



Energiebesparing amaryllis (*Hippeastrum*)

Teeltonderzoek naar toepassing temperatuurintegratie en verlaagde kasttemperatuur bij verschillende substraattemperaturen

R. Baas, J. Doorduyn, A. Kromwijk

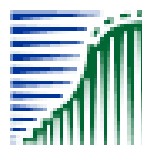
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Glastuinbouw
juli 2004

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en het Productschap voor de Tuinbouw in het kader van het Onderzoekprogramma Energie GLAMI



Projectnummer PT: 11288
Projectnummer PPO: 41604809

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Glastuinbouw

Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 SAMENVATTING.....	6
2 INLEIDING	8
2.1 Doelstelling	8
3 PROEFOPZET	9
3.1 Kasuitrusting en -inrichting.....	9
3.2 Behandelingen.....	10
3.3 Uitvoer proef en waarnemingen.....	11
3.4 Bloeiconrole	12
3.5 Energieberekeningen	12
4 RESULTATEN	13
4.1 Realisatie kasklimaat.....	13
4.2 Realisatie substraattemperatuur.....	17
4.3 Bloeigegevens 2003.....	18
4.4 Bladwaarnemingen.....	20
4.5 Tussentijdse bolwaarneming (week 14).....	21
4.6 Eindwaarnemingen bollen (week 36).....	21
4.7 Resultaten bloeiconrole volgend teeltseizoen	24
4.7.1 Gerealiseerde klimaat bloeiconrole.....	24
4.7.2 Effect bolmaat en steelnummer	24
4.7.3 Na-effecten kasklimaat en boltemperatuur	25
4.7.4 Uitbloei na teelt bij lage kastemperatuur	25
4.8 Gasverbruik.....	27
5 DISCUSSIE	30
6 LITERATUUR.....	32
7 BIJLAGE 1. KASINDELING BLOEICONROLE.....	33
8 BIJLAGE 2. VOORBEELD WERKING ECONAUT	34

1 Samenvatting

Naar aanleiding van een verzoek om onderzoek naar energiebesparing bij amaryllis is een project ingediend en gehonoreerd door het Onderzoekprogramma Energie GLAMI van PT/LNV. In het onderzoek, dat duurde van december 2002 tot april 2004, werden de effecten van gecombineerde kasklimaat- en substraattemperatuurbehandelingen onderzocht bij de bollen- en de bloemteelt van amaryllis. Effecten op de gewasgroei, bloemproductie en bloeieresultaten in een volgend teeltjaar werden onderzocht, evenals de energiebehoefte bij de verschillende behandelingen.

De kasklimaatbehandelingen bestonden uit:

- een controlebehandeling (verwarmingstemperatuur van 16°C; ventilatie vanaf 18°C)
- een behandeling die geregeld werd met meerdaagse temperatuurintegratie met weersvoorspelling (Econaut CTI). De gehanteerde verwarmingstemperatuur hierbij was 8°C, en de maximale afwijking van de controlebehandeling in temperatuursom was ingesteld op 300 uur. De integratietemperatuur werd wekelijks bijgesteld op basis van de gerealiseerde temperatuur in de controlebehandeling.
- een zogenaamde koude kas behandeling gehanteerd, waarbij de verwarmingstemperatuur op 8°C werd ingesteld; ventilatie vanaf 18°C.

De instellingen voor de substraattemperaturen (ter hoogte van de bolbodem) waren binnen de kasklimaten:

- 20°C
- 23°C
- een regeling, waarbij de temperatuur per drie weken verhoogd werd van 20°C in de winter tot maximaal 25°C tot de langste dag, waarna de temperatuur weer verlaagd werd.

De etmaaltemperatuur in de Econautbehandeling heeft in de winter- voorjaarsperiode tot week 17 tussen de 14 en 20°C gevarieerd (gemiddeld 17.5 °C), in de controlebehandeling tussen de 16 en 18°C (gemiddeld 17.3°C), en de koude kasbehandeling tussen de 8 en 17°C (gemiddeld 14.7°C). Binnen een dag waren de verschillen uiteraard extremer, met in de Econautbehandeling minimumtemperaturen van 8°C. De gerealiseerde luchtvochtigheid was ca. 10% hoger in de koude kas. Ten aanzien van de gerealiseerde CO₂ werden geen opvallende verschillen gevonden.

Ten aanzien van lengte en gewicht van de bloemstelen zijn geen verschillen gevonden tussen de temperatuurintegratie en de controlebehandeling.

Bij de behandeling "koude kas" werd het oogsttijdstip vertraagd met ca. 3 weken (ca. 4-6 dagen per °C kastemperatuur), maar werd de bloemkwaliteit (7-9% langere en 17-20% zwaardere stelen) sterk verbeterd. De bladlengte liep in eerste instantie achter, maar dit verschil verdween grotendeels na week 26. De bladkleur in de koude kasbehandeling was in eerste instantie ook lichter dan in de andere behandelingen.

De bollen zijn gerooid in week 36. Bolmaat 14/16 voor de bollenteelt was na afloop van de proef gemiddeld bolmaat 30 geworden; de bloeibare bollen bolmaat 34/36 waren na afloop gemiddeld bolmaat 38. De bolmaten van bollen uit de bollenteelt verschilden niet als gevolg van de kasklimaten of de substraattemperaturen. Er was wel een trend voor een kleinere bolmaat bij de lagere substraattemperatuur. De bolmaten van bollen voor de bloemteelt werden wel beïnvloed: de bollen in de Econautbehandeling waren gemiddeld iets groter dan in de controle- en de koude kasbehandeling. Er was bovendien een gering positief effect van 23°C t.o.v. 20°C substraattemperatuur op de bolmaat. Dit was vooral het geval bij de koude kas behandeling. Gemiddeld werd een bolmaatvergroting van 0.14 cm (bolmaat 14/16) tot 0.35 cm (bolmaat 34/36) per °C substraattemperatuurverhoging gemeten. Dit was minder dan in voorgaand onderzoek gevonden was.

De bollen zijn gesorteerd in week 37, en werden vervolgens geprepareerd gedurende 10 weken.

In week 49 zijn de bollen die gebruikt zijn voor de bloemteelt weer uitgeplant voor een bloeiconrole. De opplanting was zodanig dat per bolmaat de waarnemingen werden uitgevoerd. De substraattemperatuur en de verwarmingstemperatuur werden ingesteld op 20°C respectievelijk 16°C. Daarnaast werd een opplanting bij een verwarmingstemperatuur van 10°C uitgevoerd.

Uit de uitbloei bleek dat de steellengte en -gewicht niet verschilden als gevolg van de behandelingen van het

voorgaande jaar. Ook in de de houdbaarheid werden geen betrouwbare verschillen gevonden. Dit betekent dat temperatuurintegratie en/of een lage kasttemperatuur geen nadelige invloed had op de bloemontwikkeling en -productie van het volgende jaar.

Hoewel de bolmaat gemiddeld iets geringer was bij de 20°C substraattemperatuur in de koude kasbehandeling, bleek dit voor de bloemproductie en -kwaliteit in een volgend teeltjaar niet nadelig te zijn.

De TI behandelingen met de Hoogendoorn Econaut hebben na week 17 – na de periode met de grootste energiebehoefte - niet optimaal gewerkt, mede als gevolg van de proeftechnische noodzaak de integratietemperatuur vergelijkbaar te houden aan de gerealiseerde temperatuur in de controlekas. Tot week 17 werd een energiebesparing van 13-18% gerealiseerd.

In de koude kas werd een energiebesparing van 56% gerealiseerd. In verband met de contractcapaciteit is verder belangrijk dat de pieken in gasverbruik met de koude kasbehandeling tot 1/3 werden terug gedrongen.

Samengevat geven de resultaten duidelijk aan dat energiebesparing bij amaryllis goed mogelijk is door gebruik te maken van lagere kastemperaturen en/of het gebruik van temperatuurintegratie gedurende de winterperiode. Een lagere kasttemperatuur (gerealiseerd gemiddeld 11.0 in 2004 en 12.5°C in 2003) en temperatuurintegratie (met minimaal 8°C etmaaltemperatuur) hebben geen nadelige gevolgen voor productie en kwaliteit van bloemen en de bloemknopaanleg in de bol. Hierbij dient de substraattemperatuur wel voldoende hoog gehouden worden, en moet (bij verlaging van de gemiddelde kastmepratuur) rekening gehouden worden met een verlating van het oogsttijdstip (ca. 4-6 dagen per °C kasttemperatuur).

2 Inleiding

In 2002 bedroeg het areaal amaryllisteelt voor de bollenteelt ca. 100 ha, en voor de bloemeteelt ca. 85 ha. Het gasverbruik was naar schatting 23-28 m³/m² per jaar voor de bollenteelt en 28-35 m³/m² per jaar voor de bloemeteelt.

Naar aanleiding van een vraag van de landelijke commissie amaryllis van LTO-GroeiService naar onderzoek op het gebied van energiebesparing, is een project ingediend voor financiering door het PT/LNV Energieonderzoekprogramma in september 2002. Dit voorstel is gehonoreerd in december 2002. Meer specifiek betrof de vraag of de luchttemperatuur mag dalen in de winterperiode zonder nadelige effecten op de bol- en bloemkwaliteit en -productie. De mogelijkheid voor temperatuurintegratie was hierbij een extra optie. Omdat uit voorgaand onderzoek was gebleken dat de substraattemperatuur een duidelijke invloed heeft op de bloemknopontwikkeling in de bol van amaryllis, was de verwachting dat lagere kasluchttemperaturen dan tot op heden gebruikelijk zijn, gehanteerd kunnen worden zonder negatieve effecten op de bol- en bloeikwaliteit. Naast de kasluchttemperatuurbehandelingen zou de substraattemperatuur als onderzoeksfactor meegenomen moeten worden.

2.1 Doelstelling

Het voorstel richtte zich op energiebesparing door te onderzoeken:

- a) in welke mate afwijkingen in kastemperatuur bij amaryllis te tolereren zijn (temperatuurintegratie)
- b) of lagere teelttemperatuursommen dan gebruikelijk mogelijk zijn zonder verlies van productie of kwaliteit
- c) in hoeverre substraattemperatuur bij verschillende kasklimaten invloed heeft op de productie en kwaliteit van amaryllis.

Het teeltresultaat (bol- c.q. bloemkwaliteit) en het energierendement zou bij 2 plantmaterialen (bollenteelt, bloemeteelt) bepaald moeten worden.

3 Proefopzet

3.1 Kasuitrusting en -inrichting

De proef is uitgevoerd in de kasafdelingen L203, L204 en L205 van PPO Aalsmeer. Deze kasafdelingen maken deel uit van een blok van 2x7 afdelingen van ieder 150 m². De kassen (breedkappers van 12.80x12.80 m) beschikken over een boven- en ondernet, en een energie- en lichtscherm (LS15). Het bovennet was begrensd op 90°C, het ondernet op 40°C. Bodemverwarming kon gerealiseerd worden m.b.v. elektrische verwarmingsmatten (Multiheater) met een capaciteit van 100 W/m².

CO₂ werd overdag gedoseerd tot 600 ppm bij gesloten luchtramen; bij geopende luchtramen werd gedoseerd tot een niveau van 350 ppm. Het energiescherm werd gesloten van zon-onder tot zon-op. Het zonnenscherm werd na hemelvaartsdag (29 mei), toen enige bladverbranding was opgetreden, ingesteld op 600 W/m².

