

Semi-gesloten telen 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

In opdracht van

Landelijke commissie Roos LTO Groeiservice
Postbus 1120
2280 CC Rijswijk

Gefinancierd door

Productschap Tuinbouw (PT)
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer

Uitgevoerd door

DLV Plant BV
Edwin van der Knaap
Helma Verberkt
Dave van Marwijk



PT - Projectnummer: 12325

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden veelevoudigd, 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.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding en doel	5
2 Materiaal en methode	8
2.1 Proefopzet	8
2.2 Accommodatie en teeltgegevens	9
2.3 Waarnemingen en analyses	9
2.4 Aanvullende gegevens effect koelen	10
3 Resultaten proefbedrijf te Venlo	12
3.1 Klimaatgegevens	12
3.2 Productie en kwaliteitsgegevens	17
3.3 Economische gegevens	23
3.4 Warmtelevering aan derden	23
4 Aanvullende gegevens effect koelen	27
4.1 Klimaatgegevens	27
4.2 Productie en kwaliteitsgegevens	30
4.3 Economische gegevens	33
5 Neveneffecten en klimaatsturing	35
6 Discussie: balanceren met temperatuur en CO₂	37
7 Conclusies en aanbevelingen	39

Samenvatting

Proefopzet

In dit onderzoek zijn in 2006 op een praktijkbedrijf twee proefbehandelingen aangehouden. Een proefbehandeling waarbij de lucht gekoeld wordt (= het semi-gesloten teeltconcept) en een standaard controle behandeling. De luchtbehandelingkast voor het semi-gesloten teeltconcept bestaat uit een koudeblok. Er zijn voor de proef twee bronnen geslagen en een luchtverdeelsysteem met luchtbehandelingkasten aangelegd in de semi-gesloten proefkas. Van een tweede bedrijf dat ook koelt zijn de gegevens verzameld en verwerkt. De resultaten uit dit onderzoek geven een overzicht van de ervaringen met het 1^e jaar koelen in een rozengekas. Het onderzoek is in 2007 voortgezet. Belangrijk bij dit (op klimaatgestuurd) onderzoek is wel dat de buitenomstandigheden elk jaar anders zijn. De vergelijkbaarheid tussen teeltjaren is hierdoor minder eenvoudig en het investeren in koeling zal daarom gepaard gaan met de benodigde kosten- en opbrengstberekeringen.

Resultaten

Het klimatologische effect van koelen is een hoger CO₂ gehalte, bij een meer constant temperatuur- en RV verloop. Pieken in het temperatuursverloop in de zomer worden voorkomen en de RV ligt op een hoger niveau. Op productie niveau is de verdamping en kilogramproductie duidelijk hoger voor de gekoelde afdeling. De kwaliteitsverbetering als gevolg van koeling komt vooral tot uiting in gewichtstoename. Takgewicht en oogstgewicht/m² nemen toe. Enkele neveneffecten van koeling zijn waargenomen: 1. Door de gemiddeld hogere luchtvochtigheid bij koelen is de tolerantie voor verticale temperatuursverschillen (lage temperatuur onderin het gewas) een stuk kleiner, dan in een traditionele kas. Het dauwpunt wordt immers veel sneller bereikt, waardoor vocht gerelateerde schimmelinfecties, of fysiogene afwijkingen kunnen optreden. 2. Onder invloed van een hogere luchtvochtigheid kan de planttemperatuur relatief verder stijgen t.o.v. de ruimte temperatuur dan bij een lagere RV in de kas. Dit kan tot een relatief hogere ontwikkelingssnelheid van het gewas leiden. 3. De hoge koelvermogens worden pas geleverd bij hoge kastemperaturen. Tevens zal het gewas dan pas zijn grootste bijdrage leveren aan het koelproces van de kas. Dit houdt in dat de teeltstrategie bij voorkeur niet moet worden gericht op een lage maximumtemperatuur maar op behoud van vocht en CO₂ ten einde het gewas te behoeden voor waterstress en sluiting van de huidmondjes.

Economisch gezien leidt koeling vooral tot een hogere kilogramproductie en behoorlijk lagere behoefte aan CO₂ doseercapaciteit. Hierdoor wordt de omzet verhoogd. Rozentelers die meer in een landklimaat gevestigd zijn, zullen naar verwachting eerder de extra kosten van een koelingsinstallatie terugverdienen. Zij ervaren vaker hoge temperaturen in de zomer waardoor de productie geremd wordt. Telers dicht aan de kust hebben in de zomer veel minder met extreem hoge temperaturen te maken door de matigende invloed van de zee. Een ander effect van koeling is dat door het koelen het gewas minder snel lijkt te verouderen. Wellicht kan nieuwe aanplant hierdoor met een tot enkele jaren worden uitgesteld.

Economisch betekent elk jaar dat vervanging uitgesteld kan worden een potentiële besparing van € 7,00 per m².

Praktijkadvies

De haalbaarheid van koeling hangt af van ondermeer:

- De opbrengsten die in het tweede halfjaar behaald kunnen worden en die dus vergroot kunnen worden o.i.v. koeling.
- De mate waarin er warmtelevering mogelijk is aan derden.
- Geografische ligging van het bedrijf.
- De beschikbaarheid van kwalitatief goede CO₂ en de prijs daarvan.

Om succesvol gekoeld te telen zijn een aantal kritische succesfactoren van belang. Een semi-gesloten teeltconcept dient te voldoen aan:

- 300-400 Watt koelvermogen per m².
- Een beweegbaar zomerdoek, met een transmissie van ca 60 à 70%.
- Een goede regeling en sturing van koeling en ventilatie.
- Een continu hoog CO₂-niveau in de lichtperiode, hierbij is 50 tot 100 Kg CO₂ per ha/u toereikend, indien er gekoeld wordt.
- Het voorkomen van waterstress.

1 Inleiding en doel

Het concept “De gesloten Kas TM” in zijn huidige vorm biedt perspectieven voor niet belichte teelten of een belichte teelt in clusterverband en minder voor de intensief belichte teelten zoals roos. Echter, elementen van de gesloten kas kunnen wel een bijdrage leveren aan een intensief belichte teelt. De uitkomsten in dit onderzoek zijn daarom ook te vertalen naar andere teelten. In roos hebben we te maken met productie en kwaliteitsverlies in de zomerperiode. De negatieve invloed hiervan is vaak nog zichtbaar in het najaar of zelfs in het begin van de winter. Een doelstelling van de Nederlandse rozenkweker is: Een zeer betrouwbare leverancier te zijn van stabiele aanvoer van zeer hoge kwaliteit rozen gecombineerd met zo hoog mogelijk productie. Om de concurrentiepositie van de Nederlandse roos te versterken is het noodzakelijk om:

1. Te kunnen concurreren met voldoende knopgrootte en voldoende continuïteit daarvan. Nu schommelt de kwaliteit c.q. knopkwaliteit nog te veel a.g.v. weerswisselingen en seizoensinvloeden. In de productiegebieden rond de evenaar verschuiven de bedrijven gemiddeld naar grotere hoogte en daarmee neemt de gemiddelde knopgrootte verder toe.
2. Te concurreren met een nog gelijkmatiger aanvoerpatroon. Tijdens warme periode rijpt een groot deel van de scheuten te snel af waardoor de productie tijdelijk hoog oploopt. Na een dergelijke warmteperiode is de productie laag en veelal ontstaat er een negatieve terugkoppeling op de groei door verlies aan bladpakket en wortelcapaciteit. Tevens kan de kwaliteit van de knippunten te ver teruglopen welke mede bepalend is voor toekomstige productie cycli.
3. De afhankelijkheid van onderdoorknippen en de levensduur van het gewas moet opgerekt worden. Door minder, of uitgestelde “verfijning” van het gewas is het aannemelijk dat er minder arbeid nodig is in de tijd. Wanneer er toch relatief veel onderdoor wordt geknipt is het aannemelijk dat de teeltechnische levensduur van het gewas wordt verlengd.
4. Beter arbeidsomstandigheden voor het personeel in de kas te creëren. Een beter geconditioneerde kas leidt gemiddeld tot een beter arbeidsklimaat. Tevens zal door de verminderde noodzaak om onderdoor te knippen het oogsten van rozen prettiger en lichter worden.
5. Het verminderen van de CO₂ verliezen uit de kas en daarmee de efficiëntie van de productiefactor CO₂ te verbeteren. Door meer onttrekking van warmte zal er minder ventilatie nodig zijn. Wij verwachten een vermindering tot 80%. Als gevolg hiervan nemen de CO₂ verliezen af waardoor hogere ppm waarden haalbaar zijn. De lichtbenutting van zonlicht neemt toe omdat o.i.v. hoog CO₂ minder fotonen nodig zijn om een suikermolecuul aan te maken! Tevens daalt de verbrandingssnelheid van het gewas van suikers waardoor de netto fotosynthese zal stijgen.
6. Meer ruimte creëren voor het doelmatig toepassen van assimilatiebelichting. Door meer controle op de temperatuursontwikkeling kan er effectiever belicht

worden d.m.v. behoud van CO₂ niveaus gedurende de belichte perioden. Hierbij kan er gemiddeld een hogere "lichtbenuttingsefficiëntie" worden bereikt uit assimilatie licht.

7. Maatschappelijke acceptatie voor productie in Nederland. Om de maatschappelijke acceptatie te vergroten en meer draagvlak te creëren voor de intensieve rozenteelt in Nederland is het van belang om een verduurzaming tot stand te brengen van de Nederlandse productiemethoden. Door gebruik te maken van luchtbehandeling en kaskoeling ontstaat er substantieel meer ruimte om lichtuitstoot af te laten nemen d.m.v. meer uren te schermen met een assimilatie doek.
8. Warmtelevering aan derden. Rozenkwekerijen uitgerust met een assimilatie doek en een hoog lichtniveau gebruiken zelf hoofdzakelijk laagwaardige warmte in het buizenet. Alleen wanneer de lampen uit staan neemt de warmtevraag substantieel toe. Een aantal cultivars tolereren 24 uur licht per etmaal. In dit geval, of in geval van een tweede energiedoek is er geen hoogwaardige warmte meer nodig in de kas. De hoogwaardige warmte die vrij komt bij eigen elektriciteit opwekking door middel van een TE kan vervolgens aan derden geleverd worden. Zeker wanneer de betrouwbaarheid van warmtelevering hoog is wordt het interessant om deze warmte te exploiteren

De doelstelling van het project is economisch zo doelmatig mogelijk te koelen c.q. lucht te behandelen van een belicht eilandbedrijf, zodanig dat momenten van warmteoverschotten en CO₂ gelimiteerde situaties zo beperkt mogelijk zullen blijven, met als uiteindelijk doel: meer productie, betere kwaliteit zonder relatieve kostprijsverhoging. Hiervoor wordt een semi-gesloten teeltconcept vergeleken met een traditioneel geteeld gewas.

Het principe lijkt op "De Gesloten Kas TM" met als verschil dat er minder warmte uit de kas geoogst wordt, doordat er een belangrijk deel afgeventileerd wordt. Het semi-gesloten teeltconcept in dit onderzoek omvat ook assimilatiebelichting als extra dimensie in de energiestromen. Hergebruik van de 'geoogste' warmte was in deze proefopstelling en op deze schaal niet werkbaar, door de kleinschaligheid. Bij opschaling (grotere proef- en/of teeltoppervlaktes) wordt laagwaardige warmte opgeslagen (bronnen, aquifers) voor eigen gebruik en hoogwaardige warmte (WKK-installaties) geleverd aan derden. De lucht die verdeeld wordt in de kas wordt zoveel mogelijk tot het dauwpunt teruggekoeld en in sommige gevallen beneden het dauwpunt teruggekoeld met een koelcapaciteit van ca 170 Watt/m². In geval van aquifers is het mogelijk om koude te onttrekken aan een bron en m.b.v. het warmte overschot via een warmtewisselaar een evenredige hoeveelheid warmte terug te brengen in de grond om zo de warmtebalans in evenwicht te houden.

Te bereiken resultaten

- Zonder relatieve kostprijsverhoging betere controle over teeltfactoren waardoor meer productie met betere kwaliteit kan worden bewerkstelligd zodat een beter bedrijfsresultaat wordt verkregen.

- Het levert kennis op m.b.t. de gewasontwikkeling binnen afwijkende temperatuursgradiënten.
- Inzicht verkrijgen in de hoeveelheid te exploiteren hoogwaardige warmte aan derden.

Met dit project kunnen er mogelijk belangrijke stappen voorwaarts worden gezet in een verduurzaming van de rozenteelt in Nederland.

In dit verslag zijn de resultaten verwerkt van het eerste jaar (2006).

Naast een proefopstelling bij het bedrijf T. Saris te Venlo zijn ook nog aanvullende gegevens van hetzelfde jaar uit een proefopstelling in een gekoeld kasconcept bij Van den Berg Roses in Delfgauw geanalyseerd en toegevoegd.

Het onderzoek wordt gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (PT). Andere participanten in het project zijn: Wilk van der Sande, Growlab, Cultilène, Bom Kassenbouw en AEM. Het project wordt in nauwe samenwerking uitgevoerd met diverse toeleveranciers, de leden van de BCO van de landelijke Rozencommissie van LTO Groeiservice en de maatschap Saris. Wilk van der Sande heeft de luchtbehandelingskasten geleverd.

2 Materiaal en methode

2.1 Proefopzet

Er zijn twee proefbehandelingen aangehouden op het bedrijf T. Saris te Venlo. Een proefbehandeling waarbij de lucht gekoeld is (= het semi-gesloten teeltconcept) en een standaard controle behandeling. Hiervoor zijn 2 bestaande kassen ingericht.

De semi-gesloten proefkas met luchtbehandeling bestaat uit een afgeschermd afdeling van ca 1300 m² die apart te regelen is met de ventilatieregeling. De luchtbehandelingskast voor het semi-gesloten teeltconcept bestaat uit een koudeblok. Er zijn voor de proef twee bronnen geslagen en een luchtverdeelsysteem met luchtbehandelingskasten aangelegd in de semi-gesloten proefkas. Het betreft een bestaand gewas 'Grand Prix'.

Voor de controlebehandeling is uitgegaan van een vergelijkbare afdeling in hetzelfde kascomplex met een vergelijkbare uitrusting met uitzondering van de luchtbehandelingapparatuur. In de controlekas staat een vergelijkbaar gewas 'Grand Prix'. Voor de regeling van beide behandelingen is als basis uitgegaan van de kasluchttemperatuur. Afhankelijk van de teeltomstandigheden heeft de temperatuur duidelijk op mogen lopen.



