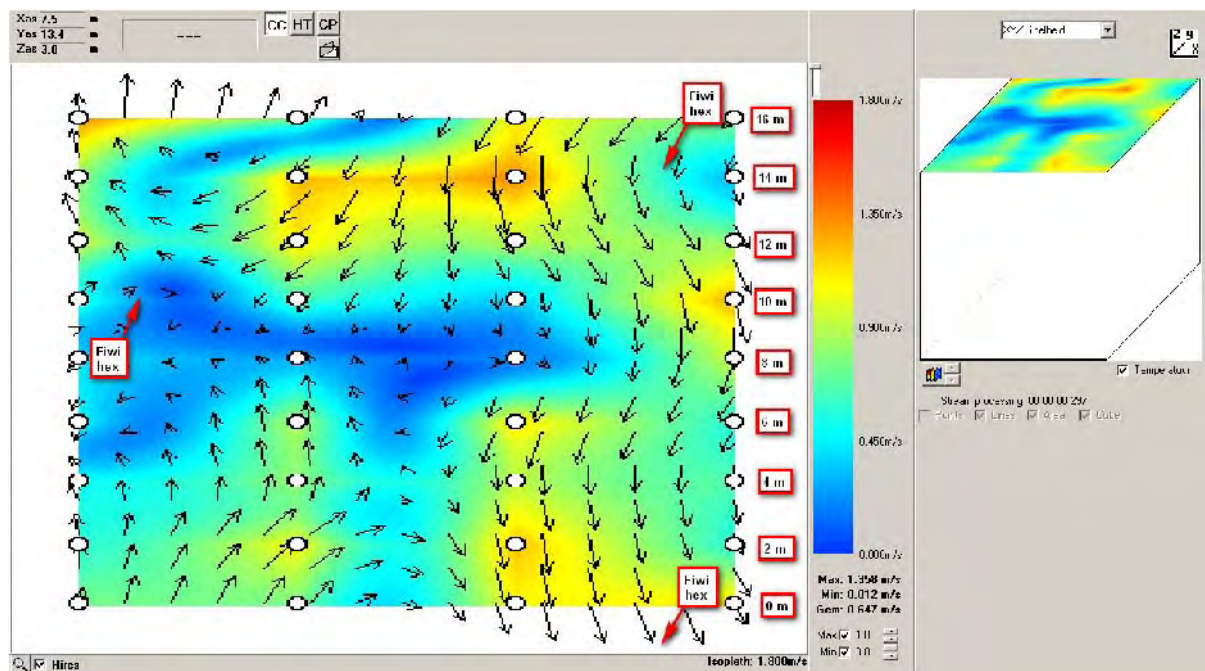
De klimaat en buitenomstandigheden tijdens de getoonde quick scans zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Klimaat en buitenomstandigheden tijdens Quick scans G.J. van der Weijden

Omstandigheden tijdens Quick scan				
	Buitem- peratuur (°C)	Scherm	Windsnelheid buiten (m/s)	Windrichting in graden buiten
Conventioneel verwarmen 19 november	10,7	95%	2,2	261
Conventioneel verwarmen Fiwihex ventilator op 58% 21 november	9,1	98%	7,7	297
Verwarmen Fiwihex 58% 25 november	4,8	98%	1,8	298

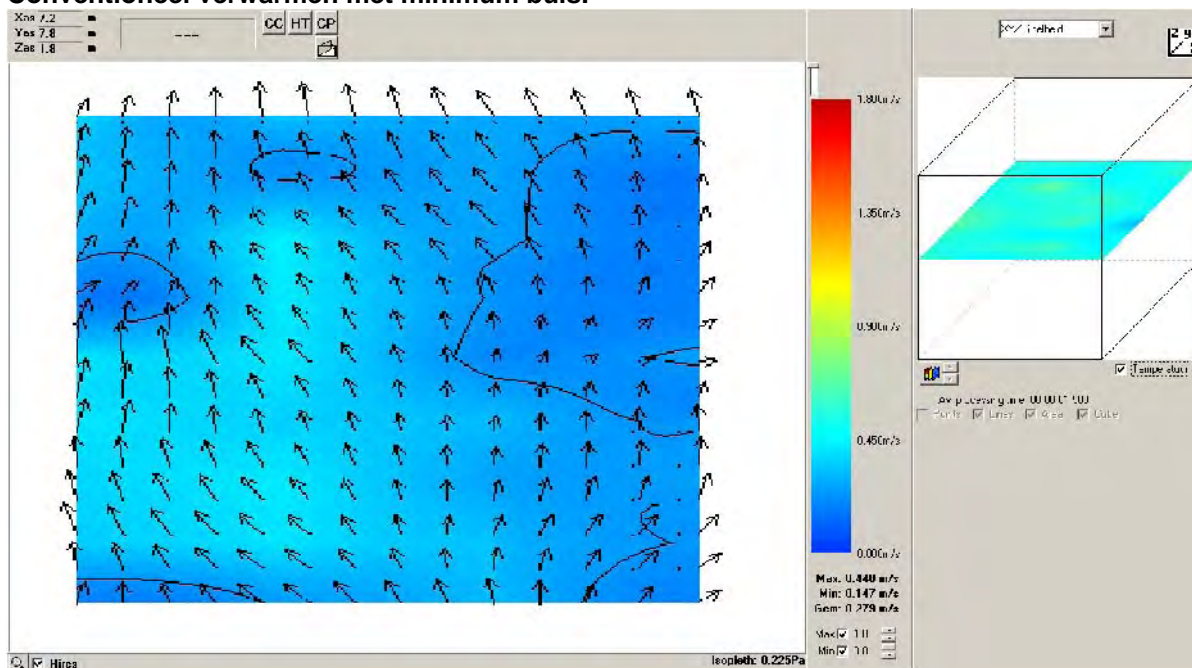


Figuur 49 Omschrijving verticale meetpunten Quick scan G.J. van der Weijden

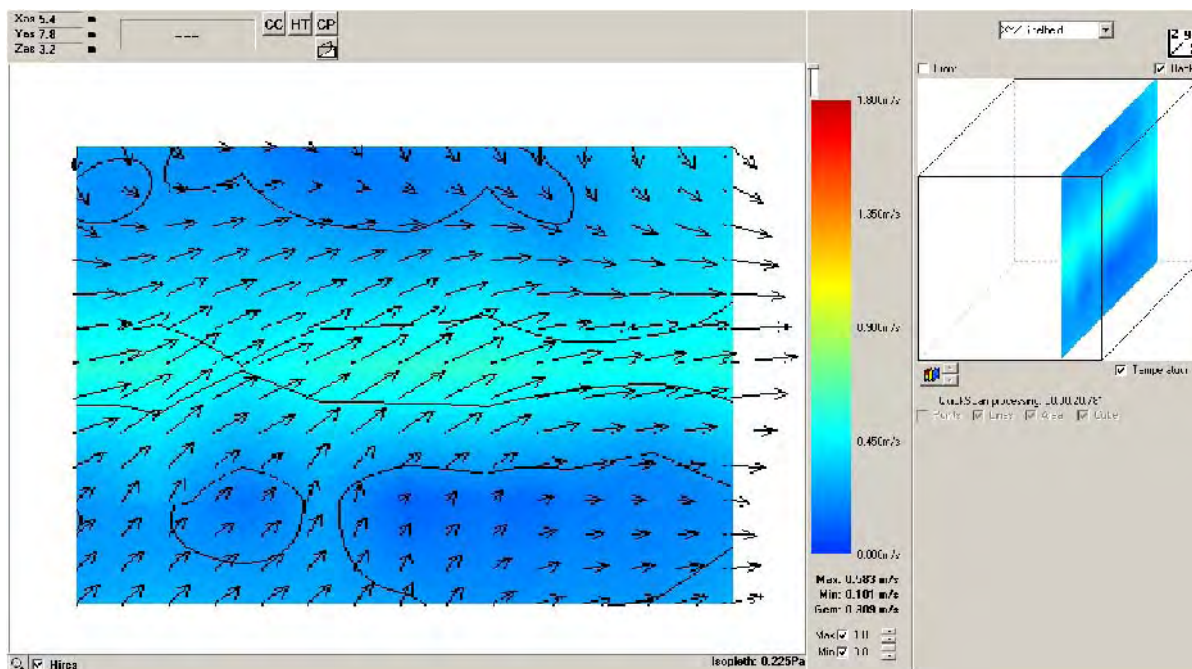


Figuur 50 Omschrijving horizontale meetpunten Quick scan G.J. van der Weijden

Conventioneel verwarmen met minimum buis.



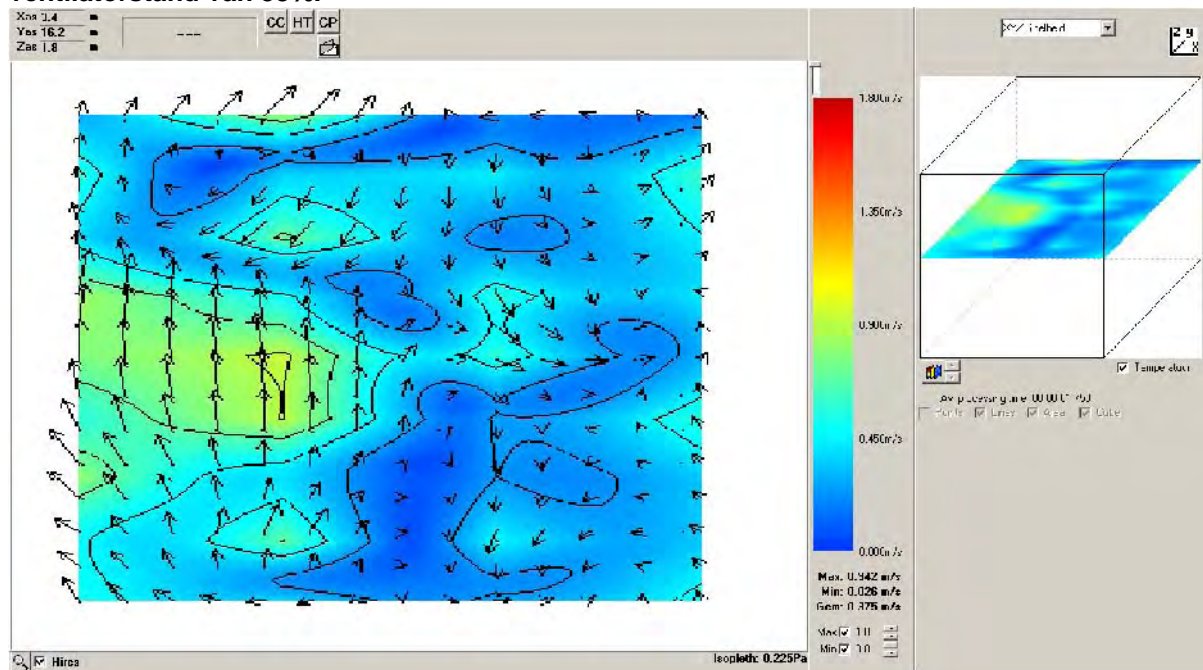
**Figuur 51 Bovenaanzicht Quick scan conventioneel verwarmen met minimum buis
G.J. van der Weijden**



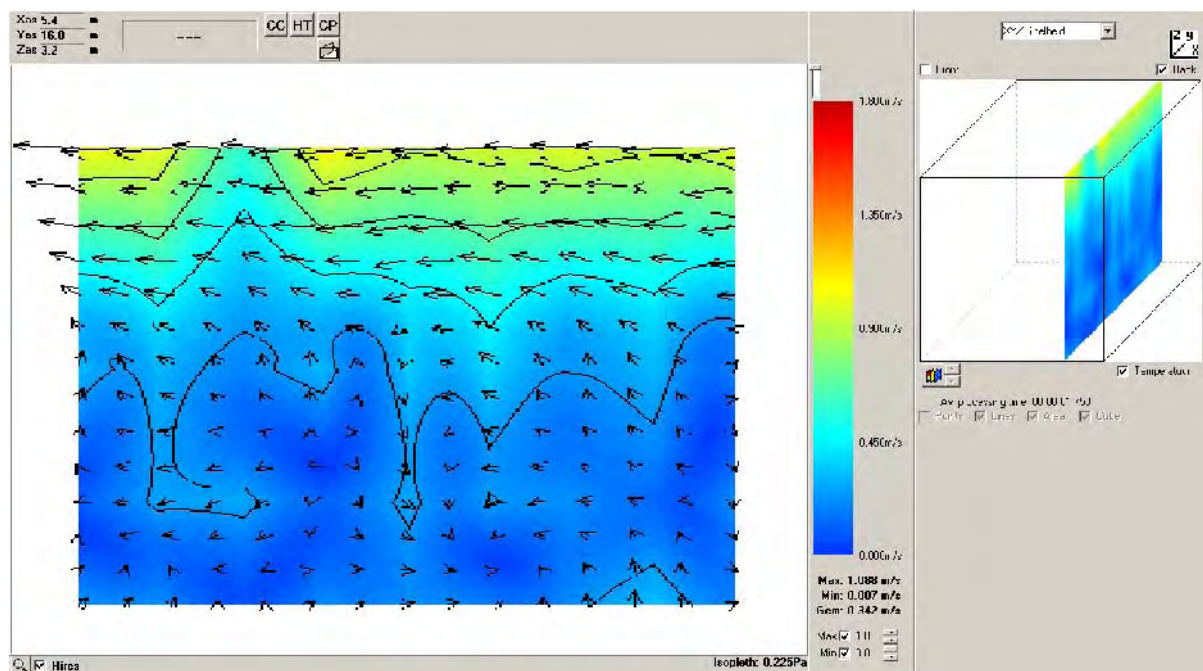
Figuur 52 Zijaanzicht Quick scan conventioneel verwarmen met minimum buis G.J. van der Weijden

De bovenstaande figuren laten een dominantie luchtstroom zien. Opvallend is dat deze luchtstroom zich laat zien op bloemhoogte en iets daarboven. Van een opwaartse stroom ten gevolge van de minimum buis is niet altijd sprake in deze situatie. De opwaartse luchtstroom kan veroorzaakt worden door de dominante luchtstroom die op bloemhoogte te zien is.

Conventioneel verwarmen met de Fiwihex zonder minimum buis op een ventilatorstand van 58%.

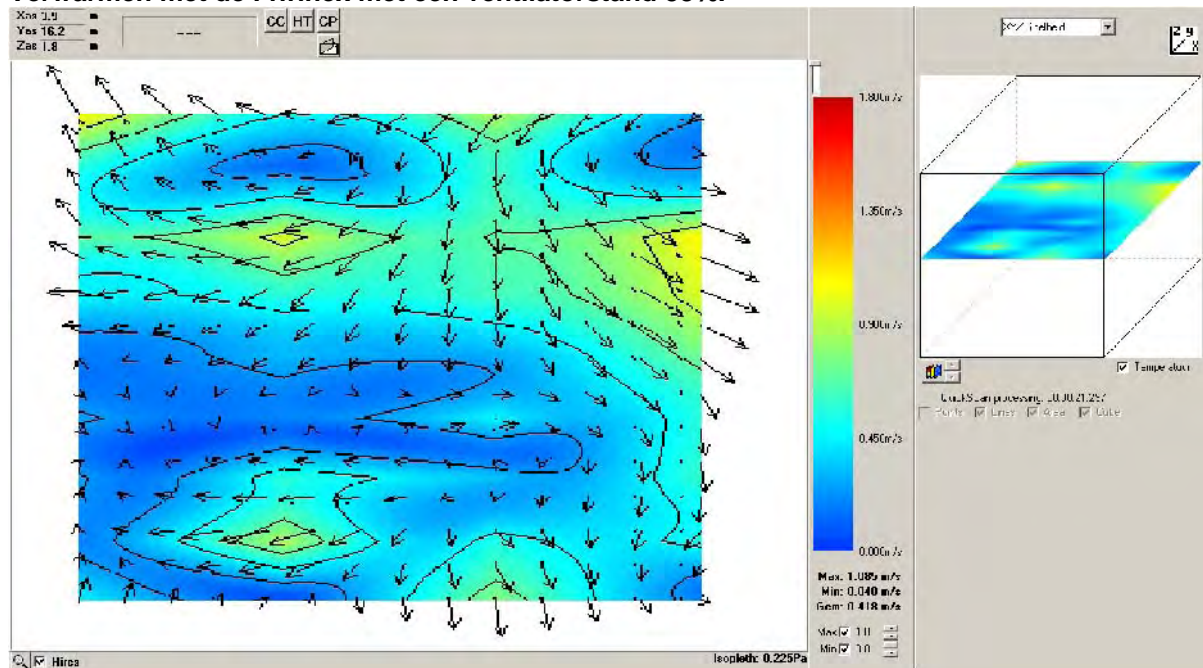


Figuur 53 Bovenaanzicht Quick scan conventioneel verwarmen zonder inzet van een minimum buis temperatuur en Fiwihex ventilator op 58% G.J. van der Weijden

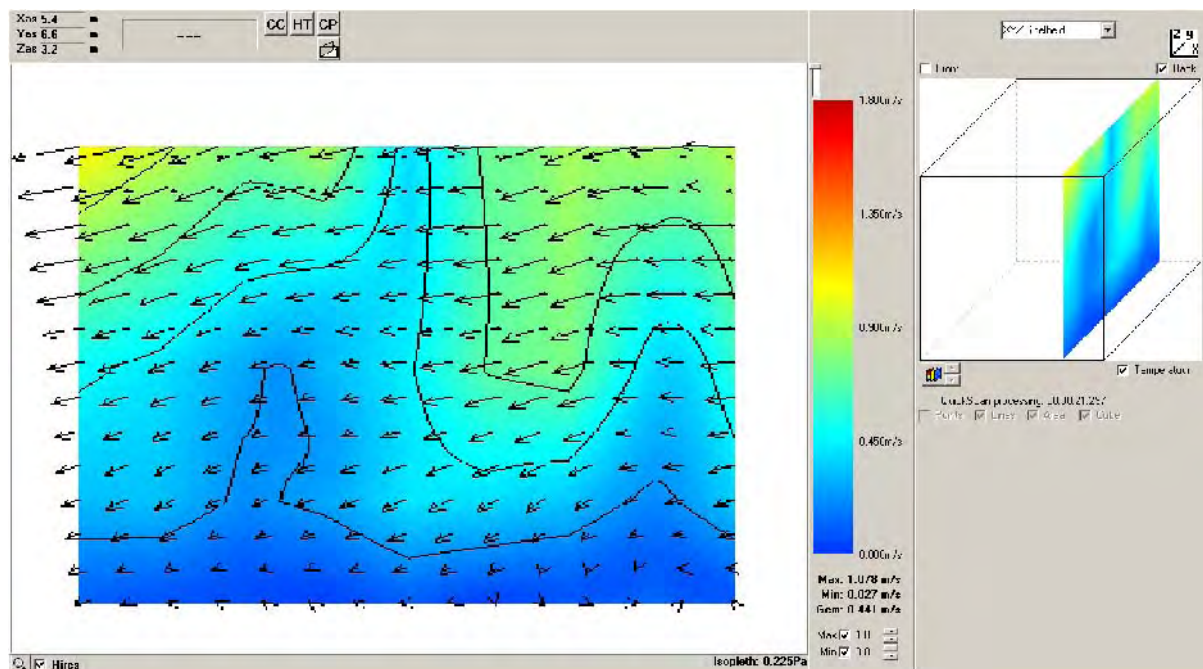


Figuur 54 Zijaanzicht Quick scan conventioneel verwarmen zonder minimum buis en Fiwihex ventilator op 58% G.J. van der Weijden

Verwarmen met de Fiwihex met een ventilatorstand 58%.



Figuur 55 Bovenaanzicht Quick scan verwarmen met de Fiwihex met een ventilatorstand van 58% G.J. van der Weijden



Figuur 56 Zijaanzicht Quick scan verwarmen met de Fiwihex met een ventilatorstand van 58% G.J. van der Weijden

Figuur 53 t/m Figuur 56 laten duidelijk het effect zien op de luchtstromen gecreëerd door de Fiwihex. Toch geven twee verschillende meetdagen met dezelfde ventilatorstand een ander beeld van de luchtstromen. Dit geeft aan dat klimaat factoren binnen en buiten de luchtstromen sterk beïnvloeden.

5.3 Conclusies bovendoor verwarmen en koelen G.J. van der Weijden

Verwarmen

- Er is geen aantoonbaar effect op de horizontale en verticale temperatuurverdeling te zien door te verwarmen met het ondernet zonder minimum buis en de Fiwihex ventilator aan te zetten.
- De horizontale temperatuursverdeling in het proefvak wordt beter naarmate er verwarmd wordt met de Fiwihex.
- De verticale temperatuur- en vochtgradiënt worden groter en omgekeerd als er verwarmd wordt met de Fiwihex in vergelijking met conventioneel verwarmen met het ondernet.
- Planttemperatuurmetingen overdag laten geen grote gradiënten zien wanneer er verwarmd wordt met de Fiwihex.
- Alleen verwarmen met de Fiwihex zonder dat er een ondernet aanwezig is lijkt te risicovol. Vooral op ingebogen bladhoogte wordt de kans op nat slaan van het gewas groter. Een combinatie van beiden lijkt het meest optimaal. Hiermee is het dus voor een deel mogelijk om met laagwaardige warmte te verwarmen.
- Er is een duidelijk effect van de Fiwihex ventilator op de luchtbeweging in de kas. Dit effect is te zien op bloemhoogte en daarboven. Op ingebogen bladhoogte is dit effect niet te zien.
- De metingen van de luchtstromen d.m.v Quick scans tijdens het conventioneel verwarmen laat op ingebogen blad meer luchtbeweging zien in vergelijking met de metingen als de Fiwihex ventilator aan staat.
- Buitenomstandigheden en klimaatregeling hebben een sterke invloed op de luchtbeweging in de kas. Deze lijken in bepaalde omstandigheden meer effect te hebben dan geforceerd de lucht te circuleren met de Fiwihex ventilator.

Koelen

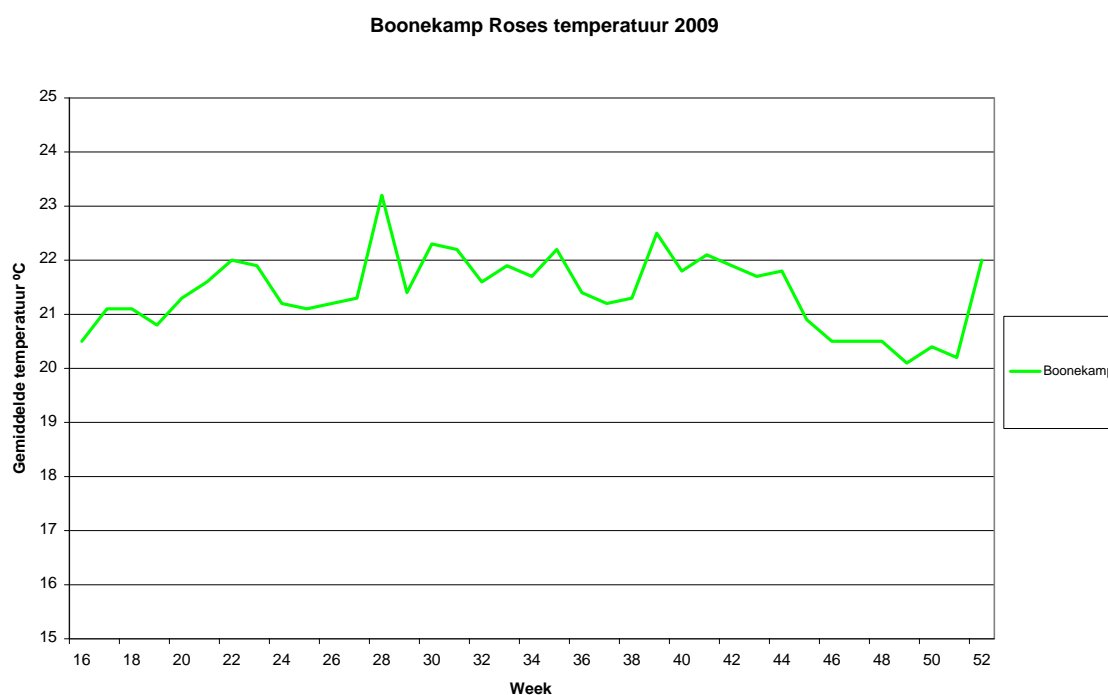
- Planttemperatuur metingen laten op bladniveau geen grote verschillen met de omgevingstemperatuur zien.
- De bloemtemperatuur loopt in verhouding met de bladtemperatuur wel ver op. Een reden hiervan kan de beperkte koelcapaciteit zijn tijdens de meetdag. Verdere metingen bij bovendoor koelen (Boonekamp Roses) zullen meer duidelijkheid over het effect op de bloemtemperatuur geven.