Het teeltsysteem dat gebruikt is bestond uit 10 m lange bedden van tempexgoten van 1 m breedte en 25 cm hoogte. Per afdeling waren 6 bedden aanwezig voor de proefbehandelingen. Daarnaast lagen 2 randbedden met de halve breedte van de bedden van de proefbehandelingen. In het midden van elk bed werd een drainageslang aangebracht. Boven de verwarmingsbedden werd 13 (bollenteelt) of 16 cm (bloemteelt) perliet 0-1 mm (Agraperlite 1) gestort. Op het perliet werden per bed 4 druppelsslagen gelegd. Na planting werd het substraat nog afgedekt met 4 cm piepschuimkorrels ter isolatie. Oriënterend onderzoek in een klimaatcel van 8 °C had eerder aangetoond dat substraattemperaturen van 23 °C ter hoogte van de bolbodem gerealiseerd konden worden in het gebruikte systeem. Op het plantbed werd Alstroemeriagaas aangebracht met mazen van 17x20 cm. De mazen zijn gebruikt om in te planten en later het opgroeiende gewas te steunen. De plantdichtheid was 29.4 bollen/netto m².



Figuur 1. Overzicht van het teeltsysteem

3.2 Behandelingen

De opzet van de proef was als volgt:

3 kasttemperatuurbehandelingen * 3 substraattemperatuurbehandelingen * 2 uitgangsmaterialen = 18 behandelingscombinaties. Van elke combinatie zijn 2 proefvelden aangelegd. In totaal waren er dus 36 proefvelden. Omdat per kas 6 bedden aanwezig waren, zijn 2 bedden per substraattemperatuur per kas gebruikt. Per bed werden 2 uitgangsmaterialen gebruikt (substraattemperatuur en bolmaat per afdeling in 2-voud).

De volgende kasttemperatuurbehandelingen zijn als behandelingen gehanteerd:

- **Controlebehandeling**, met een minimum kasluchttemperatuursetpoint (verwarmingstemperatuur) van 16 °C. (in de praktijk werd een verwarmingstemperatuur van 14-15°C voor de bollenteelt en 16-17°C voor de bloementeelt gehanteerd). Ventilatie vanaf 18°C.
- **Koude kasbehandeling** met een verwarmingstemperatuur van 8°C. Ventilatie vanaf 18°C.
- meerdaagse temperatuurintegratie met een **ECONAUT CTI** (Combined Temperature Integration) regeling van Hoogendoorn automatisering. De minimale verwarmingstemperatuur was 8°C en de integratietemperatuur werd gelijk gesteld aan de – een week eerder - gerealiseerde temperatuur van de controlebehandeling. De integratiecapaciteit van het gewas was ingesteld op 300 uur op aanraden van Hoogendoorn (standaard voor meeste gewassen). Het principe van de CTI is gebaseerd op de tolerantie van planten om met wisselende temperaturen om te gaan over een periode van meerdere dagen. Hierdoor wordt het mogelijk bij de stooklijn rekening te houden met de (meerdere malen per dag opgehaalde) lokale weersvoorspelling. In combinatie met een energiemodel voor de kas (bepaald door de kasinrichting en de instellingen voor schermen, buistemperaturen etc.) berekent de Econaut de (fluctuerende) verwarmingstemperatuur gedurende de dag. Zo kan het stookgedrag in de winter bij gebruik van een energiescherm anders (hogere stooktemperaturen in de nacht) zijn dan in het voorjaar, wanneer de zonnearmte als warmtebron gebruikt wordt (lagere stooktemperaturen in de nacht).

Naast de kasklimaatbehandelingen zijn 3 substraattemperatuurbehandelingen uitgevoerd bij de bollen- en bloementeelt (regeling op hoogte van bolbodem):

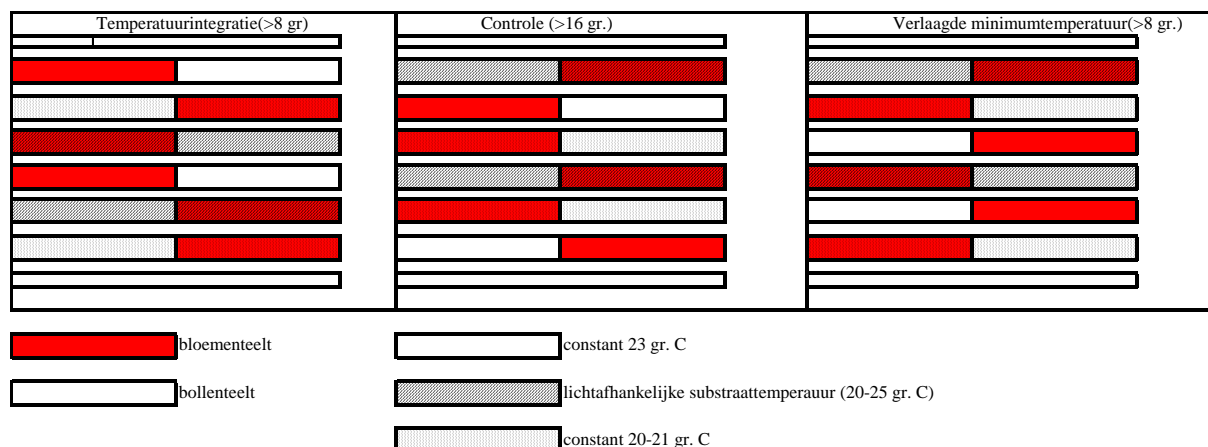
- substraattemperatuur 23°C
- substraattemperatuur 20°C
- een regeling op basis van lichtsom (start met 20°C vanaf week 7 en per 3 weken verhoogd met 1 °C tot 25 °C in week 23-26, waarna de temperatuur weer daalde per 3 weken).

Het onderzoek is uitgevoerd met cultivar Red Lion. Gebruikt zijn:

- bollen voor de bloementeelt (bolmaat 34/36)
- bollen voor de bollenteelt (bolmaat 14/16)

Om de substraattemperatuur gelijk te houden voor beide uitgangsmaterialen (met verschillende plantdiepte) is de perliethoogte voor de bollenteelt 13 cm in plaats van 16 cm geweest in verband met de verschillen in plantdiepte.

In onderstaand schema is de kasindeling en de verdeling van de behandelingen over de 36 meetvelden weergegeven.



Figuur 2. Overzicht van de indeling van de behandelingen over de proefvelden in de temperatuurafdelingen.

3.3 Uitvoer proef en waarnemingen

De bollen zijn geplant in week 49 2002. Voor het planten zijn de bollen gekookt bij 46°C gedurende 2 uur. De eerste 10 dagen is een kas- en substraattemperatuur van 22 °C aangehouden om de beworteling te stimuleren. Vervolgens zijn in week 51 de substraattemperaturen gestart en in week 52 de kasklimaatbehandelingen.

Oogst van de bloemen is uitgevoerd in week 3-12. De teelt duurde tot week 35, waarna geroooid werd. De bollen zijn na afloop van de proef gedroogd en gesorteerd bij T. Blom (Aalsmeer).

Watergift

Tot week 10 werd 1 beurt van 2.7 l/m² per 2 dagen gegeven. Na het bezoek van de BCO in week 10 is de watergift veranderd: 1 gift per dag, en 1 extra gift bij 'mooi weer'. Maximaal werd dus 5.4 l/m² gegeven. De verdamping, zoals deze uit het waterverbruik van de voedingstanks bepaald werd, was boven een stralingssom van 1500 J/cm².dag (globale straling weertoren) maximaal 4.4 l/m².dag. De samenstelling van de voedingsoplossing was gelijk aan de bemestingadviesbasis Glastuinbouw. De EC was 1.8 mS/cm.

Instellingen Econaut CTI

Doelstelling was om de temperatuursom van de Econaut gelijk te houden aan de temperatuursom in de controlekas, om eventuele verschillen in ontwikkeling niet het gevolg te laten zijn van verschillen in gerealiseerde temperatuur. Daarom werd wekelijks de gerealiseerde temperatuur van de controlekas gebruikt als setpoint voor de integratietemperatuur in de Econaut CTI kas voor de volgende week. De integratietemperatuur varieerde tussen de 16 en 23.9°C.

Gewaswaarnemingen

Bij de bloemeteelt en bloeiconrole van week 3-11 op het oogsttijdstip: steelgewicht, steellengte, aantal kelken per steel, en totaal productiegewicht per bol. Tijdens de teelt: aantal bladeren en lengte van het langste blad in weken 8, 16, 26 en 35 van 4 planten per veld.

In week 14 zijn bollen gesneden om het aantal knoppen in de bol (totaal, gebloeid, bloeibaar, verdroogd) bij de verschillende behandelingen te bepalen. Er werden 3 bollen per veld waargenomen voor de bloeibare bollen, en 2 bollen per veld voor de bollenteelt.

Bij de oogst in week 36 is de bolomtrek (bolmaat) van alle geoogste bollen bepaald.

Omgevingswaarnemingen

Met behulp van een HP datalogger zijn temperatuurmetingen verricht van het substraat (1 PT100 per veld), van de kasluchttemperatuur (PT100 bevestigd in de klimaatbox), van PAR licht (ter hoogte van bovenkant gewas), en de temperatuur van de aan- en afvoer van het LT (lage verwarmingsnet) en HT net (hoge verwarmingsnet).

Gedurende de proef heeft een afvaardiging van de begeleidingscommissie (BCO) van de LTO in groot of kleiner verband de proef bezocht in week 2, 7, 11, 17, 22, 26, 29 van 2003, en in week 3 van 2004.

3.4 Bloeicontrôle

Na afloop van de kasproef is een bloeicontrôle uitgevoerd om de effecten van de behandelingen op de bloemknopaanleg en mogelijke na-effecten op productie en kwaliteit in een volgend teeltseizoen te toetsen. Hiertoe werden de bollen geprepareerd bij 13°C van week 38 tot week 48, waarna in week 49 opgeplant werd in twee afdelingen die verschilden in verwarmingstemperatuur: 16°C (luchten vanaf 17°C) of 10°C (luchten vanaf 11°C). De substraattemperatuur werd ingesteld op 20°C. Oogst in de controlebehandeling gebeurde van week 4-10, in de koude kas van week 7-11. De behandelingen van 2003 werden per bolmaat uitgeplant in de 16°C controlebehandeling volgens het schema van Bijlage 1.

Eventuele verschillen werden vooral verwacht in bloemkwaliteit c.q. vaasleven van de derde stelen, omdat de kwaliteit van deze stelen minder is dan van eerste en tweede stelen. Derde stelen van de (meest extreme) behandelingen koude kas en controle van substraattemperatuur 20°C en 23°C zijn vergeleken. Tien stelen per behandeling werden uit de koeling gehaald, opnieuw aangesneden en op de vaas gezet in een uitbloeiruimte. Naast het vaasleven en het moment van knikken van de steel is ook de grootte van de kelken bepaald, en de kleur volgens de RHS kleurenkaart.

Naast de behandelingseffecten is het vaasleven bepaald van 10 eerste stelen van de kastemperaturen 10°C en 16°C.