Foto 1. Omvang van de kanalen voor het koelsysteem

Het principe lijkt op de Gesloten Kas. Belangrijk verschil is dat hier geen warmte uit de kas is hergebruikt. Als extra dimensie in de energiestromen bevat het semi-gesloten teeltconcept ook assimilatiebelichting. De lucht in de kas is zoveel

mogelijk tot het dauwpunt teruggekoeld met een koelcapaciteit van ongeveer 170 Watt per vierkante meter bij 27 graden kastemperatuur.

De koele lucht is via slurven onder het teeltsysteem ingebracht. Onder ieder bed lagen twee geperforeerde slurven, waaruit de behandelde lucht zijwaarts werd uitgeblazen.

Koeling (met buitenlucht) is gestart op 15 juni 2006. Op 21 augustus 2006 is een aanpassing aangebracht en is verder met kaslucht gekoeld tot 20 september 2006.

2.2 Accommodatie en teeltgegevens

Het onderzoek is uitgevoerd in een venlo kastype (bouwjaar 2004) van 4,5 meter hoog en twee-ruits-luchting. In de kassen is een 99% assimilatiehoek geïnstalleerd. Een doorzichtige plastic wand en twee grote plastic roldeuren aan het betonpad schermen ca 1300 m² af van de rest van de kas.

Het rozengejas 'Grand Prix' is in week 40, 2004 aangepland en tot het moment van het onderzoek als één object behandeld. Het teeltsysteem bestaat uit 4 keer 4 rijen in een 8 meter kap. De bedbreedte is 120 en het pad is 80 cm.



Foto 2. Teeltsituatie bij Saris

2.3 Waarnemingen en analyses

Binnen de twee proefbehandelingen is de hele productie geteld via de sorteermachine. In beide behandelingen zijn additionele metingen uitgevoerd middels twee Growlabs die de gelogde gegevens via GPRS ontsluit. De gegevens die vastgelegd zijn: temperatuur, RV, PAR-licht, Infrarood planttemperatuur en CO₂. Tevens is middels WET-sensoren de EC, watergehalte en mattemperatuur vastgelegd. De gegevens van beide Growlabs zijn gelijk aan het praktijknetwerk

roos doorgestuurd naar Letsgrow.com waar de teeltregistratie module snijbloemen de klimaatgegevens synchroon zet met de productiegegevens.

Van het gewas is de gewichtsproductie (in gram/m²), het aantal stuks per week per m² en de kwaliteit (takgewicht, taklengte, gram per cm²) geregistreerd. De productiegegevens zijn geregistreerd in Letsgrow.com. In de module snijbloemen die gedurende drie jaar draait in de praktijk worden generieke kentallen berekend die inzicht verschaffen in hoe de teelt loopt en wat de teeltresultaten zijn.

Ook is een energiebalans opgesteld. De warmtestromen van beide situaties zijn in kaart gebracht. Aan de hand van berekeningen is de hoeveelheid te exploiteren warmte aan derden / in clusterverband bekend. Bij opschaling (grotere proef- en/of teeltoppervlaktes) kan laagwaardige warmte worden opgeslagen (bronnen, aquifers) voor eigen gebruik en hoogwaardige warmte (WKK-installaties) worden geleverd aan derden.

De proef is uitgevoerd in de zomer van 2006. Vooraf en achteraf zijn voor- en natellingen verricht om het eventuele na-ijl effect van de proefbehandelingen te kunnen vastleggen.

2.4 Aanvullende gegevens effect koelen

Ter aanvulling zijn de teeltgegevens bij Van den Berg Roses in Delfgauw over 2006 verzameld en verwerkt in dit verslag. Het bedrijf bestaat uit een Venlo kastype van 5 meter pothoogte en tweeruitsluchting.

De belichtingcapaciteit in de niet gekoelde afdeling is 113 Watt/m² en 160 micromol/m²sec⁻¹. In de gekoelde afdeling is dit 90 Watt/m² en 128 micromol/m²sec⁻¹ op gewasniveau. De koeling bestaat uit een koelunit van het type JSK met 2 ventilatoren per 380 m². De koelunits zijn boven het gewas geplaatst. Gedurende de winter wordt er duurzaam koude gewonnen via koeltorens. Er zijn 10 bronnen welke in totaal 500 m³/uur leveren voor de koelunits. Tijdens de zomer van 2006 is er gebuikt gemaakt van bronwater met een temperatuur van 9 graden. De pompcapaciteit van de bronpomp is 500 m² per ha.

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 gepland in oktober 2001.

Vanaf week 18 t/m week 41 heeft de koelbehandeling plaatsgevonden.

Semi-gesloten telen in Roos



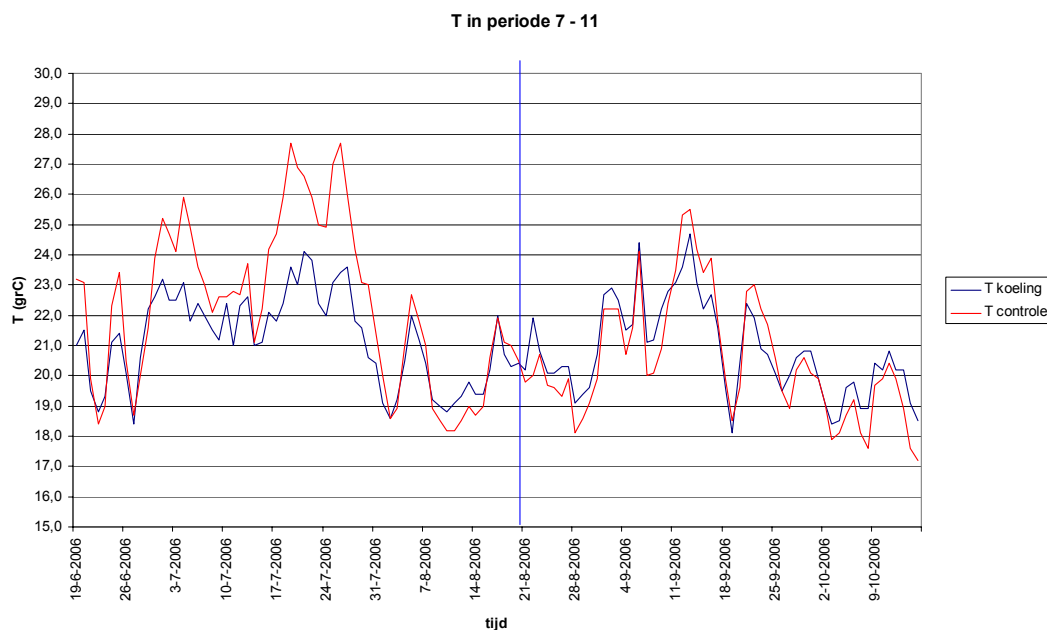
Foto 3 en 4. Koelingsbehandeling bij Van den Berg Roses

3 Resultaten proefbedrijf te Venlo

3.1 Klimaatgegevens

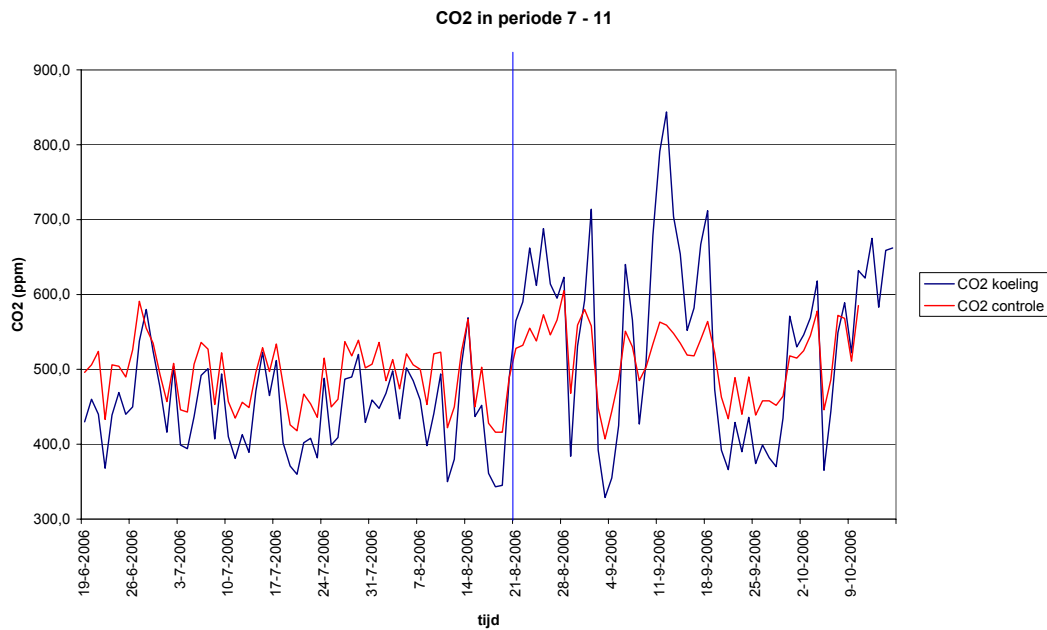
Gedurende de koelperiode is het klimaat constant gemonitord. Elke minuut zijn de data gemeten en elke 5 minuten is een gemiddelde meetwaarde vastgelegd. De figuren hieronder geven een overzicht per gemeten factor, waarbij de data van de controle- en de gekoelde afdeling telkens tegen elkaar zijn uitgezet. Opvallende zaken zijn per factor beschreven.

Figuur 1 geeft het verloop van temperatuur in beide afdelingen weer. De temperatuurslijn beleeft veel minder hoge pieken bij de gekoelde afdeling.



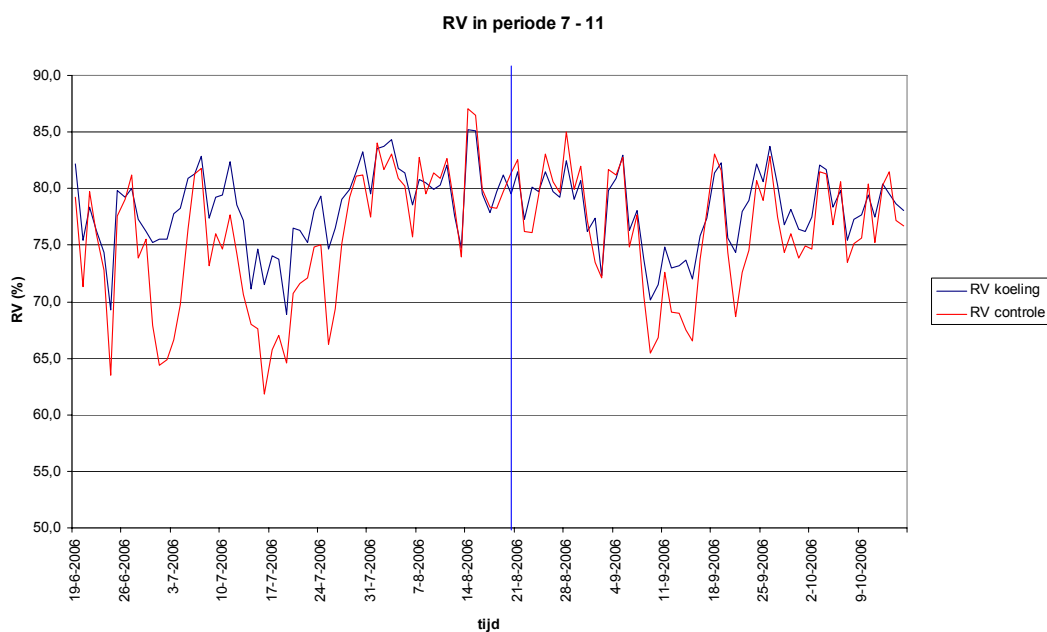
Figuur 1. Temperatuursverloop voor beide situaties (na de blauwe lijn is er gekoeld met kaslucht i.p.v. buitenlucht)

Gedurende periodes 6 en 7 ligt het CO₂ gehalte, in figuur 2, van de gekoelde afdeling bijna constant onder dat van de controle afdeling. Dit is te verklaren doordat in die periodes is gekoeld met buitenlucht. In de periodes erna is het omgedraaide regelmatig het geval, er is toen gelucht met kaslucht. Koelen met kaslucht heeft tot resultaat dat er meer CO₂ in de gekoelde lucht aanwezig is door het inbrengen van CO₂ in de kas. Daarnaast is door het koelen minder gelucht zodat de CO₂ meer in de kas behouden is gebleven. De koeling stopte in week 38, wat ook goed te zien is aan de plotselinge afname van het CO₂ cijfer.



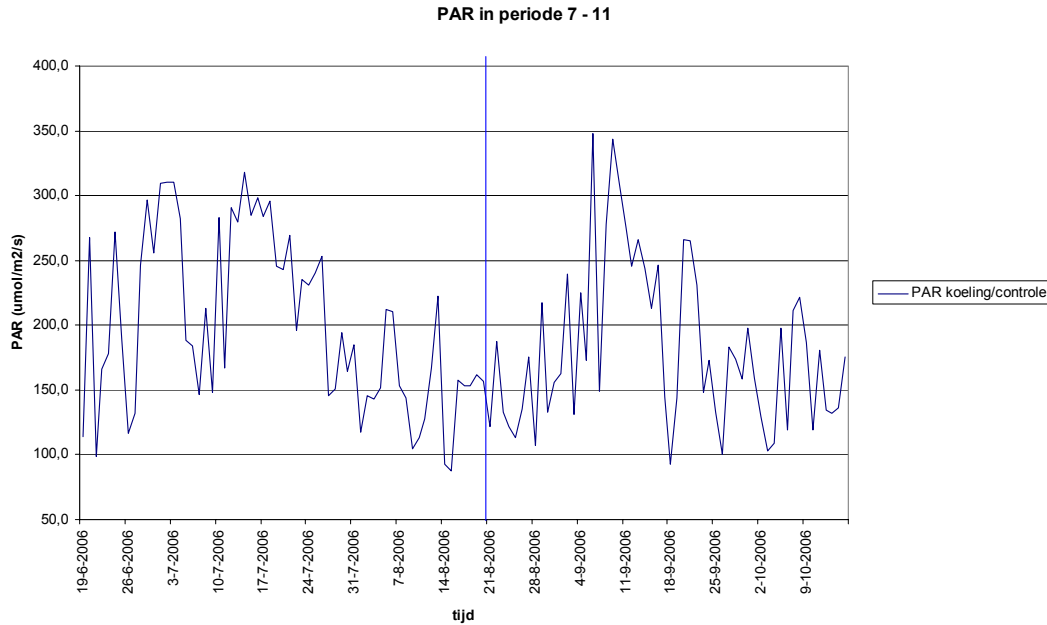
Figuur 2. CO₂ gehalte voor beide situaties (na de blauwe lijn is er gekoeld met kaslucht i.p.v. buitenlucht)

Heel duidelijk is dat de RV in de gekoelde afdeling veel minder wegzakt op momenten, zoals dat wel bij de controle afdeling zichtbaar is (figuur 3).