6 Resultaten bovendoor koelen en verwarmen Boonekamp Roses

6.1 Resultaten klimaatmetingen bovendoor koelen 2009

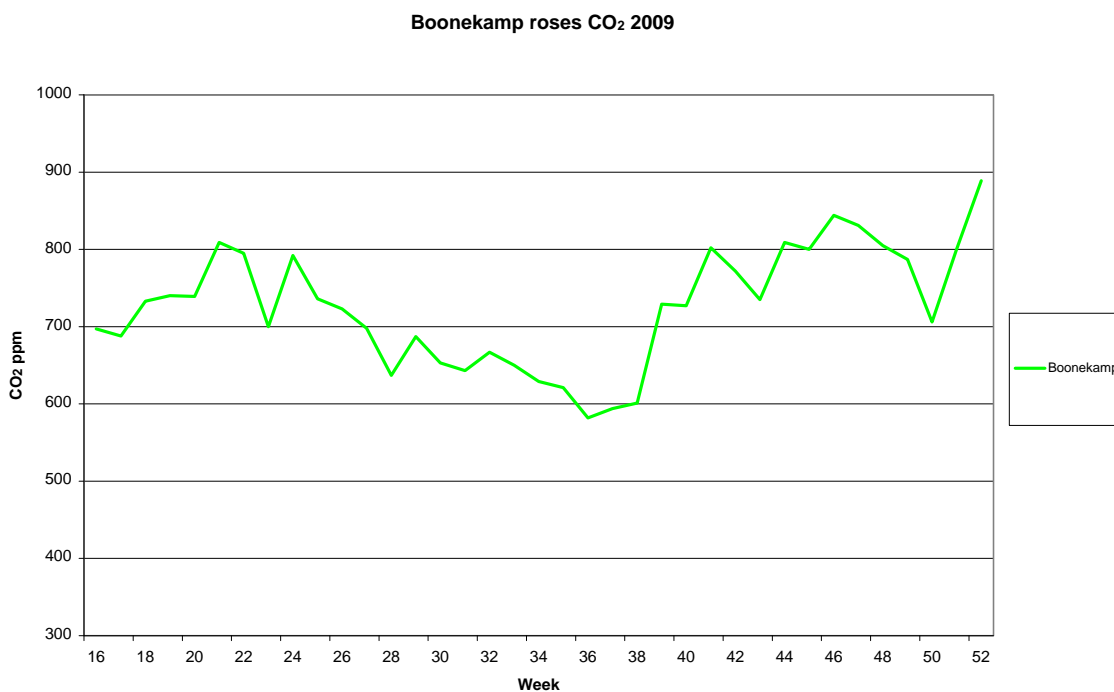
6.1.1 Algemene klimaatgegevens

Tijdens het voorjaar en de zomer zijn er verschillende akoestische metingen gericht. De metingen zijn verricht met een vaste opstelling beschreven in hoofdstuk Proefopzet koelen met luchtunits. De volgende paragrafen laten de resultaten zien van de horizontale, verticale temperatuurgradiënten en de luchtstromen die gecreëerd worden door de ventilator, schermen, ramen etc.



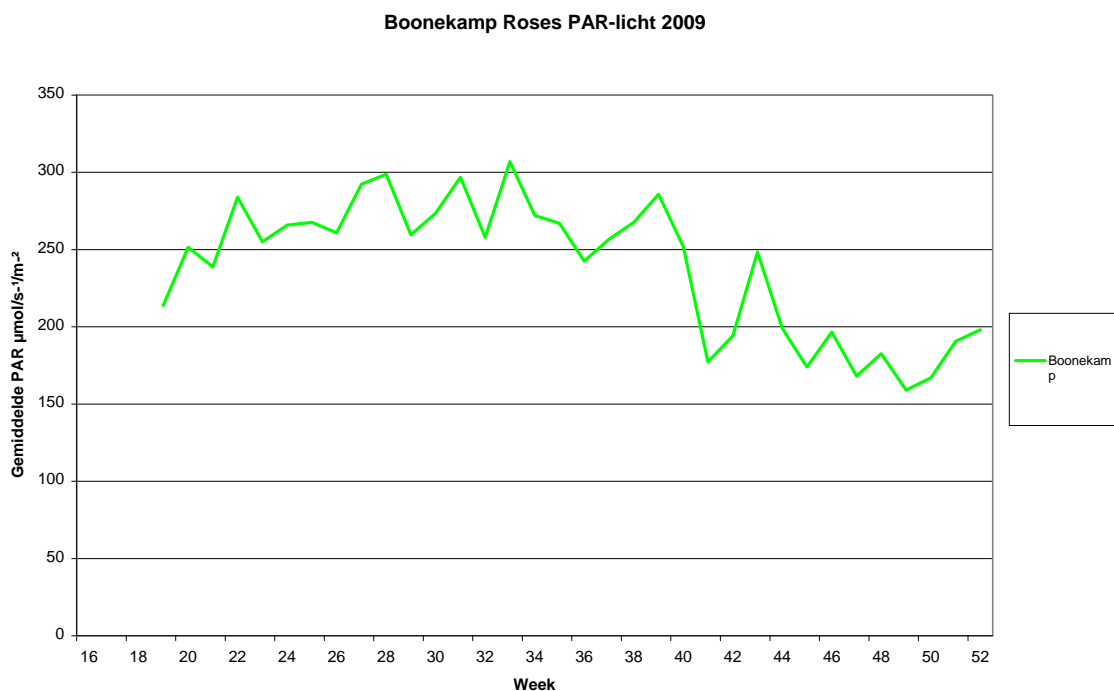
Figuur 57 Gemiddelde temperatuur Boonekamp Roses 2009

Figuur 57 laat de gemiddelde temperatuur vanaf week 16 zien. De gemiddelde waarde over de gemeten periode is 21,4°C. De meetbox heeft gemeten op gewashoogte.



Figuur 58 Gemiddeld CO₂ gehalte Boonekamp Roses 2009

Figuur 58 laat het gemiddelde CO₂ gehalte zien vanaf week 16. In vergelijking met Porta Nova en Berg Roses ligt het gehalte redelijk laag met soms gemiddelde waarden in een week onder de 600 ppm. Dit kan te maken hebben met een beperkte beschikbaarheid van CO₂ via OCAP en het aantal koeluren dat gerealiseerd is.



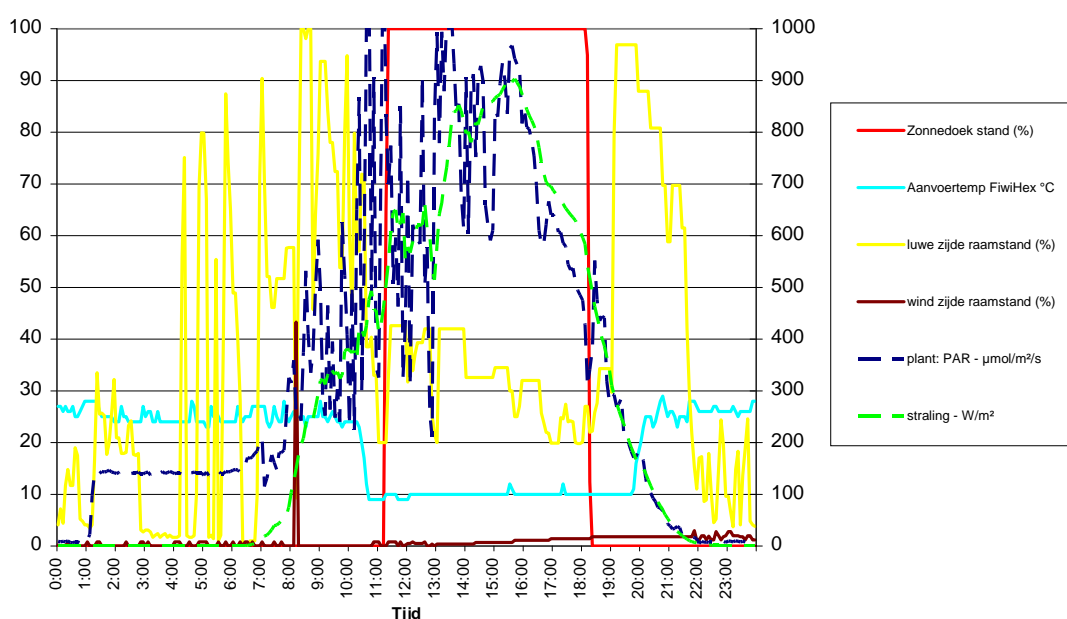
Figuur 59 Gemiddelde PAR waarde Boonekamp Roses 2009

Figuur 59 Laat de gemiddelde PAR waarde in $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ zien. Vanaf week 39 neemt de gemiddelde waarde behoorlijk af.

6.1.2 Horizontale temperatuur en vochtverdeling

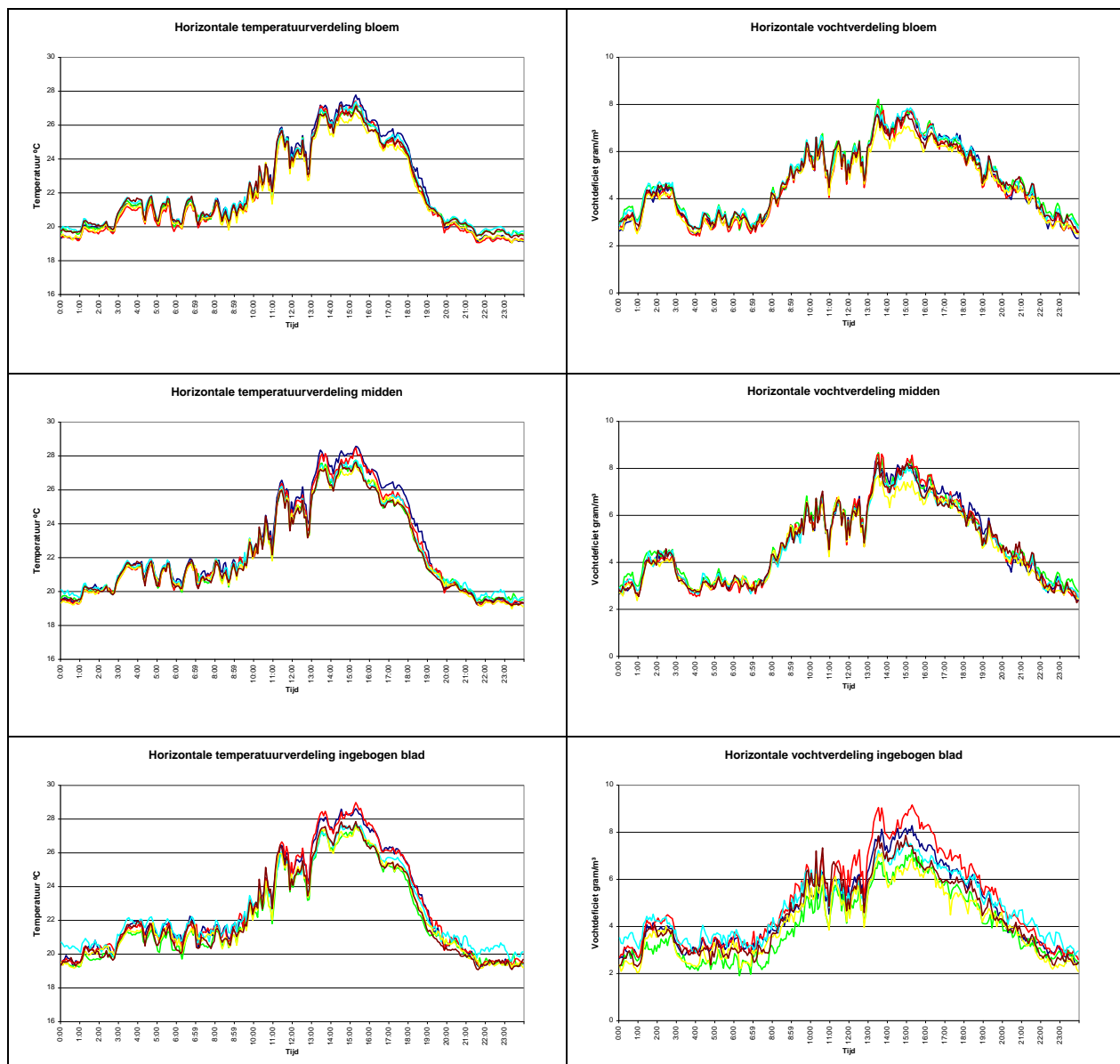
Om de horizontale temperatuurverdeling in kaart te brengen is er op 6 plaatsen in een proefvak op drie hoogtes gemeten, namelijk ingebogen blad, gewashoogte en bloemhoogte. Er is uitvoerig gemeten in de periode van 17 t/m 28 juli. Uit de reeks metingen zijn 2 dagen gekozen namelijk een zonnige en wisselvallige dag die een goed beeld geven van de koeling op de temperatuurverdeling.

Klimaatomstandigheden 20 juli 2009



Figuur 60 Klimaatomstandigheden koelen 20 juli Boonekamp Roses

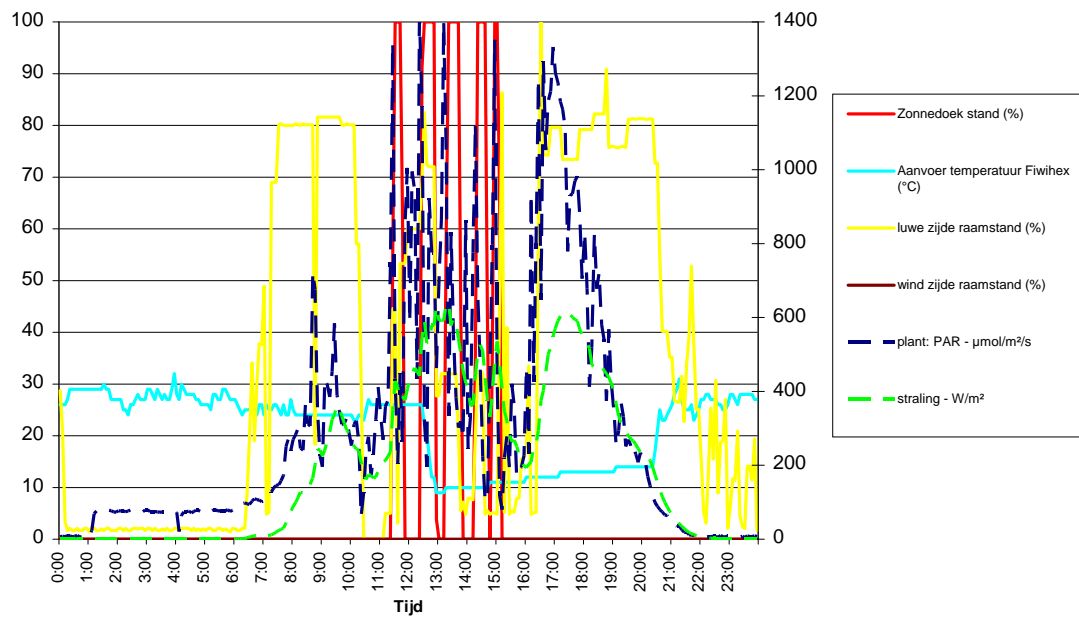
Figuur 60 laat de klimaatomstandigheden zien op 20 juli. Het was een overwegend zonnige dag waarbij de instraling opliep tot $900 \text{ W}/\text{m}^2$ en dat voor een aantal uur hoog bleef. Er is gekoeld van 11:00 t/m 19:30 uur. Om 11:15 uur is het scherm dicht gegaan.



Figuur 61 Horizontale temperatuur- en vochtgradiënt 20 juli Boonekamp Roses

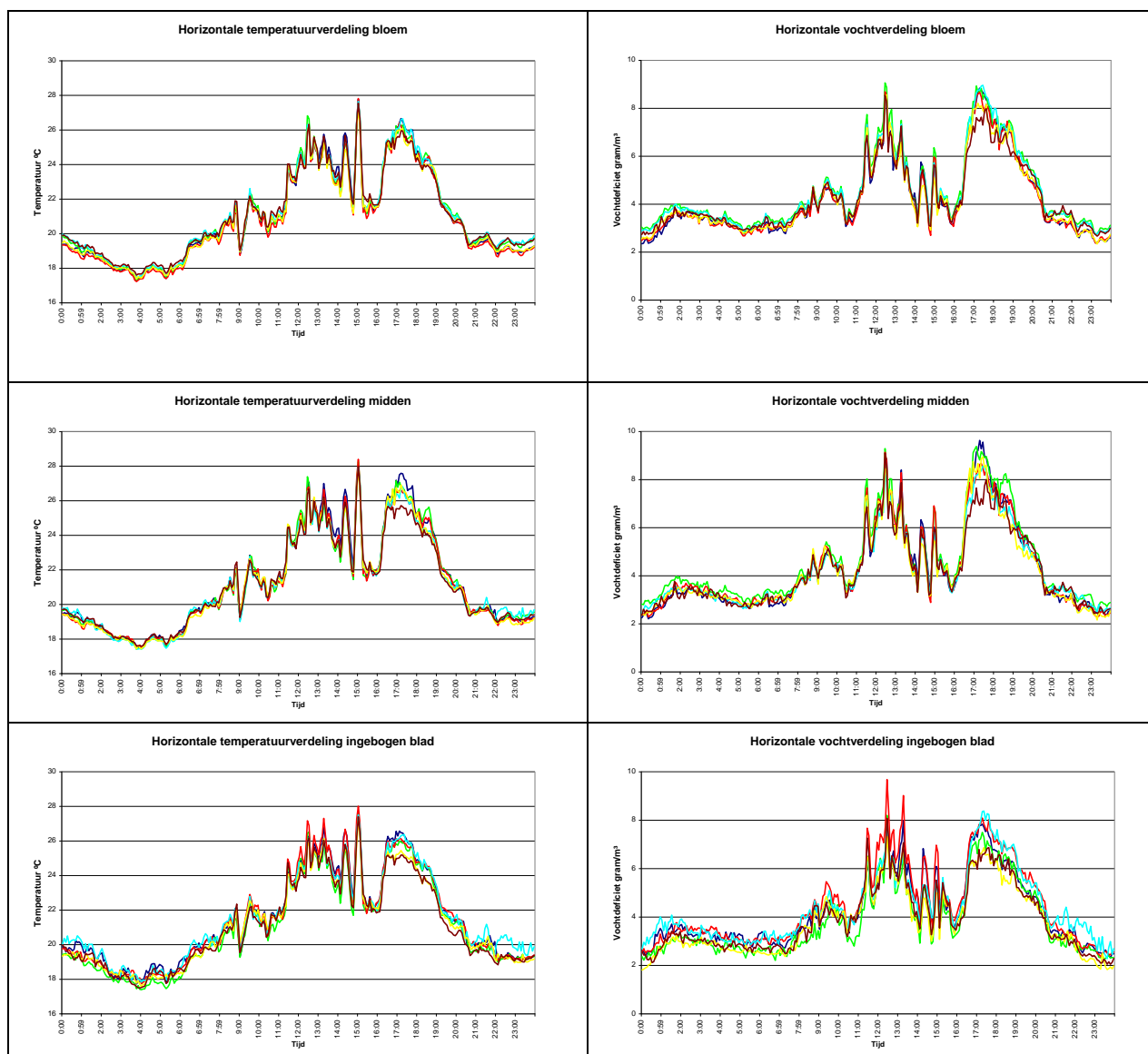
Figuur 61 laat 6 figuren zien wat betreft de horizontale verdeling van temperatuur en vocht. De verdeling van de temperatuur is op ingebogen bladhoogte het slechtst. Hoe hoger men komt des kleiner de gradiënt wordt. Op ingebogen bladhoogte ligt de maximale gradiënt rond de 1,5°C. Wanneer we naar de horizontale vochtgradiënt kijken is dat op ingebogen het slechtst, op gewas- en op bloemhoogte liggen deze lijnen nagenoeg op elkaar. Het maximaal verschil wat we zien op ingebogen bladhoogte ligt rond de 2,5 gr/m³. De kans op nat slaan van het gewas is het grootst in de nachtperiode. Het verschil is dan veel kleiner en ligt dan rond de 1 gr/m³. De verticale temperatuur- en vochtgradiënt is erg klein.

Klimaatomstandigheden 24 juli 2009



Figuur 62 Klimaatomstandigheden koelen 24 juli Boonekamp Roses

Figuur 62 laat de klimaatomstandigheden zien op 24 juli. Het was een erg wisselvallige dag waarbij de instraling opliep tot 600 W/m^2 met veel pieken en dalen. Er is gekoeld van 12:30 t/m 14:45 uur. In deze periode is het scherm een aantal maal open en dicht gegaan.



Figuur 63 Horizontale temperatuur- en vochtverdeling 24 juli Boonekamp roses

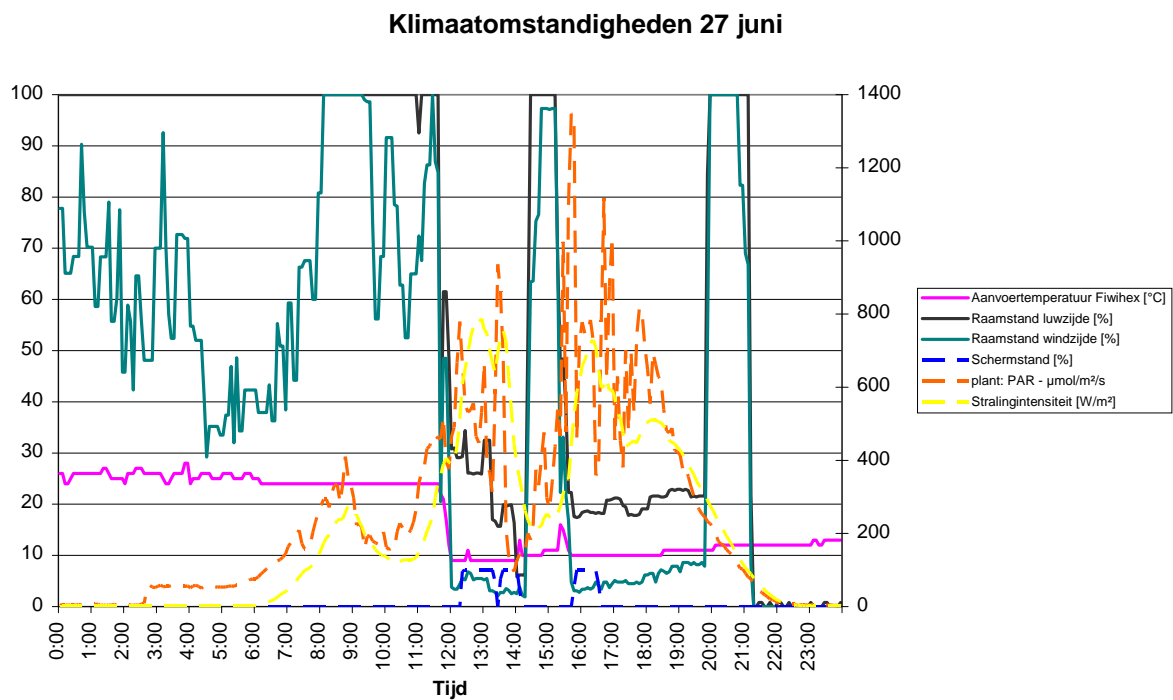
Figuur 63 laat 6 figuren zien wat betreft de horizontale verdeling van temperatuur en vocht. De verdeling van de temperatuur is op ingebogen bladhoogte het slechtst. Hoe hoger in het gewas, des te kleiner de gradiënt wordt. Tijdens de koelperiode van 12:30 tot 14:45 uur is de horizontale gradiënt op alle hoogtes veel kleiner dan wanneer men kijkt naar de periode daarop wanneer de koeling uit gestaan heeft (na 15:00). Tijdens de niet gekoelde periode is de straling nagenoeg gelijk geweest als tijdens de gekoelde periode. Tijdens de niet gekoelde periode heeft de raamstand van de luwe-zijde rond de 80% gelegen en het scherm open terwijl tijdens de gekoelde periode de raamstand tussen de 10 en 20% heeft het gelegen en het scherm een aantal keren open en dicht is gegaan. Blijkbaar heeft een grote raamstand een negatief effect op de temperatuur- en vochtverdeling in het proefvak. De verticale temperatuur- en vochtverdeling is zeer gering te noemen. Logischerwijs zal de verticale gradiënt per meetpunt verschillen als de horizontale gradiënt op een hoogte toeneemt.