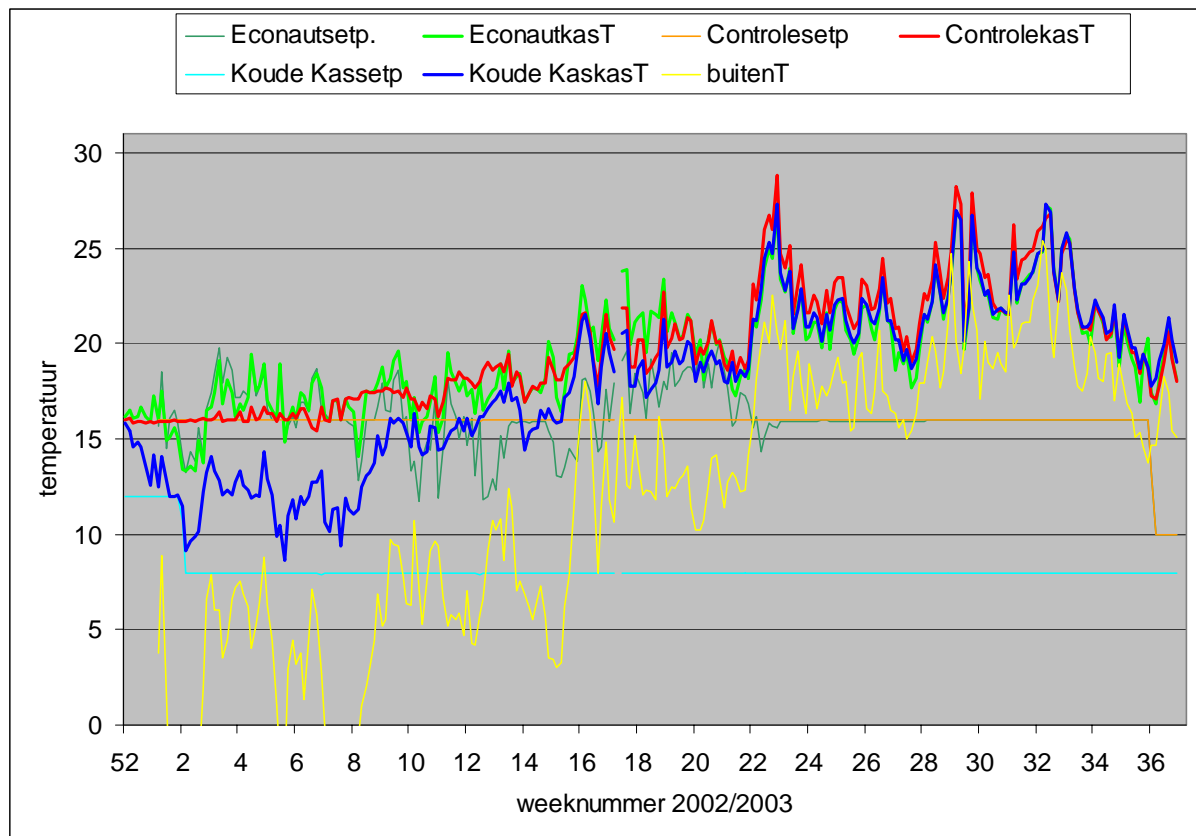
3.5 Energieberekeningen

Voor de energieberekeningen is gebruik gemaakt van de berekende warmteafgifte van de verwarmingsbuizen en van de Multiheater verwarmingsmatten. Bij de warmteafgifte van het verwarmingsnet zijn behalve de dimensies, de lengte van het verwarmingsnet en enkele constanten, de aanvoer- en retourtemperatuur van belang. Het hieruit berekende aantal Watt/m² per uur is gelijk gesteld aan 0.00012 m³/m² gas. Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van etmaalgemiddelden van de verwarmingsnetten en het aantal draaiuren van de verwarmingsmatten.

Omdat zowel de kassen als de substraatbedden verschilden in berekend energieverbruik gedurende perioden dat de instellingen gelijk gesteld zijn (weken 50 en 51 van 2002 voor zowel klimaat als substraatinstellingen, en week 7 en 28 van 2003 voor de klimaatinstellingen van de Econaut- en de controlekas) zijn deze verschillen als correctiefactoren meegenomen in de energieberekeningen.

4 Resultaten

4.1 Realisatie kasklimaat



Figuur 3. Gerealiseerde kasluchttemperatuur (kasT) en setpoints (setp) in de Econaut-, controle- en koude kasbehandelingen gedurende de proefperiode. De gemiddelde buitentemperatuur is ook weergegeven.

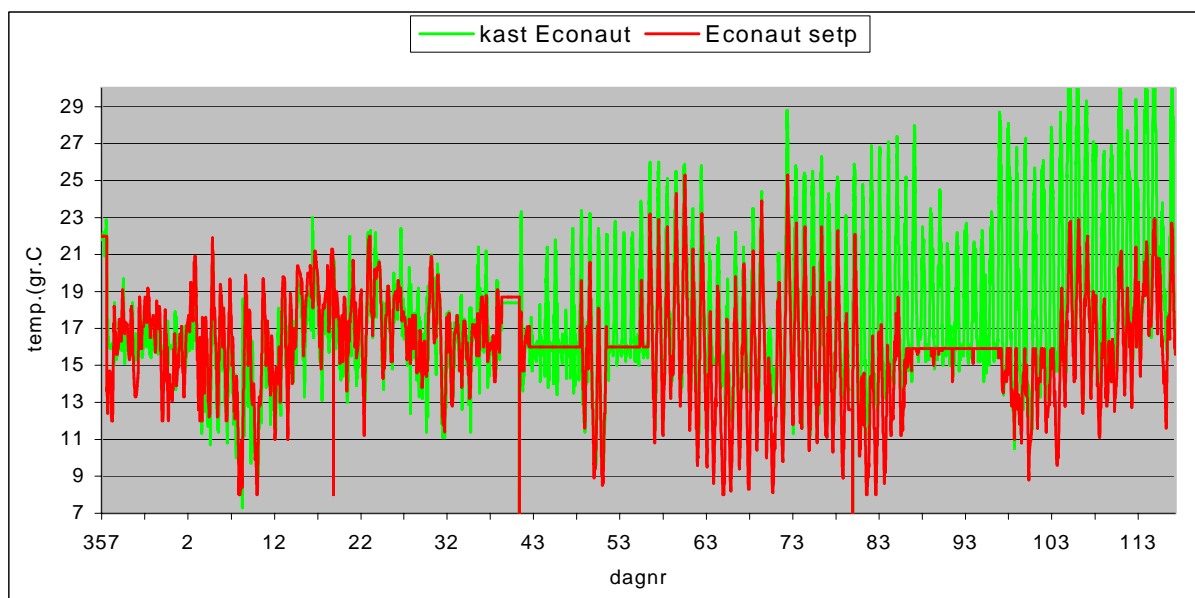
De gerealiseerde etmaaltemperaturen in de verschillende behandelingen zijn weer gegeven in Figuur 3. Grofweg varieerde deze tussen de 14 en 19 °C tot week 17 in de Econautbehandeling, terwijl deze in de controlebehandeling niet onder de 16°C kwam. Binnen de dag waren de verschillen uiteraard extremer, waardoor in de Econautbehandeling (Figuur 4) de temperatuur tot 8°C kon wegzakken. In Bijlage 2 is bovendien een voorbeeld gegeven van de regeling van de verwarmingsnetten en de temperatuurinstelling en -realisatie in de Econaut- en de controlebehandeling in week 2.

Opvallend is dat de gerealiseerde temperaturen na week 9 hoger waren dan de berekende integratietemperaturen: met andere woorden, blijkbaar was de voorspelling van de kastemperatuur te laag. Uiteindelijk is – over de gehele proefperiode week 52-week 36 - in de Econautkas, de controlekas, en de koudekasbehandeling een gemiddelde kastemperatuur van respectievelijk 19.5, 19.7 en 18.0°C gerealiseerd.

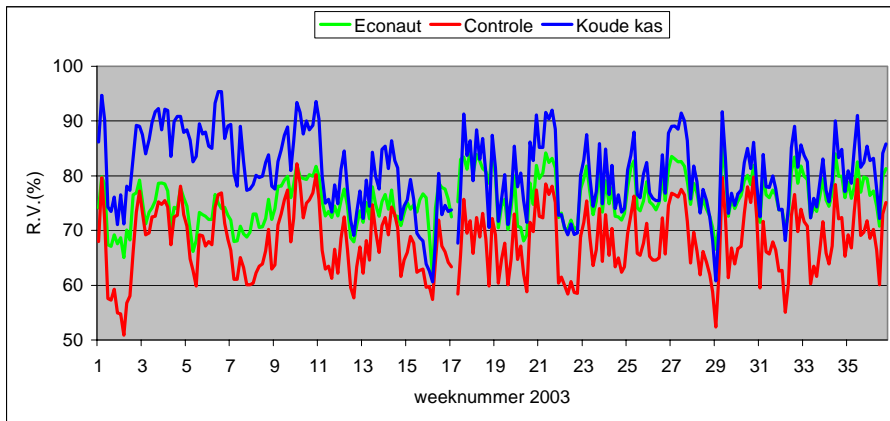
Na week 22 is de Econautregeling uitgezet. De reden hiervoor is dat de Econautkas na week 17 meer energie ging verbruiken dan de controlekas. Omdat gesteld was dat de temperatuursom gelijk moest zijn aan de controlekas, was het noodzakelijk de integratietemperatuur ver boven de 16°C in te stellen. De fluctuerende verwarmingstemperatuur wordt berekend met behulp van het Econautmodel, waarin eigenschappen van de kas, het verwarmingssysteem, de scherminstallatie en het gewas worden meegenomen. Het bleek dat de temperatuur in de Econautkas zeer regelmatig onder de berekende verwarmingstemperatuur kwam (b.v. doordat er geventileerd werd), waardoor de verwarming in de Econaut ingeschakeld werd. Dit is in figuur 7 en 8 zichtbaar vanaf week 17. In Bijlage 2 is een voorbeeld gegeven van het stookgedrag van de Econautbehandeling binnen een etmaal.

Na afloop van de proef werd bekend dat in recentere versies van de Econaut de verwarmingstemperatuur anders geregeld wordt: de verwarmingstemperatuur wordt boven de gemiddelde integratietemperatuur gelijk gesteld aan de integratietemperatuur. Hierdoor kan het effect van een lagere gerealiseerde kasttemperatuur dan de verwarmingstemperatuur (waardoor verwarmd gaat worden) b.v. bij tegenvallend weer niet meer optreden.

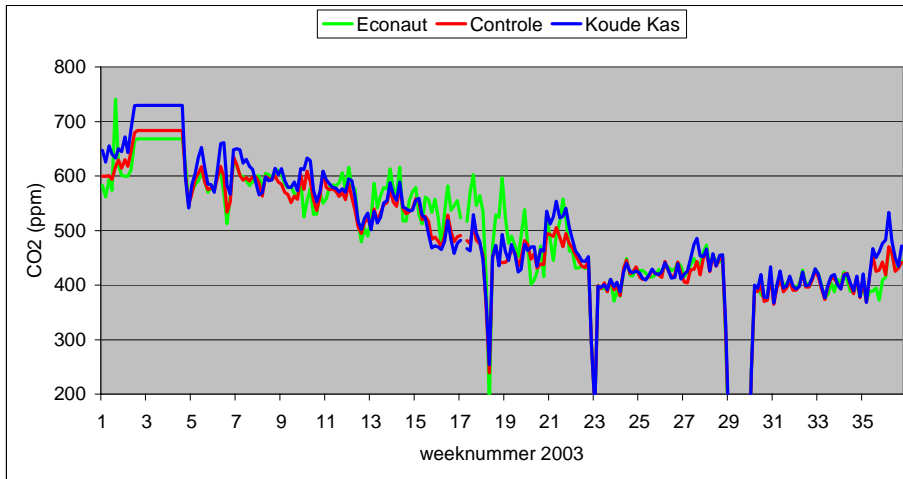
Tot week 17 was de werking van de Econaut wel goed. In Tabel 1 is daarom een onderscheid gemaakt in de periode tot week 17, en de periode daarna. Uit tabel 1, en figuur 6 blijkt dat de CO₂ concentraties nauwelijks verschillend zijn geweest in de klimaatbehandelingen. De luchtvochtigheid was wel duidelijk verschillend (Figuur 5), met de hoogste R.V. in de koude kasbehandeling, gevolgd door de Econautkas.