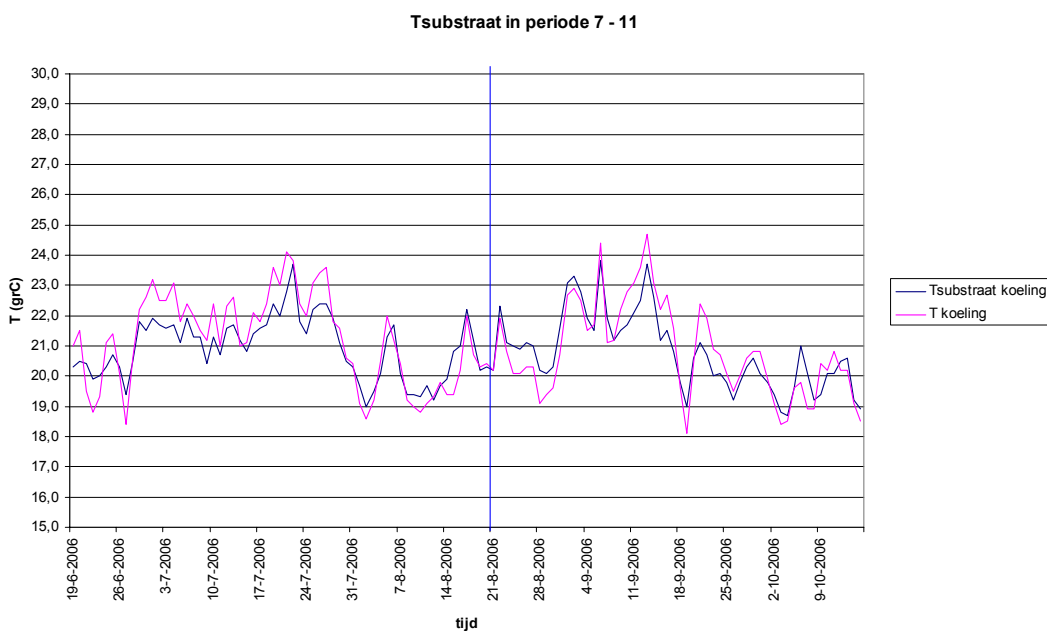
Figuur 3. RV verloop voor beide situaties (na de blauwe lijn is er gekoeld met kaslucht i.p.v. buitenlucht)

Onderstaande figuur geeft het verloop van de instraling weer in beide afdelingen. Duidelijk is dat na begin september het krijt van het kasdek is verwijderd met als gevolg verhoogde instraling.



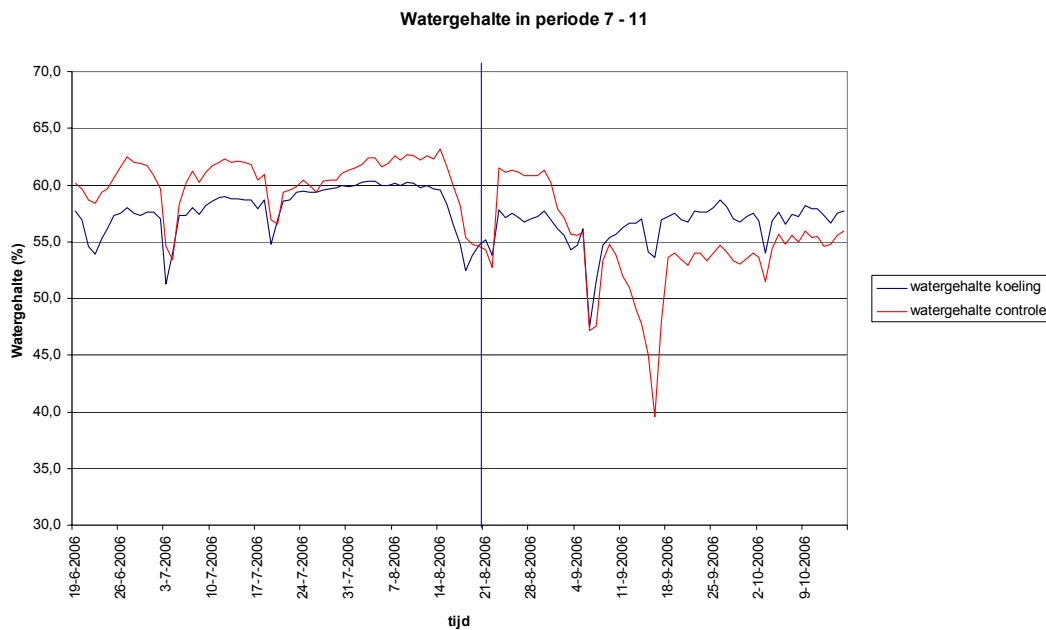
Figuur 4. Instraling gedurende de proefperiode (na de blauwe lijn is er gekoeld met kaslucht i.p.v. buitenlucht)

De substraattemperatuur, gemeten in de gekoelde afdeling (figuur 5) volgt grofweg het verloop van de luchttemperatuur, alleen iets minder schommelend. Het effect van onderdoor koelen op de substraattemperatuur is klein, want deze volgt gewoon de het verloop van de kastemperatuur.



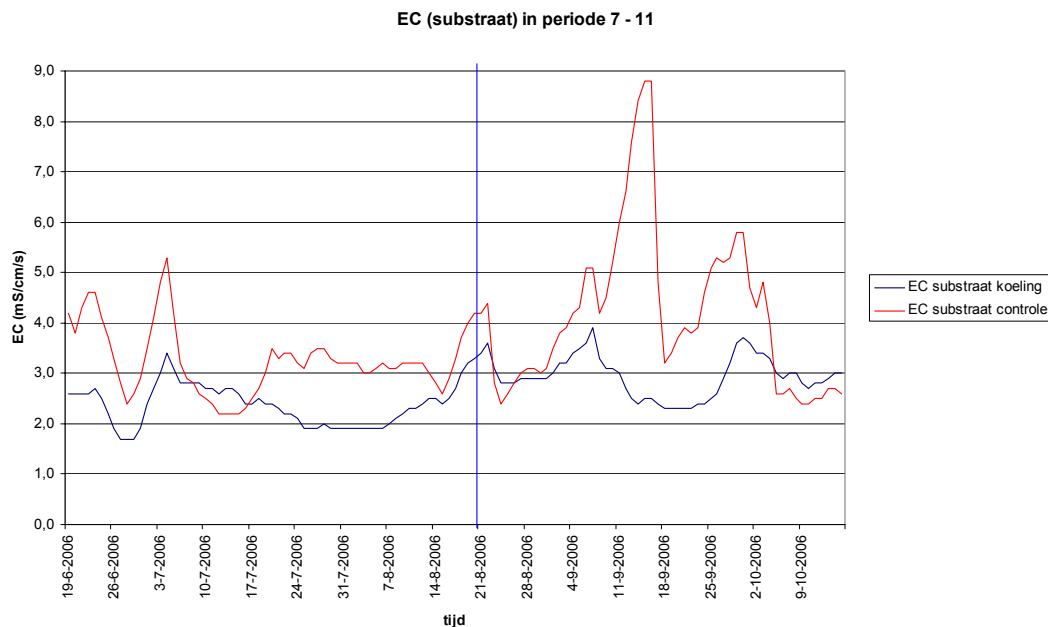
Figuur 5. Substraat- en luchttemperatuur voor de gekoelde situatie (na de blauwe lijn is er gekoeld met kaslucht i.p.v. buitenlucht)

Het watergehalte van beide behandelingen ligt vaak tussen de 55 en 65 % (figuur 6). Opvallend is dat het verloop van het watergehalte wat constanter is voor de gekoelde afdeling.



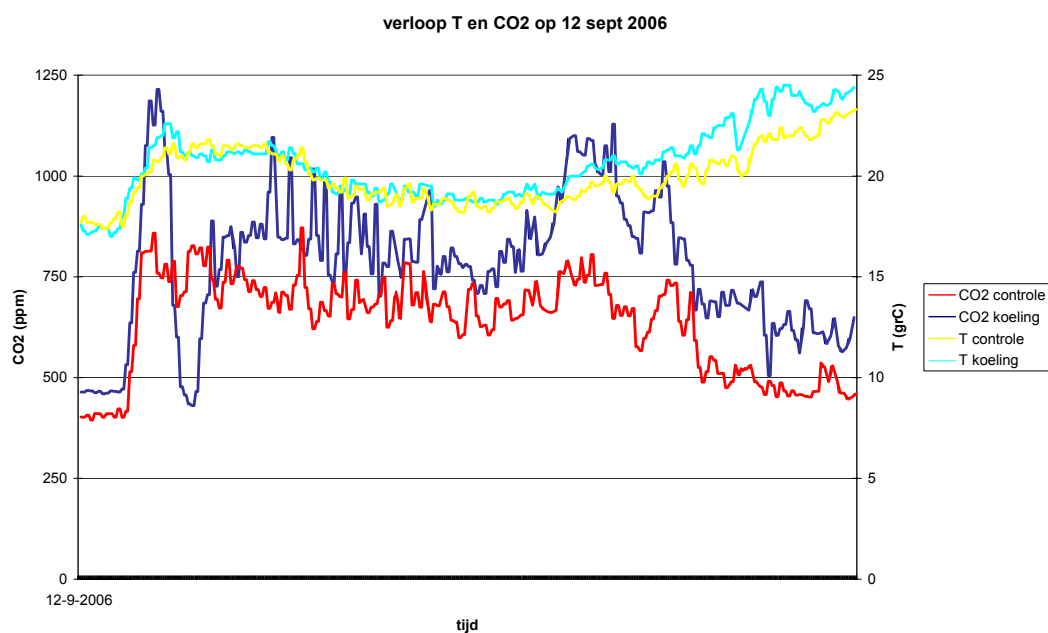
Figuur 6. Watergehalte voor beide situaties (na de blauwe lijn is er gekoeld met kaslucht i.p.v. buitenlucht)

De EC in het substraat van de controle afdeling ligt vaak behoorlijk hoger dan in het substraat van de gekoelde afdeling. Dit is mogelijk door het feit dat het om 1 meting gaat per behandeling. Anderzijds is het ook mogelijk dat er op de extreem warme dagen relatief meer water dan voedingsstoffen is opgenomen door de planten in de controle afdeling vergeleken met de gekoelde afdeling. Bij de planten in de controle afdeling zal de verdamping op een wat hoger niveau zijn geweest door de hogere temperaturen en lagere RV. Hierdoor kan het zoutgehalte wat hoger komen te liggen.



Figuur 7. EC verloop voor beide situaties (na de blauwe lijn is er gekoeld met kaslucht i.p.v. buitenlucht)

Onderstaande figuur geeft een 24-uurs overzicht van een dag tijdens de periode van koeling. Temperatuur en CO₂ in beide afdelingen zijn tegen elkaar uitgezet. Duidelijk is dat de koeling vooral invloed heeft op het CO₂ gehalte, in tegenstelling tot temperatuur.

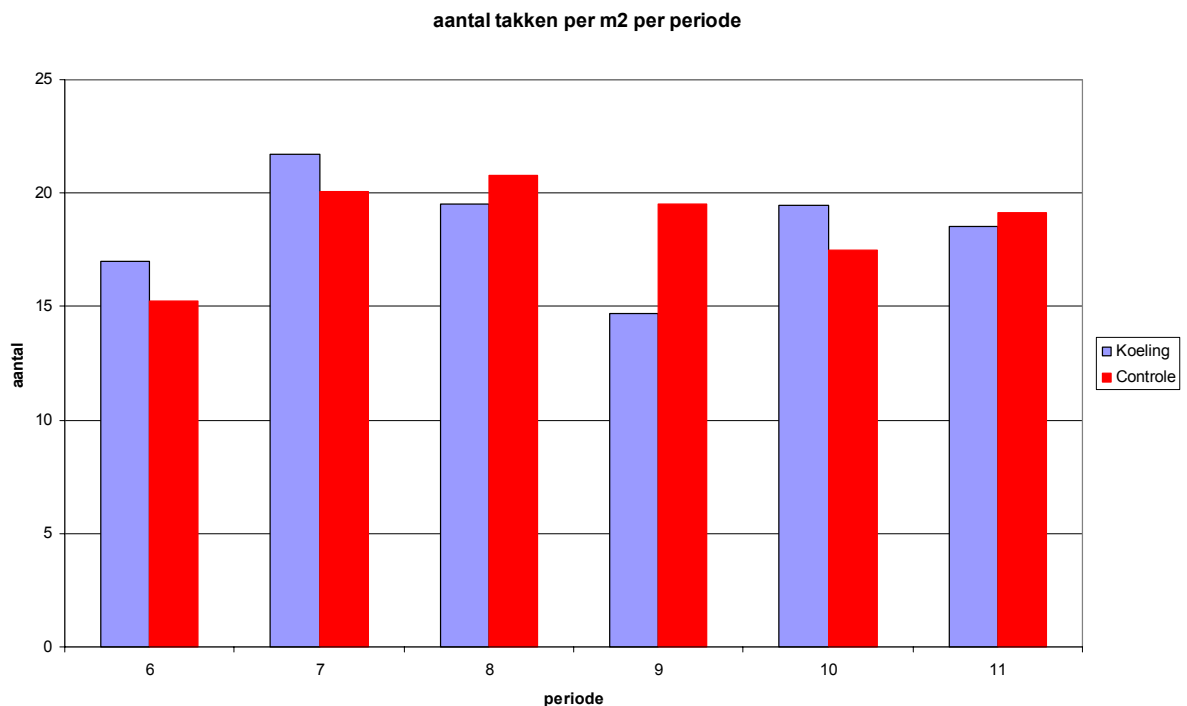


Figuur 8. Verloop van T en CO₂ (5 minuutsdata) gedurende 1 dag (12 september 2006)

3.2 Productie en kwaliteitsgegevens

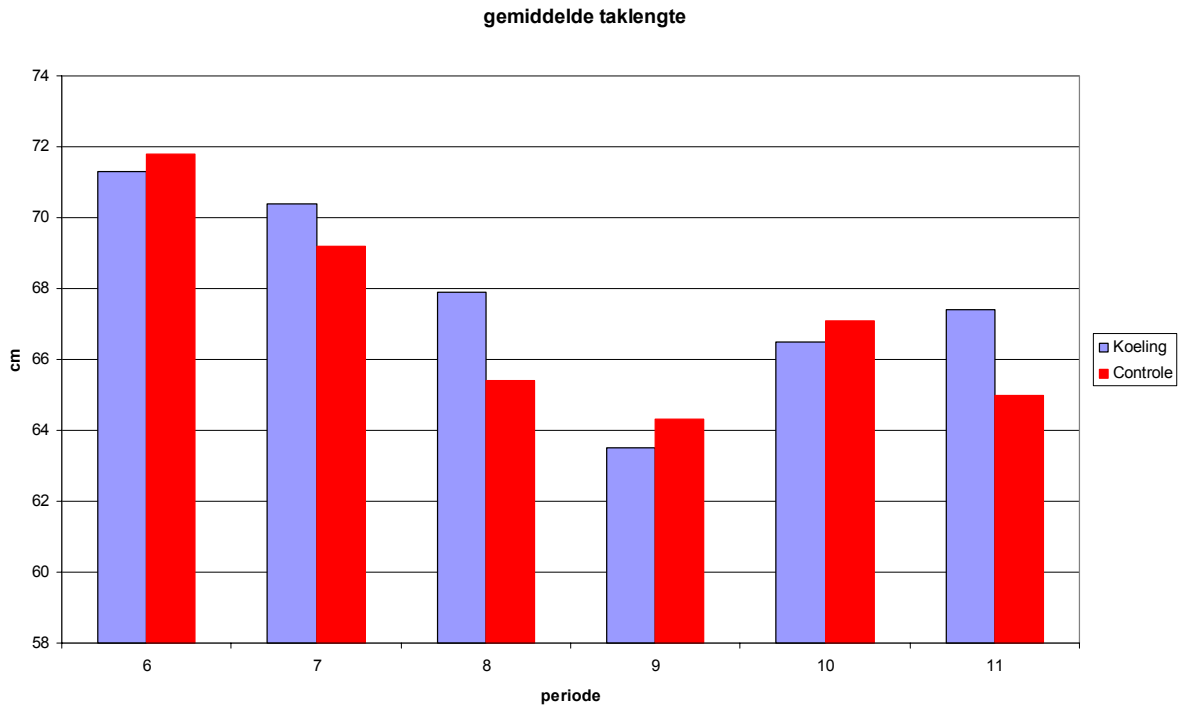
Om het effect van koeling op het gewas te meten zijn productie- en kwaliteitsgegevens geregistreerd.