Tussen de zonnige en wisselvallige dag is een klein verschil te zien in gradiënt. Bij de zonnige dag is de gradiënt op de getoonde dagen iets groter. Blijkbaar is bij bovendoor koelen de gradiënt voor een klein deel stralingsafhankelijk. Andere factoren zoals de raamstand hebben ook duidelijk invloed op de temperatuurverdeling.

6.1.3 Verticale temperatuursgradiënt, vochtgradiënt en luchtstromen

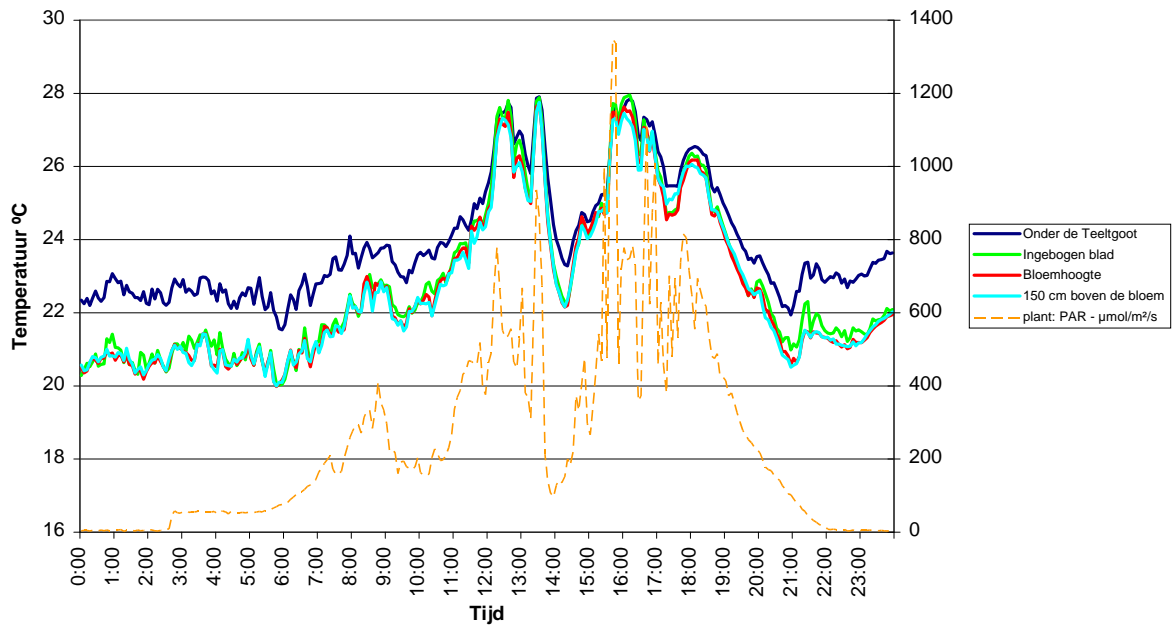
Om de effecten van bovendoor koelen op de verticale temperatuur- en vochtverdeling te bepalen zijn er gedurende een intensieve meetperiode van 21 mei t/m 2 juli metingen verricht. Uit deze meetperiode is een zonnige dag en wisselvallige dag gekozen die een goed beeld van het effect van bovendoor koelen geven. Naast de temperatuur- en vochtverdeling zijn de luchtstromen in kaart gebracht. De proefopzet is gedetailleerd beschreven in hoofdstuk 2.7.

De volgende figuren laten de klimaatomstandigheden, verticale temperatuur- en vochtgradiënt en luchtstromen zien wanneer er gekoeld wordt op 27 juni tijdens een wisselvallige dag.



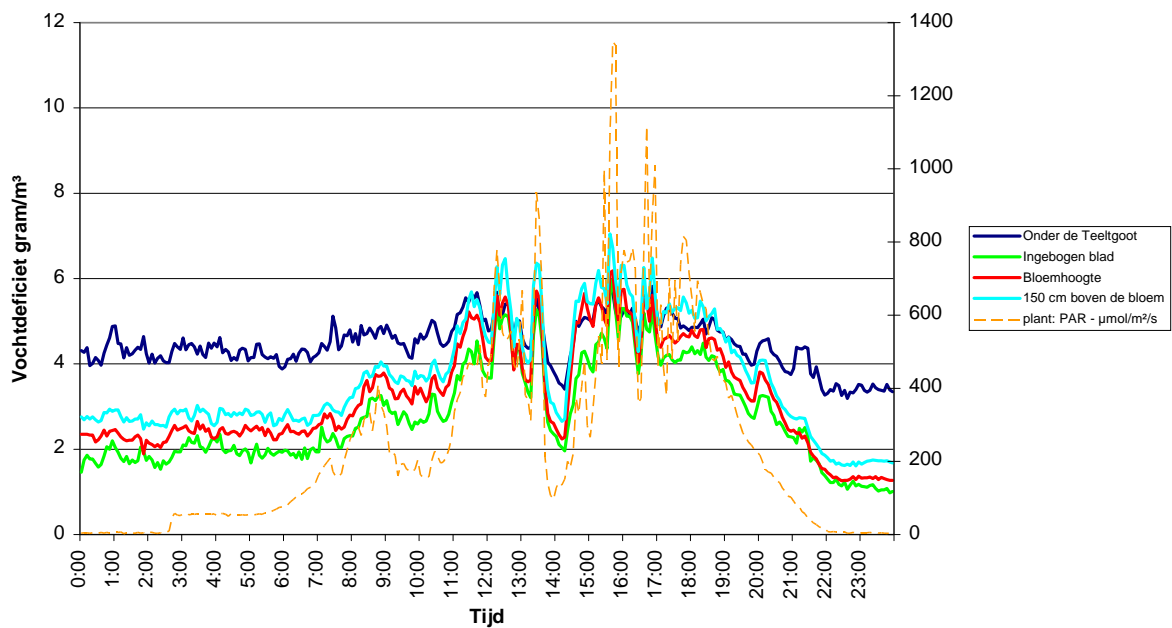
Figuur 64 Klimaatomstandigheden koelen 27 juni Boonekamp roses

Verticale temperatuurverdeling 27 juni direct



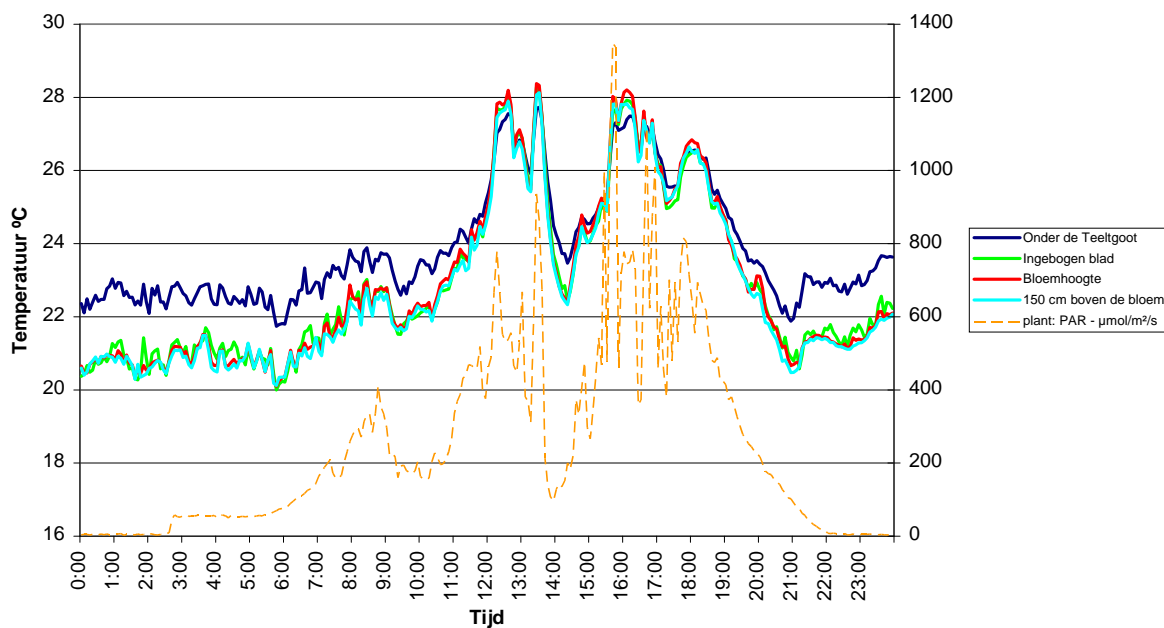
Figuur 65 Verticale temperatuurgradiënt 27 juni in de directe lijn met de Fiwihex Boonekamp roses

Verticale vochtverdeling 27 juni direct



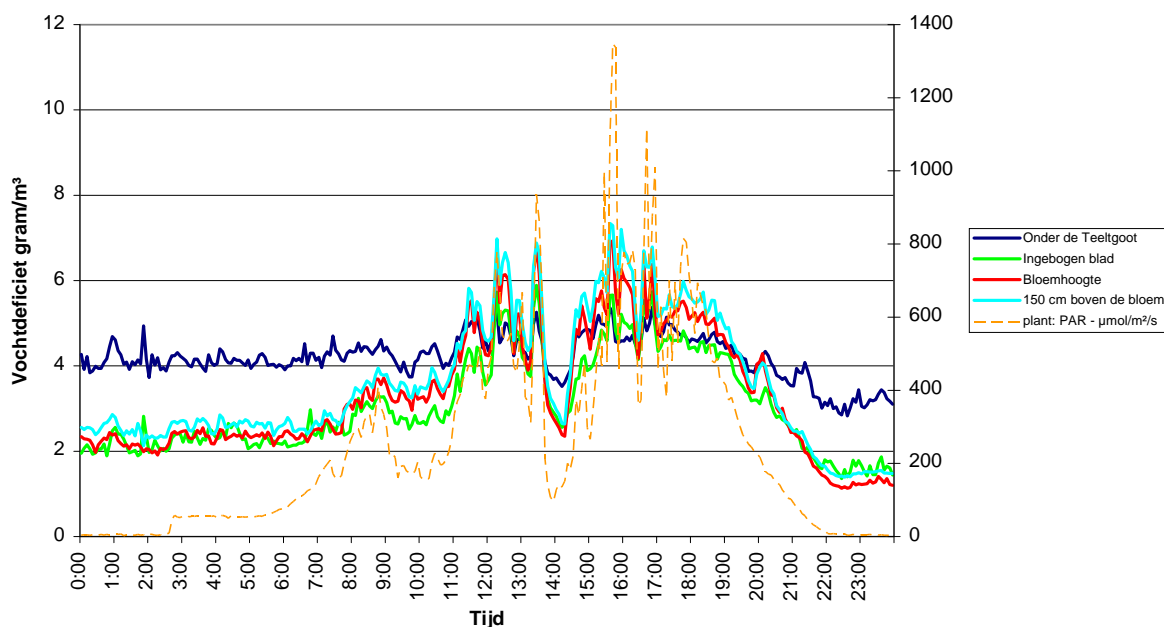
Figuur 66 Verticale vochtgradiënt 27 juni in de directe lijn met de Fiwihex Boonekamp roses

Verticale temperatuurverdeling 27 juni indirect



Figuur 67 Verticale temperatuurgradiënt 27 juni tussen de Fiwihexen in Boonekamp roses

Verticale vochtverdeling 27 juni indirect



Figuur 68 Verticale vochtgradiënt 27 juni tussen de Fiwihexen in Boonekamp roses

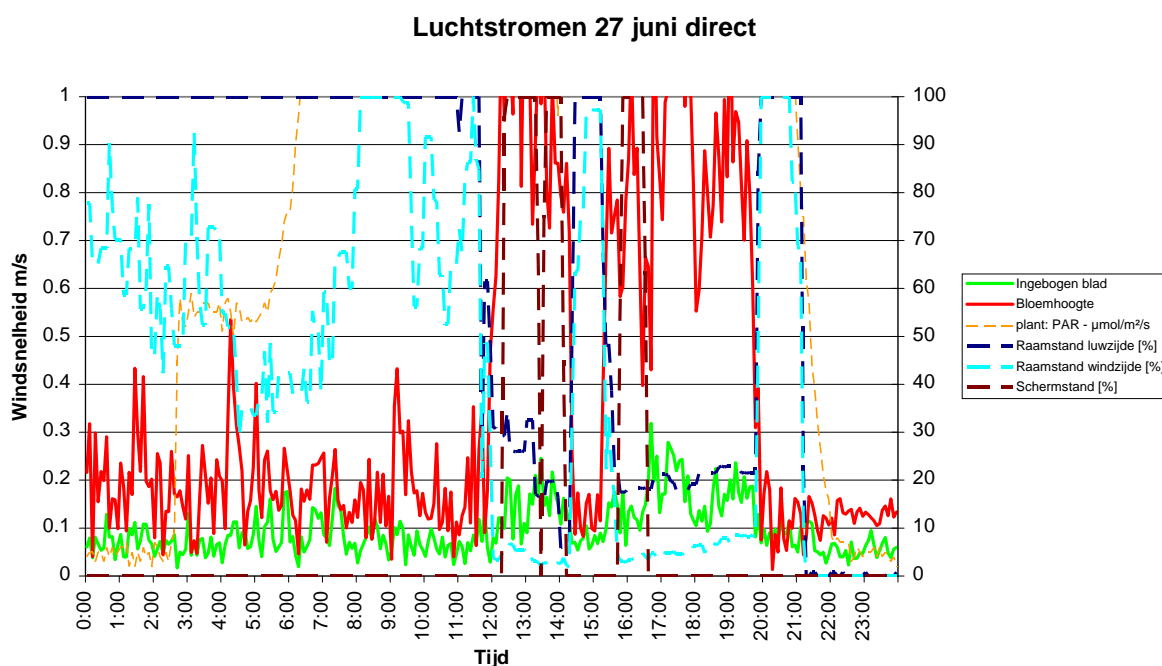
Figuur 64 laat de klimaatomstandigheden zien op 27 juni. Het was een wisselvallige dag waarbij de instraling opliep tot boven de 800 W/m^2 . Er is gekoeld van 11:30 t/m 14:30 uur en van 15:20 t/m 20:00 uur. Het scherm is een aantal keren open en dicht gegaan tijdens het koelen.

Figuur 65 en Figuur 67 laten het verloop zien van de temperatuur op vier hoogtes onder de teeltgoot, ingebogen blad, bloem en 150 cm boven de bloem. Nadat de koeling aangaat (11:30 uur) en de straling toeneemt, is op alle hoogtes een zeer gering verschil in temperatuur te zien. Als we de metingen in directe en indirecte lijn vergelijken dan zien we dat in indirecte lijn op bloemhoogte de hoogste temperaturen gemeten worden en in directe lijn op ingebogen bladhoogte de temperatuur het hoogst is. We praten hier echter over verschillen in decimalen.

Figuur 66 en Figuur 68 laten het verloop zien van het vochtdeficit. Op het moment dat de koeling aangaat (11:30 uur) en de straling toeneemt, is te zien dat het vochtdeficit op ingebogen blad lager ligt dan de hoger gelegen metingen. Dit is zowel te zien in de directe als indirecte lijn. Er zijn geen grote effecten te zien op de verdeling door de wisselende klimaatomstandigheden. Er is duidelijk een verband te zien met de straling en vochtdeficit. Hoe meer straling hoe hoger het vochtdeficit wordt.

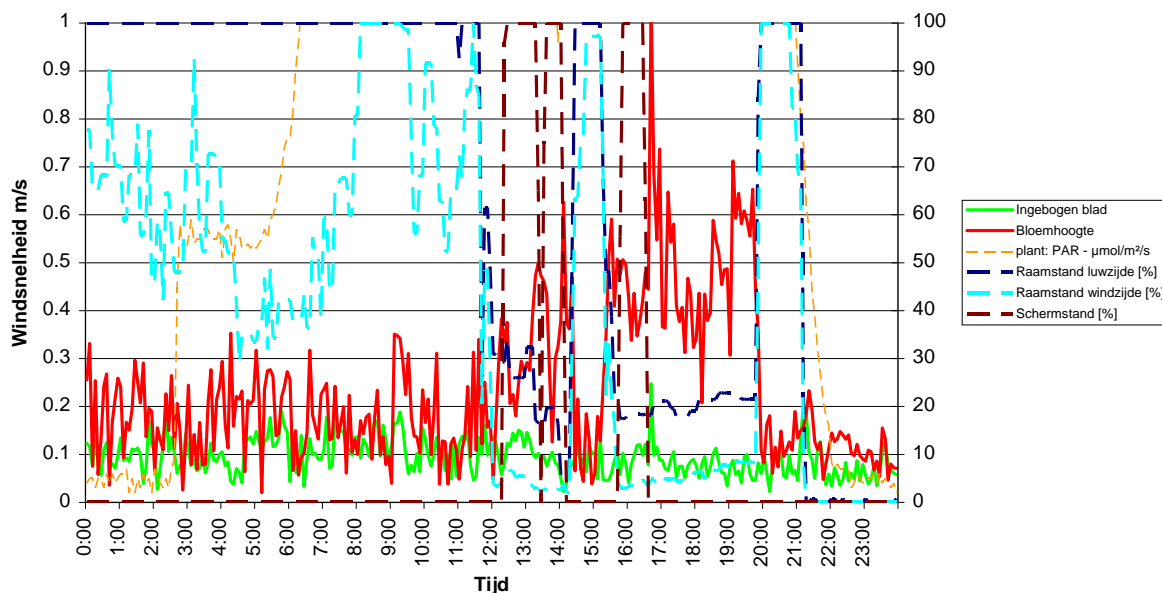
Er zijn geen heftige effecten te zien van de wisselende klimaatomstandigheden. De koeling is twee keer aan en uit geweest, het scherm is een paar keer open en dicht gegaan. Dit is echter niet te zien in de temperatuurgradiënt, alleen in een evenredige daling van de temperatuur op alle hoogtes.

De volgende 2 figuren laten de luchtstromen op 27 juni zien op ingebogen blad en bloemhoogte in directe en indirecte lijn met de FiwiHex.



Figuur 69 Luchtstromen 27 juni in de directe lijn met de FiwiHex Boonekamp roses

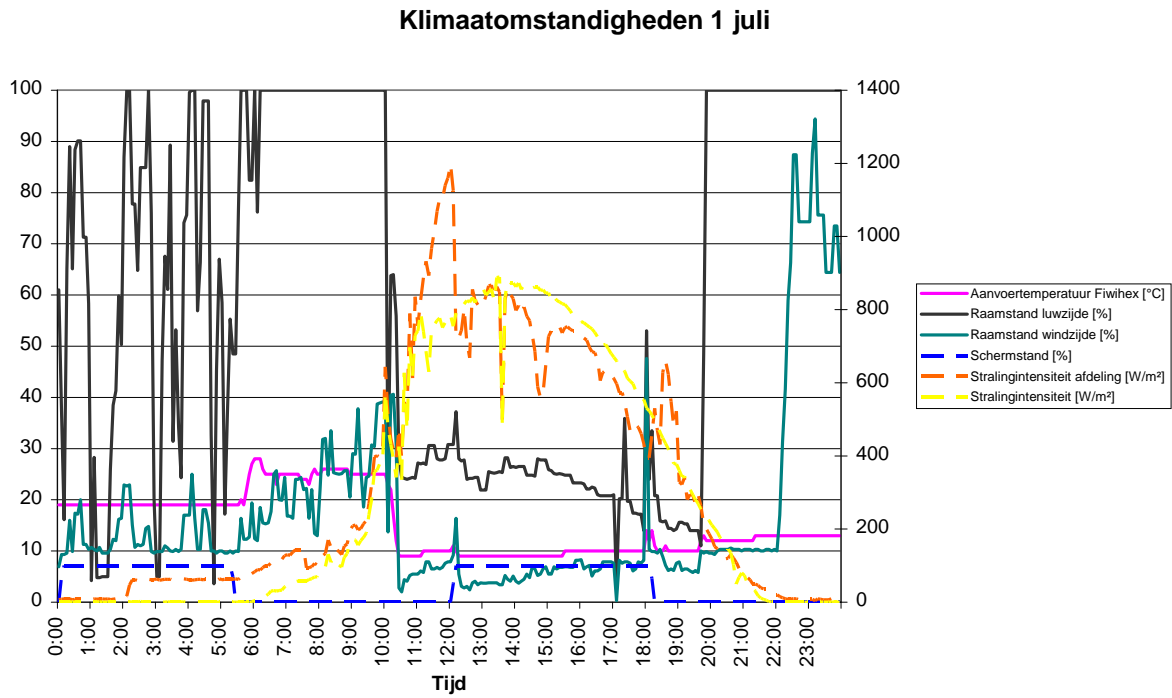
Luchtstromen 27 juni indirect



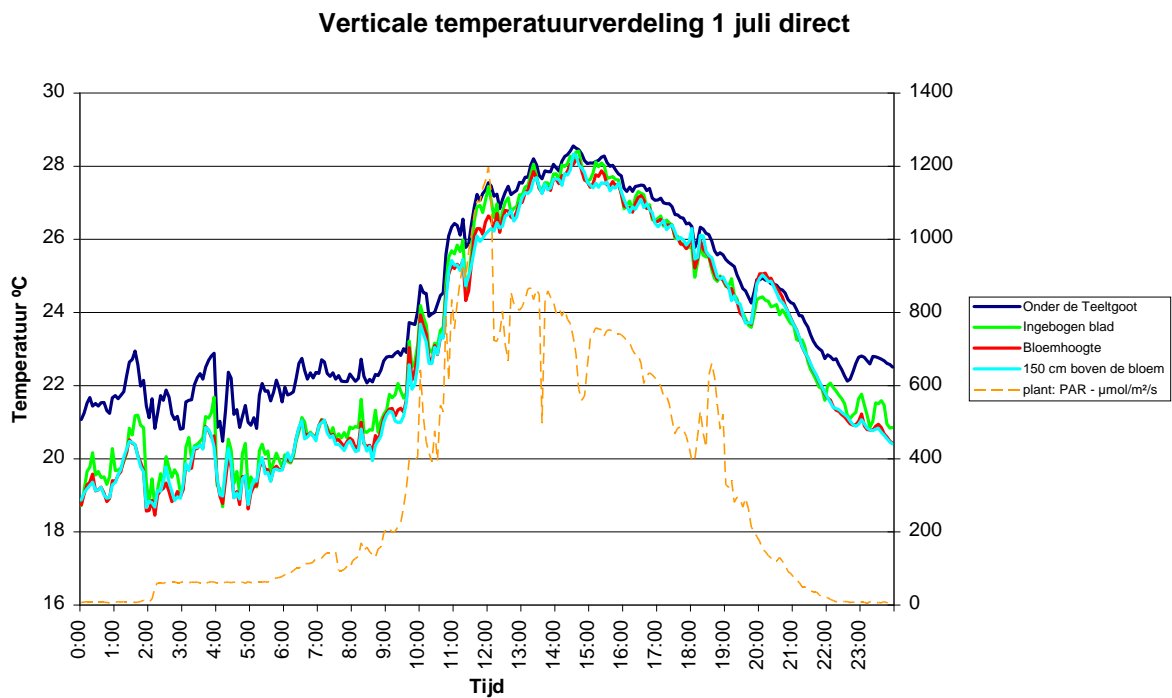
Figuur 70 Luchtstromen 27 juni tussen de Fiwihexen in Boonekamp roses

Figuur 69 en Figuur 70 laten de windsnelheid zien op ingebogen blad- en bloemhoogte. Het effect van het aangaan van de ventilator op de windsnelheid is duidelijk te zien in directe lijn met de Fiwihex. Zowel de snelheid op bloem als ingebogen bladhoogte blijken hierdoor toe nemen. Kijken we naar de meting welke niet in directe lijn staat met de Fiwihex dan zien we alleen een verhoging op bloemhoogte maar neemt de windsnelheid op ingebogen bladhoogte niet toe. Een beoogde verhoging van de luchtstromen is dus pleksgewijs realiseerbaar, maar geen totale verhoging op alle plekken in het proefvak.