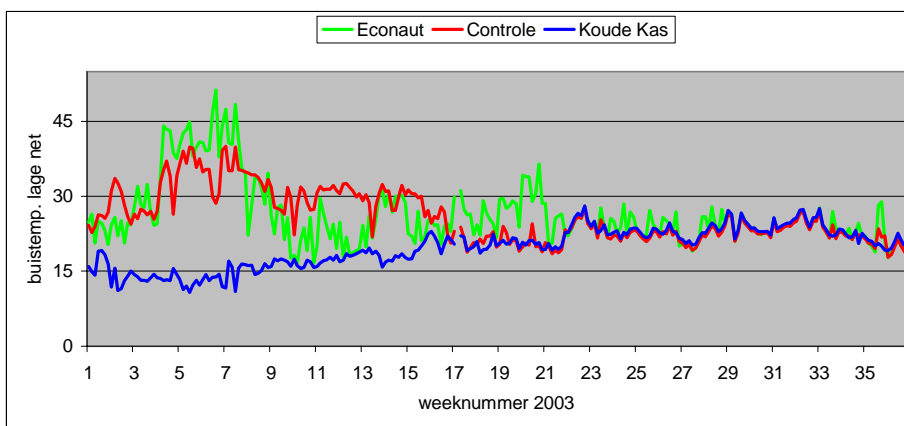
Figuur 4. Berekende setpoint Econaut (Econaut setp) en gerealiseerde kasttemperatuur in de Econautkas (kast Econaut). De gegevens zijn 30 minutengemiddelden.



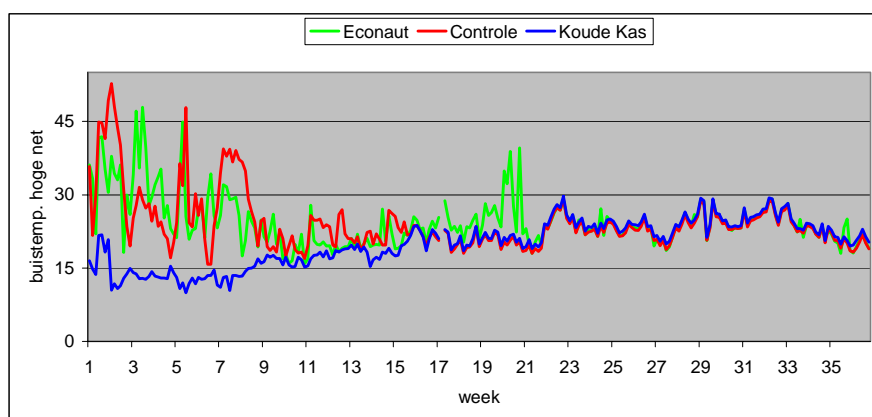
Figuur 5. Gerealiseerde gemiddeld dagelijkse relatieve luchtvochtigheid in de drie afdelingen.



Figuur 6. Gerealiseerde gemiddeld dagelijkse CO₂ concentratie in de drie afdelingen.



Figuur 7. Gerealiseerd gemiddeld dagelijkse buistemperatuur van het ondernet in de drie afdelingen.

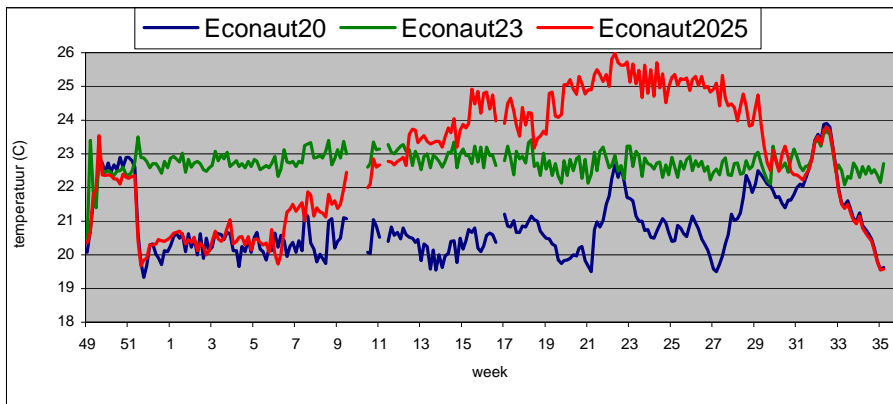


Figuur 8. Gerealiseerd gemiddeld dagelijkse buistemperatuur van het bovennet in de drie afdelingen.

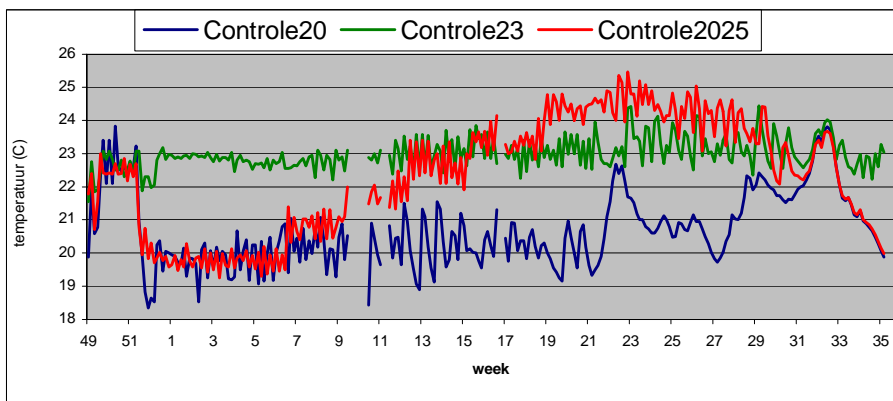
Week 52 – week 17						
	Kastemp.	Vochtdeficiet	R.V.	CO ₂	LT net	HT net
	°C	g/kg	%	ppm	°C	°C
Econaut	17.5	3.3	75	585	27.6	24.6
Controle	17.3	4.1	68	580	29.3	25.7
Koude kas	14.7	2.1	82	595	16.0	15.9
Week 17 – week 36						
Econaut	21.4	4.0	77	404	24.3	23.8
Controle	21.8	5.8	68	400	22.4	22.7
Koude kas	21.6	3.6	80	409	22.5	23.1

Tabel 1. Gemiddeld gerealiseerde waarden tot week 17 en vanaf week 17.

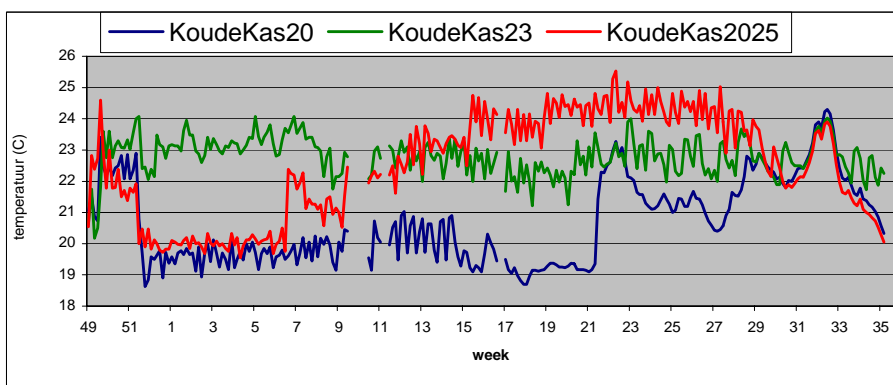
4.2 Realisatie substraattemperatuur



Figuur 9. Substraattemperatuur (ter hoogte bolbodem) gedurende de proef in de verschillende substraattemperatuurbehandelingen in de Econautkas.



Figuur 10. Als Figuur 9 in de controlekas



Figuur 11. Als Figuur 9 in de koude kas

De ingestelde substraattemperaturen in de Econautkas (Figuur 9), de controlekas (Figuur 10) en de koude kas (Figuur 11) zijn goed gerealiseerd. De eerste 2 weken is voor de beworteling een substraattemperatuur van 21-22°C aangehouden. Daarna zijn de 20 of 23°C behandelingen aangelegd. Na week 21 werd de kasttemperatuur dusdanig hoog (Figuur 3) dat de substraattemperatuur niet gehandhaafd kon worden op 20°C. In de lichtafhankelijke substraattemperatuurbehandeling vond de verhoging van de substraattemperatuur per drie weken met 1°C plaats vanaf week 7 tot week 25, waarna de

temperatuurinstelling in hetzelfde tempo verlaagd werd. In tabel 2 staan de gemiddeld gerealiseerde temperaturen weergegeven. Er is weer onderscheid gemaakt in de periode tot week 17, en de periode daarna. Het aantal draaiuren, zoals gemeten met de urentellers van de verwarmingsmatten, is ook weergegeven.

In de koude kasbehandeling werd tot week 17 het hoogste aantal draaiuren genoteerd als gevolg van het grotere verschil tussen kas- en substraattemperatuur in deze behandeling.

	Gerealiseerde substraattemperatuur			Draaiuren matverwarming		
	20°C	23°C	20-25°C	20°C	23°C	20-25°C
Week 52 - week 17						
Econaut	20.3	22.9	21.8	219	364	322
Controle	20.0	22.9	21.1	196	344	244
Koude kas	19.8	23.0	21.5	327	495	436
Week 17 - week 36						
Econaut	21.2	22.7	23.9	6	125	210
Controle	21.1	23.2	23.5	20	148	191
Koude kas	21.3	22.7	23.5	6	115	195
Week 52-week 36						
Econaut	20.9	22.7	22.8	225	492	537
Controle	20.7	23.0	22.4	215	496	434
Koude kas	20.7	22.8	22.5	332	614	631

Tabel 2. Gemiddeld gerealiseerde substraattemperatuur in de verschillende behandelingen, en het bijbehorende aantal draaiuren van de Multiheater matverwarming.