In de volgende figuren zijn de resultaten van de oogstgegevens weergegeven. Verschillen in aantal geoogste takken per m² tussen beide behandelingen (figuur 9) variëren wat per periode. De terugloop in aantal voor de gekoelde behandeling in periode 8 en 9 is toe te schrijven aan een meeldauwaantasting die uitsluitend in de gekoelde afdeling uit de hand is gelopen (door gemiddeld hogere RV).



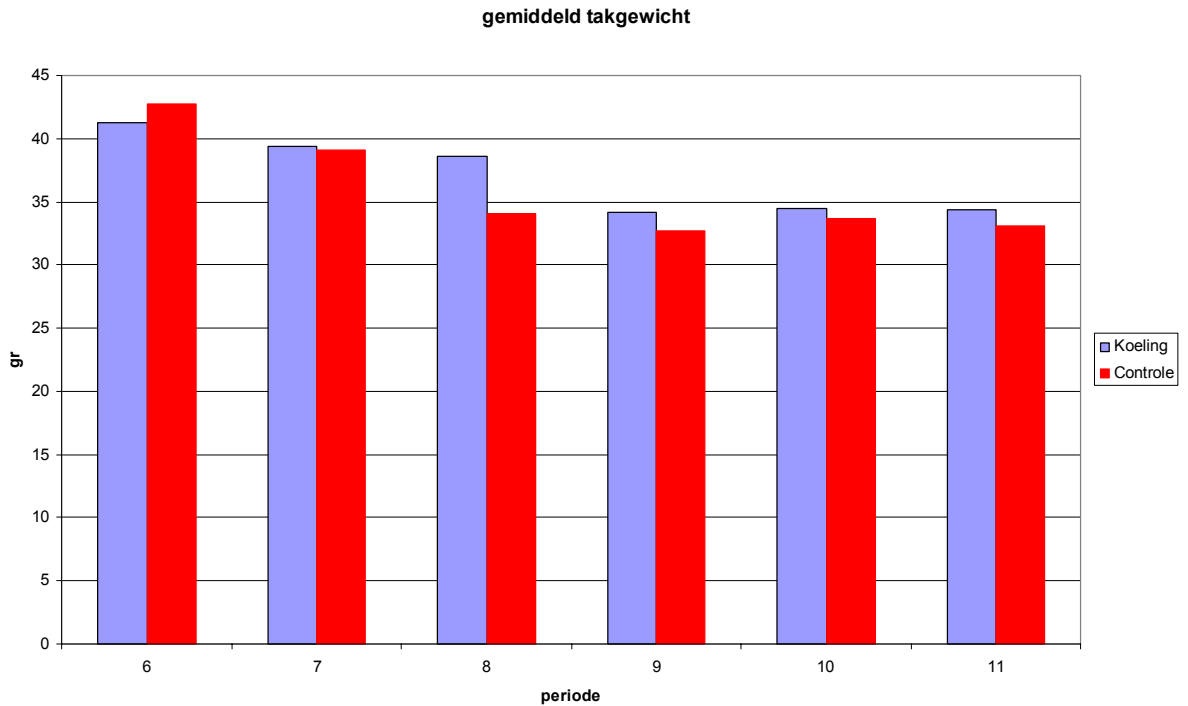
Figuur 9. Aantal geoogste takken per m²

De gemiddelde taklengte voor beide situaties is weergegeven in figuur 10. Deze is over de periodes opgeteld iets hoger voor de koelingsbehandeling (67,8 cm) t.o.v. de controlebehandeling (67,1 cm).



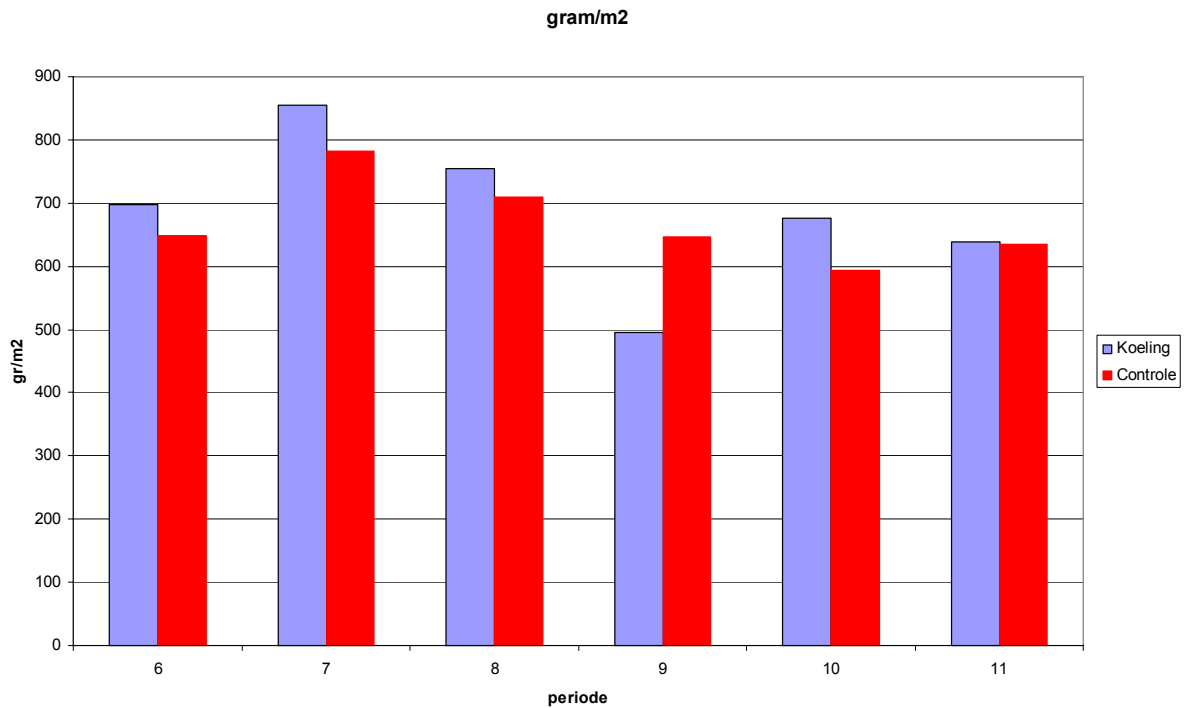
Figuur 10. Gemiddelde taklengte

Het gemiddelde takgewicht, weergegeven in figuur 11, is cumulatief gezien hoger voor de takken van de koelingsbehandeling. Gemiddeld over de periodes is een tak uit deze behandeling 1,2 g zwaarder dan een tak uit de controlebehandeling.



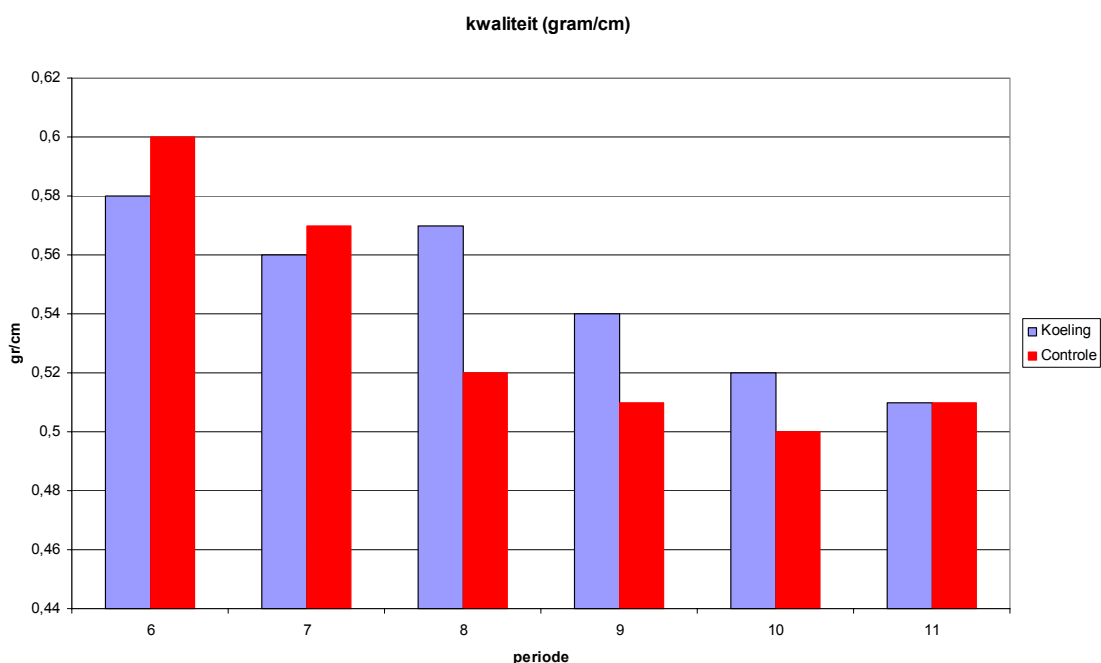
Figuur 11. Gemiddeld takgewicht

Het gemiddeld tak(veil)gewicht per m² is, met uitzondering van periode 9 (meeldauwaantasting), telkens hoger voor takken van de gekoelde afdeling vergeleken met die van de controle afdeling.



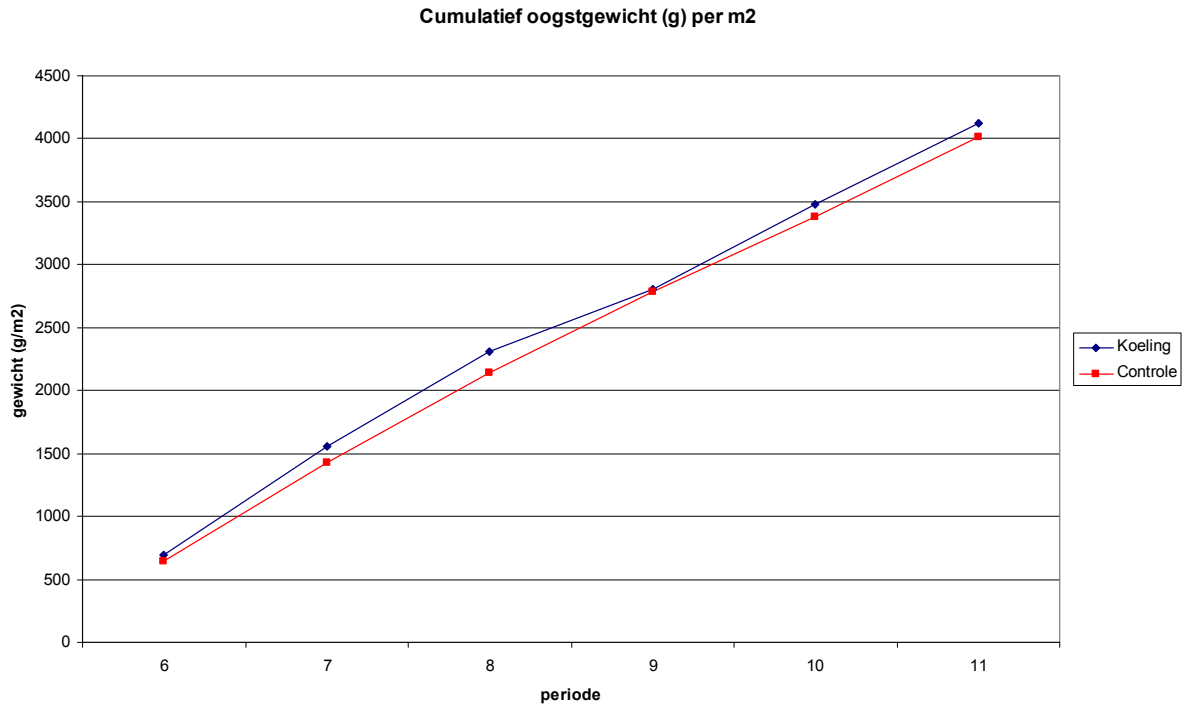
Figuur 12. Gemiddeld takgewicht per m²

Het gewicht per cm bloemsteel, als kwaliteitsindicatie, is weergegeven in figuur 13. Het gewicht per cm ligt behoorlijk hoger voor de gekoelde takken in de periodes 8, 9 en 10. Dit is vooral het effect van het realiseren van hogere CO₂ concentraties in deze periodes.