De volgende figuren laten de klimaatomstandigheden, verticale temperatuur- en vochtgradiënt en luchtstromen zien wanneer er gekoeld wordt op 1 juli tijdens een zonnige dag.

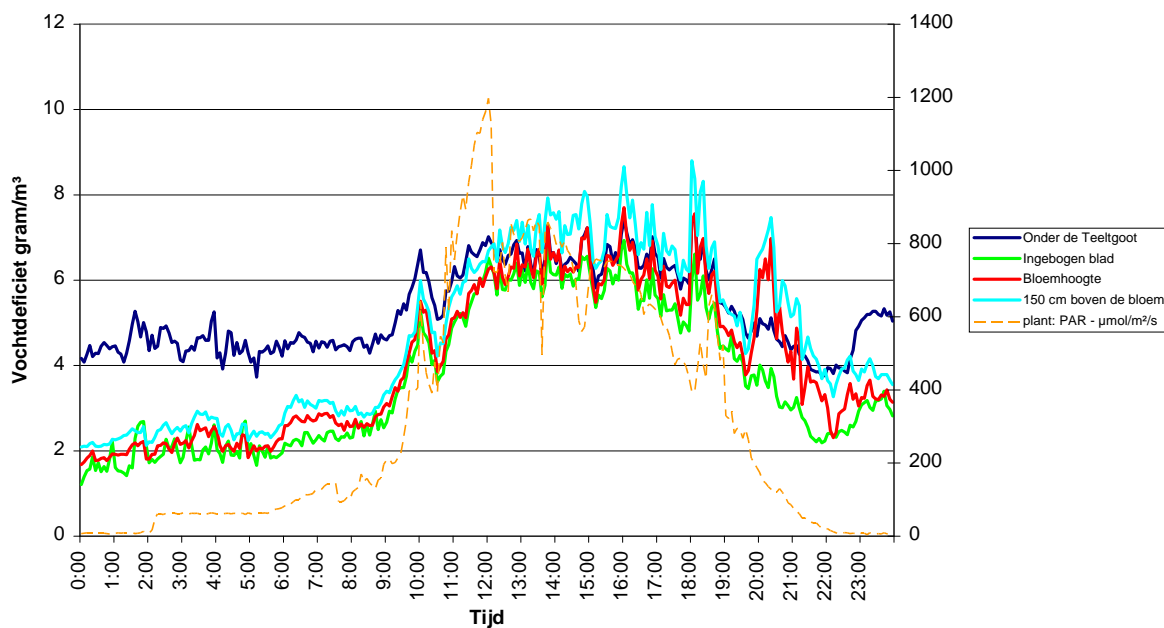


Figuur 71 Klimaatomstandigheden koelen 1 juli Boonekamp roses



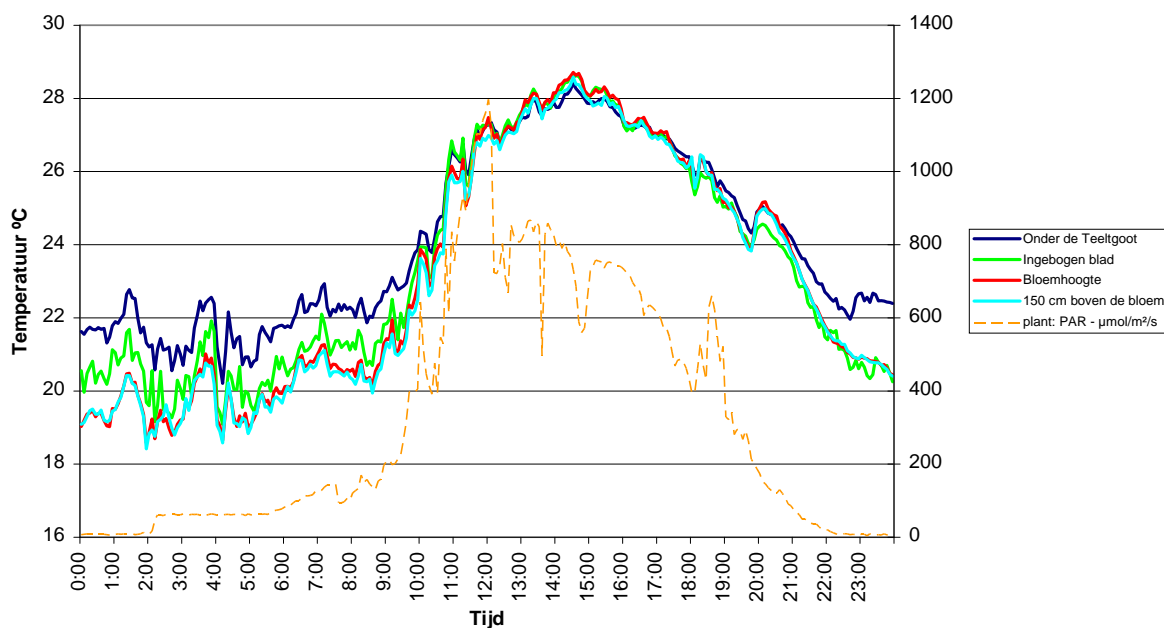
Figuur 72 Verticale temperatuurgradiënt 1 juli in directe lijn met de Fiwihex Boonekamp Roses

Verticale vochtverdeling 1 juli direct



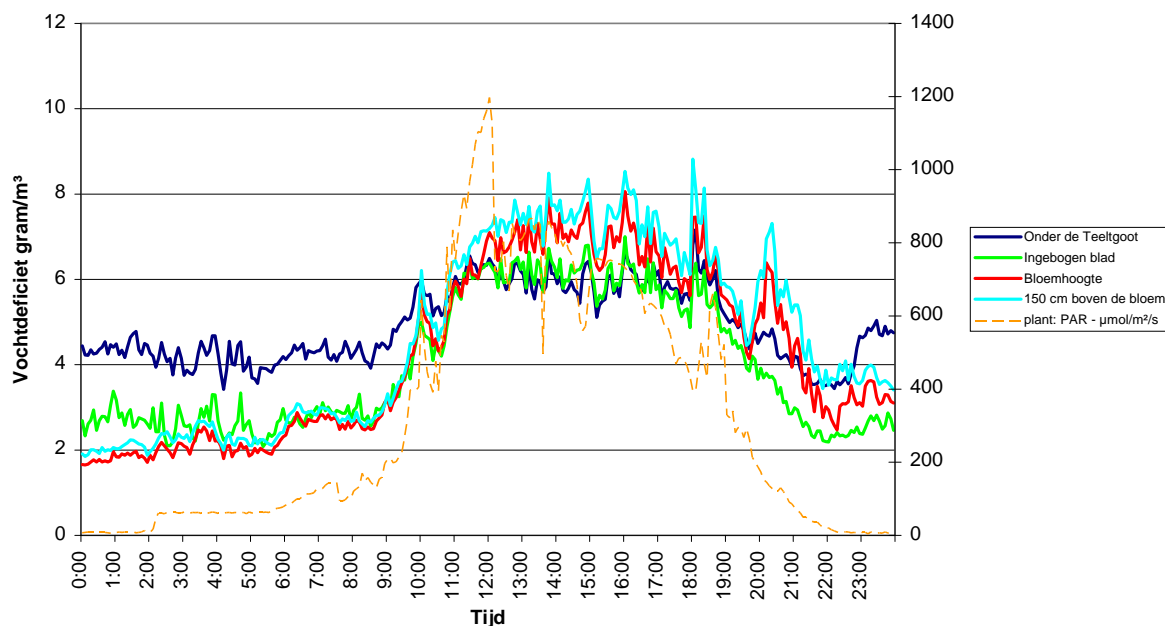
Figuur 73 Verticale vochtgradiënt 1 juli in directe lijn met de Fiwihex Boonekamp roses

Verticale temperatuurverdeling 1 juli indirect



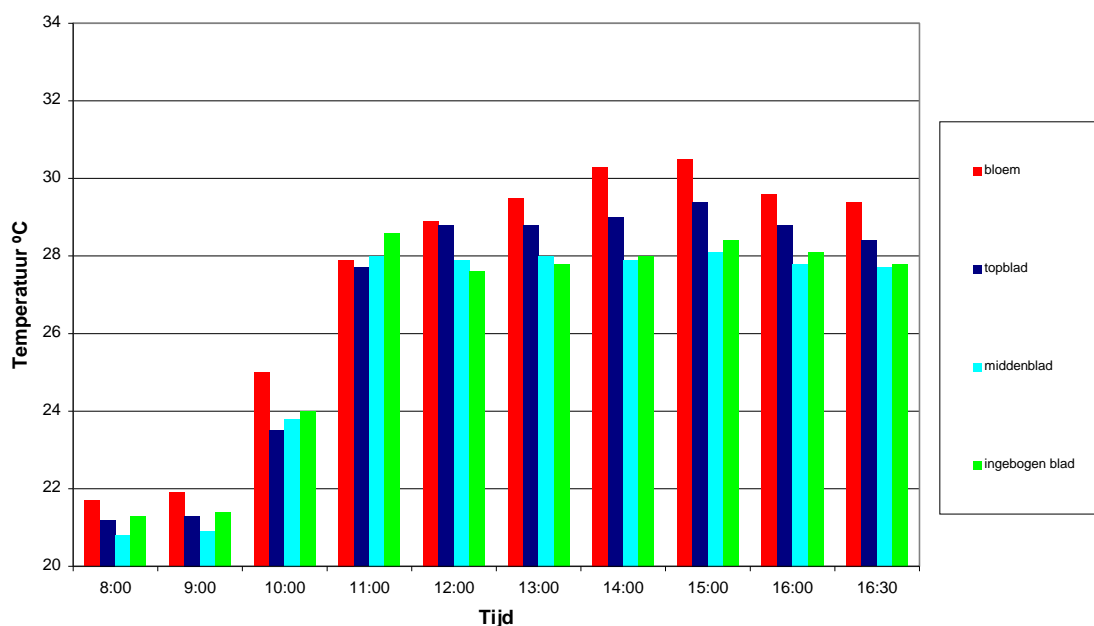
Figuur 74 Verticale temperatuurgradiënt 1 juli tussen de Fiwihexen in Boonekamp Roses

Verticale vochtverdeling 1 juli indirect



Figuur 75 Verticale vochtgradiënt 1 juli tussen de Fiwihexen in Boonekamp roses

Planttemperatuur meting 1 juli 2009



Figuur 76 Planttemperatuur meting 1 juli Boonekamp Roses

Figuur 71 laat de klimaatomstandigheden zien op 1 juli. Het was een zonnige dag waarbij de instraling opliep tot bijna 900 W/m^2 . Er is gekoeld van 10:15 t/m 19:40 uur. Het scherm heeft dicht gelegen van 12:00 tot 18:00 uur.

Figuur 72 en Figuur 74 laten het verloop zien van de temperatuur op vier hoogtes, namelijk onder de teeltgoot, ingebogen blad, bloem en 150 cm boven de bloem. De omgevingtemperatuurgradiënt is zeer gering tijdens het koelen. Er is wel een verschil te zien tussen de meting in directe lijn en indirecte lijn met de Fiwihex. De directe meting laat een iets hogere temperatuur zien op ingebogen bladhoogte. De verschillen waar we over praten zijn echter gering. De afkoeling van de kaslucht is erg gelijkmatig.

Figuur 73 en Figuur 75 laten het verloop zien van het vochtdeficit. Het vochtdeficit is op ingebogen bladhoogte tijdens het koelen gemiddeld het laagst. Het vochtdeficit onder de teeltgoot is bij de meting tussen de Fiwihex in soms iets lager dan op ingebogen bladhoogte. Het verschil tussen ingebogen blad en bloemhoogte is in indirecte lijn groter dan in directe lijn. De verschillen zijn dusdanig klein dat er geen sprake is van een slechte verdeling en daarmee een instabiel klimaat.

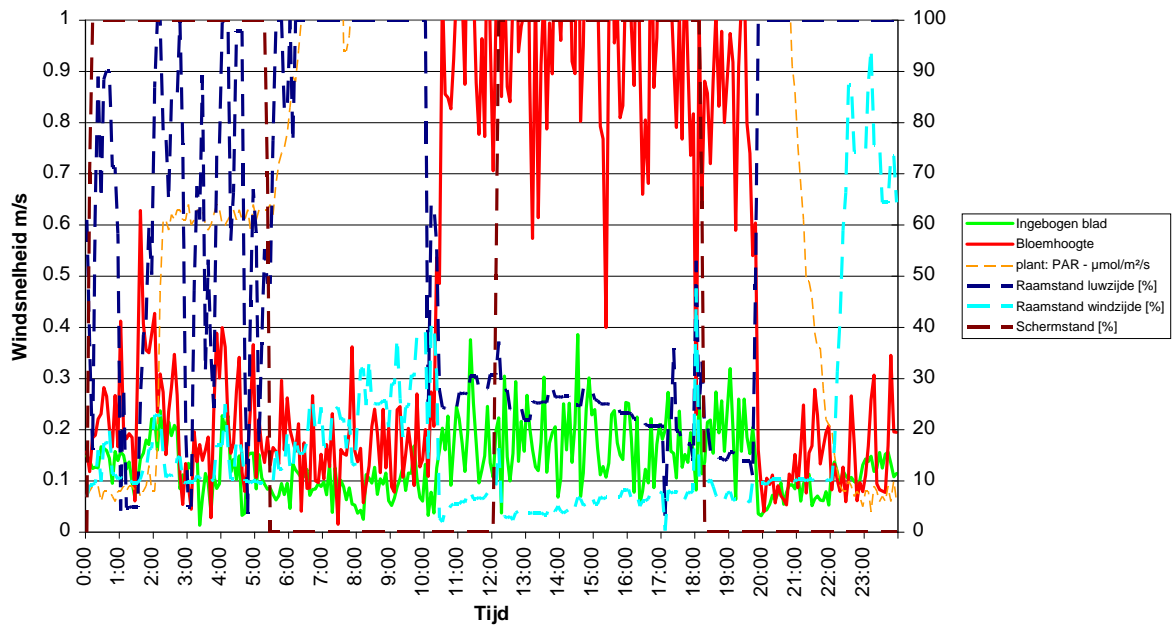
Figuur 76 laat de planttemperatuur metingen zien die tijdens dezelfde dag zijn verricht. De planttemperatuurmetingen die in Figuur 76 gepresenteerd worden zijn gemiddelde waarden van een aantal meetplanten in directe en in niet directe lijn met de Fiwihex. De metingen laten zien dat de bloem continu het hoogst is door de beperkte verdampingscapaciteit. Het ingebogen blad en het middenblad zijn het laagst.

Aan de hand van de getoonde temperatuur- en vochtmetingen kan geconcludeerd worden dat bovendoor koelen een zeer stabiel klimaat geeft.

Figuur 77 en Figuur 78 laten de windsnelheid zien op ingebogen blad en bloemhoogte. Het effect van het aangaan van de ventilator op de windsnelheid is duidelijk te zien in direct lijn met de Fiwihex, waar zowel de windsnelheid op bloem- als ingebogen bladhoogte toenemen. Kijken we naar de meting welke niet in directe lijn staat met de Fiwihex dan zien we alleen een verhoging op bloemhoogte. De windsnelheid op ingebogen bladhoogte neemt niet toe en lijkt eerder af te nemen. Een beoogde verhoging van de luchtstromen is dus pleksgewijs realiseerbaar, maar geen totale verhoging op alle plekken in het proefvak.

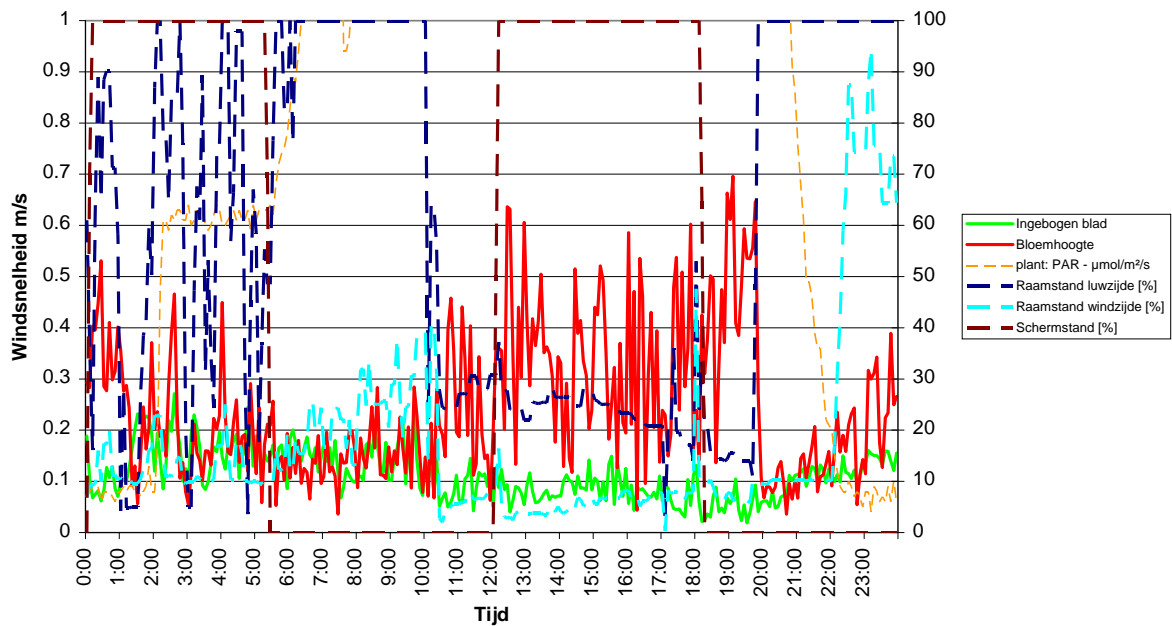
De luchtstroming metingen laten zien dat de lucht in beweging komt door het aanzetten van de Fiwihex ventilator. Factoren als grootte van het bladpakket c.q. gewasdichtheid en plaats van het gewas t.o.v. de ventilator zijn bepalend of er een verhoging van de luchtbeweging optreedt. Gezien de egale temperatuur- en vochtmetingen wordt er wel voldoende menging van de kaslucht gecreëerd.

Luchtstromen 1 juli direct



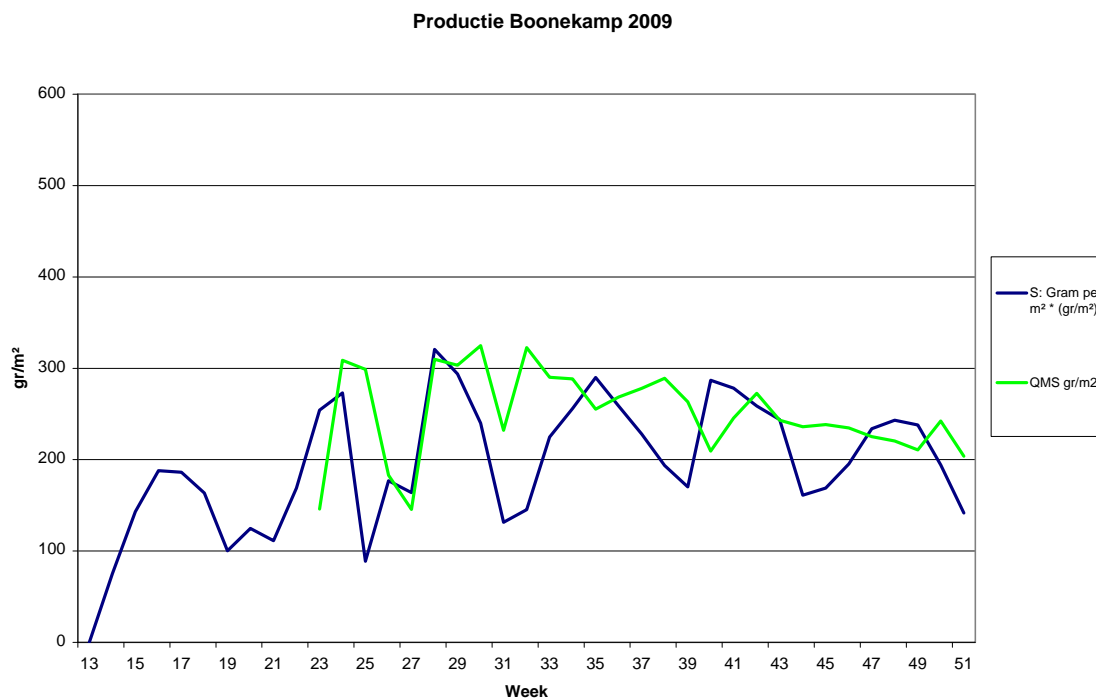
Figuur 77 Luchtstromen 1 juli in directe lijn met de FiwiHex Boonekamp Roses

Luchtstromen 1 juli indirect



Figuur 78 Luchtstromen 1 juli tussen de FiwiHexen in Boonekamp Roses

6.2 Productie en kwaliteitsgegevens 2009



Figuur 79 Productiecijfers tov QMS ongekoeld 2009 Boonekamp Roses

Figuur 79 laat de productie zien bij Boonekamp Roses ten opzichte van de berekende productie met QMS. De gerealiseerde productie volgt op sommige momenten de berekende productie goed en op sommige momenten ligt de gerealiseerde ver achter op de berekende. Er is nog een duidelijk snee-effect te zien. Het verschil vanaf week 23 is een lagere gerealiseerde productie van 936 gr/m² ten opzichte van de berekening, dit is 87%. Dit lage percentage kan verklaard worden omdat er relatief veel gewasafval is geweest.

Kijken we naar de kwaliteitsgegevens dan zien wij dat er vanaf week 25 gemiddelde 3,8 takken per week/m² zijn geknipt. De gemiddelde lengte van de takken was 66,4 cm. De kwaliteit van de takken was 0,84 gr/cm. Of deze waarden gunstig zijn ten opzicht van de conventionele situatie van telen is moeilijk te zeggen omdat er geen goede referentie is.