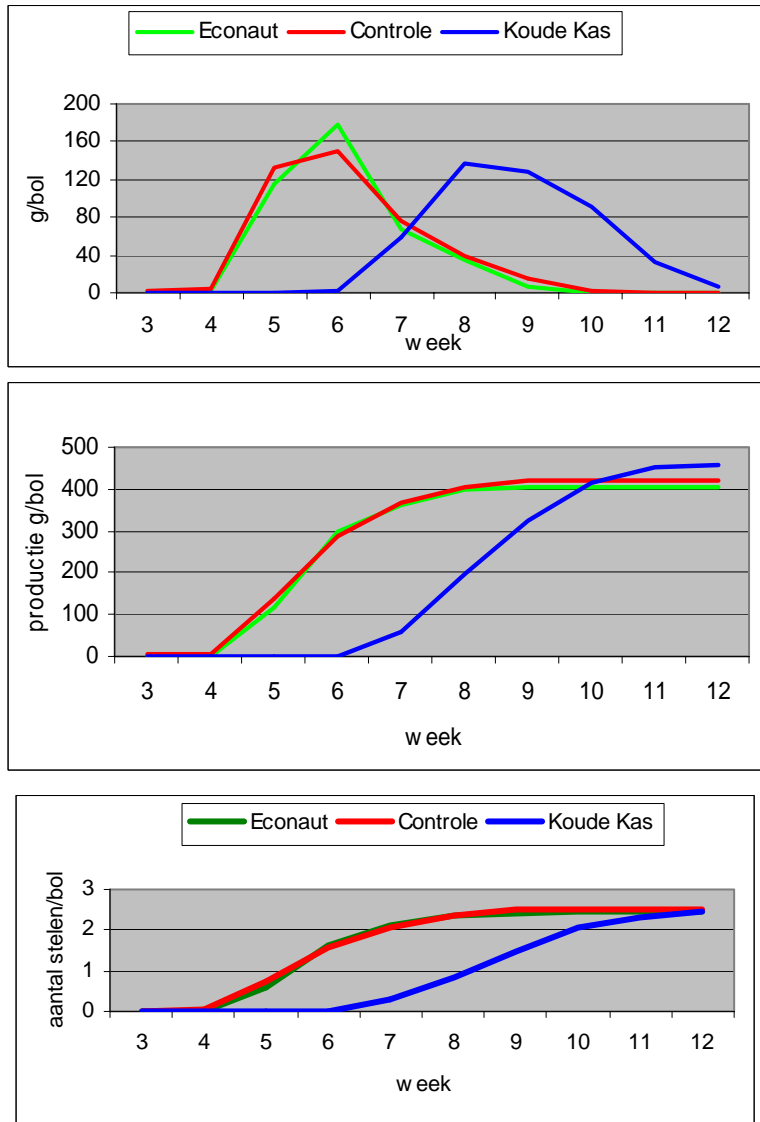
4.3 Bloeigegevens 2003

	Week											totaal
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Steellengte (cm)												Gem.
Econaut	62.3	68.1	75.6	75.6	74.2	72.2	68.2					73.5 a
Controle	64.1	69.1	75.3	75.7	75.0	74.5	73.7	71.0	68.3	65.5		73.6 a
Koude kas		72.0	74.1	72.7	78.1	82.6	82.4	74.4	70.8	26.0		79.1 b
steelgewicht (g)												
Econaut	130	164	197	174	141	126	111					176 a
Controle	152	168	195	179	151	133	120	115	147	166		176 a
Koude kas		179	194	183	218	237	207	154	131	62		206 b
aantal stelen/bol												Totaal
Econaut	0	0.01	0.59	1.02	0.48	0.27	0.06	0.01	0	0		2.44 a
Controle	0.02	0.02	0.68	0.84	0.51	0.3	0.12	0.01	0	0		2.50 a
Koude kas	0	0	0	0.01	0.27	0.58	0.62	0.59	0.25	0.12		2.44 a
Aantal kelken/steel												Gem.
Econaut	3.4	3.8	3.9	4.0	3.7	3.0	3.5					3.85 a
Controle	3.4	3.8	3.9	3.9	3.8	3.4	2.9	2.8	2.7	4		3.85 a
Koude kas		4.0	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	3.7	3.2	2		3.87 a
Productie (g/bol)												Totaal
Econaut	0	2	116	177	68	34	7	0	0	0		429 a
Controle	3	3	133	150	77	40	14	1	0	0		440 a
Koude kas	0	0	0	2	59	137	128	91	33	7		503 b

Tabel 3. Overzicht van de wekelijkse en totale productie in de verschillende kasklimaatbehandelingen.

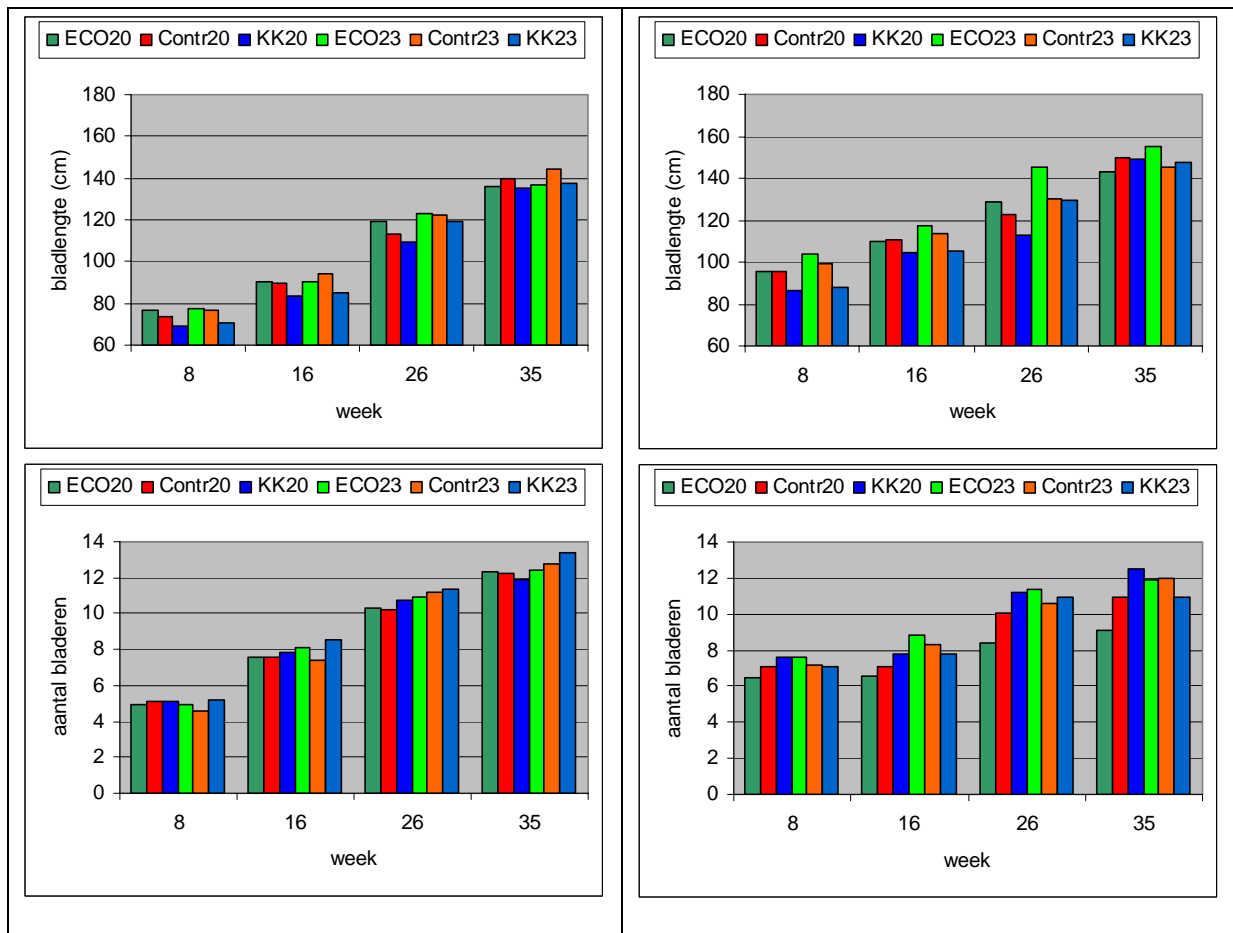
De piek in de oogst van de bloemstelen van de bloeibare bollen was ca. 3 weken later in de koude kas (Figuur 12). Tussen de Econaut en de controlebehandeling was geen verschil. De substraattemperaturen hadden geen betrouwbaar effect op de oogstgegevens uit Tabel 3 en zijn daarom niet apart vermeld. Het steelgewicht en de steellengte in de koude kas behandeling waren aanmerkelijk hoger dan in de controle- en econautkas. De langzamer steelstrekking bij lagere temperatuur, in combinatie met de hogere ontvangen

lichtsom, zal hiervoor waarschijnlijk verantwoordelijk zijn. De productie in g/bol was uiteindelijk dan ook hoger in de koude kasbehandeling. Vanaf week 52, toen de kastemperaturen zijn ingesteld, tot en met de piek van de oogstperiode was de gemiddelde temperatuur in de controlebehandeling 16.1°C, in de Econautbehandeling 16.4°C, en in de koude kasbehandeling 12.5°C geweest.



Figuur 12 Bloemproductie per bol (boven) en gesommeerd (midden, onder) gedurende de oogstperiode.

4.4 Bladwaarnemingen



Figuur 13 Bladlengte (boven) en aantal bladeren (onder) in verschillende behandelingen (ECO=Econaut, Contr = controlebehandeling, KK = koude kasbehandeling, 20 = 20°C substraattemperatuur, 23 = 23°C substraattemperatuur) bij bollenteelt (links) en bloemeteelt (rechts).

In Figuur 13 is te zien dat de bladlengte in de koude kas behandelingen tot week 26 achterbleef. In week 35 was er echter geen verschil meer. Het aantal nieuw gevormde bladeren verschilde niet tussen de behandelingen. De kleur van het blad in de koude kas was overigens gedurende de periode dat de kastemperatuur lager lag lichter dan dat in de controlekas en de Econautkas.

4.5 Tussentijdse bolwaarneming (week 14)

In tabel 4 zijn de resultaten weer gegeven van de bollen die gesneden zijn in week 14. Het aantal waarnemingen was beperkt tot 4-6 bollen per veld. Er zijn geen behandelingsverschillen gevonden.

	Bollen bollenteelt 14/16 cm	Bollen bloementeelt 34/36 cm
Bolmaat	18.9	31.3
Lengte van aangelegde knop (mm)		
Knop 1	22.8	
Knop 2	8.8	
Knop 3	2.2	
Knop 4	0.5	28.8
Knop 5		13.9
Knop 6		4.1
Knop 7		0.9
Totaal aantal knoppen/bol	2.8	6.6
Aantal goede knoppen/bol	2.7	3.6
Aantal gebloeiende knoppen/bol	0	2.5
Aantal bloeibare knoppen/bol	0.85	1.0
Aantal verdroogde koppen/bol	0.1	0.5

Tabel 4. Waarnemingen doorsneden bollen week 14 2003.