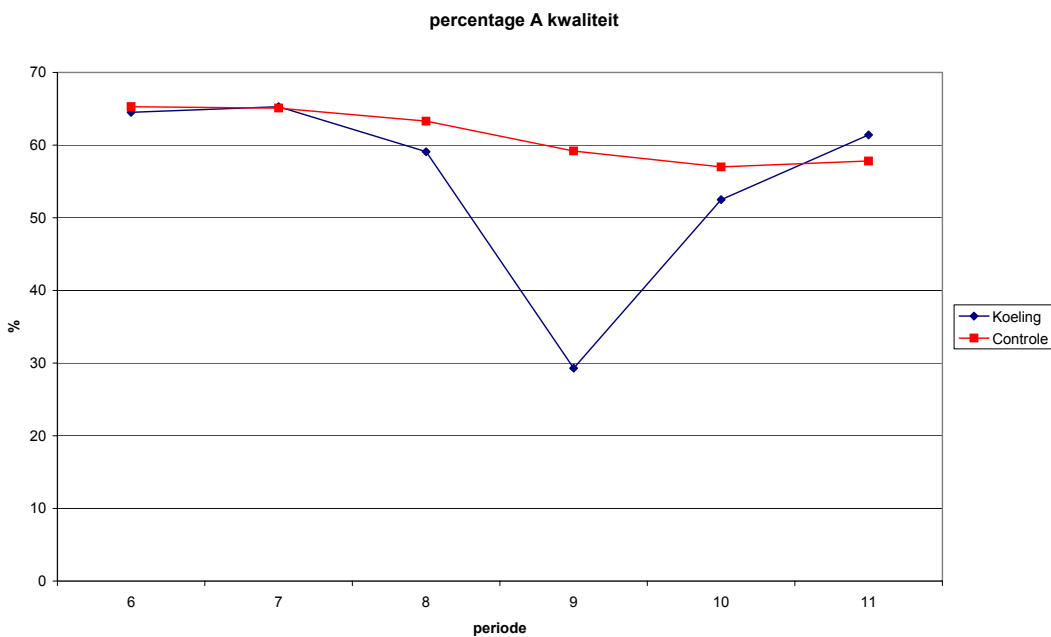
Figuur 13. Gewicht per cm bloemsteel

In de volgende figuur is per behandeling het cumulatieve oogstgewicht weergegeven. Ondanks de duidelijke invloed van de meeldauwaantasting in periode 9 is de meeropbrengst vooral vòòr die periode, maar ook erna duidelijk. De meerproductie in gewicht/m² van ongeveer 6 procent over de koelperiode is door meeldauwschade gereduceerd tot netto 3 procent.



Figuur 14. Cumulatief oogstgewicht

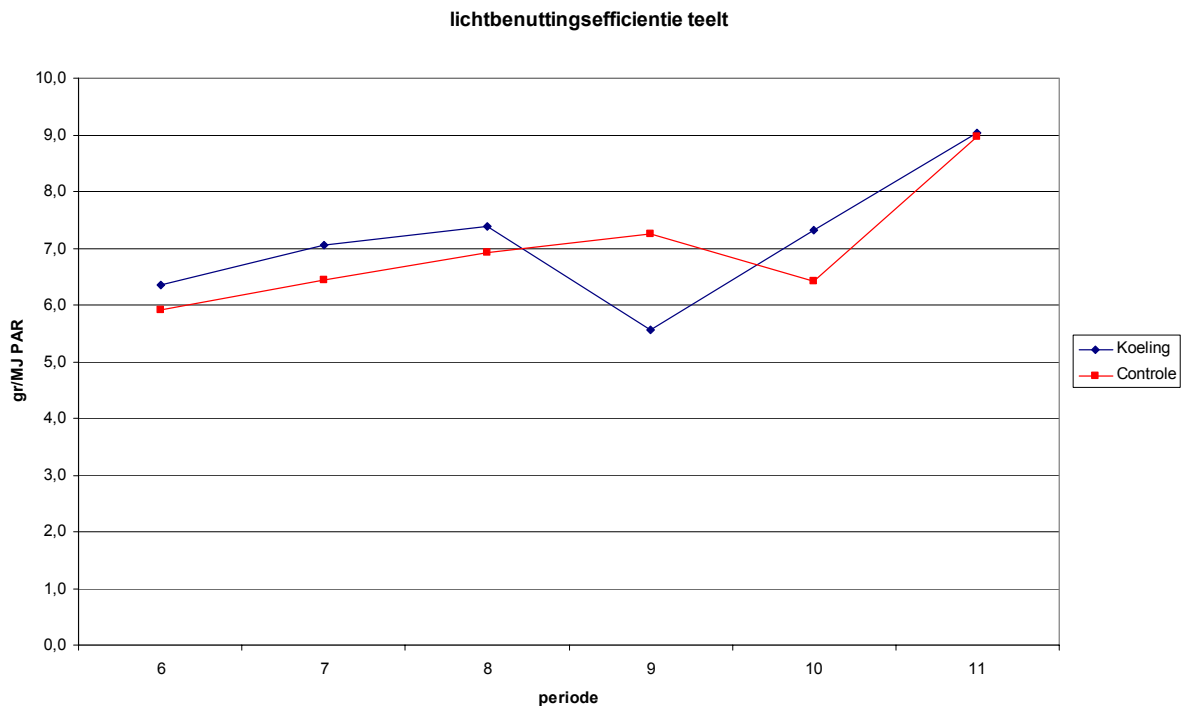
Figuur 15 geeft inzicht in het percentage geogoste A kwaliteit. Het dal in periode 9 bij de koelingbehandeling is veroorzaakt door een zware meeldauw aantasting.



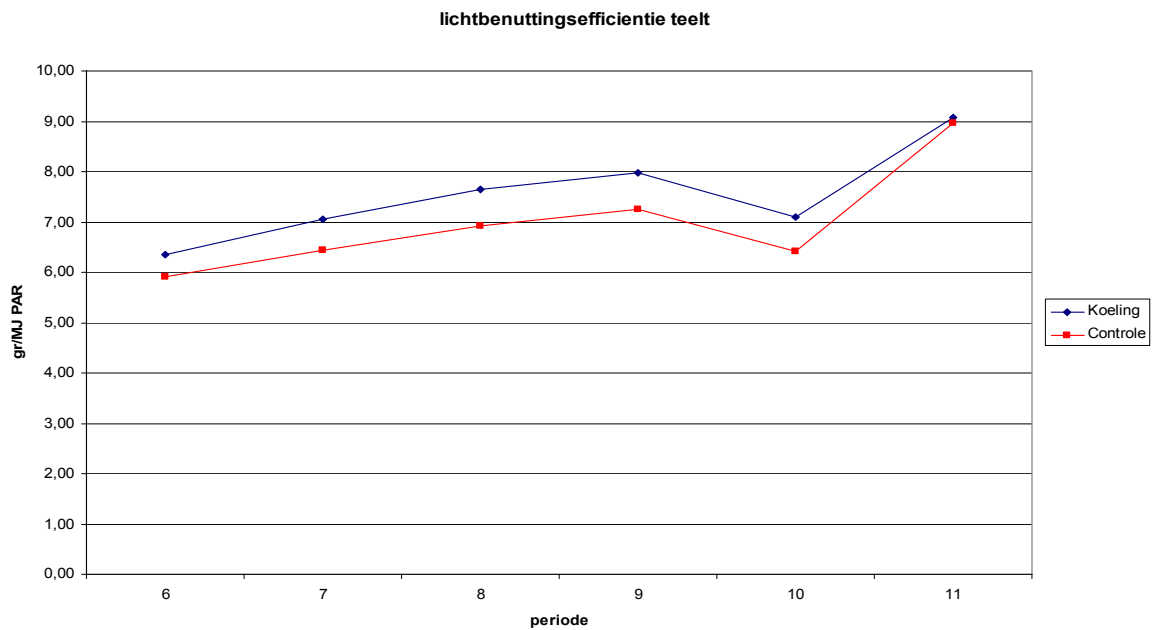
Figuur 15. Percentage geogoste A kwaliteit voor beide situaties

De lichtbenuttingsefficiëntie (dat deel van het licht dat daadwerkelijk wordt gebruikt voor drogestofproductie) ligt aanvankelijk op een hoger niveau voor de koelingsbehandeling (figuur 16). Dit betekent dat bij dezelfde instraling, het gewas in de gekoelde afdeling meer drogestof produceert dan het gewas in de controle afdeling. Echter door de meeldauwaantasting is in periode 9 de lijn sterk gedaald. Gemiddeld genomen is de lichtbenuttingsefficiëntie ondanks de aantasting toch nog hoger voor het gewas in de gekoelde afdeling (7,1 gr/MJ PAR) vergeleken met dat in de controle afdeling (7,0 gr/MJ PAR).

Wanneer de data van de gekoelde afdeling geëxtrapoleerd worden dan ontstaat de lijn zoals in figuur 17. Deze berekende lijn geeft de lichtbenuttingsefficiëntie wanneer geen meeldauwaantasting plaats zou hebben gevonden. De dip na periode 9 te verklaren door het plotseling toelaten van meer PAR-licht door het verwijderen van het krijt van het kasdek. Door deze toename in licht is de efficiëntie van het benutten ervan door de plant wat afgenomen.



Figuur 16. Lichtbenuttingsefficiëntie voor beide situaties



Figuur 17. Berekende lichtbenuttingsefficiëntie, zonder meeldauwaantasting

Tijdens de proef blijkt de koelinstallatie 70 Watt minder koelvermogen te leveren o.a. als gevolg van een brontemperatuur die 2 graden hoger ligt dan aanvankelijk aangenomen. De overgebleven koelcapaciteit is 170 Watt/m² bij 27 graden kastemperatuur.

Met uitsluitend krijgt, zonder beweegbaar scherm, is er te weinig sturing mogelijk. Door het gebrek aan capaciteit wordt er enigszins geforceerd gekoeld. Hierdoor is er geen mogelijkheid om een echt betere kwaliteit rozen te produceren. De meerproductie komt vooral tot uiting in meer stuks/m² en een hoger oogsgewicht per m².

3.3 Economische gegevens

In deze paragraaf zijn de opbrengsten en kosten berekend voor 3 verschillende situaties met als uitgangspunt de omstandigheden bij T. Saris: 1 controlesituatie en 2 koelingsituaties (tabel 1).

Tabel 1. *Berekende opbrengsten en kosten op jaarbasis voor 3 situaties (1 controle, 2 koelingsituaties) voor de cultivar 'Grand Prix' met 128 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ belichting en 200 kg $\text{CO}_2/\text{ha}/\text{uur}$.*

	controle	170 Watt koeling	350 Watt koeling
Klimaat			
CO ₂ gehalte (gem)	826,5	945,97	966,39
LBE (gem)	7,3	7,6	7,7
Productie			
kg/m ²	11,6	12,1	12,3
stuks/m ²	249,7	262,2	266,0
Teelt economisch			
omzet/m ²	119,9	125,30	126,85
kosten/m ²	112,0	109,22	108,69
vaste kosten koeling/m ²	0	7,25	14,25
variabele kosten koeling/m ²	0	2,5	3,5

Deze berekeningen zijn uitgevoerd m.b.v. het QMS[®] model voor Roos van DLV Plant

De lagere kosten per m² voor de koelingsituaties komen vooral voort uit het grotere behoud van CO₂ bij deze situaties, waardoor de dosering (en de kosten daarvan à 10 cent per kilo) veel lager uitvalt.

De kg productie per m² zal voor de controlesituatie iets lager uitvallen in de praktijk. Dit komt vooral omdat de berekende kilogrammen in de zomermaanden soms tegen kunnen vallen. Bij hoge temperaturen in de zomer zal soms minder licht toegelaten worden om stress te voorkomen. Of er treedt stress op waardoor de groei en de ontwikkeling van het gewas verstoord wordt. Bij situaties met koeling is de verwachting dat de geprognostiseerde productie wel gehaald kan worden onder normale omstandigheden.

Rozentelers die meer in een landklimaat gevestigd zijn zullen naar verwachting eerder de extra kosten van een koelingsinstallatie terugverdienen. Zij ervaren vaker hoge temperaturen in de zomer waardoor de productie geremd wordt. Telers dicht aan de kust hebben in de zomer veel minder met extreem hoge temperaturen te maken door de matigende invloed van de zee.

3.4 Warmtelevering aan derden

Deze paragraaf geeft informatie over de energie- en warmtebalans met als uitgangspunt de bedrijfssituatie van T. Saris. Het doel hiervan is vooral om inzicht te krijgen in de hoeveelheid te exploiteren hoogwaardige warmte aan derden.

Warmte welke aan derden wordt geleverd zal altijd hoogwaardige warmte moeten zijn (HT-warmte) van minimaal 80 °C. Bij lagere temperaturen wordt het warmtetransport weinig efficiënt, omdat bij een kleiner temperatuurverschil per liter water minder warmte wordt verplaatst. De investeringen en/of de capaciteiten worden dan veel hoger bij een gelijke hoeveelheid getransporteerde warmte. Daarom kan alleen warmte van de warmte-kracht of de ketel worden geleverd aan derden, terwijl laagwaardige warmte uit een koelmachine, warmtepomp of aquifer alleen op het eigen bedrijf toepasbaar is.

Bij elke warmtelevering van rendabele omvang is het altijd de vraag of de afnemende partij niet beter zelf kan investeren in warmte-kracht en daarmee zijn energiekosten lager kan maken. Om er voor te zorgen dat de ontvangende partij zich langjarig wil binden aan warmteafname zal het tarief van de geleverde warmte laag moeten zijn en bij voorkeur gekoppeld aan de sparkspread, kortom: concurrerend met een warmte-kracht voor teruglevering.

Belangrijk uitgangspunt over de te leveren warmte is dat het bedrijf nu LT-warmte (laagtemperatuurwarmte) over heeft, maar die niet leverbaar is. In deze berekening gaat de teler daarom HT-warmte die nu op zijn bedrijf gebruikt wordt leveren aan derden en het "gat" dat daardoor ontstaat opvullen met LT-warmte uit de bron. Om die LT-warmte toepasbaar te maken is een elektrische warmtepomp nodig met een COP (verhouding tussen opgenomen energie en nuttige warmte) van 6.

Momenteel wordt bij gekoelde rozenkassen de opgeslagen warmte vernietigd, omdat met de HT-warmte van de warmte-kracht de warmtevraag geheel gedekt is. Als we die warmte-kracht-warmte aan derden leveren, moet de laagwaardige warmte wel opgewerkt worden tot op het bedrijf bruikbare warmte. Er is dan een warmtepomp nodig om de aquiferwarmte van ± 16 °C op een temperatuur van 40°C te krijgen. Laagwaardige warmte is moeilijk op te slaan en moet dus direct toegepast worden.

De warmtelevering aan derden zal dus in beginsel nooit meer zijn dan het minimum van

- wat er aan warmte geogst is.
- het deel van de warmtevraag op het leverende bedrijf dat met LT-warmte kan worden ingevuld.