6.3 Resultaten klimaatmetingen bovendoor verwarmen 2008-2009

6.3.1 Opzet

Tijdens een intensieve meetperiode van 2 t/m 16 maart 2009 zijn er verschillende situaties onderzocht. In Tabel 5 staat het tijdschema van de situaties weergegeven.

In hoofdlijnen zijn er 3 situaties onderzocht namelijk:

- Conventioneel verwarmen met minimum buis,
- Verwarmen met het ondernet zonder minimum buis en de ventilator van de Fiwihex aan en
- Verwarmen met de Fiwihex.

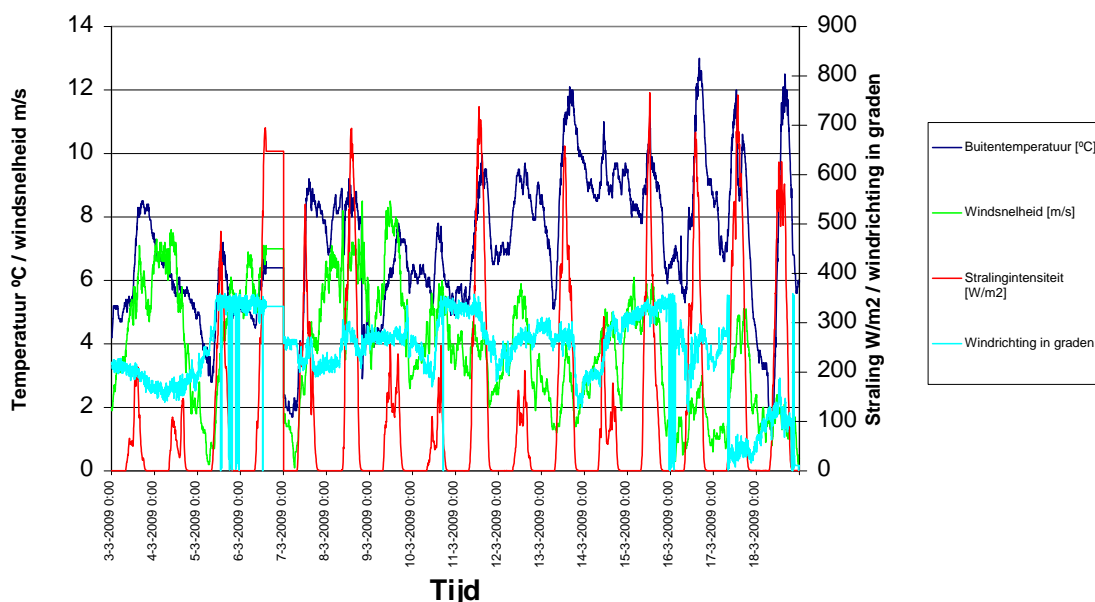
Tabel 5 Tijdschema situaties verwarmen Boonekamp Roses

Tijdschema proefsituaties verwarmen Boonekamp Roses		
Datum	Tijd	Proefsituatie
2-3		Conventioneel met minimum buis.
4-3	10:00	Conventioneel ventilator 58% zonder minimum buis.
5-3	6:30	Conventioneel ventilator 40% zonder minimum buis.
6-3	9:00	Verwarmen met Fiwihex 58% (op 7-3 is de ventilatorstand handmatig om 58% gezet).
10-3	10:30	Verwarmen met Fiwihex 40%.
11-3	20:00	Ventilatorstand naar 58% gezet.
12-3	8:30	Ventilator regelt naar beneden.
13-3	13:00	Verwarmen Fiwihex 40%.
14-3	16:30	Conventioneel verwarmen met minimum buis.
16-3		Ophalen temperatuurloggers.

Om de effecten van deze situaties in kaart te brengen zijn er verschillende klimaatmetingen verricht. De horizontale temperatuurverdeling is in kaart gebracht door 160 dataloggers op verschillende hoogtes op te hangen. Bij deze horizontale metingen zijn alleen de nachtperiodes relevant. Overdag hebben de loggers te veel last van stralingsinvloed. De verticale temperatuursverdeling en de verticale vochtverdeling is bepaald door te meten met akoestische meetapparatuur.

In Figuur 80 zijn de buitenomstandigheden tijdens de meetsessie weergegeven.

Buitenomstandigheden 3 t/m 18 maart

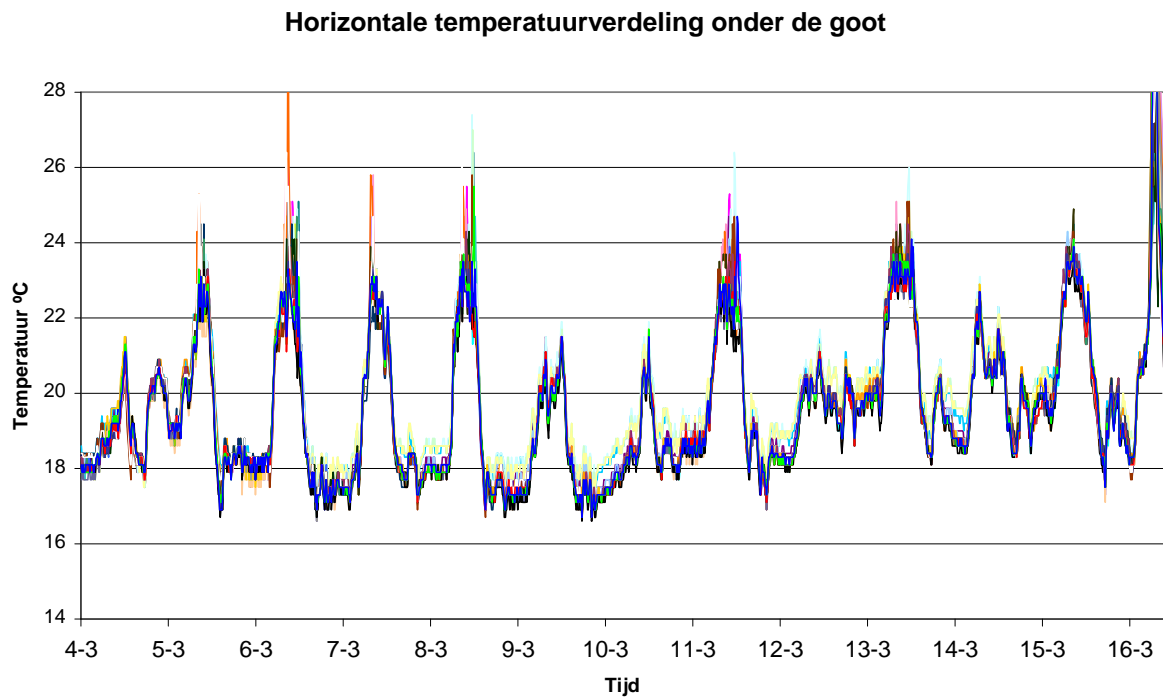


Figuur 80 Buitenomstandigheden verwarmingsproef 3 t/m 18 maart Boonekamp Roses

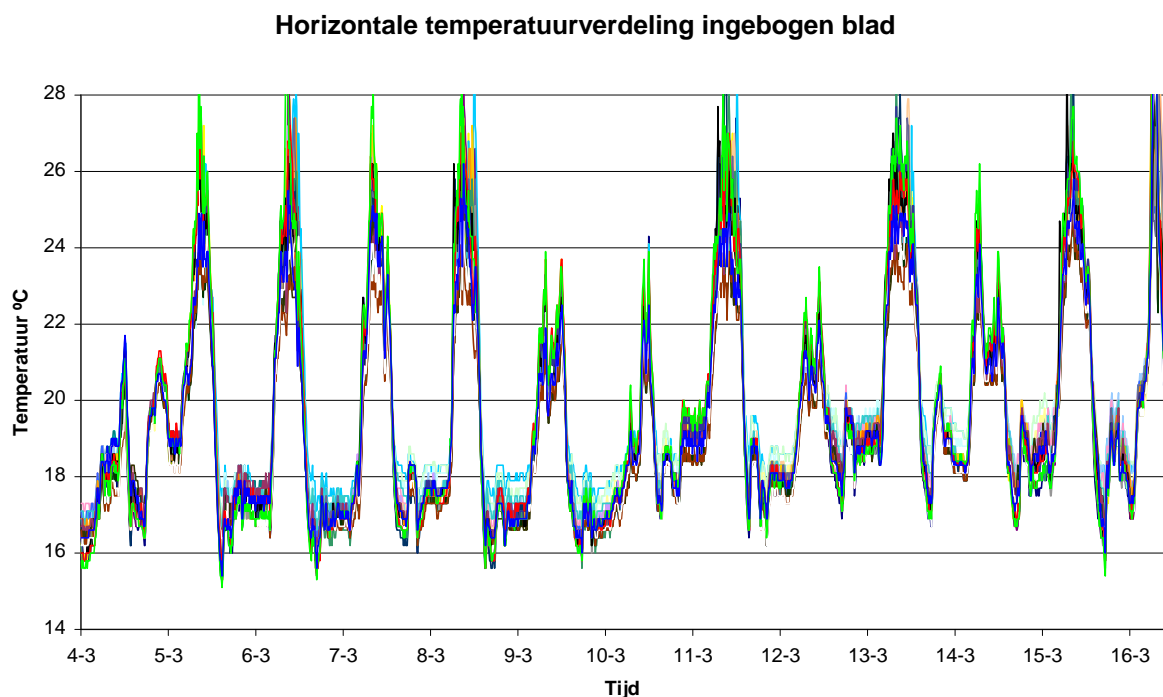
6.3.2 Horizontale Temperatuurverdeling

Om de horizontale temperatuurverdeling in het proefvak te bepalen zijn op 20 verschillende posities in de kas temperatuurloggers opgehangen op vier verschillende hoogtes, namelijk onder de teeltgoot, ingebogen blad, gewas en bloemhoogte. De resultaten van de metingen zijn in de volgende figuren weergegeven. De maatstreepjes op de X-as zijn weergegeven om 4:00 uur 's ochtend op de desbetreffende dag.

In Figuur 81 is er een geringe temperatuurvariatie te zien. Het verschil wordt over de gehele periode maximaal 1,5°C. Wanneer op 14 maart om 16:30 uur de verwarming omgezet wordt van verwarming met de Fiwihex naar conventioneel verwarmen lijkt het erop dat de verdeling iets beter wordt.



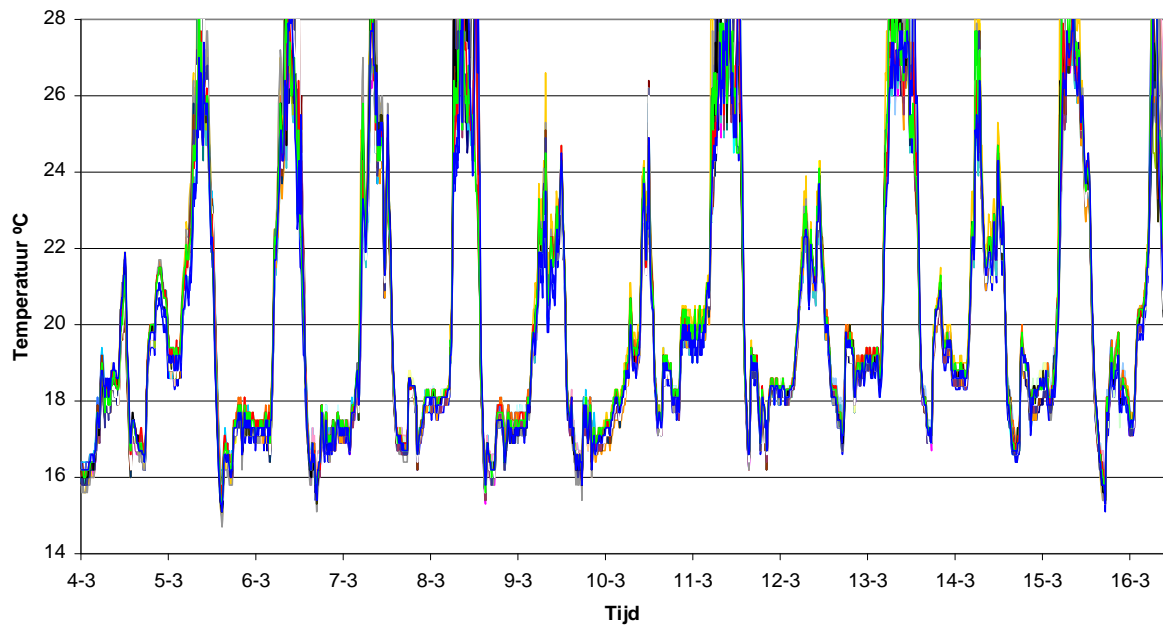
Figuur 81 Horizontale verdeling onder de teeltgoot Boonekamp Roses



Figuur 82 Horizontale verdeling ingebogen blad Boonekamp Roses

In Figuur 82 is bij alle proefsituaties een temperatuurvariatie te zien. Het verschil wordt over de gehele periode maximaal 2,0°C als we kijken naar de nachtperiodes. Op deze hoogte is geen duidelijke verbetering of verslechtering van de temperatuursverdeling te zien bij de ingestelde proefsituaties.

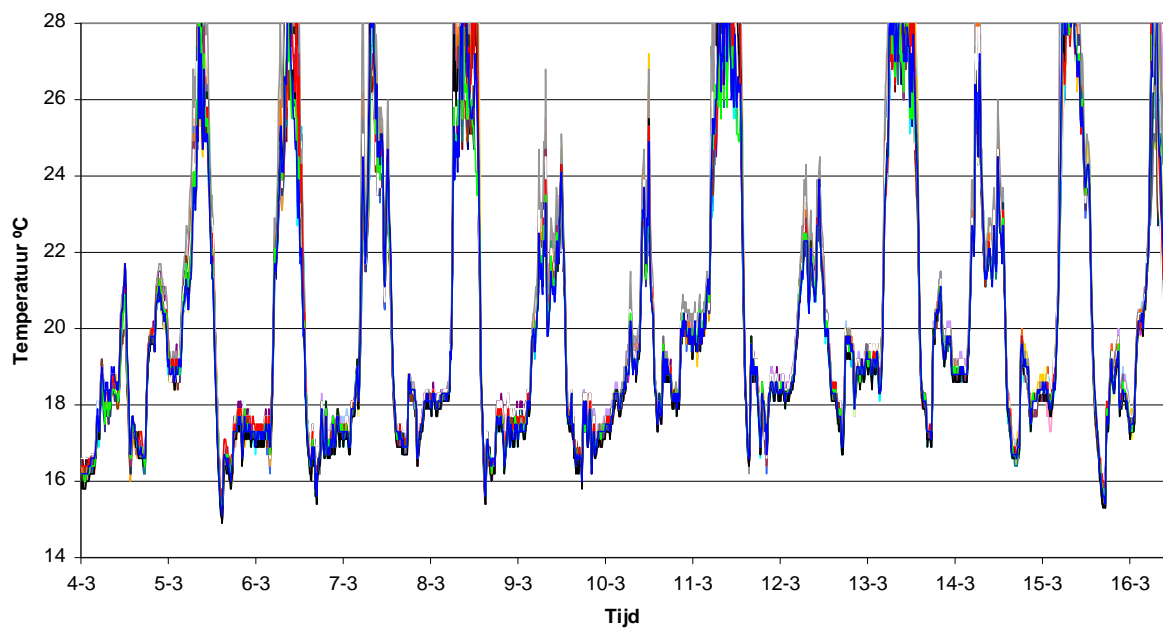
Horizontale temperatuurverdeling gewas



Figuur 83 Horizontale verdeling gewas Boonekamp Roses

In Figuur 83 is bij alle proefsituaties een temperatuurvariatie te zien. Het verschil wordt over de gehele periode maximaal 1,0°C als we kijken naar de nachtperiodes. Op deze hoogte is geen duidelijke verbetering of verslechtering van de temperatuursverdeling te zien bij de ingestelde proefsituaties.

Horizontale temperatuurverdeling bloem



Figuur 84 Horizontale verdeling bloem Boonekamp Roses

In Figuur 84 is bij alle proefsituaties een kleine temperatuurvariatie te zien. Het verschil wordt over de gehele periode maximaal 1,0°C als we kijken naar de nachtperiodes. Op deze hoogte is geen duidelijke verbetering of verslechtering van de temperatuursverdeling te zien bij de ingestelde proefsituaties.

Kijkend naar de figuren is er geen duidelijke verandering op ingebogen blad, gewas- en bloemhoogte op de horizontale temperatuurverdeling te zien tussen de verschillende proefsituaties. Opvallend is te zien dat de verdeling steeds beter wordt naarmate men op een hogere hoogte meet. Een rede daarvoor kan zijn, dat de gewasweerstand (dikte van het gewas) steeds meer afneemt in de hoogte waardoor de lucht zich beter kan mengen. De gewasweerstand van het gewas was in vergelijking met een volgroeid rozegewas klein, zoals vermeldt in hoofdstuk Accommodatie en teeltgegevens Boonekamp Roses. Er is hier gemeten bij een jonge aanplant 'Grande Amore'.

6.3.3 Verticale temperatuur- en vocht verdeling

Om het effect van verwarmen met het ondernet en FiwiHex in kaart te brengen is er op een vast punt op 6 hoogtes temperatuur- en vocht gemeten. In deze paragraaf worden de resultaten van deze metingen onder verschillende situaties getoond. Naast de temperatuur- en vochtmetingen zijn tevens de luchtstromen op de gemeten hoogtes in kaart gebracht.

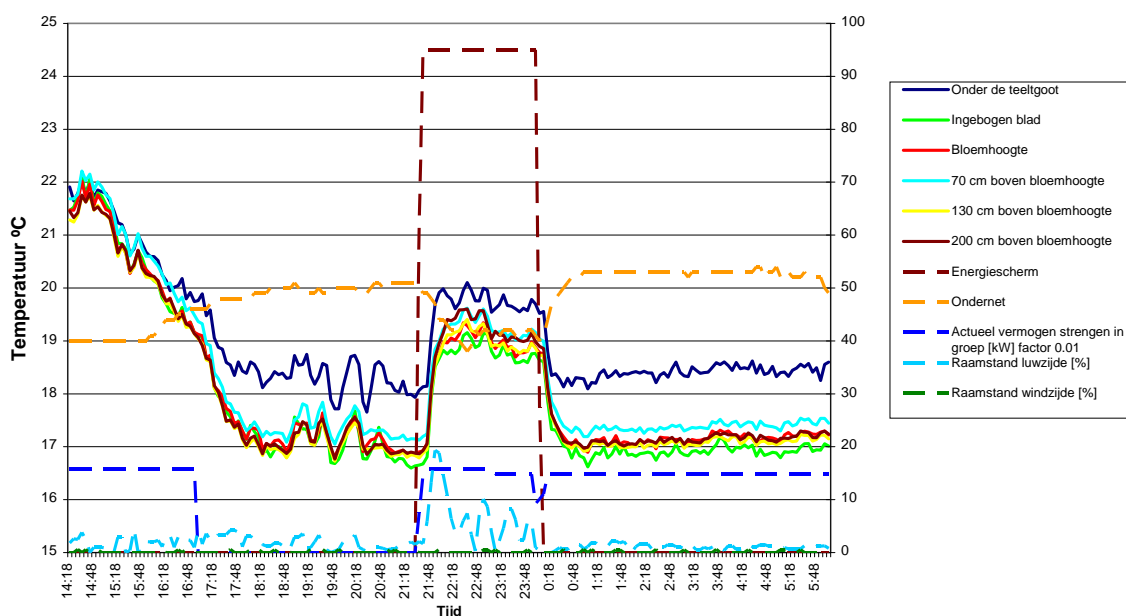
De volgende figuren laten de klimaatomstandigheden, temperatuur- en vochtgradiënt zien bij conventioneel verwarmen met een minimumbuis. De klimaatgegevens uit de klimaatcomputer zijn weergegeven als een stippellijn en hebben de waarden op de rechter Y-as staan. De akoestische temperatuurmetingen zijn een vloeiende lijn en hebben de waarden op de linker Y-as staan. Deze indeling geldt voor alle figuren in deze paragraaf.

Figuur 85 en Figuur 86 laten de verticale temperatuur- en vochtverdeling zien wanneer er conventioneel met het ondernet en minimum buis wordt verwarmd. Te zien is dat de verticale temperatuurverdeling heel dicht bij elkaar zit. De grootste variatie zien we als het energiescherm dicht gaat. Bij het dicht gaan van het energiescherm volgt direct een verlaging van de buistemperatuur. Op hetzelfde moment gaat de belichting aan met een capaciteit van ongeveer $63 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$.

Het vochtdeficit blijft op alle hoogtes boven de $2 \text{ gr}/\text{m}^3$. Op ingebogen bladhoogte is het vochtgehalte het laagst. Tijdens de donkerperiode ligt het energiescherm helemaal open, dit vergemakkelijkt de vochtafvoer naar buiten toe. Bij een dicht scherm zou het vochtdeficit lager kunnen liggen.

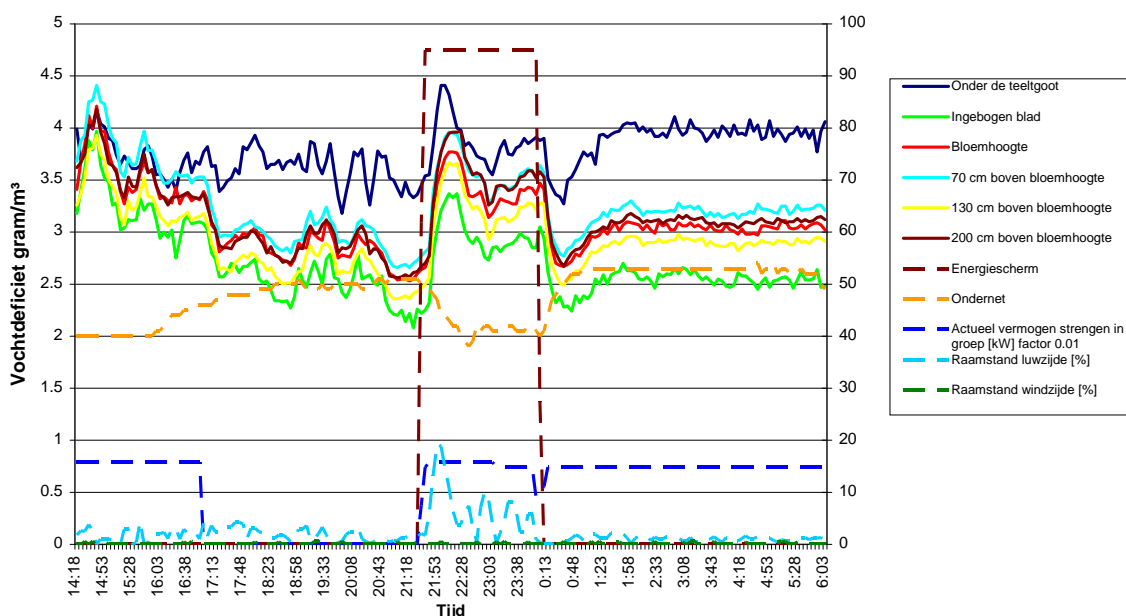
Doel van deze meting was om in kaart te brengen wat de verticale temperatuur- en vochtgradiënt is tijdens traditioneel verwarmen. De meting dient als basis en daarmee vergelijk voor de verdere metingen besproken in het volgende deel van dit hoofdstuk.