4.6 Eindwaarnemingen bollen (week 36)

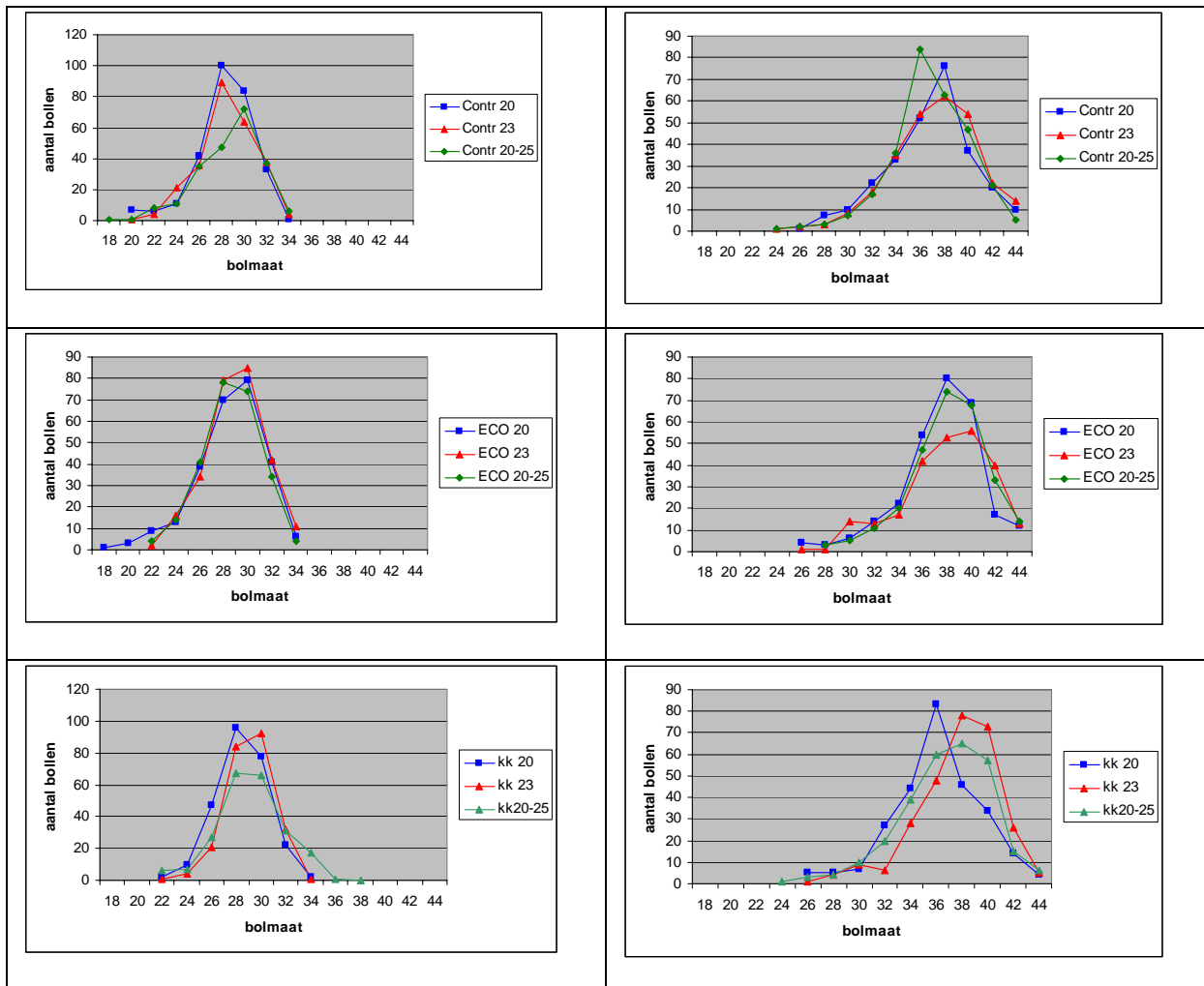
In week 36 zijn de bollen gerooid. In Figuur 14 staat de verdeling van de gerooidde bollen over de bolmaten weergegeven. Opvallend is de vaak niet-normale verdeling over de bolmaten. Blijkbaar zijn er meer achterblijvers dan voorlopers.

Bij de bollen uit de bollenteelt zijn zowel van de kasklimaatbehandelingen als van de substraattemperatuurbehandelingen geen betrouwbare effecten gevonden (Tabel 5). Hoewel niet significant was er wel een trend voor een kleinere bolmaat bij de lagere substraattemperatuur.

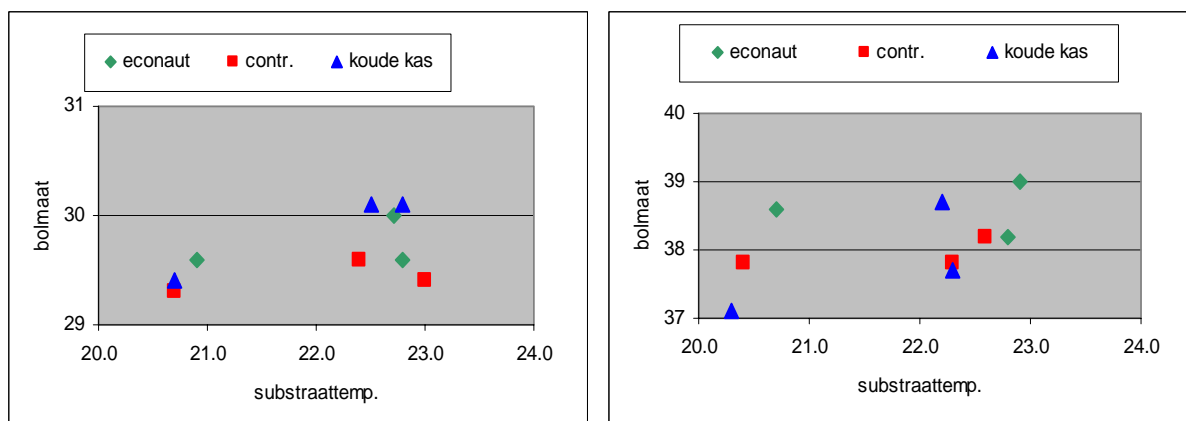
Bij de bollen voor de bloementeelt werden wel betrouwbare effecten gemeten: de bollen in de Econautbehandeling waren gemiddeld iets groter dan in de controle- en de koude kasbehandeling. Voor wat betreft de substraattemperaturen bleek de 23°C behandeling grotere bollen op te leveren dan de 20°C behandeling. Omdat de gerealiseerde boltemperaturen niet helemaal gelijk waren in de verschillende kassen en bij de bloemen en de bollen (tabel 2), zijn de bolmaten uitgezet tegen de gerealiseerde boltemperaturen in Figuur 15. Hieruit blijkt dat de grotere bolmaten in de Econautkas waarschijnlijk samen hingen met de iets hogere gerealiseerde boltemperaturen in deze behandelingen.

	substraattemperatuur			
	20°C	23°C	20-25°C	
Klimaatbeh.		Bloementeelt		
Econaut	38.6	39.0	39.2	38.9 b
Controle	37.8	38.3	37.9	38.0 a
Koude kas	37.1	38.7	37.7	37.8 a
	37.8 a	38.6 b	38.2 ab	
		Bollenteelt		
Econaut	29.6	30.0	29.6	29.7
Controle	29.3	29.4	29.6	29.5
Koude kas	29.4	30.1	30.1	29.9
	29.4	29.8	29.8	

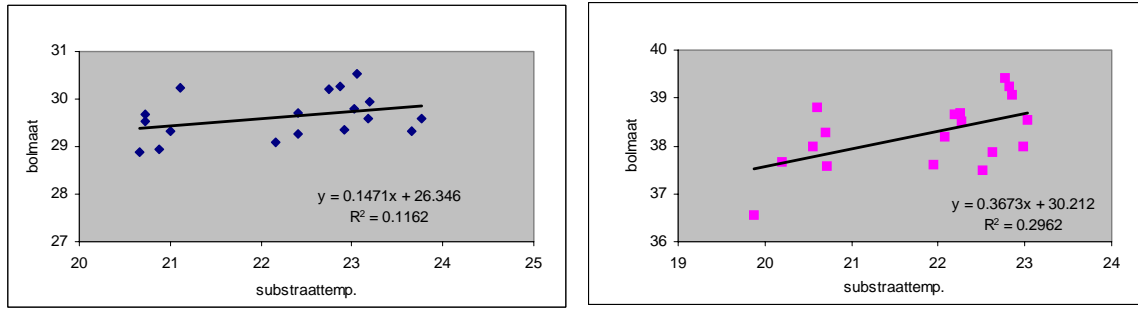
Tabel 5. Gerealiseerde gemiddelde bolmaten in week 36 na rooien en drogen



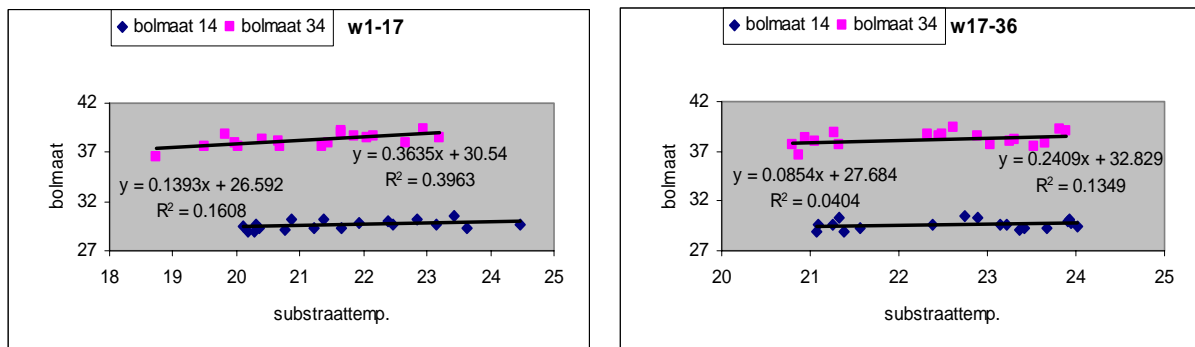
Figuur 14. Aantal geogste bollen per bolmaat in verschillende kasklimaatbehandelingen (ECO=Econaut, Contr = controlebehandeling, KK = koude kasbehandeling) en bij verschillende substraattemperaturen (20=20°C, 23=23°C, 20-25= lichtafhankelijke substraattemperatuur) bij bollenteelt (links) en bloemteelt (rechts).



Figuur 15. Verband tussen de gerooide bolmaat uitgezet tegen de gerealiseerde substraattemperatuur bij de bollenteelt (links) en de bloemteelt (rechts)



Figuur 16. Verband tussen de tijdens de gehele teeltperiode gerealiseerde substraattemperatuur (week 1-36) en gerealiseerde bolmaat (week 36) per veld voor de bollenteelt (links) en de bloementeelt (rechts).

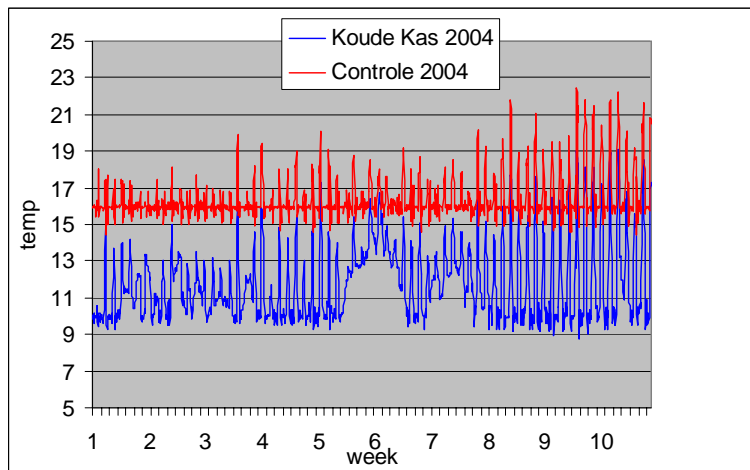


Figuur 17. Verband tussen gerealiseerde substraattemperatuur en gerealiseerde bolmaat (week 36) uitgesplitst naar periode week 1-week 17 (links) en periode week 17-week 36 (rechts).

De per veld gerealiseerde substraattemperatuur is ook uitgezet tegen de per veld gerooide bolmaat (Figuur 16). Bij verdere uitsplitsing in periodes (Figuur 17), blijkt dat het verband tussen substraattemperatuur en bolmaat voor de hele teelt (Figuur 16) overeenstemt met het verband tijdens de periode week 1-17. In deze periode werd ook een groter verschil in substraattemperaturen gerealiseerd. Per graad Celsius verhoging van de substraattemperatuur werd een verhoging van de bolmaat van 0.15 (bollenteelt) tot 0.36 cm (bloementeelt) gevonden.