Deze hoeveelheid warmte kan groter worden als de afnemende partij meer dan deze warmte kan gebruiken en de warmtelevering tijdens terugleveren van elektriciteit aan het net op variabele kosten rendabel is.

Tenslotte moet er natuurlijk een afnemende partij aanwezig zijn van voldoende omvang en gelijktijdigheid.

Om warmte te kunnen leveren zijn investeringen nodig:

- 1) een warmtetransportleiding (vaak geïsoleerde stadsverwarmingsleidingen).
- 2) een warmtewisselaar of TSA, om de cv-circuits van de leverende en ontvangende partij van elkaar te scheiden.
- 3) een warmtepomp om de warmte uit de aquifer toepasbaar te maken.
- 4) warmtemeters om de verrekening van geleverde warmte mogelijk te maken

- 5) in een aantal gevallen extra buffercapaciteit om de ongelijktijdigheid van productie en gebruik van warmte op te vangen.

Mogelijk kan de noodkoeling, die in de referentiesituatie wordt gebruikt om de aquiferwarmte kwijt te raken, kleiner worden uitgevoerd.

Al deze investeringen zijn afhankelijk van de grootte van de benodigde installaties en dus ook van de grootte van het bedrijf.

De hoeveelheid geleverde warmte wordt bepaald door de variabele kosten van de warmteproductie. Of er warmte wordt geleverd is uiteindelijk een operationele beslissing die wordt bepaald door:

- 1) De kosten voor gas en onderhoud van de warmte-kracht.
- 2) De opbrengsten uit aan het net geleverde elektriciteit of de vermeden inkoop van elektriciteit.
- 3) De benutting van CO₂, vermeden inkoop van CO₂ of extra productie bij meer CO₂.

Deze factoren zijn dus niet alleen afhankelijk van de beide betrokken bedrijven, maar ook van de ontwikkelingen in de energiemarkt.

Globaal geldt voor een koelend bedrijf dat er bij 170 W/m² omgerekend ± 1.500 uur per jaar vollast gekoeld wordt. Bij 350 W.m² pakken we wat extra op erg warme dagen, maar wordt er in totaal niet veel meer gekoeld en komen we op 800 uur per jaar vollast uit.

koeling		koude
vermogen	vollast	geogst
170 W/m ²	1.500 uur	255 kWh/m ²
350 W/m ²	800 uur	280 kWh/m ²

Met een warmtepomp met een COP van 6 is nodig aan elektriciteit en komt er aan LT-warmte beschikbaar:

koeling	elektriciteit	aquiferwarmte	
vermogen		warmtepomp	
170 W/m ²	6,0 kWh/kWh	8,79 kWh/m ³	
170 W/m ²	43 kWh/m ²	298 kWh/m ²	34 m ³ /m ²
350 W/m ²	47 kWh/m ²	327 kWh/m ²	37 m ³ /m ²

Op erg koude dagen is 40 °C niet voldoende om de kas te verwarmen. Van de 60 m³/m² kan daarom maximaal 45 m³/m² met LT-warmte worden ingevuld. Dat is dus voldoende om de aquiferwarmte geheel te benutten.

Bij een warmte-kracht van 600 kWe per hectare en 6.000 draaiuren is er bij beide opties van koeling voor warmtelevering beschikbaar aan HT-warmte: Er is dus voldoende HT-warmte aanwezig om “weg te strepen” tegen de geleverde LT-warmte.

warmte-kracht HT-warmte		
elektrisch	110% warmte	6.000 uur
60 W/m ²	66 W/m ²	394 kWh/m ²

Dat betekent dat de op basis van de warmtevraag van het leverende bedrijf de hoeveelheid geleverde HT-warmte zal zijn:

koeling	warmte derden	
vermogen	levering	
170 W/m ²	8,79 kWh/m ³	
170 W/m ²	298 kWh/m ²	34 m ³ /m ²
350 W/m ²	327 kWh/m ²	37 m ³ /m ²

Extra warmtelevering door een gunstige energiehandel en voldoende afnamecapaciteit van de afnemer blijft buiten beschouwing.

Kosten en opbrengsten

Bij een commodityprijs van € 0,25 per m³ van aardgas kost de warmte bij productie met een ketel op 90% Hb ± 0,028 €/kWh. Als daarop 30% korting wordt gegeven kost warmte 0,02 €/kWh.

elektriciteit	warmte	totaal
0,080 €/kWh	0,175 €/m ³	
3,40 €/m ²	5,92 €/m ²	-2,52 €/m ²
3,73 €/m ²	6,50 €/m ²	-2,77 €/m ²

De elektriciteit voor de warmtepomp zal ongeveer 50% / 50% verdeeld zijn over plateau en dal en kost dan ongeveer 8 €ct/kWh. Rechts naast de elektriciteitskosten staat wat het bedrijf verdient met de verkoop van warmte. Dat is hoger dan de elektriciteitskosten, zodat je in de meest rechtse kolom negatieve kosten = inkomsten overhoud.

Aan variabele kosten kan € 2,50 tot € 2,75 voordeel behaald worden. Bij een bedrijf van 20.000 m² is dat minimaal € 50.000 per jaar.

De investeringen genoemd onderaan pagina 24 komen voor 20.000 m² al snel uit op € 10 per m², dat is bij afschrijving in 10 jaar en gemiddeld 2,5% rente € 1,25 per m².

In totaal blijft er dan een voordeel door warmtelevering over van € 1,25 tot € 1,50 per m².

Subsidie en rookgasreiniging

EIA (Energie-investeringsaftrek) is mogelijk op warmte-kracht, rookgasreiniging en netaansluiting en warmtepomp (specifiek) en alle andere voldoende energiebesparings-mogelijkheden (generiek).

Verder moet rekening gehouden worden met:

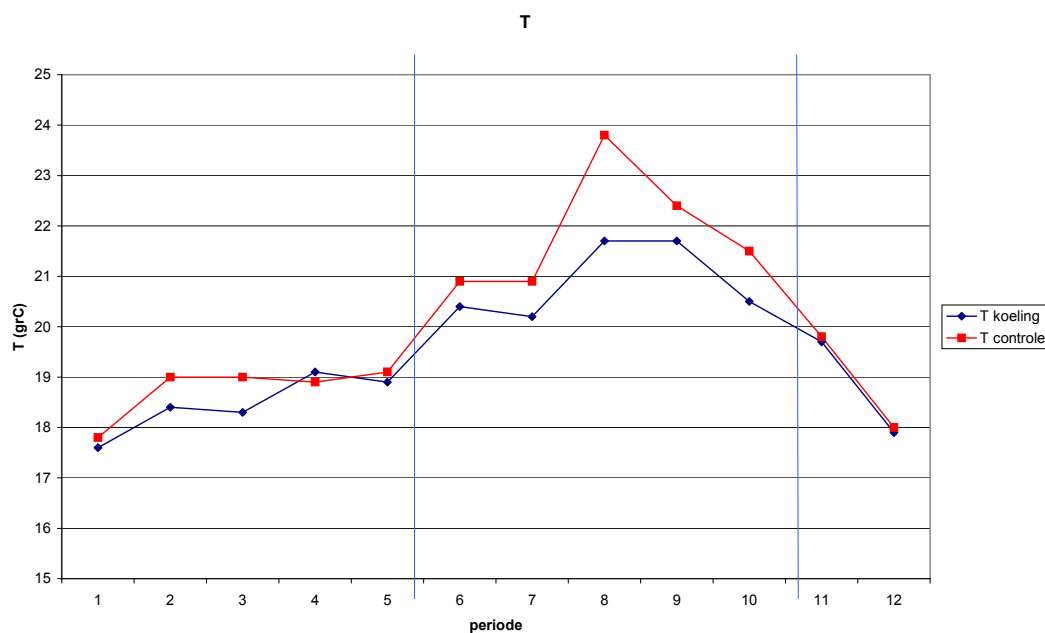
- MEP-vergoeding op teruggeleverde elektriciteit, nog nader in te vullen en nooit voor 10 jaar zeker, zoals het er nu uitzet voor wk jonger dan 10 jaar
- Vrijstelling energiebelasting op wk-gas, kan ook eindig zijn.
- Tuinbouwtarief energiebelasting ook mogelijk eindigend.
- Groen-Label-Kas voordeel, waarbij punten verdiend met energiebesparing door wk en warmtepomp (inclusief duurzame energie) nodig zijn.

4 Aanvullende gegevens effect koelen

4.1 Klimaatgegevens

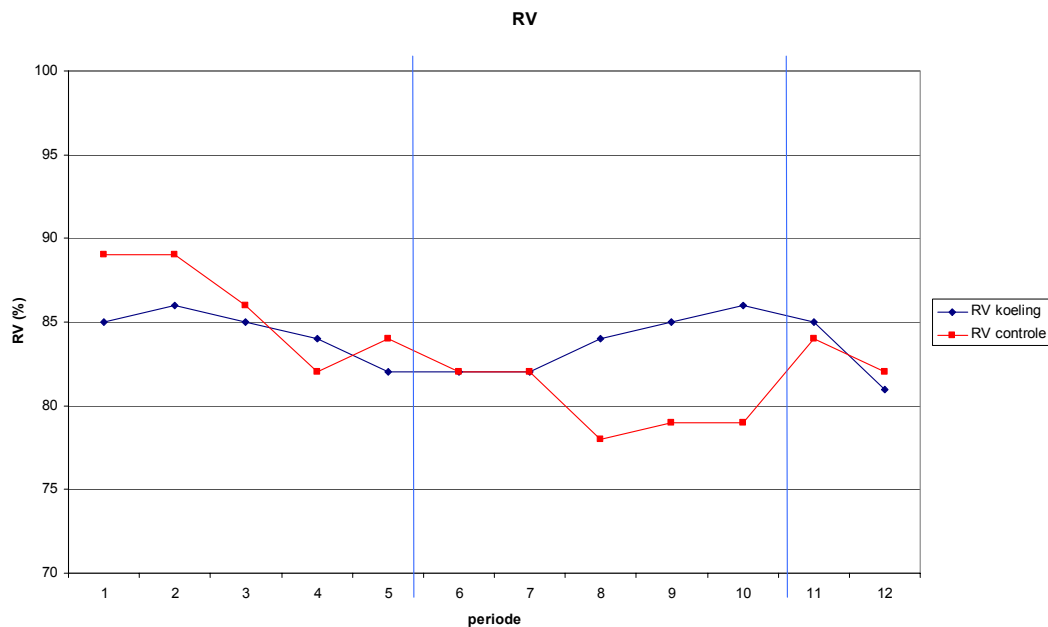
Bij Van den Berg Roses zijn aanvullende gegevens met betrekking tot het effect van koelen verzameld. Over 2006 is per periode het klimaat gemonitord. De figuren hieronder geven een overzicht van enkele gemeten factoren, waarbij de data van de controle- en de gekoelde afdeling telkens tegen elkaar zijn uitgezet. Opvallende zaken zijn per factor beschreven.

In figuur 18 is het temperatuursverloop zichtbaar voor beide situaties. Vanaf eind periode 5 t/m 10 is er gekoeld, wat duidelijk te zien is in het temperatuursverloop.



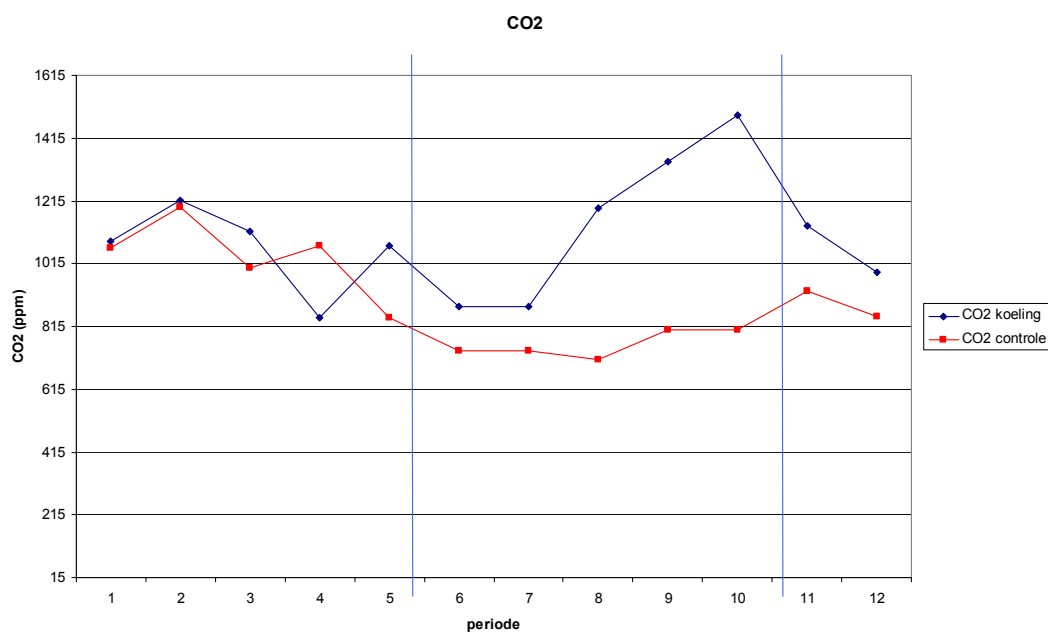
Figuur 18. Temperatuur voor beide situaties (koelperiode tussen blauwe lijnen).

De RV (figuur 19) lijkt in de gekoelde situatie wat constanter te verlopen. In periodes 8-9-10 blijft de RV duidelijk hoger bij de gekoelde situatie.