Verticale temperatuurgradient 3-4 maart

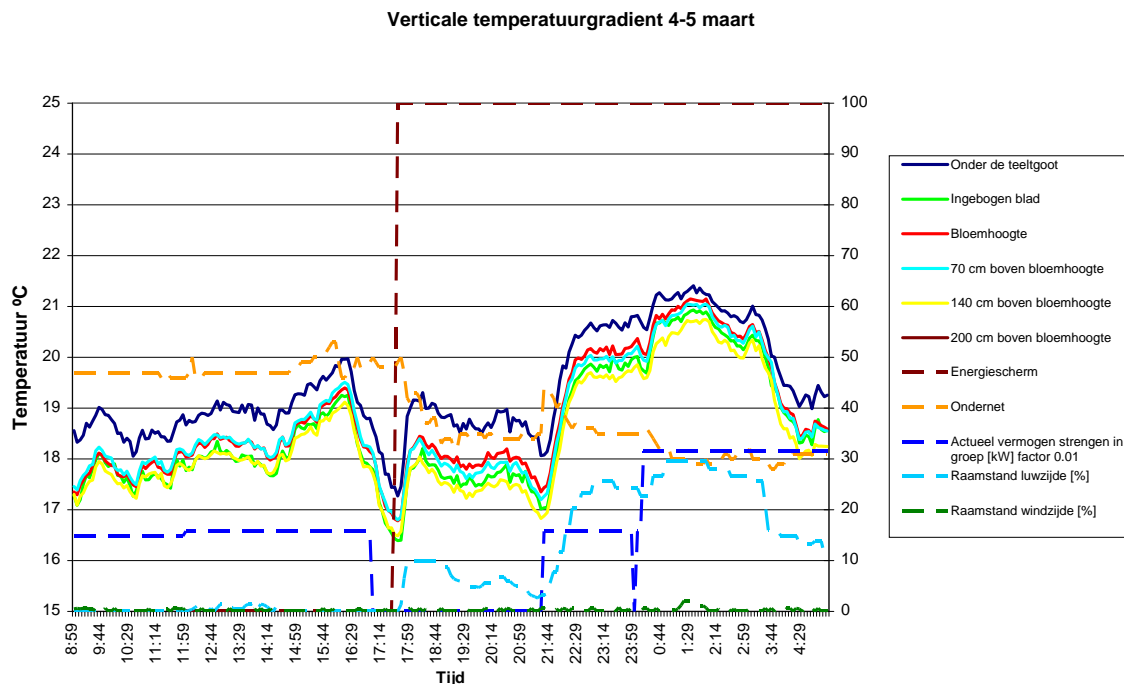


Figuur 85 Verticale temperatuurgradient conventioneel verwarmen met minimum buis Boonekamp Roses

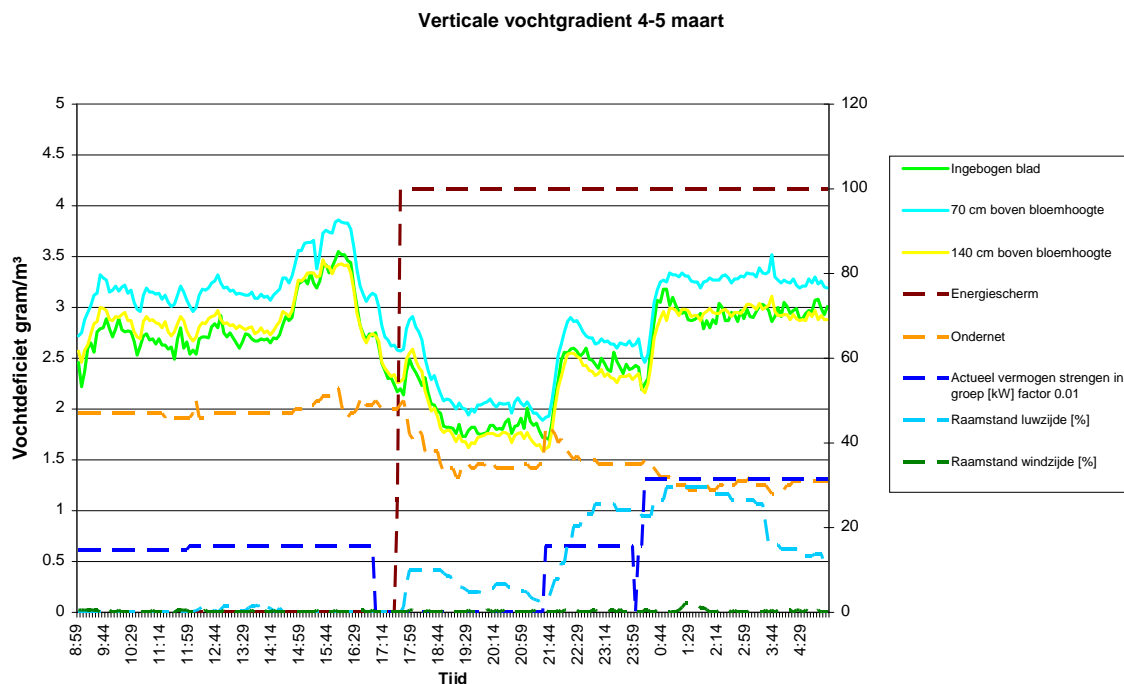
Verticale vochtgradient 3-4 maart



Figuur 86 Verticale vochtgradient conventioneel verwarmen met minimum buis Boonekamp Roses



Figuur 87 Verticale temperatuurgradiënt conventioneel verwarmen met fiwihex ventilator op 58% Boonekamp Roses



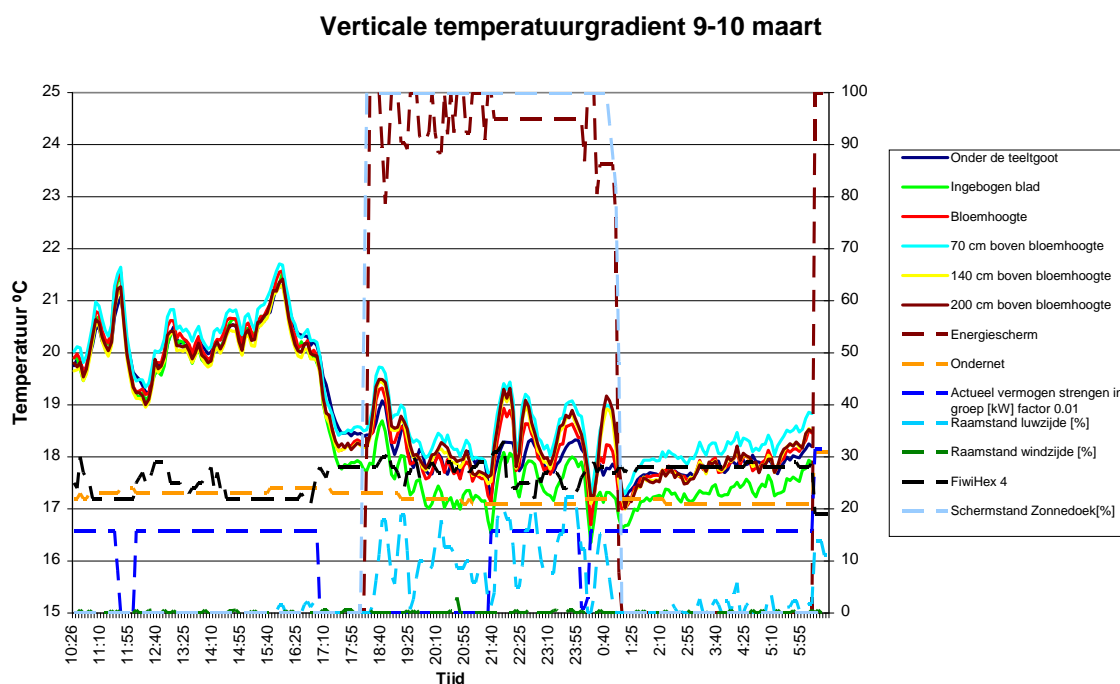
Figuur 88 Verticale vochtgradiënt conventioneel verwarmen met fiwihex ventilator op 58% Boonekamp Roses

Figuur 89 en Figuur 91 laten de verticale temperatuur- en vochtverdeling zien wanneer er verwarmd wordt met het ondernet zonder minimum buis en de Fiwihex ventilator op 58%.

Het weglaten van een ingestelde minimum buis temperatuur heeft effect op de verticale temperatuurverdeling. Om 17:30 uur ging het doek dicht en is de belichting uit gegaan waardoor de buistemperatuur zakt. Door de verlaging van de buistemperatuur wordt de verticale temperatuurgradiënt groter maar blijft gering. Wanneer de belichting aan staat is de verticale temperatuurgradiënt kleiner dan wanneer deze uit staat.

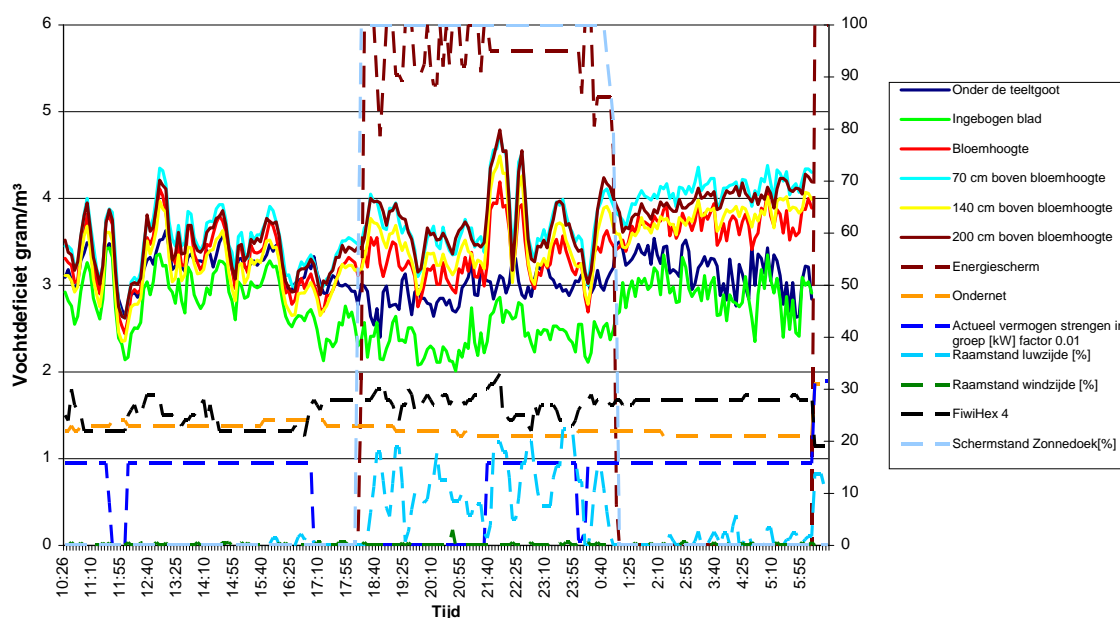
Het vochtdeficit komt in de meest kritische periode, de donkerperiode, onder de 2 gr/m³. In die periode is het energiescherm dicht en daalt de buistemperatuur naar ± 34°C. Wanneer de belichting aangaat is er een directe stijging van het vochtdeficit te zien. Het vochtdeficit komt op een lagere waarde dan de metingen die gedaan zijn op 3-4 maart met een minimumbuis. Verschil is dat tijdens de meting van 3-4 maart het energiescherm helemaal open heeft gelegen, terwijl bij deze meting het scherm juist helemaal dicht heeft gelegen.

Doel van de metingen was om aan te tonen de Fiwihex ventilator de functies van de minimumbuis kan overnemen. De temperatuurmetingen geven geen grote gradiënt weer. Het vochtgehalte zakt wel naar een lage waarde. Of de Fiwihex ventilator de functie van de minimumbuis kan overnemen is dan ook de vraag. Feit is wel dat zonder een ingestelde minimumbuis het klimaat geen extreme veranderingen laat zien. Zeker als de belichting aan staat lijkt er geen noodzaak te zijn voor een minimumbuis instelling.



Figuur 89 Verticale temperatuurgradiënt verwarmen met Fiwihex ventilator op 58% Boonekamp Roses

Verticale vochtgradient 9-10 maart



Figuur 90 Verticale vochtgradiënt verwarmen met fiwihex ventilator op 58% Boonekamp Roses

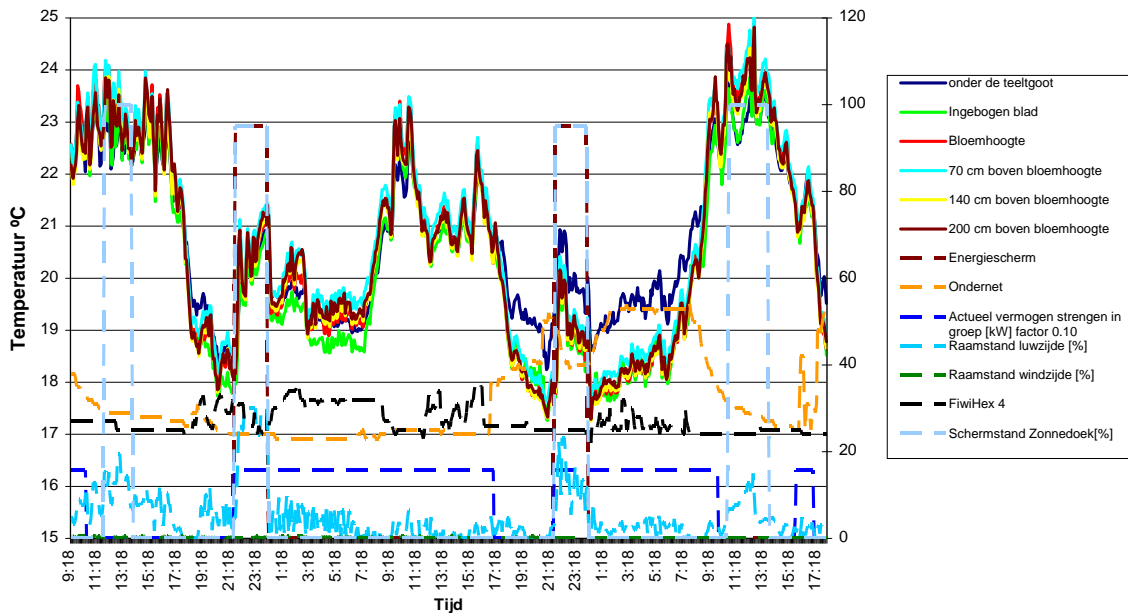
Figuur 89 en Figuur 90 laten de verticale temperatuur- en vochtverdeling zien wanneer er verwarmd wordt met de Fiwihex met een ventilatorstand van 58%. Zoals in de meting te zien is, is er tussen 18:00 en 01:00 uur geschermd. Het energiescherm heeft een aantal malen een kier getrokken. De opening die hierbij ontstond is gevuld met het zonnedoek. Oftewel 95% energiescherm en 100% Zonnedoek betekent dat er 95% energiescherm te zien was en 5% zonnedoek.

Bij het bovendoor verwarmen met de Fiwihex is duidelijk te zien dat de temperatuur bij het ingebogen blad het laagst is. Bij conventioneel verwarmen is het verschil tussen bloem en ingebogen bladhoogte kleiner. Het verschil tussen de meting op ingebogen blad en bloem hoogte wordt nooit hoger dan 1°C.

Het vochtdeficiet is bij deze meting op ingebogen bladhoogte het laagst. De meting blijft altijd boven de 2 gr/m³, ook in de donkerperiode waarbij er een deel geschermd en een deel niet geschermd wordt.

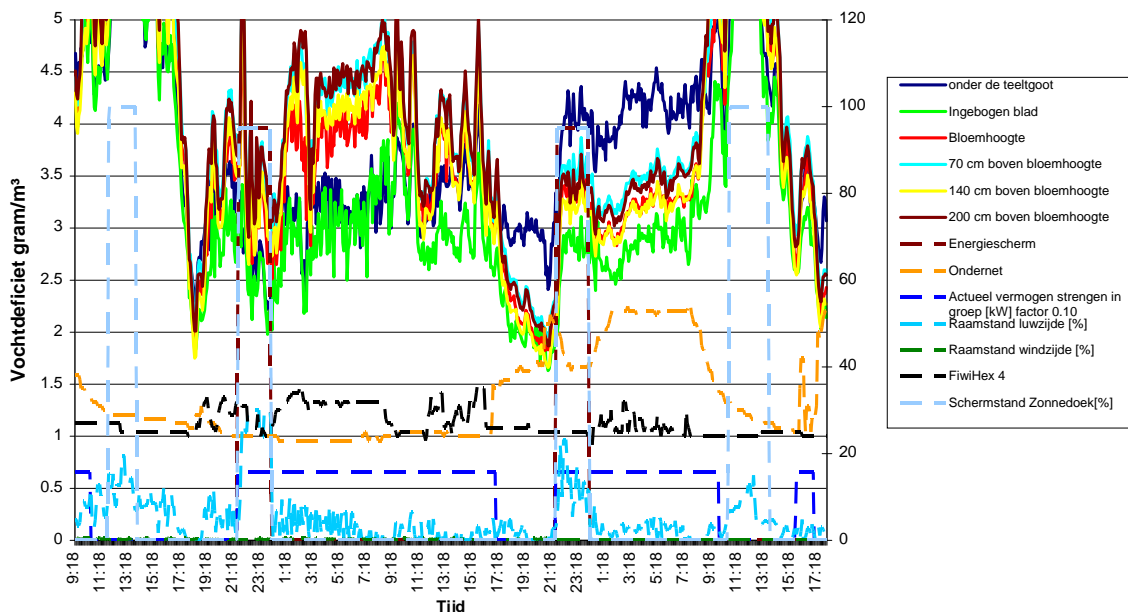
Doel van de meting was om aan te tonen of het mogelijk is om bovendoor met de Fiwihex te verwarmen. De temperatuur op ingebogen bladhoogte is in vergelijking met de andere gemeten hoogte altijd lager dan wanneer er conventioneel verwarmd wordt. Tijdens deze meetdag komt het vochtdeficiet nooit lager dan de gemeten waarden bij conventioneel verwarmen. Conclusie is dat tijdens deze meetdag het bovendoor verwarmen goed mogelijk is geweest.

Verticale temperatuurgradient 13-15 maart



Figuur 91 Verticale temperatuurgadiënt verwarmen met Fiwihex ventilator op 40% en conventioneel verwarmen Boonekamp Roses

Verticale vochtgradient 13-15 maart



Figuur 92 Verticale vochtgadiënt verwarmen met fiwihex ventilator op 40% en conventioneel verwarmen Boonekamp Roses

Figuur 91 en Figuur 92 laten de verticale temperatuur- en vochtverdeling van 2 dagen waarbij in de eerste helft van de meting verwarmd wordt met de Fiwihex met een ventilatorstand van 40% en in de tweede helft met het ondernet.

Figuur 91 geeft duidelijk het effect weer tussen bovendoor verwarmen met de Fiwihex en verwarmen met het ondernet. De temperatuurgradiënt bij verwarmen met de Fiwihex is iets groter dan bij het stoken met het ondernet. In vergelijking met de temperatuursmetingen op verschillende hoogtes is de temperatuur op ingebogen bladhoogte bij het verwarmen met de Fiwihex het laagst. Bij verwarmen met het ondernet is dit niet duidelijk aan te wijzen en liggen de temperaturen meer bij elkaar.

In Figuur 92 is te zien dat het vochtdeficit in de periode waarbij er verwarmd wordt met de Fiwihex het vochtdeficit het laagst is op ingebogen blad en onder de teeltgoot. Op bloemhoogte en de metingen daarboven is het vochtdeficit een stuk hoger. Wanneer er met het ondernet verwarmd wordt, is de gradiënt tussen het ingebogen blad en bloemhoogte kleiner.

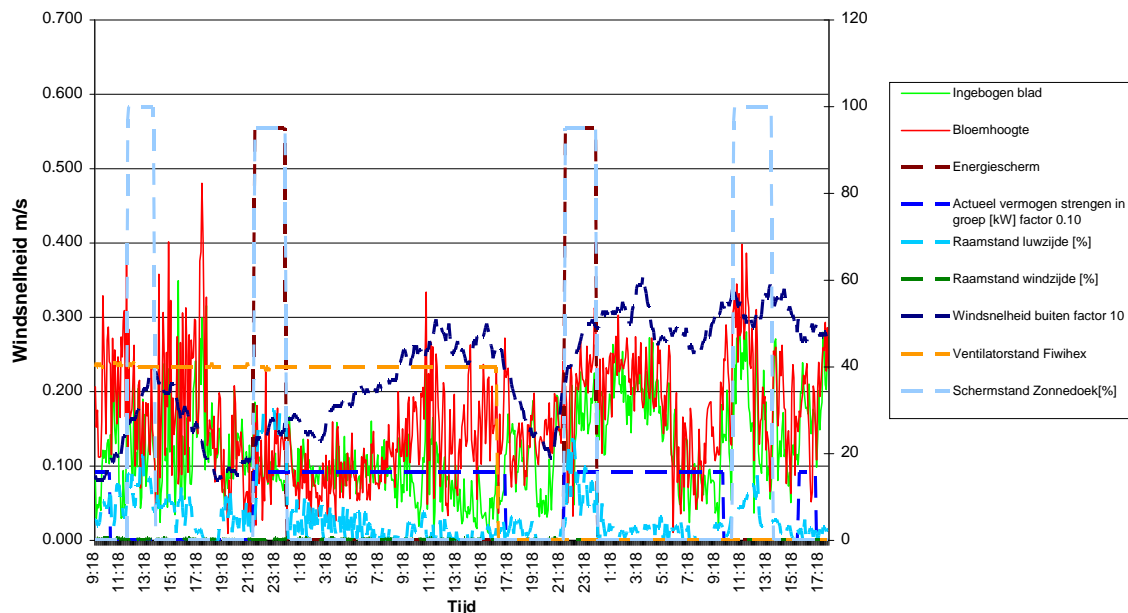
Doel van deze meting was om een goed vergelijk te kunnen maken tussen bovendoor verwarmen met de Fiwihex en verwarmen met het ondernet. Conclusie is dat verwarmen met de Fiwihex een grotere temperatuur- en vochtgradiënt geeft dan met het ondernet. Meest kritisch is op hoogte van het ingebogen blad waarbij zeker in de donkerperiode de kans op nat slaan van het gewas toeneemt. Gezien de resultaten kan een combinatie van het ondernet en de Fiwihex de hele gradiënt teniet doen en daarmee een zeer stabiel klimaat creëren. Hiermee ontstaat tevens de mogelijkheid om in ieder geval voor een deel met laagwaardige warmte te verwarmen.

6.3.4 Luchtstromen

Om de luchtstromen in kaart te brengen is op vaste punten bij verschillende proefsituaties gemeten. Naast de vaste puntsmetingen zijn er zogenaamde Quick scans gemaakt, zoals beschreven in hoofdstuk 3.2.2. In deze paragraaf worden de resultaten van metingen op een vaste punt en 4 Quickscans besproken.

In de volgende grafiek is de windsnelheid op ingebogen blad- en bloemhoogte weergegeven in de periode van 13 t/m 15 maart. Tot en met 14 maart 16:00 uur is de Fiwihex ventilator uitgegaan en is er verwarmd met het ondernet. De meting is verricht in het midden van een tralie en niet in rechte lijn met de ventilator.

Luchtbeweging 13-15 maart



Figuur 93 Luchtbeweging op ingebogen blad- en bloemhoogte 13 t/m 15 maart

Kijkend naar Figuur 93 is er geen verband te leggen tussen de windsnelheid en de Fiwihex ventilator. Het lijkt er veel meer op dat de windsnelheid buiten en raamopening meer invloed hebben. Welke invloed het scherm (wanneer gesloten op 95%) heeft op de luchtbeweging is deze figuur minder goed te zien. Het is wel duidelijk te zien dat de snelheid niet afneemt door het sluiten van het scherm. Oorzaak hiervan kan zijn dat de luw-zijde meer open gaat wanneer het scherm dicht gaat.