4.7 Resultaten bloeiconrole volgend teeltseizoen

4.7.1 Gerealiseerde klimaat bloeiconrole



Figuur 18. Gerealiseerde kasttemperatuur (uurgemiddelden) tijdens uitbloei in koude en controlekas.

De gerealiseerde kasttemperatuur bij de opplanting (Figuur 18) voor de uitbloei was iets verschillend van die in 2003: in de controlebehandeling werd tot week 7 (gemiddelde oogstduur) een gemiddelde temperatuur van 16.0°C gerealiseerd; in de Koude Kas werd, door het instellen van een geringere dode zone tot week 10 (gemiddelde oogstduur) een temperatuur van 11.0°C gerealiseerd. Net als in 2003 toonde het gewas in de koude kas een lichtere bladkleur.

4.7.2 Effect bolmaat en steelnummer

Omdat de bollen voor de bollenteelt niet beschikbaar waren zijn alleen de bollen uit de bloemeteelt gebruikt voor opplanting voor de uitbloeioproef. In de uitbloei in de controlekas kwamen overwegend betrouwbare effecten van de bolmaten naar voren (Tabel 6). Grotere bollen hebben meer, langere en zwaardere stelen, en zijn sneller in productie.

De opvolgende stelen laten ook een kenmerkend patroon zien: de 2^e steel was het zwaarst (Tabel 7), en vooral de 4^e stelen zijn erg licht. Er werden echter geen interacties van de behandelingen met het steelnummer gevonden. De resultaten (Tabel 8) zijn daarom gemiddeld over de verschillende bolmaten en de verschillende stelen.

Bolmaat	30	32	34	36	38	40	42	44
Productie (g/bol)	202	276	333	414	488	547	581	643
Aantal stelen/bol	1.8	2.2	2.4	2.8	3.0	3.1	3.2	3.5
Steelgewicht (g)	114	126	141	150	165	174	181	185
Steellengte (cm)	64	65	66	67	69	69	69	69
Dagnr. gemidd. oogst	64.3	63.2	62.1	61.7	61.5	61.6	61.6	60.6

Tabel 6. Effecten van bolmaat op productie. Gemiddelde waarden van alle behandelingen geteeld bij 16°C.

	Steel 1	Steel 2	Steel 3	Steel 4
Steeltgewicht (g)	154	179	149	126
Steellengte (cm)	64	70	70	71
Dagnr. gem.	58.0	61.7	69.9	81.4

Tabel 7. Gemiddelde kenmerken van opvolgende stelen geoogst in de uitbloei.

4.7.3 Na-effecten kasklimaat en boltemperatuur

	Teelt duur	Stelen/bol	Kelken/steel	Steel gewicht	Steel Lengte	Productie	Vaasleven Derde steel	Bloem Lengte/diameter
Kasklimaat 2003	Dagen vanaf planten			g	cm	g/bol	dagen	cm
Econaut	63	2.9	3.9	157	68	459	n.b.	n.b.
Controle	63	2.7	3.9	159	67	433	13.3	11.1/13.8
Koude kas	63	2.7	3.9	165	68	448	13.4	11.4/13.9
Kasklimaat effect	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s./n.s.
Substraat-Temperatuur								
20 ⁰ C	64	2.7	3.9	166	68	440	14.0	11.1/13.5
23 ⁰ C	64	2.8	3.9	156	67	453	12.7	11.3/14.3
20-25 ⁰ C	62	2.8	3.9	159	68	447	n.b.	n.b.
Substraattemp effect	***	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	n.s./n.s.
Kas* Substraattemp.	***	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	*

Tabel 8. Oogst- en naoogstgegevens van de opplanting voor de uitbloeioproef. N.b. bij de resultaten is de verdeling van de bolmaten van het voorafgaande teeltseizoen verdisconteerd. n.b.= niet bepaald. n.s.= niet significant. Aantal * geeft betrouwbaarheid aan van gevonden effect

Hoewel niet betrouwbaar was er een trend van een iets geringer aantal stelen per bol in de 20⁰C behandeling. De enige betrouwbare 'resteffecten' van de teelt in het voorafgaande jaar waren een iets korter vaasleven en iets geringere steellengte van de 23⁰C behandeling, en een gemiddeld iets snellere oogst van de 20-25⁰C behandeling en de koude kasbehandeling. De bloemvorm (lengte, diameter) van de derde takken werd niet beïnvloed. Het vaasleven van de 20⁰C substraattemperatuur was betrouwbaar een dag langer dan bij 23⁰C substraattemperatuur.

Concluderend kan gesteld worden dat er geen nadelige effecten van een energiezuiniger teeltwijze (koude kas, lage substraattemperatuur) op de productie of het vaasleven in het volgende jaar gevonden zijn.

4.7.4 Uitbloei na teelt bij lage kastemperatuur

	Teelt duur	Stelen/bol	Kelken/steel	Steel gewicht	Steel Lengte	Productie	Vaasleven		Bloem Lengte/diameter
Kasklimaat 2004				Alle stelen			Eerste steel	Derde steel	Derde steel
	Dagen vanaf planten			g	cm	g/bol	dagen		cm
Controle (16 ⁰ C)	63	2.7	3.9	159	67	433	14.5	13.3	11.2/13.9
Koude Kas(10 ⁰ C)	86	2.8	3.9	191	73	540	14.9	14.3	11.1/13.2

Tabel 9. Oogst- en naoogstgegevens van de controle en koude kasbehandeling in 2004.

Bij vergelijking van de uitbloei bij een verwarmingstemperatuur van 16 of van 10°C (Tabel 9) blijken dezelfde effecten als in 2003: een verlating van de bloei met 3 weken, en zwaardere/langere bloemstelen. In 2003 was het temperatuurverschil echter gemiddeld 3.6°C in tegenstelling tot 5.0°C in 2004. Per graad Celsius lagere kasttemperatuur is er dus een verlating van 4- 6 dagen van de bloei.

De houdbaarheid, bloemvorm en bloemkleur werden niet negatief beïnvloed als gevolg van de lagere kasttemperatuur. De kleur was volgens de RHS kleurenkaart 44b.

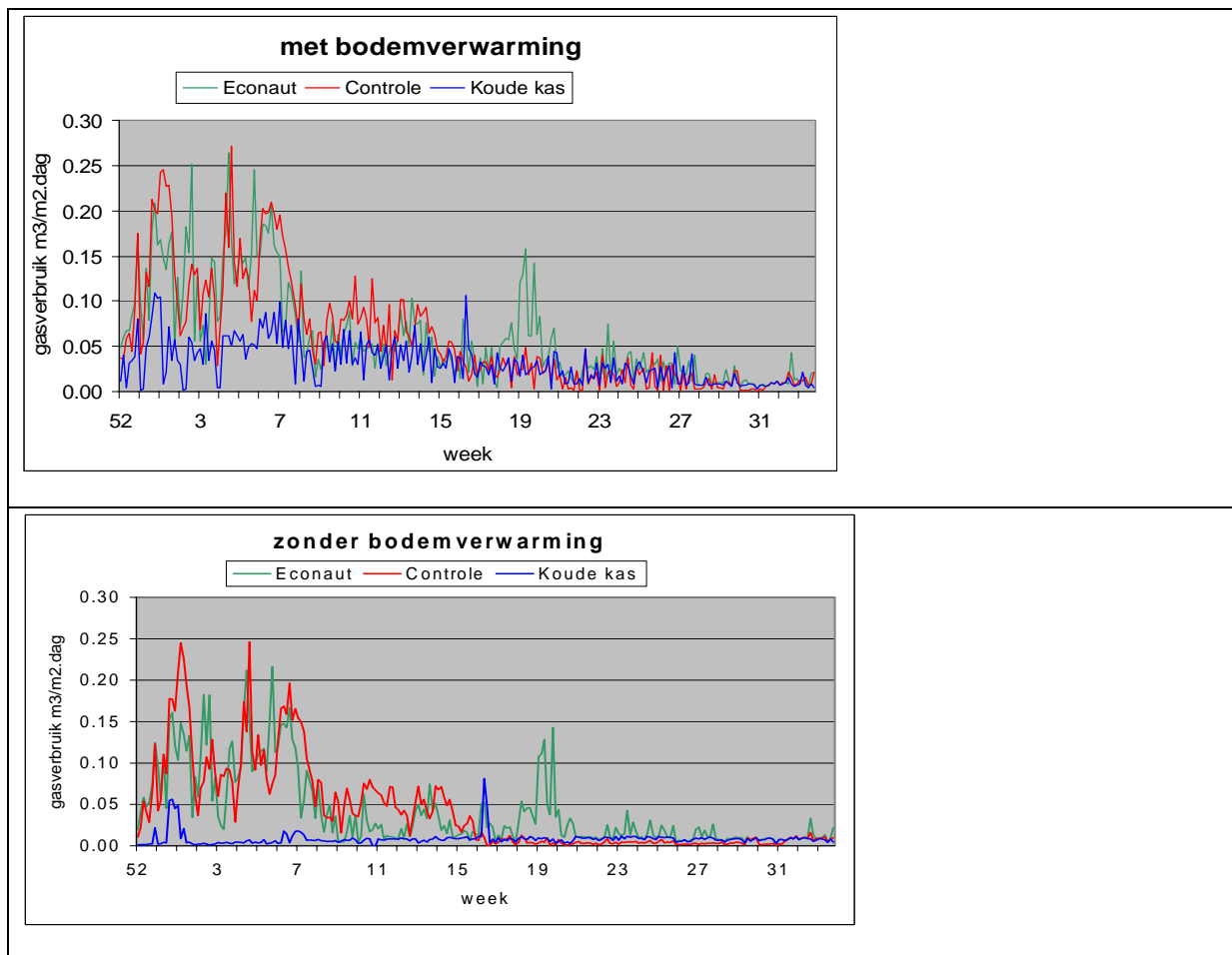
4.8 Gasverbruik

Aan de hand van de temperaturen van de verwarmingsnetten en de draaiuren van de verwarmingsmatten is het energieverbruik berekend in de afdelingen. In Figuur 19 zijn de berekende dagelijkse verbruiken mét en zonder bodemverwarming weergegeven.

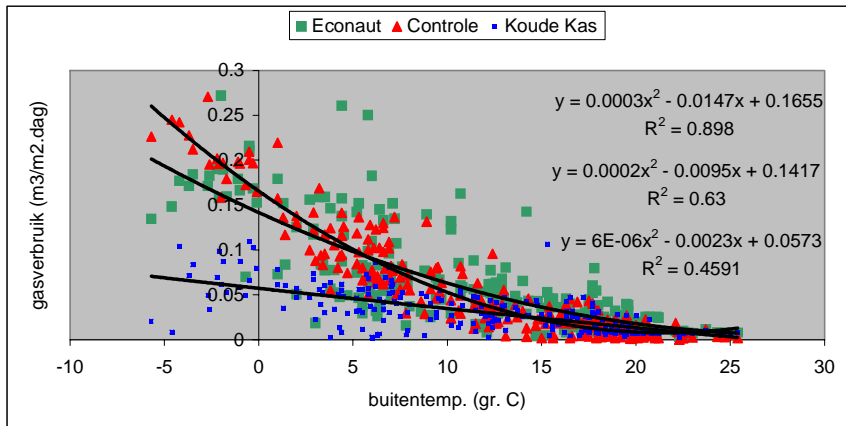
Opvallend is het hogere gasverbruik vanaf week 17 in de Econautbehandeling, wat in de hogere temperatuur van de verwarmingsnetten tot uiting kwam (Figuur 7,8).