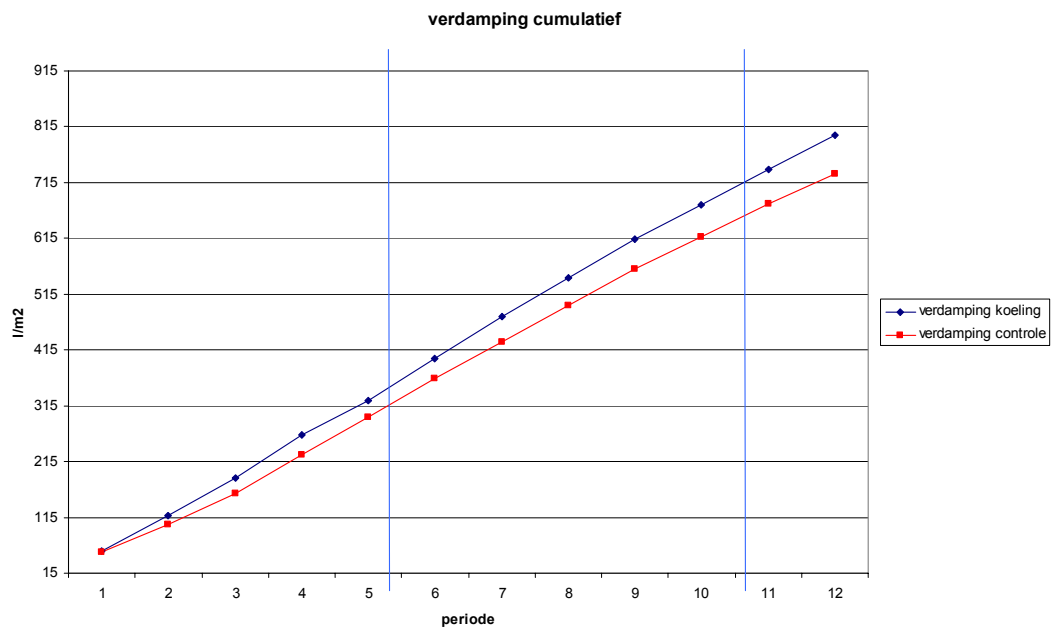
Figuur 19. RV voor beide situaties (koelperiode tussen blauwe lijnen)

Het CO₂ gehalte, weergegeven in figuur 20, is vanaf het inzetten van het koelen op een behoorlijk hoger niveau in de gekoelde afdeling.



Figuur 20. CO₂ gehalte voor beide situaties (koelperiode tussen blauwe lijnen)

In figuur 21 is te zien dat de verdamping, een maat voor gewasactiviteit, in de gekoelde afdeling wat uitloopt op die in de controlesituatie.

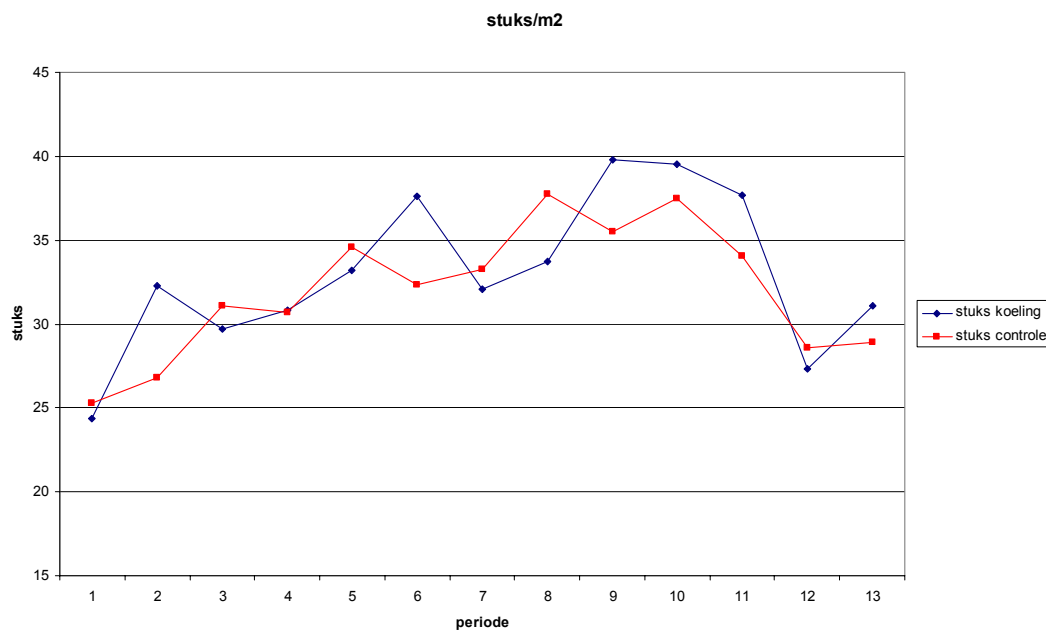


Figuur 21. Verdamping per m^2 voor beide situaties (koelperiode tussen blauwe lijnen)

4.2 Productie en kwaliteitsgegevens

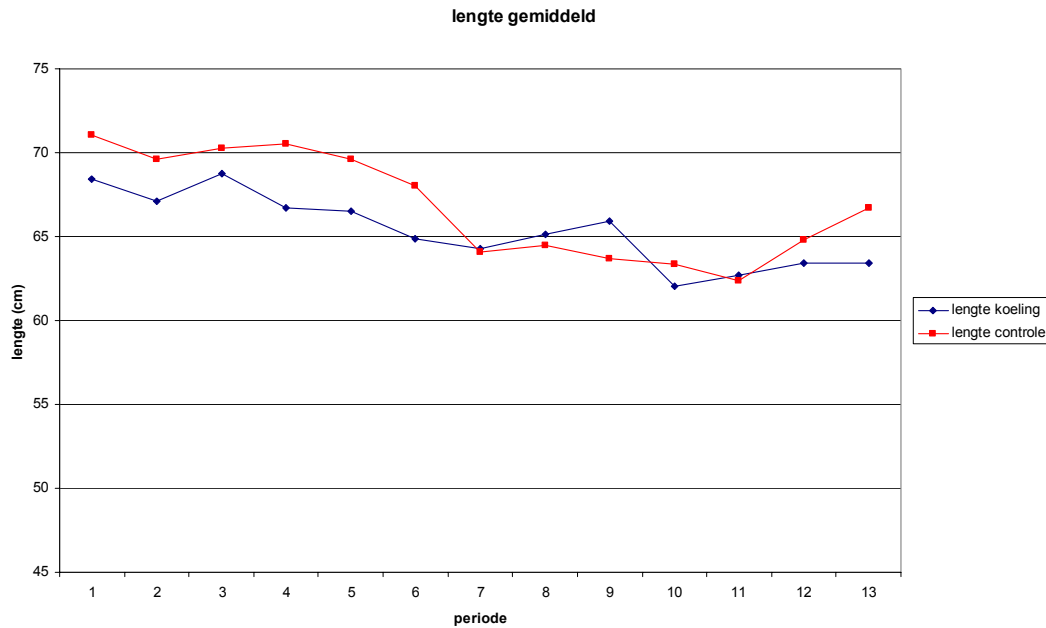
Om het effect van koeling op het gewas te meten zijn productie- en kwaliteitsgegevens geregistreerd. Hieronder zijn enkele hiervan weergegeven, met periodegemiddelden.

Het aantal stuks per m² (figuur 22) laat voor beide situaties wat fluctuaties zien. Gemiddeld blijkt in de gekoelde afdeling absoluut gezien ruim 3% meer takken te zijn geoogst. Echter hiervoor moet nog gecorrigeerd worden op het verschil in belichtingscapaciteit.



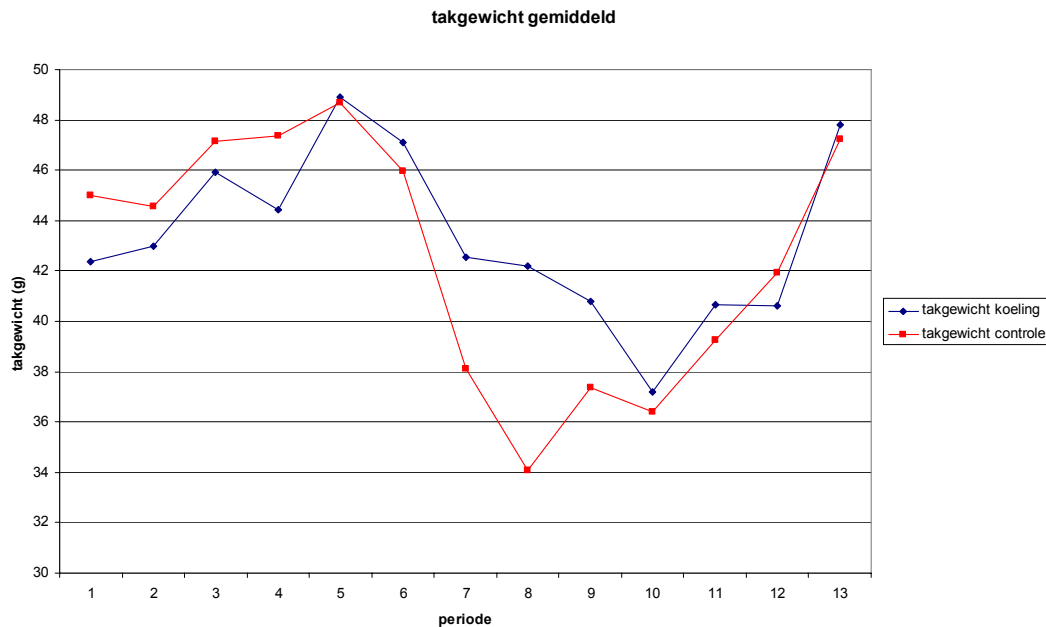
Figuur 22. Aantal takken per m²

De gemiddelde taklengte blijkt iets (2,2%) hoger te liggen voor de takken uit de controle afdeling. Dit lijkt veroorzaakt te worden door het leeftijdsverschil en is vooral tot uiting gekomen, in de eerste helft van het jaar, in zekere zin nog voor de koelperiode.



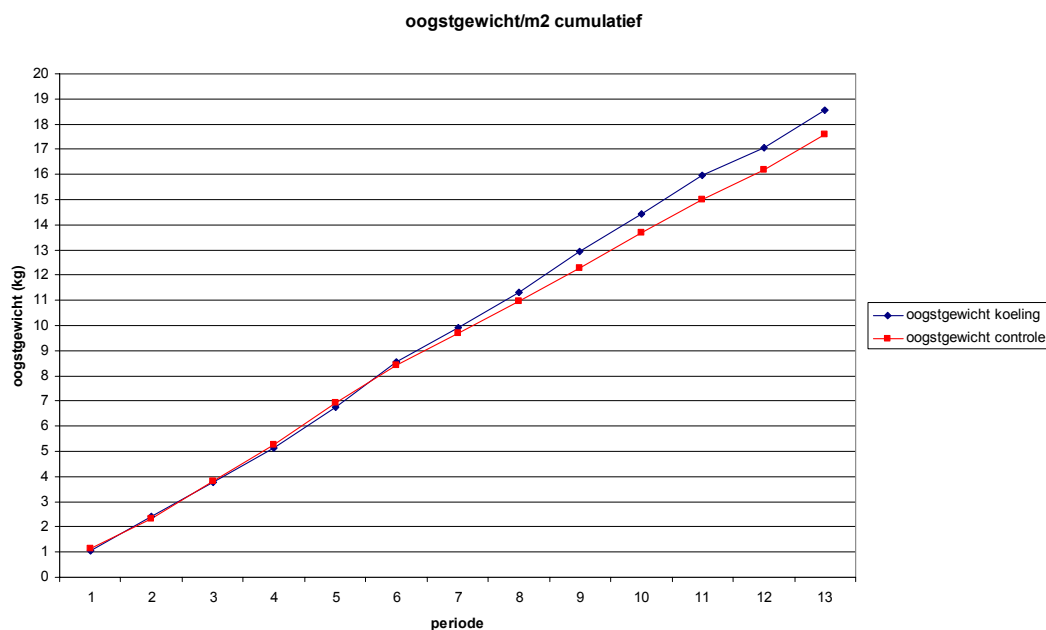
Figuur 23. Gemiddelde lengte per situatie

Het gemiddelde takgewicht, zichtbaar in figuur 24, is hoger voor takken uit de gekoelde afdeling. Dit is vooral het geval gedurende de zomerperiode, wanneer de takgewichten in de controle afdeling behoorlijk dalen.



Figuur 24. Gemiddeld takgewicht

Het totale oogstgewicht per m² (figuur 25) is voor de gekoelde situatie na 13 periodes 1 kg hoger dan dat van de controle afdeling. Echter hiervoor is nog niet gecorrigeerd voor het verschil in belichtingscapaciteit.



Figuur 25. Cumulatief oogstgewicht

4.3 Economische gegevens

Deze paragraaf geeft een overzicht van de kilogramproductie en de berekende meeromzet van de gekoelde afdeling t.o.v. de controle afdeling.

Onderstaande tabel geeft weer dat het koelen vooral effect heeft gehad op de opbrengst in de zomerperiodes. Door een betere, zwaardere kwaliteit is een hogere omzet gerealiseerd.

Tabel 2. Gerealiseerde kilogramproductie voor de gekoelde situatie versus de controle situatie.

periode	controle kg prod		gekoeld kg prod	verschil in kiloprijs per periode
1	1,14		1,03	104%
2	1,20		1,39	101%
3	1,47		1,36	103%
4	1,45		1,37	100%
5	1,68		1,63	96%
6	1,49		1,77	98%
7	1,27		1,37	114% koeleffect
8	1,29		1,42	111% koeleffect
9	1,33		1,62	105% koeleffect
10	1,36		1,47	100% koeleffect
11	1,34		1,53	98%
12	1,20		1,11	103%
13	1,37		1,49	99%
som	17,57		18,56	

Absoluut gezien is er per m² 1,0 kg meer geoogst in de gekoelde afdeling. Echter, de assimilatiebelichting heeft in de controle situatie (113 Watt) een grotere capaciteit dan in de gekoelde situatie (90 Watt). Als voor de gekoelde situatie wordt gecorrigeerd voor dezelfde capaciteit dan is de berekende meeropbrengst 2,2 kg, in plaats van 1,0 kg. De berekende meeromzet per m² is € 19,05 hoger wanneer in de gekoelde afdeling dezelfde belichtingscapaciteit aanwezig zou zijn als in de controle afdeling.

In tabel 3 is naast de gerealiseerde kilogramproductie ook de berekende productie weergegeven. Het verschil tussen berekend en gerealiseerd is het grootst voor de controle afdeling. Dit komt vooral door de situaties met hoge instraling en temperaturen, zodat er of meer geschermd moet worden of de plant in stress raakt. Beide situaties zullen leiden tot productieverlies. Middels koeling is aangetoond dat dit productieverlies in de zomermaanden duidelijk verminderd kan worden.

Tabel 3. Gerealiseerde versus berekende kilogramproducties voor verschillende situaties

	controle kg prod	gekoeld kg prod	gekoelde afdeling indien niet gekoeld kg prod
gerealiseerd	17,57	18,56	
berekend*	19,63	19,21	18,23

*Deze berekening is uitgevoerd m.b.v. het QMS[®] model voor Roos van DLV Plant

Behalve het productieverval, is er ook een verschil in gewasleeftijd tussen beide afdelingen. In de controle afdeling staat jong 'Avalanche' gewas (3^e teeltjaar in 2006) en in de gekoelde afdeling staat oud 'Avalanche' gewas (6^e teeltjaar in 2006). In een traditionele teelt zal deze gewasleeftijd niet snel gehaald worden en wordt eerder nieuwe aanplant gedaan. Echter, door het koelen lijkt het gewas minder snel te verouderen. Economisch betekent elk jaar dat vervanging uitgesteld kan worden een potentiële besparing van € 7,00 per m².