Doel van deze meting was om het effect van de Fiwihex ventilator op de luchtbeweging te bepalen. De metingen tonen aan dat de Fiwihex maar een marginaal effect heeft op de luchtbeweging op ingebogen blad en bloemhoogte. Invloeden door de klimaatregeling en buitenomstandigheden zijn vaak dominanter aanwezig dan de gecreëerde luchtbeweging van de Fiwihex. Kanttekening bij deze meting is wel dat de meetpaal met opzet niet in directe lijn met de Fiwihex is neergezet. In directe lijn zou er meer effect van de ventilator te zien zijn, maar geen representatief beeld geven voor het hele proefvak.

Quick scans verwarmen

Van verschillende situaties zijn Quick scans gemaakt. Er is steeds gemeten op zes hoogtes. De hoogtes zijn weergegeven in Figuur 94 en zijn vanaf de grond gemeten. Dit zijn:

- 45 cm onder de teeltgoot,
- 120 cm net boven het ingebogen blad,
- 190 cm is ter hoogte van de bloem,
- 260 cm,
- 330 cm en
- 390 cm ter hoogte van de FiwiHex.

De sensoren hebben gemeten boven het pad.

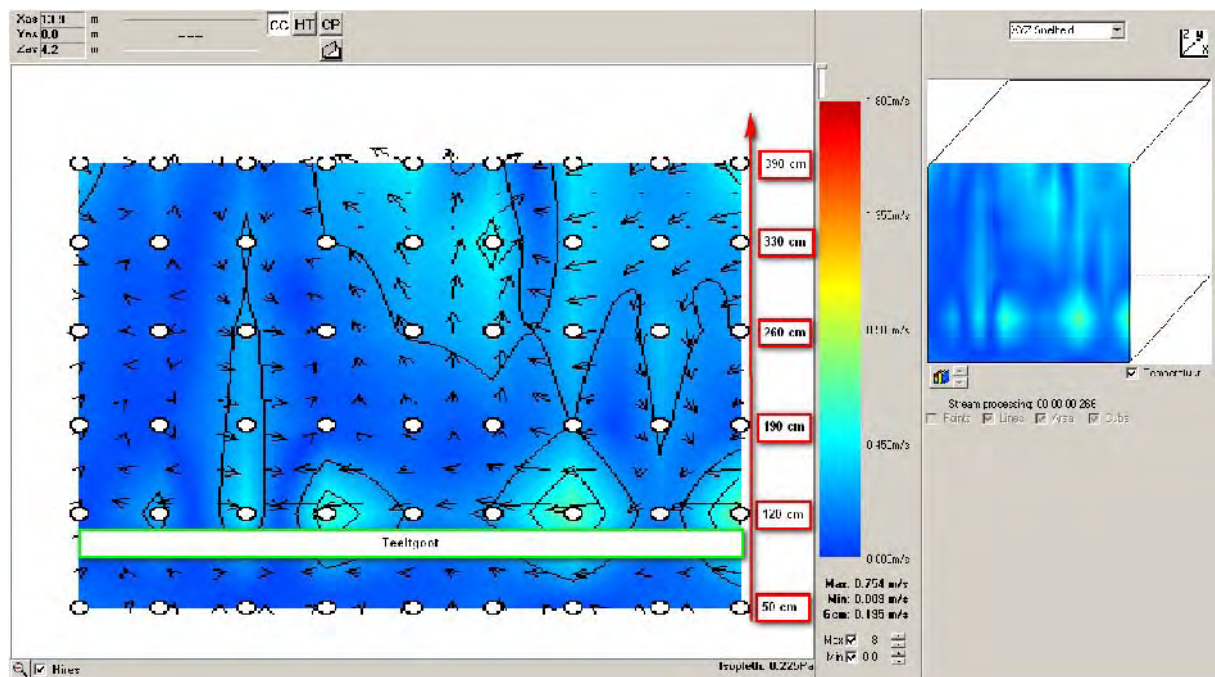
Van iedere situatie zijn twee plaatjes weergegeven. Een bovenaanzicht op bloemhoogte en een zijaanzicht in directe lijn met de FiwiHex.

De klimaat- en buitenomstandigheden tijdens de getoonde quick scans zijn weergegeven in Tabel 6 Klimaat en buitenomstandigheden tijdens Quick scans Boonekamp Roses.

Tabel 6 Klimaat- en buitenomstandigheden tijdens Quick scans Boonekamp Roses

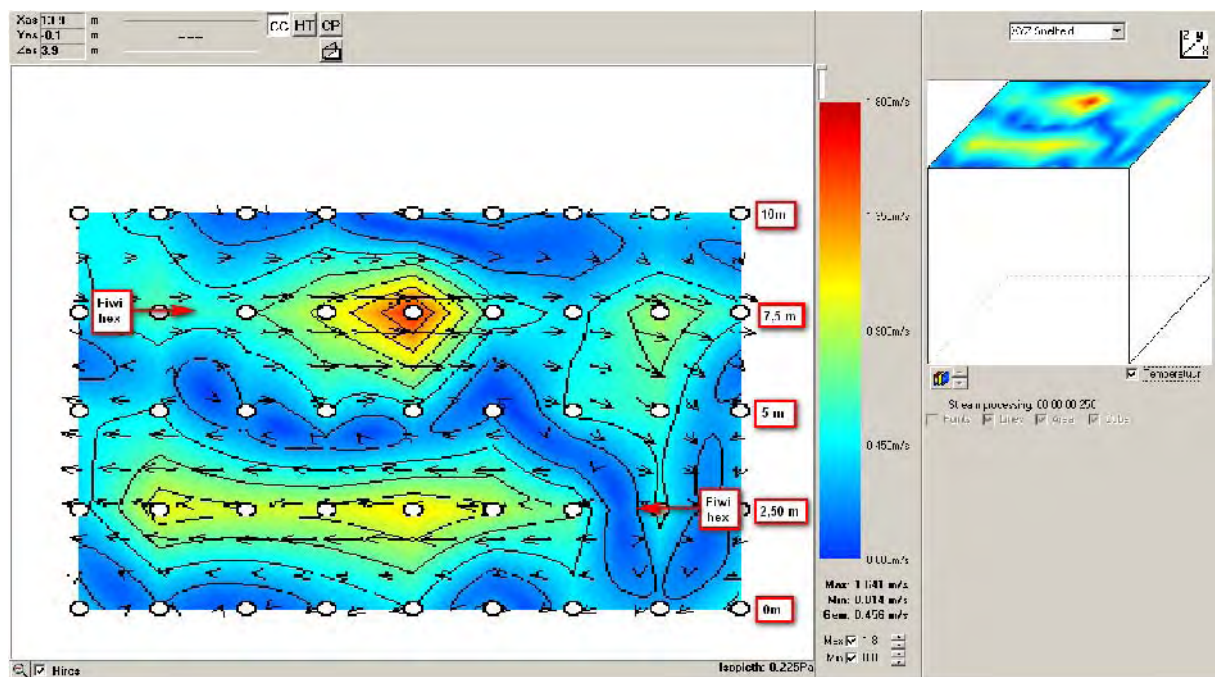
Omstandigheden tijdens Quick scans				
	Zonne- doek stand	Energiescherm stand	Windsnelheid buiten (m/s)	Windrichting buiten in graden
Conventioneel 3 mrt	100%	100%	3,6	180
Conventioneel ventilator 58% 5 mrt	100%	100%	0,3	234
Verwarmen FiwiHex 58% 9 mrt	100%	95%	5,2	280
Verwarmen FiwiHex 58% 10 mrt	0%	0%	4,0	336

Van iedere situatie zijn twee plaatjes weergegeven. Een bovenaanzicht op bloemhoogte en een zijaanzicht vanuit het middenpad gezien.



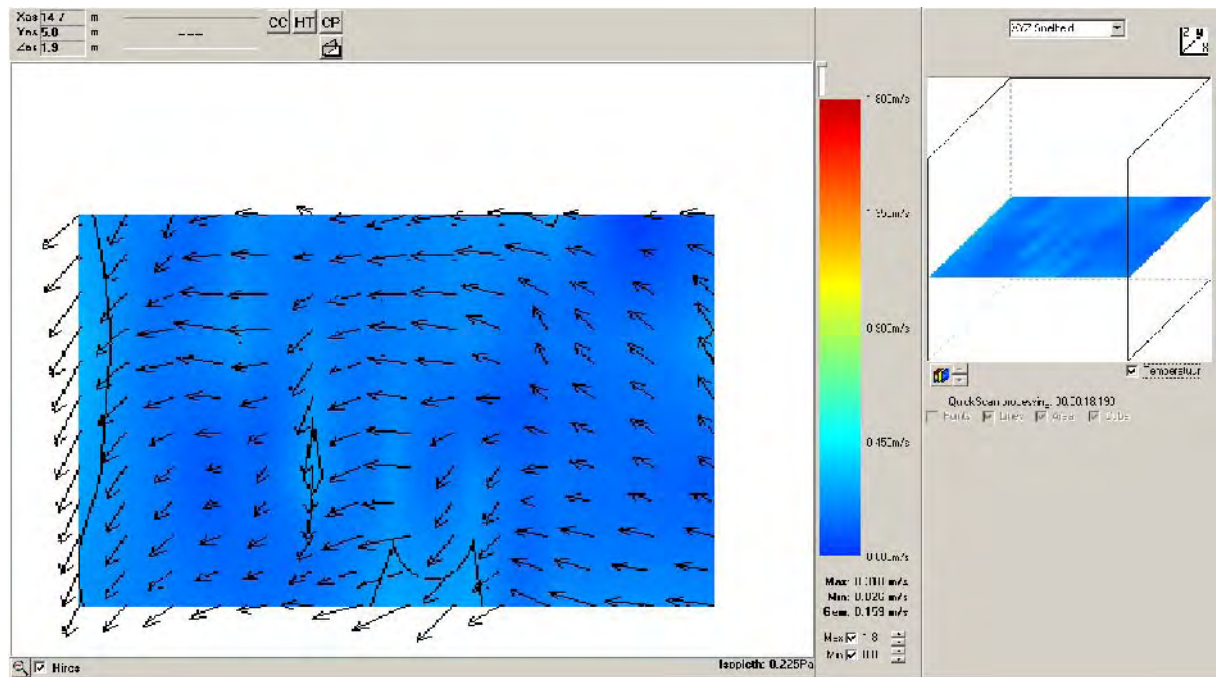
Figuur 94 Omschrijving verticale meetpunten Quickscan Boonekamp Roses

De volgende figuur geeft het bovenaanzicht van de meting weer. De pijl bij de Fiwihex geeft de uitblaasrichting weer.

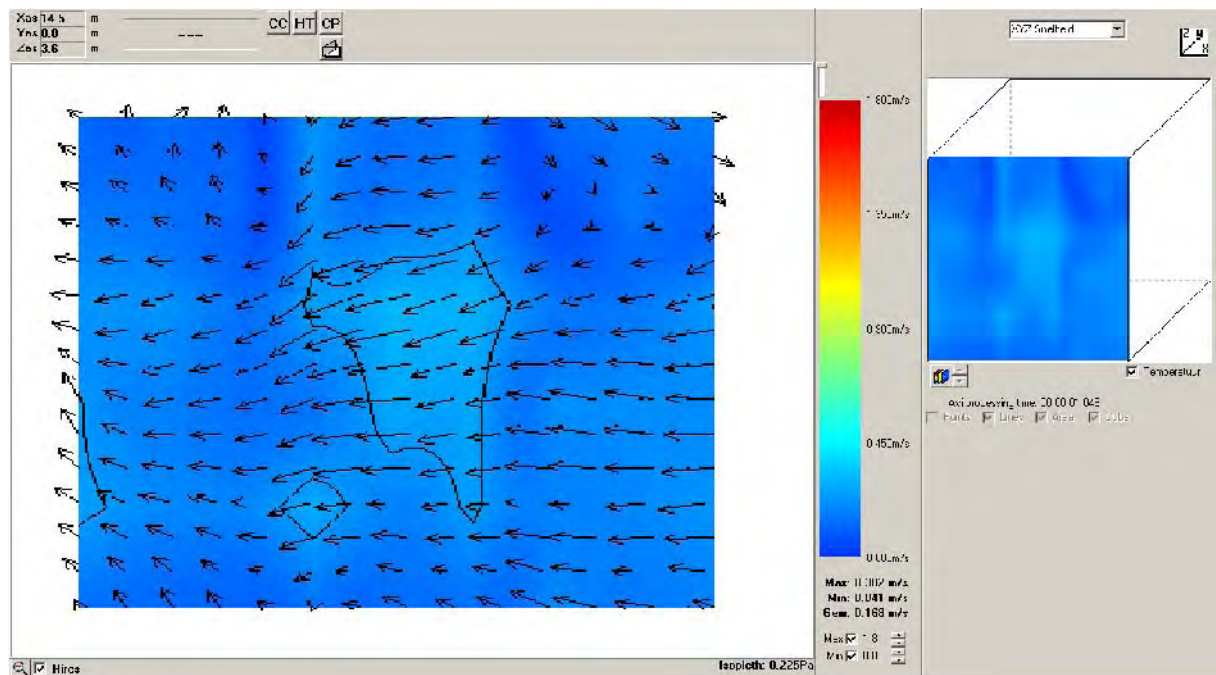


Figuur 95 Omschrijving horizontale meetpunten Quickscan Boonekamp Roses

Conventioneel verwarmen met minimum buis op 3 maart.

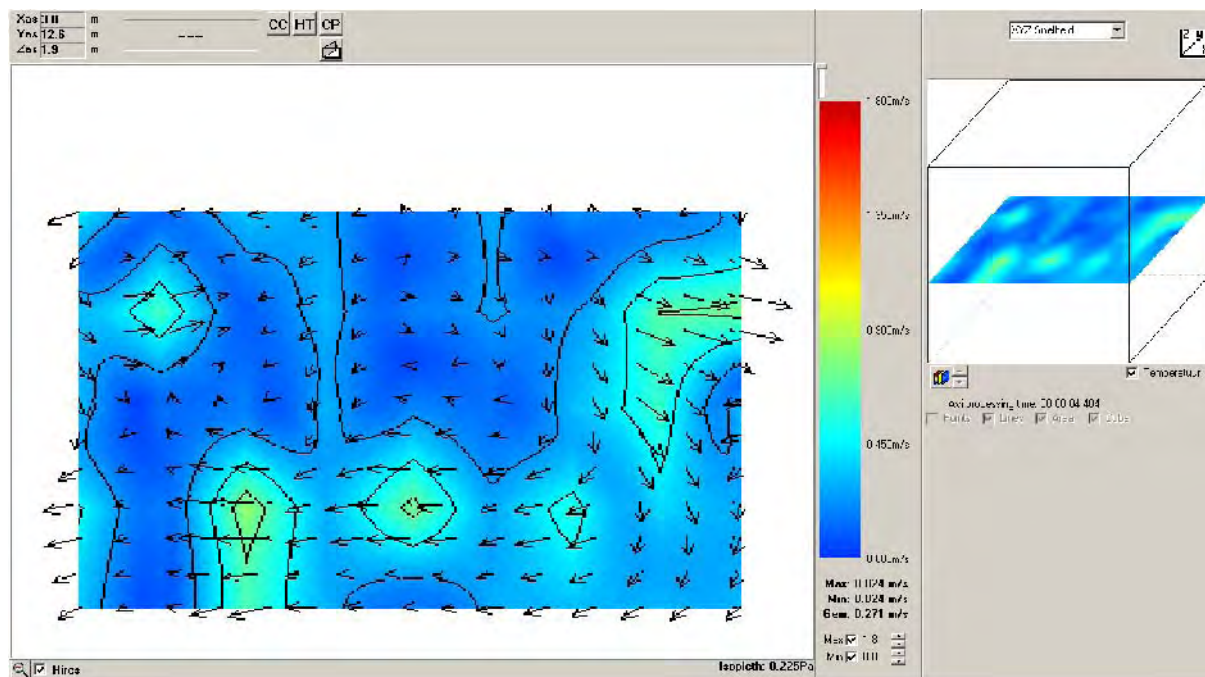


Figuur 96 Boveanzicht Quickscan conventioneel verwarmen met minimum buis op bloemhoogte Boonekamp Roses

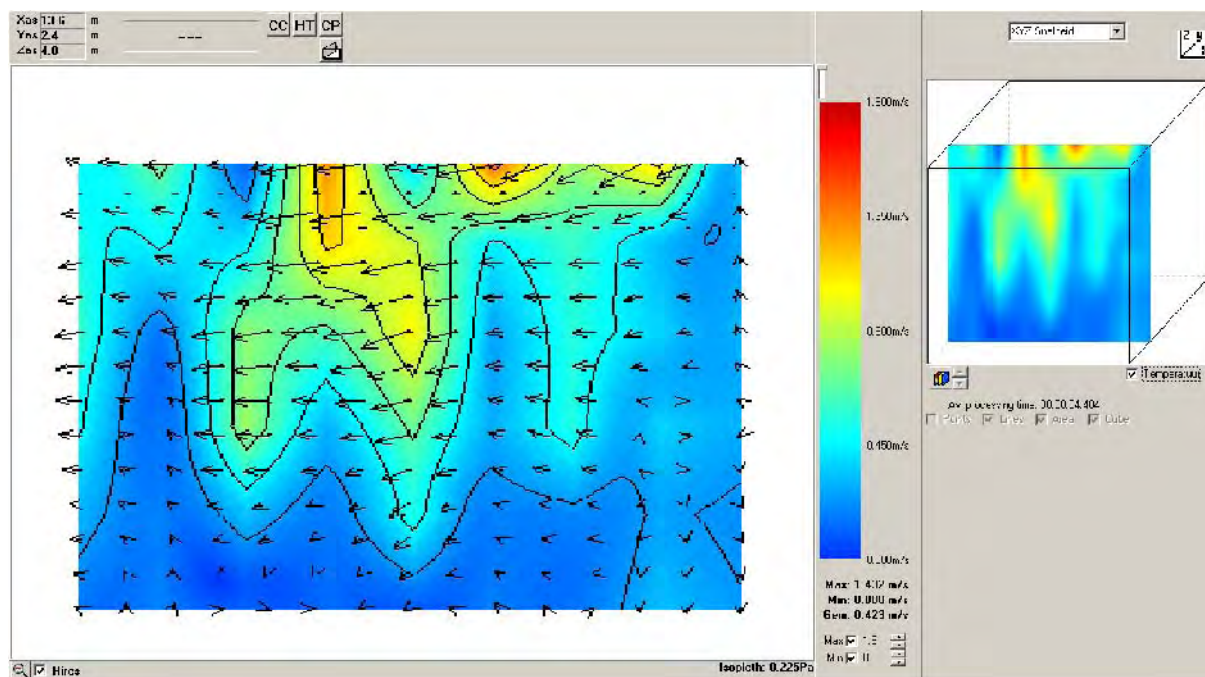


Figuur 97 zijaanzicht Quickscan conventioneel verwarmen met minimum buis Boonekamp Roses

Conventioneel verwarmen en Fiwihex ventilator op 58% op 5 maart.

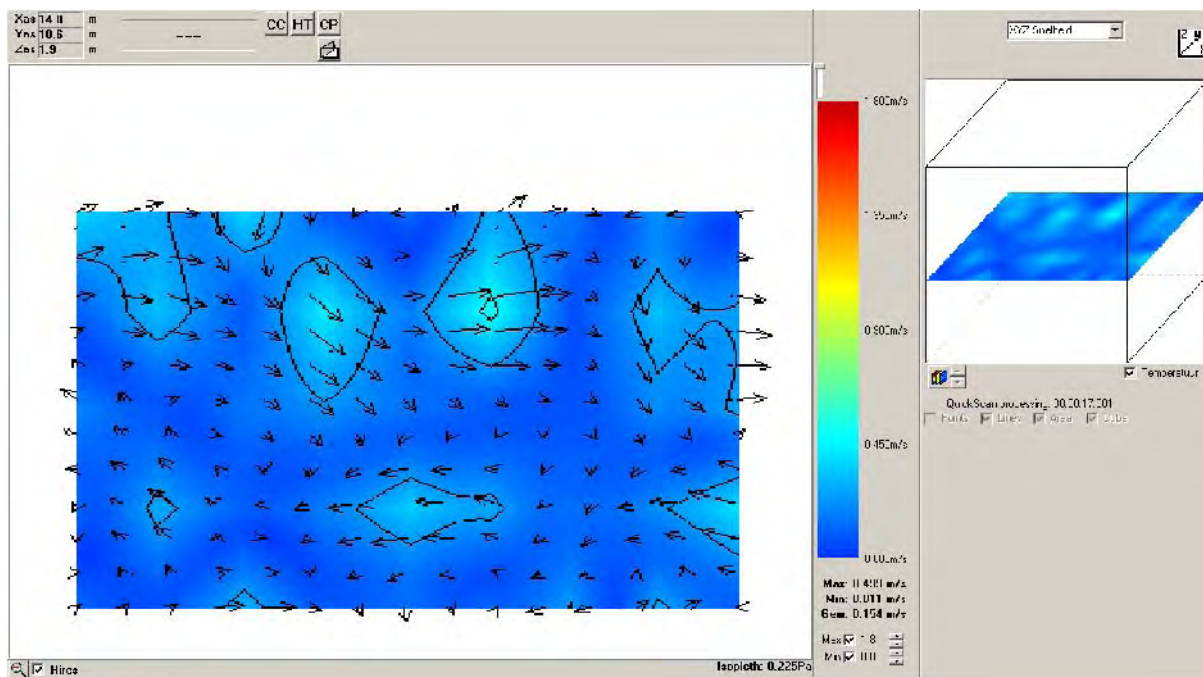


Figuur 98 Boveaanzicht conventioneel verwarmen en Fiwihex ventilator op 58% bloemhoogte Boonekamp Roses

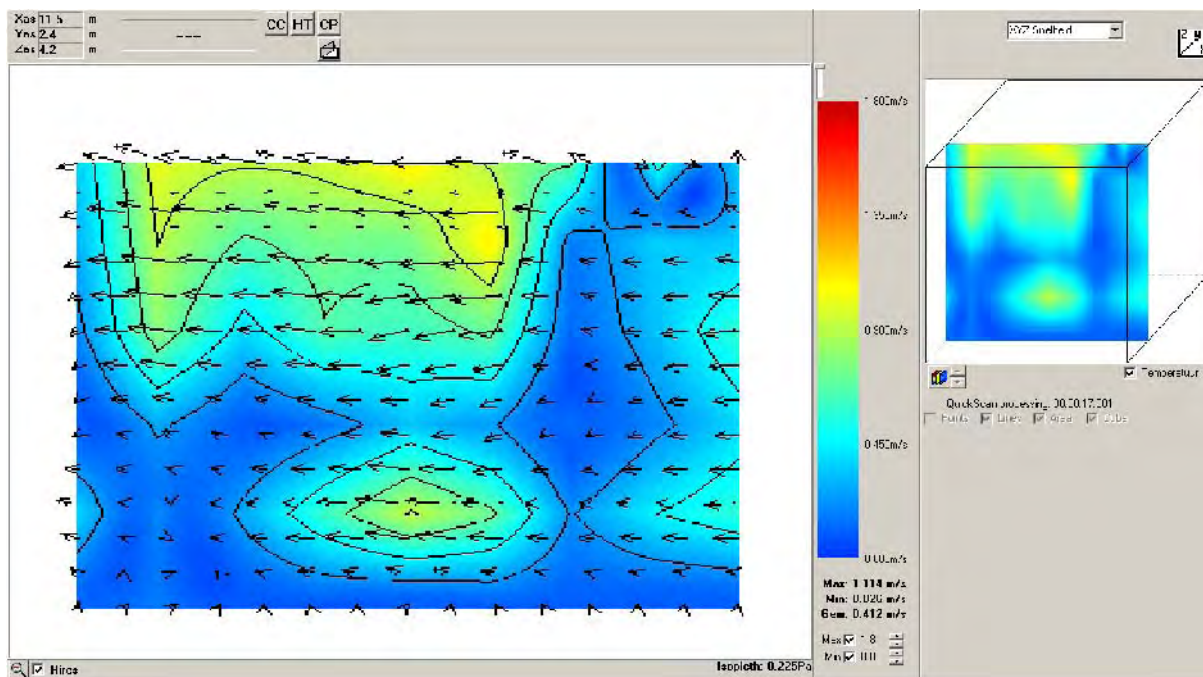


Figuur 99 zijnaanzicht conventioneel verwarmen en Fiwihex ventilator op 58% bloemhoogte Boonekamp Roses

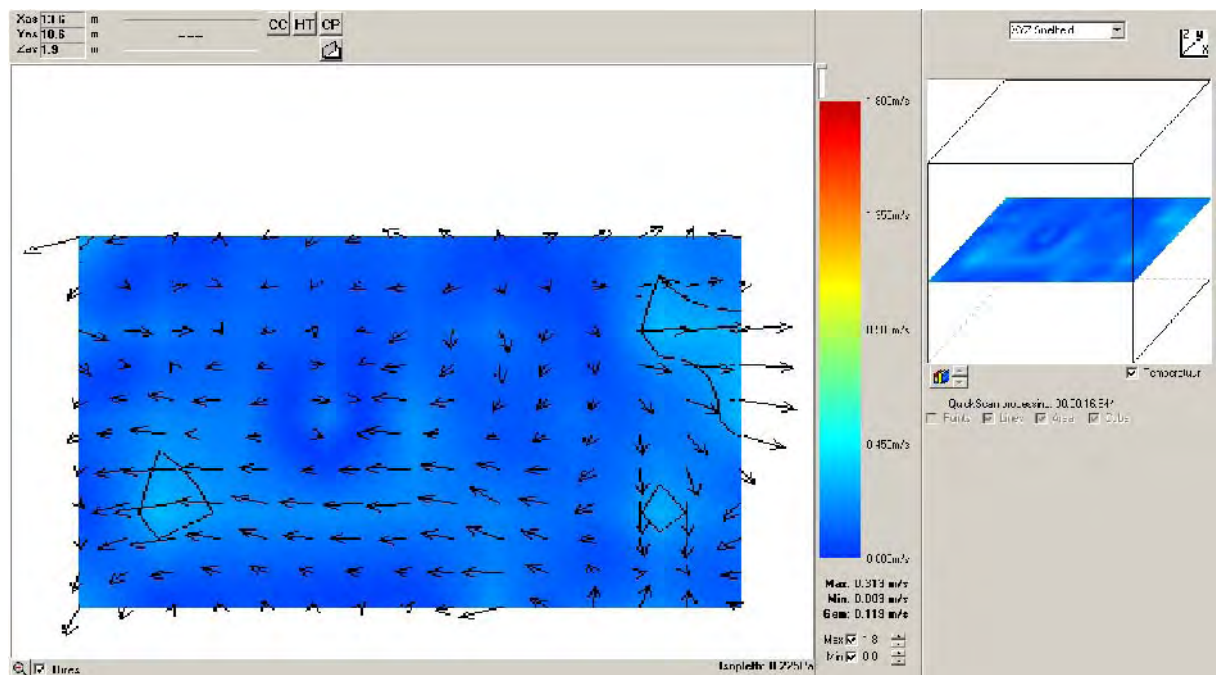
Verwarmen met de Fiwihex met een ventilator stand van 58% op 9 maart.



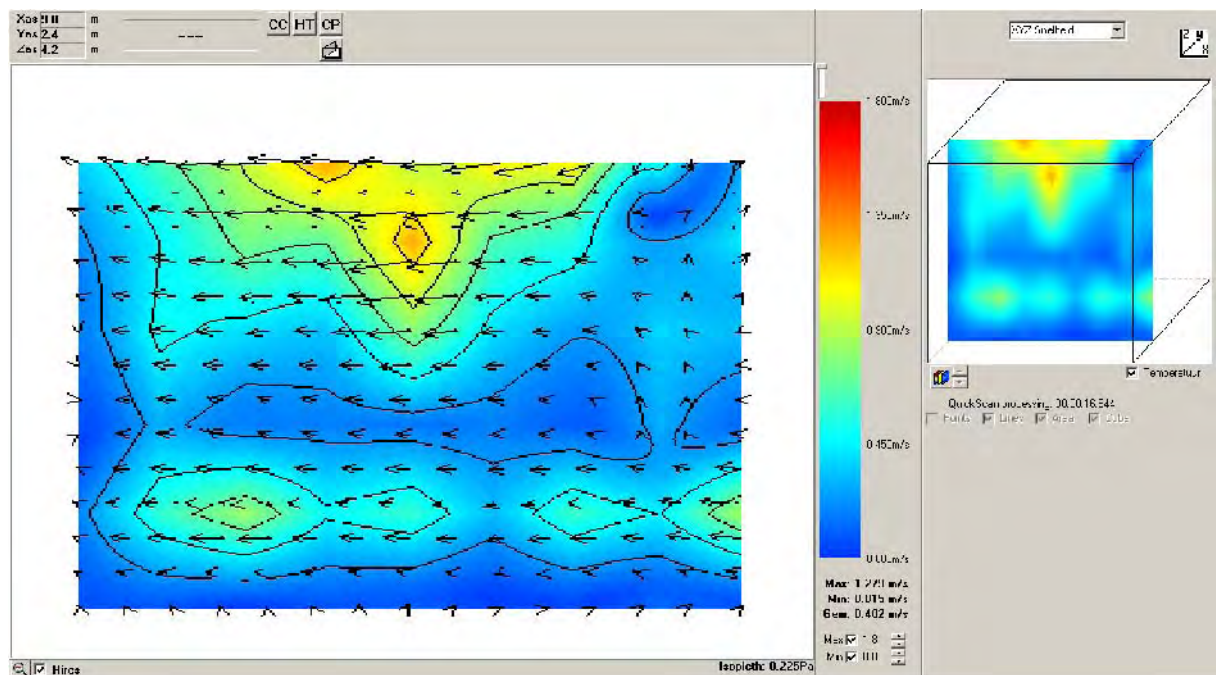
Figuur 100 Bovenaanzicht verwarmen met de Fiwihex met een ventilatorstand op 58% bloemhoogte Boonekamp Roses



Figuur 101 Zijaanzicht verwarmen met de Fiwihex met een ventilatorstand op 58% bloemhoogte Boonekamp Roses



Figuur 102 Bovenanzicht verwarmen met de Fiwihex met een ventilatorstand op 58% bloemhoogte 10 maart Boonekamp Roses



Figuur 103 Zijaanzicht verwarmen met de Fiwihex met een ventilatorstand op 58% 10 maart Boonekamp Roses

In Figuur 96 en Figuur 97, waarbij conventioneel verwarmd wordt met het ondernet en minimum buis, is een duidelijk dominerende luchtstroom naar een richting te zien. Er is geen duidelijk effect te zien van de minimum buis op de luchtstroom.

In Figuur 98 en Figuur 99 wordt verwarmd met het ondernet zonder minimum buis en een ventilatorstand van 58%. In Figuur 99 is te zien dat de Fiwihex een duidelijk zijwaartse stroming teweeg brengt. De stroming verdwijnt echter snel als men in het gewas gaat meten. Op ingebogen bladhoogte is weinig terug te zien van de forse luchtbeweging boven bloemhoogte. In het bovenaanzicht is de luchtstroom van de eerste Fiwihex in het proefvak goed te zien. De luchtstroom van de tweede Fiwihex is in dit plaatje niet zo duidelijk te zien dan de luchtstroom van de eerste Fiwihex. Blijkbaar wordt de luchtstroom, gecreëerd door de Fiwihex, ook nog beïnvloed door de klimaatregeling en buitenomstandigheden.

In Figuur 100 en Figuur 101 wordt verwarmd met de Fiwihex met een ventilatorstand van 58%. In het bovenaanzicht is de luchtstroom van de eerste Fiwihex een stuk minder te zien dan de luchtstroom van de tweede Fiwihex. Externe luchtstromen hebben blijkbaar ook nog een dominant effect op de luchtbeweging. Op ingebogen bladhoogte is er pleksgewijs ook een hogere windsnelheid te zien.

In Figuur 102 en Figuur 103 wordt verwarmd met de Fiwihex met een ventilatorstand van 58%. Wat opvalt aan deze meting is de luchtstroom op ingebogen bladhoogte. Waarom dit op andere meetdagen niet het geval is, is niet goed te verklaren. Het grote verschil is wel dat tijdens deze meetdag het scherm niet dicht heeft gelegen. Waardoor externe factoren zoals windsnelheid meer invloed kunnen hebben op de interne luchtbeweging.

Doel van de metingen was om het effect op de luchtbeweging bij verschillende situaties in kaart te brengen. Van een sterk opwaartse stroming van een minimum buis is geen sprake. Het aanzetten van de Fiwihex ventilator heeft deels effect op de luchtbeweging in de kas. Op gewasniveau is het effect echter minimaal. Buitenomstandigheden als windsnelheid en richting hebben veel effect op de luchtbeweging in de kas. Klimaatregeling als raamstanden en schermstanden zijn ook sterk bepalend voor de luchtbeweging in de kas.

6.4 Conclusies bovendoor koelen en verwarmen Boonekamp Roses

Koeling

- Op ingebogen bladhoogte is de horizontale temperatuur- en vochtverdeling in vergelijk met gewas en bloemhoogte het slechtst. Deze hoogte is dan ook de meest kritische plek voor wat betreft ziektedruk.
- De verticale temperatuurgradiënt is zeer klein te noemen. Hierbij is de temperatuur op bloemhoogte in directe lijn vaak iets lager dan op ingebogen bladhoogte. En in indirecte lijn de temperatuur op bloem hoogte wat hoger kan liggen. Deze verschillen zijn echter zeer gering en er is dan ook sprake van een zeer gelijkmatig klimaat.
- Overall gezien is de temperatuur- en vocht verdeling zeer goed te noemen. Zowel bij zonnige dagen als bij wisselvallige dagen is tijdens het koelen de verdeling goed.
- De planttemperatuur metingen laten geen grote gradiënten over het gewas zien. De bloemknop wordt voldoende afgekoeld.
- Van extra luchtbeweging op ingebogen bladhoogte is haast geen sprake. Op bloemhoogte is dit effect wel te zien. Gezien de temperatuur en vochtmetingen is er wel voldoende menging van de lucht om een goede verdeling te creëren.
- De productie en kwaliteitcijfers missen een goede referentie. Het is aan de hand van de getoonde cijfers dan ook niet te zeggen welk direct effect de koeling op de productie en kwaliteit heeft gehad.

Verwarming

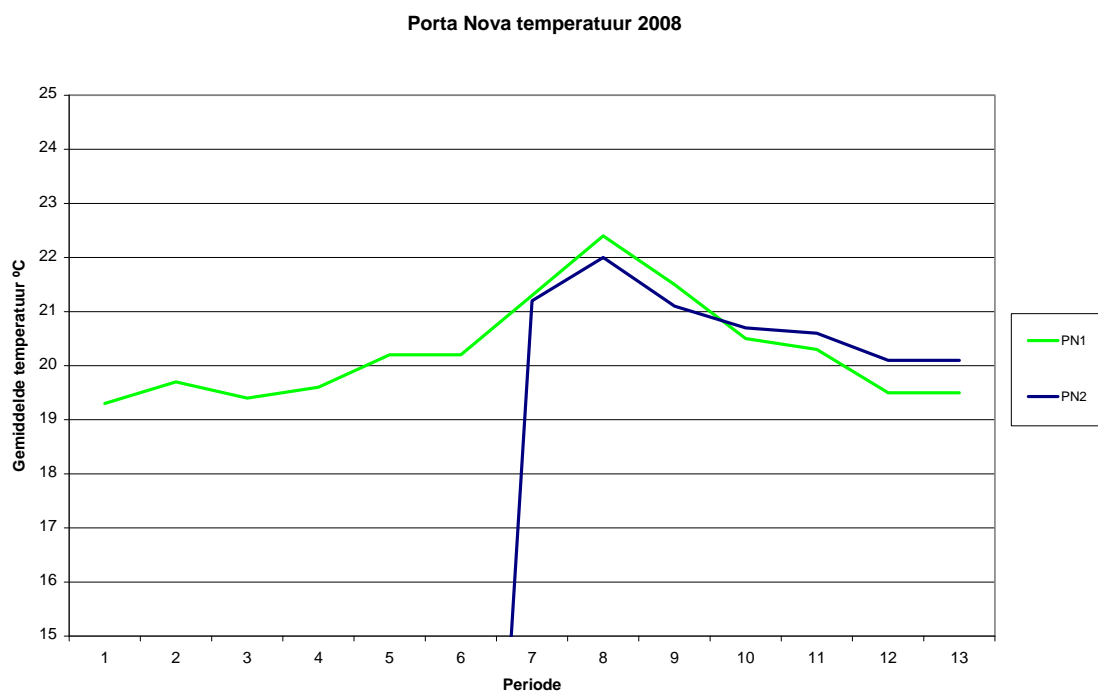
- De horizontale temperatuurverdeling in het proefvak geeft geen aantoonbare verschillen bij verschillende situaties. Doordat het een jonge aanplant betrof, is de gewasdichtheid nog niet belemmerend geweest voor de temperatuurverdeling.
- Conventioneel verwarmen geeft een zeer klein temperatuur- en vochtgradiënt.
- Bij het weglaten van de ingestelde minimum buis wordt de temperatuur- en vochtgradiënt iets groter maar blijft zeer gering. Meest kritisch periode is de donkerperiode. Als de belichting aangaat lijkt de functie van de minimum buis overbodig.
- Verwarmen met de Fiwihex geeft een grotere verticale temperatuur- en vochtgradiënt dan bij conventioneel verwarmen. Waarbij de laagste temperatuur en vochtdeficit op ingebogen bladhoogte gemeten worden.
- Een combinatie van het ondernet en Fiwihex lijkt een optimale combinatie. Het is op deze manier deels mogelijk om laagwaardige warmte te gebruiken.
- Het effect op de luchtbeweging door de Fiwihex ventilator is op gewasniveau klein. Op bloemhoogte is een verhoging te zien maar op ingebogen bladhoogte is deze alleen pleksgewijs te zien.
- Klimaatomstandigheden zoals schermen en raamstanden en buitenomstandigheden als windsnelheid en richting hebben in de meeste gevallen een sterker effect op de luchtbeweging dan de Fiwihex ventilator.

7 Resultaten onderdoor koelen en verwarmen Porta Nova

7.1 Resultaten onderdoor koelen 2008

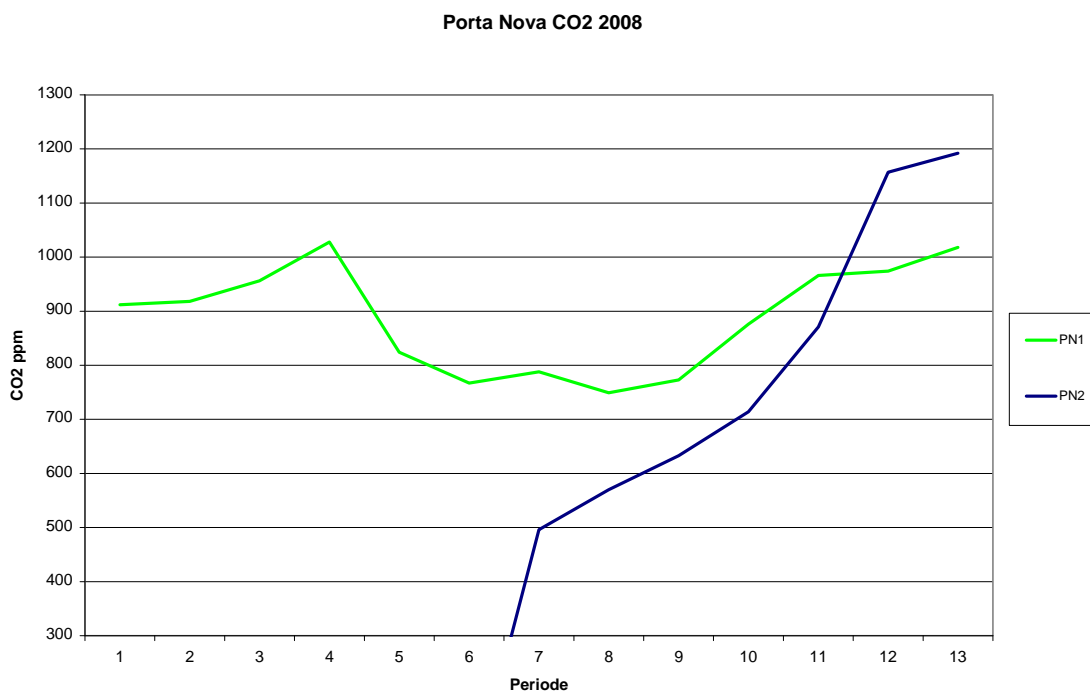
7.1.1 Klimaatmetingen onderdoor koelen 2008

Het verloop van het klimaat bij Porta Nova in 2008 wordt in deze paragraaf besproken. Als eerste worden de gemiddelde waarden over het hele jaar getoond.



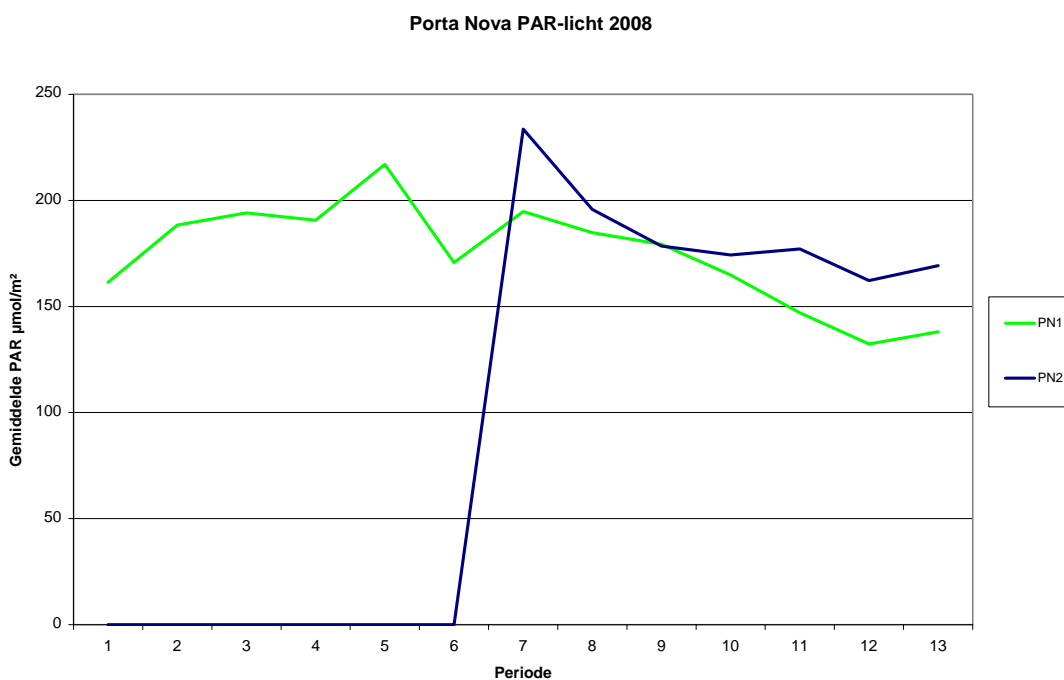
Figuur 104 Gemiddelde temperatuur Porta Nova 2008

Figuur 104 laat de gemiddelde temperatuur per periode zien. De gekoelde locatie (PN2) is geregistreerd vanaf periode 7. Duidelijk is te zien dat op de ongekoelde locatie (PN1) een hoger gemiddelde temperatuur is gerealiseerd van periode 7 t/m 9. De gemiddelde temperatuur vanaf periode 7 is in de gekoelde afdeling 20,8°C geweest en in de ongekoelde afdeling 20,9°C. Dit maakt een verschil van 0,1°C.



Figuur 105 Gemiddeld CO₂ gehalte Porta Nova 2008

Figuur 105 laat het gemiddelde CO₂ gehalte zien per periode. Het gemiddelde CO₂ gehalte is de ongekoelde afdeling (PN1) tot en met periode 11 het hoogst geweest. De CO₂ dosering vormde in die periode een beperking in de gekoelde afdeling. Gemiddeld is het CO₂ gehalte vanaf periode 7 in de gekoelde afdeling (PN2) 805 ppm geweest en in de ongekoelde 877 ppm. Dit maakt een verschil van 72 ppm.



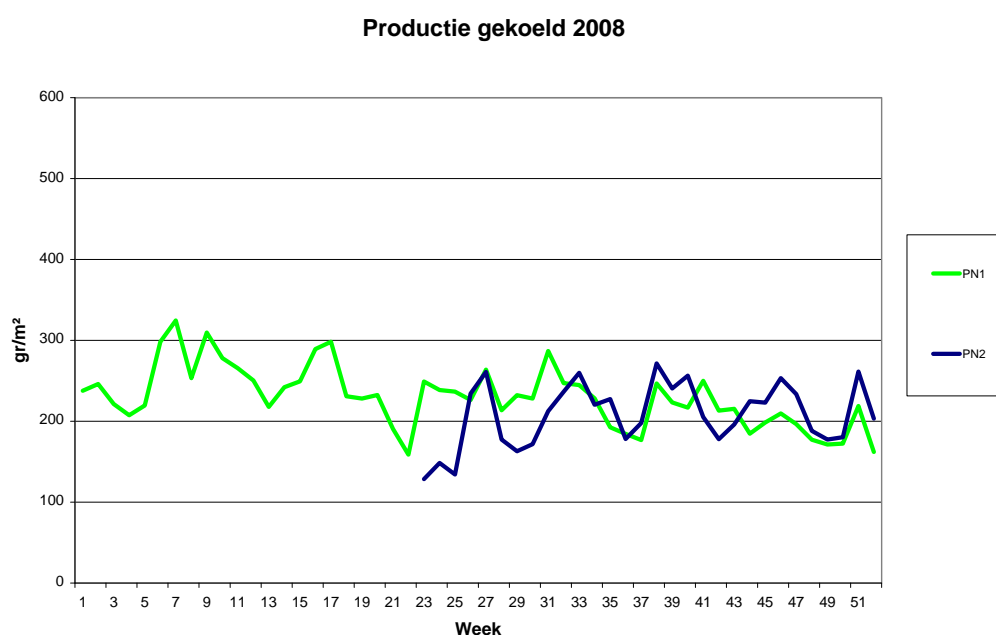
Figuur 106 Gemiddelde PAR waarde Porta Nova 2008

Figuur 106 laat het gemiddelde PAR licht in de kas op plantniveau per periode zien. Er is in de ongekoelde afdeling (PN1) gemiddeld minder licht toegelaten dan in de gekoelde afdeling (PN2). In de gekoelde afdeling is er gemiddeld $184 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ PAR-licht geweest en in de ongekoelde afdeling $163 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ PAR-licht.

In hoofdstuk 7.1.2 worden de consequenties van de getoonde klimaatgegevens op de productie getoond.

7.1.2 Productiegegevens 2008

De totale productie gegevens van de gekoelde en de niet gekoelde afdeling bij Porta Nova zijn apart bijgehouden.



Figuur 107 Productiecijfers Porta Nova 2008

Figuur 107 laat de productie cijfers van de ongekoelde afdeling (PN1) van Porta Nova t/m week 52 zien en van de gekoelde afdeling (PN2) vanaf week 23. De totale productie vanaf week 26 in de ongekoelde afdeling is $5,78 \text{ kg}/\text{m}^2$ en voor de gekoelde afdeling $5,83 \text{ kg}/\text{m}^2$. Het absolute verschil tussen de gekoelde en niet gekoelde afdeling is $52 \text{ gr}/\text{m}^2$. Dit is 1% meer in de gekoelde afdeling.