5 Neveneffecten en klimaatsturing

Als gevolg van het koelen zijn een aantal neveneffecten opgetreden:

- Vochthuishouding en schimmelinfecties bij koelen van onderaf
Door de gemiddeld hogere luchtvochtigheid bij koelen is de tolerantie voor verticale temperatuursverschillen (lage temperatuur onderin het gewas) een stuk kleiner, dan in een traditionele kas. Het dauwpunt wordt immers veel sneller bereikt, waardoor vocht gerelateerde schimmelinfecties, of fysiogene afwijkingen kunnen optreden. Dit is een belangrijk nadeel bij het koelen van onderaf. Het gewas verdampt minder op de momenten van hoge intraling, maar verdampt daarentegen meer in de avond en nacht. Hierdoor ontstaat een lager vochtdeficit in een gekoelde situatie. Het is daarom wenselijk dat er ook s'avonds of 's nachts belicht wordt om de klimaatomstandigheden voor dan te verbeteren. Er lijkt geen gevaar te bestaan voor problemen door een te lage worteltemperatuur. De mattemperatuur volgde de ruimtetemperatuur.
- Hogere RV
Onder invloed van een hogere luchtvochtigheid kan de planttemperatuur relatief verder stijgen t.o.v. de ruimte temperatuur dan bij een lagere RV in de kas. Dit kan tot een relatief hogere ontwikkelingssnelheid van het gewas leiden. Tevens kan onder invloed van een hogere RV gedurende m.n. de dag, de uitloop verder toenemen, waardoor de concurrentie tussen de opgroeiende scheuten toeneemt. Een bijkomend positief effect is dat er meer instraling nodig is om de kaslucht op te warmen bij een hogere RV in de kas. Een semi-gesloten kas warmt dus minder op dan een ruim geventileerde kas. Als gevolg van een hogere scheutdichtheid kan de strekkinggroei afnemen en kan het wenselijk zijn om een nog lagere teelttemperatuur te gaan realiseren.
- Behoud van vocht en CO₂
De hoge koelvermogens worden pas geleverd bij hoge kastemperaturen. Tevens zal het gewas dan pas zijn grootste bijdrage leveren aan het koelproces van de kas. Dit houdt in dat de teeltstrategie uit kostenoverwegingen niet moet worden gericht op een lage maximumtemperatuur maar op behoud van vocht en CO₂ ten einde het gewas te behoeden voor waterstress en sluiting van de huidmondjes. Uit metingen blijkt dat de interne CO₂ waarde (in de intracellulaire ruimte in het blad) veelal een stuk lager ligt dan de CO₂ waarde in de kaslucht onder invloed van hoge instraling. Wanneer de huidmondjes weerstand toeneemt (openingstand afneemt) dan zal onder lichtrijke omstandigheden de CO₂ waarde in het blad extreem laag worden, tot wel enkele tientallen ppm. Hierdoor zal de groei tot stilstand kunnen komen. Het gewas zal hierop een mechanisme in werking stellen waarbij de energie afgevoerd wordt, zonder aanmaak van droge stof. Naast het effect op gewasgroei biedt het behoud van vocht naar de toekomst toe wellicht ook voordelen. Bij koelen, in combinatie met beperkt luchten, komt water vrij. Water dat in de traditionele situatie in verdampte vorm verloren zou gaan via de luchtramen. Deze vorm van waterwinning zou belangrijk kunnen worden indien regels voor het onttrekken van water uit de bodem strenger gaan worden.

- Minder CO₂ doseren

Het CO₂ verbruik via de kas op jaarbasis kan enorm worden teruggedrongen. Een richtlijn voor het CO₂ verbruik bij een semi-gesloten teelt is 1 tot 2 kilo/m² per periode. In een traditionele kas kan er gedurende de zomer zelfs meer dan twee kilo/m² per week gedoseerd worden. Hieruit volgt dat bij gebruik van vloeibare zuivere CO₂ de variabele kosten op jaarbasis kunnen wegvallen tegen de variabele kosten van het koelen.

- Uitstellen nieuwe aanplant

In de controle afdeling (Van den Berg Roses) staat jong Avalanche gewas (3^e teeltjaar in 2006) en in de gekoelde afdeling staat oud Avalanche gewas (6^e teeltjaar in 2006). In een traditionele teelt zal deze gewasleeftijd niet snel gehaald worden en wordt eerder nieuwe aanplant gedaan. Echter, door het koelen lijkt het gewas minder snel te verouderen. Economisch betekent elk jaar dat vervanging uitgesteld kan worden een potentiële besparing van € 7,00 per m².

Het koelen heeft ook gevolgen voor de klimaatsturing:

De koelvraag werd bepaald aan de hand van een stralingstraject en een koeltemperatuursetpoint. Afhankelijk van het verschil tussen de gemeten kas T en de berekende koel T. De ventilatieregeling kon uitsluitend geregeld worden op basis van de P-band regeling gedurende de dag en de stralingsverhoging. Op basis van de straling en de toename van de temperatuur kwam de koeling in. Een beperking in deze situatie is dat de temperatuur, t.o.v. de instraling te hoog kan zijn. Bovendien loopt de temperatuur (te) hoog op wanneer de koeling niet draait. Verder wordt er onder invloed van deze regelwijze soms onnodig gekoeld. Het zou wenselijk zijn om een streef temperatuur (eventueel lineair) te hebben op basis van instraling en gemeten CO₂ niveau. (Bijvoorbeeld: per 100 Watt 1 graad toename boven de 18 graden). Naarmate de berekende temperatuur hoger wordt zou de koelvraag verhoogd moeten worden.

Ventilatie:

De P-band moet verhoogd kunnen worden op basis van een draaiende of niet draaiende koeling. Verder zou de raamstand geregeld moeten worden op luchtuitwisseling. (bijvoorbeeld: koeling aan luchtuitwisseling naar bijvoorbeeld 5 m³/m²/uur. Of een ingestelde raamstand).

Beveiliging:

Op basis van een storing moet de ventilatieregeling los gelaten kunnen worden wanneer de koeling uitvalt.

Schermen:

Het scherm moet kunnen worden dichtgestuurd op basis van instraling, een afwijking t.o.v. de berekende temperatuur en of VPD in kilopascal.

6 Discussie: balanceren met temperatuur en CO₂

Om de concurrentiepositie van de Nederlandse roos te versterken zijn nieuwe teeltconcepten noodzakelijk. Concepten die de productie verhogen en de kwaliteit verbeteren. Bij het balanceren tussen groei en ontwikkeling blijken temperatuur en CO₂ belangrijke factoren.

Licht binnen en andere weersinvloeden buiten houden. Dat is de belangrijkste functie van de kas. Toch heeft, ondanks forse investeringen, het weer nog te veel invloed op de teelt van rozen onder glas. In de zomer loopt de temperatuur vaak nog te hoog op, met te kleine knoppen tot gevolg. In productiegebieden rond de evenaar verplaatsen bedrijven daarom hun productielocaties naar de hogere, koelere gebieden. Ook een ongelijkmatig aanvoerpatroon heeft negatieve gevolgen voor de kwaliteit. Een groot deel van de scheuten rijpt in een warme periode te snel af, wat leidt tot een piek in de productie. Na een dergelijk warmteperiode neemt de productie snel af. De snelle terugval van de wortelcapaciteit en het bladpakket resulteert in een negatieve terugkoppeling op de groei. Ook kan de kwaliteit van de knippunten te ver teruglopen. Dit is mede bepalend voor toekomstige productiecycli. Wanneer in de warme zomermaanden de temperatuur in de kas wordt verlaagd, kan de kwaliteit ook in dit geval omhoog

De voornaamste reden om in de zomer te koelen is echter nog steeds de efficiëntere CO₂-benutting en hogere fotosynthese, zoals blijkt uit de resultaten. Koelen betekent immers een lager CO₂-verbruik door minder verliezen uit de kas. Want wie meer warmte onttrekt heeft minder ventilatie nodig. Als gevolg hiervan nemen de CO₂-verliezen af waardoor hogere ppm-waarden haalbaar zijn. Dit heeft weer een betere benutting van het zonlicht tot gevolg omdat de plant minder fotonen nodig heeft voor het aanmaken van suikermoleculen. Bovendien daalt de verbrandingssnelheid van suikers zodat de netto fotosynthese stijgt.

Ergo: Een tuinder die de temperatuursontwikkeling nauwlettend in de gaten houdt, kan effectiever belichten, met behoud van CO₂-niveaus gedurende de belichte perioden. Gemiddeld bereikt hij uiteindelijk een hogere lichtbenuttingsefficiëntie uit zowel natuurlijk licht als assimilatielicht.

De groei en ontwikkeling van de plant vormen de basis van nieuwe teeltconcepten. De balans tussen groei en ontwikkeling is een balans tussen fotosynthese enerzijds en groei en knopvorming anderzijds. De fotosynthese is sterk afhankelijk van het licht en de CO₂. Bij de scheutuitgroei en de knopvorming zijn vooral de temperatuur en de lichtkleur van belang. Temperatuur is de belangrijkste factor om het evenwicht te bewaren tussen groei en ontwikkeling. Knopgrootte is meer etmaaltemperatuur gevoelig dan takgewicht. De fotosynthese is bepalend voor de productiecapaciteit van een gewas: meer fotosynthese betekent meer productie. De efficiëntie waarmee licht wordt omgezet in chemische energie bepaalt mede de fotosynthese. Ook de geleidbaarheid, ofwel de openingstoestand van de huidmondjes, speelt een belangrijke rol. Droogte of een te hoge planttemperatuur kunnen leiden tot het sluiten van de huidmondjes waardoor minder CO₂ opgenomen kan worden voor de fotosynthese.

Sommige gewassen zijn gevoelig voor een 'middagdip' waarbij de huidmondjes gedeeltelijk dicht gaan. Extra CO₂ toedienen heeft dan minder effect. De roos lijkt soms afwijkend te reageren. Zodra het licht wordt gaan de huidmondjes open. Bij een aantal cultivars sluiten de huidmondjes niet meer als deze langdurig worden belicht. Zelfs niet meer in de donkerperiode. Rozen reageren sterk op CO₂. De geleidbaarheid is goed en het gewas went nauwelijks aan hoge CO₂-concentraties. Waar andere gewassen hun huidmondjes sluiten bij hoge CO₂-concentraties, reageert de roos hier veel minder op. Rozen beschikken over een hoge lichtefficiëntie. Om te voorkomen dat de gewasmassa en de bladindex teveel afnemen mag het PAR-lichtniveau niet langdurig onder een gemiddelde van 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ komen. Vanaf 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ neemt de lichtefficiëntie duidelijk af.

Fotosynthese is afhankelijk van licht, RV, CO₂, temperatuur en plantontwikkeling. Om het juiste teeltconcept te bepalen zal een tuinder rekening moeten houden met de effecten van alle teeltfactoren. Vervolgens kan hij bij elke teeltsituatie bepalen welke factor hij moet aanpassen om de efficiëntie te verbeteren. CO₂ en licht lijken vooralsnog de meest bepalende factoren te zijn, wat middels dit onderzoek ook is gebleken.

Resultaten uit dit rapport geven een overzicht van de ervaringen met het 1^e jaar koelen in een rozengegewas. Het onderzoek is in 2007 voortgezet. Belangrijk bij dit (op klimaatgestuurd) onderzoek is wel dat de buitenomstandigheden elk jaar anders zijn. De vergelijkbaarheid tussen teeltjaren is hierdoor minder eenvoudig en het investeren in koeling zal daarom gepaard gaan met de benodigde kosten- en opbrengstberekeringen.

7 Conclusies en aanbevelingen

Ondanks de korte koelperiode kunnen de volgende conclusies getrokken worden uit de proefopstelling bij T. Saris in Venlo:

Vanaf week 25 werd de koeling in bedrijf gesteld met uitsluitend terug gekoelde buitenlucht. In deze opstelling bleek het moeilijk om verhoogde CO₂ waarden te realiseren. Hierdoor viel de productietoename aanvankelijk ook tegen. Echter, het verschil in takgewicht was na 10 weken koelen wel 10% hoger dan de controleafdeling. Na half augustus was het mogelijk om te koelen met behulp van kaslucht, waarna er pas een verschil in CO₂ niveau bereikt werd tussen proef en controle.

Verder treedt er meer meeldauwschade op in een gekoelde kasafdeling wanneer de verschillen in RV tussen dag en nacht en de verticale temperatuursverschillen te groot worden. De meerproductie in gewicht/m² van ongeveer 6 procent over de koelperiode is door meeldauwschade gereduceerd tot netto 3 procent. Met uitsluitend krijt, zonder beweegbaar scherm, is echter te weinig sturing mogelijk. Maar het oorspronkelijke doel ligt binnen handbereik: binnen de proefopstelling is een duidelijk zwaardere kwaliteit geogost.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken uit een proefopstelling in een gekoeld kasconcept bij Van den Berg Roses in Delfgauw:

- Productietoename gedurende de koelperiode: 15%.
- Constanter productieverloop (betere arbeidsplanning).
- Betere knopgrote, lengte en houdbaarheid.
- Relatieve opbrengststijging per producteenheid: 4,4% over de koelperiode en 2,5% op jaarbasis.
- CO₂ behoefte van de gekoelde kas was gereduceerd naar 50 tot 100 Kg/ha per uur. Hierdoor kan de besparing in CO₂ verbruik de variabele meer kosten voor de koeling in veel gevallen dekken.
- Per geïnvesteerde kW/h via de koeling bedraagt productietoename gemiddeld ruim 40 gram. Dit is ruim het drievoudige van de toename per geïnvesteerde kW/h via de belichting. Anderzijds wordt belichting vooral toegepast in perioden waarin kg prijzen gemiddeld hoger zijn.
- De haalbaarheid van koeling hangt af van ondermeer:
 - De opbrengsten die in het tweede halfjaar gehaald kunnen worden.
 - De mate waarin er warmtelevering mogelijk is aan derden.
 - Geografische ligging van het bedrijf.
 - De beschikbaarheid van goede kwaliteit CO₂ en de prijs daarvan.
 - De geteelde cultivar.

Om tot deze resultaten te komen zijn een aantal kritische succesfactoren van belang. Een semi-gesloten teeltconcept dient te voldoen aan:

- 300-400 Watt koelvermogen per m².
- Een beweegbaar zomerdoek met een transmissie van 60 à 70%.
- Een goede regeling en sturing van koeling en ventilatie.

- Een continu hoog CO₂-niveau in de lichtperiode, hierbij is 50 tot 100 Kg CO₂ per ha/u toereikend, indien er gekoeld wordt.
- Het voorkomen van waterstress.