Eveneens opvallend is de relatief grote bijdrage van de bodemverwarming in de koude kas. Overigens kon in deze berekeningen niet het aandeel van de afzonderlijke substraattemperatuurbehandelingen op het energieverbruik worden vastgesteld, aangezien de drie substraattemperaturen binnen de kas lagen. Zo zal een hele kas met een substraattemperatuur van 23°C een geringer bovengronds energieverbruik vertonen dan een kas met een substraattemperatuur van 20°C.

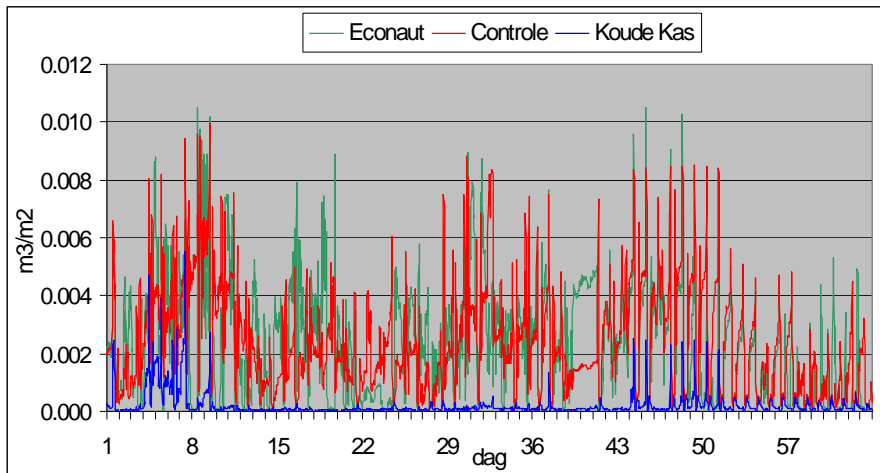
In Figuur 20 is het dagelijkse verbruik uitgezet tegen de buitentemperatuur. Opvallend hierbij is de hogere spreiding bij de Econautbehandeling. Dit is niet in overeenstemming met de verwachting aangezien het stookregime van de Econaut juist afgestemd zou moeten zijn op de weersverwachting (m.n. de buitentemperatuur), waardoor een geringer dagelijks gasverbruik verwacht zou worden. Wel blijkt het verbruik van de Econaut bij buitentemperaturen onder de 7°C gemiddeld lager te zijn dan in de controlebehandeling.



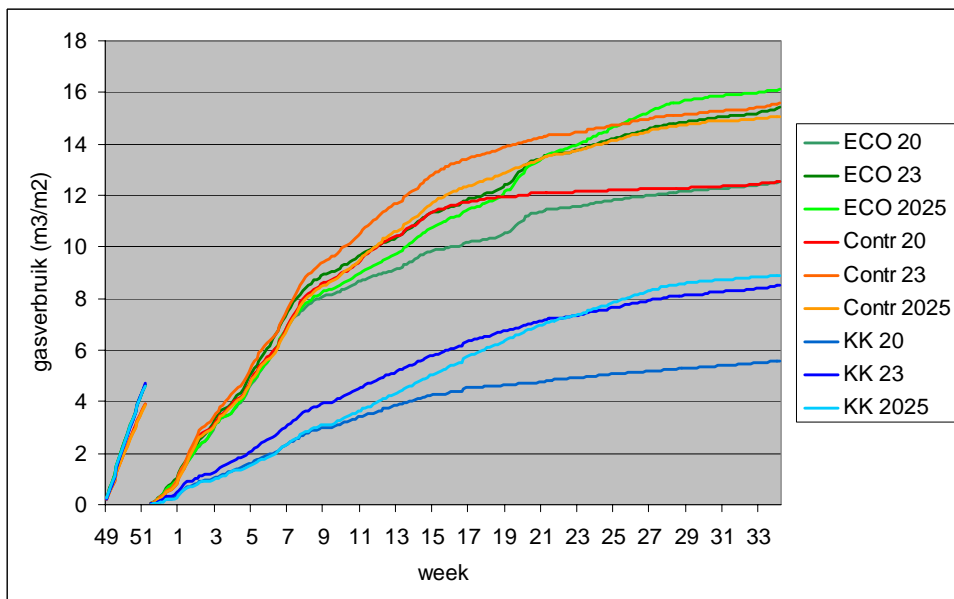
Figuur 19. Dagelijks gasverbruik gedurende het experiment met en zonder bodemverwarming.



Figuur 20. Relatie tussen dagelijks gasverbruik en gemiddelde buitentemperatuur.



Figuur 21. 30-minuten gasverbruik (zonder bodemverwarming)



Figuur 22. Berekend gasverbruik in de behandelingen. De periode week 49-51 correspondeert met een verhoogde kasttemperatuur in verband met beworteling.

Het afwijkende gedrag van de Econautbehandeling komt ook naar voren in de korte termijn verbruiksgegevens. De piekverbruiken per 30 minuten (Figuur 21) waren niet altijd geringer in de Econautbehandeling dan in de controlebehandeling, zoals dat wel verwacht zou mogen worden. De Koude Kas vertoonde wel een geringer piekverbruik, waardoor een geringere aansluitwaarde mogelijk wordt.

Het gesommeerde energieverbruik wordt gegeven in Figuur 22. Tot week 17 was het energieverbruik in de Econautbehandelingen lager dan in de controlebehandelingen (Tabel 10). In vergelijking met praktijkwaarden 23-38 m³/m².jaar zijn de berekende waarden erg laag. Hierbij moet bedacht worden dat een deel van het jaar niet meegenomen is in de berekeningen (week 33-52). Daarnaast hebben de gebruikte kassen geen buitengevels gehad. Wanneer de gegevens vertaald worden naar praktijkgegevens kan dan ook het beste de procentuele besparing aangehouden worden. Voor de Econaut was de besparing in de periode week 52-17 13-18%. Het gasverbruik in een vergelijkbare periode (week 17-33) daarna was slechts een fractie van de periodes daarvoor. Grofweg zou voor temperatuurintegratie een besparing van 2-4 m³/m².jaar gerekend kunnen worden, en voor de koude kas een besparing van 10-15 m³/m².jaar.

Bij een gasprijs van €0.18/m³ betekent dit een besparing ten opzichte van een 16°C verwarmingstemperatuur van €0.36-0.72/m².jaar voor gebruik van temperatuurintegratie en €1.80-2.70/m².jaar voor gebruik van de koude kas instelling.

		Gasverbruik m ³ /m ² Week 52-17	Gasverbruik m ³ /m ² Week 52-33
Econaut	20°C	10.0 (85%)	12.5 (100%)
	23°C	11.6 (99%)	15.4 (123%)
	20-25°C	11.2 (94%)	16.1 (129%)
Controle	20°C	11.7 (100%)	12.5 (100%)
	23°C	13.3 (114%)	15.6 (125%)
	20-25°C	12.3 (105%)	15.1 (121%)
Koude Kas	20°C	4.4 (38%)	5.6 (45%)
	23°C	6.2 (53%)	8.5 (68%)
	20-25°C	5.5 (47%)	8.9 (71%)

Tabel 10. Gasverbruik (absoluut en relatief ten opzichte van controlebehandeling met 20°C substraattemperatuur) zoals berekend over een deel van de teelt tot week 17 en tot en met week 33.

5 Discussie

Energiebesparing in de teelt van amaryllis is in het verleden geen belangrijk onderzoeksthema geweest. Wel werd in 1980 en 1981 het effect van 3 verschillende nachttemperaturen bij een bollenteelt onderzocht. Het effect op de bolgroei en bloei was gering (Dijkhuizen, 1980 en 1981). Daarnaast is gebleken dat 12 weken energiebesparing tot eind februari met een constant gesloten schermdoek (50% lichtonderschepping) niet nadelig was voor bolgroei en bloei (Doorduyn, 1984).

In het kader van de liberalisering van de energiemarkt en het afsluiten van gascontracten met een maximum piekwaarde werd nog relevanter in hoeverre amaryllis lagere temperaturen dan gebruikelijk kan tolereren. In principe zijn hierbij twee mogelijkheden: zonder en met compensatie van lagere teelttemperaturen.

Compensatie van een lagere teelttemperatuur binnen een etmaal (b.v. door gebruik te maken van hogere nachttemperaturen onder een energiescherm) wordt ééndaagse temperatuurintegratie genoemd. De in de jaren '90 ontwikkelde meerdaagse temperatuurintegratie maakt gebruik van het gegeven dat planten veelal de mogelijkheid hebben (de door temperatuur bepaalde) ontwikkelingsprocessen over langere perioden dan een etmaal te compenseren. De belangrijkste instellingen hierbij zijn de integratieperiode (de periode waarbinnen een bepaalde temperatuursomafwijking gecompenseerd moet zijn), de bandbreedte (minimale en maximale temperaturen waarbinnen gewerkt mag worden), en de toelaatbare temperatuursomafwijking (Buwalda 1996, 2000). Binnen het in dit verslag beschreven onderzoek is hierbij uitgegaan van instellingen die bij andere gewassen gehanteerd zijn: een integratieperiode van 7 dagen, een maximaal toelaatbare temperatuursomafwijking van 300 uur, en een maximale afwijking van 8°C (bandbreedte). Amaryllis is als bolgewas afwijkend van de bloemisterij- en glasgroentegewassen waarbij temperatuurintegratieonderzoek is uitgevoerd. Bij amaryllis vindt de blad- en bloemknopontwikkeling in de bol plaats, waarbij aangetoond is dat de temperatuur van de bol hierbij een belangrijke rol speelt (Doorduyn, 2000). Het is daarom goed mogelijk dat de gehanteerde instellingen behoudend gekozen zijn, en dat dus ruimere instellingen, met potentieel grotere energiebesparing, mogelijk zijn.

In de opzet van de proef is er voor gekozen om de temperatuursommen in de Econaut CTI regeling en de controlebehandelingen vergelijkbaar te houden. Dit is gedaan om eventuele verschillen in gewasgroei tussen de CTI regeling en de controlebehandeling niet het gevolg te laten zijn van gerealiseerde verschillen in temperatuursommen. Immers, hoewel de ontwikkelingsprocessen bij amaryllis zich ondergronds afspelen, is het waarschijnlijk dat de temperatuurafhankelijke processen fotosynthese en respiratie (ademhaling) wel invloed op de bolgroei zouden kunnen uitoefenen. Uiteindelijk is het goed gelukt de gemiddelde kasttemperatuur in de CTI behandeling en de controlebehandeling gelijk te houden (Figuur 3, Tabel 1). De grotere fluctuaties in temperatuur binnen een dag en tussen dagen bij de CTI behandeling bleken – in vergelijking met de controlebehandeling – geen effecten te hebben op de bolmaat, of op de kwaliteit of productie in het volgende jaar. Een hogere energiebesparing dan de in de proef gevonden 13-18% was waarschijnlijk ook gerealiseerd indien niet gestookt werd boven de Econaut integratiewaarde (indien de temperatuur onder het bij de CTI variabele setpoint kwam), zoals dit in nieuwere versies van de software ingebouwd is.

In een uitgevoerd TI onderzoek bij koude gewassen (o.a. freesia) met een integratieperiode van 7 dagen en een temperatuursomafwijking van 600 graden werd een energiebesparing van 40% gevonden, zonder nadelige effecten op kwaliteit en productie. (Janse en Rijpsma, 2003). Met de huidige kennis van amaryllis moet met een ruimere instelling van de temperatuursomafwijking waarschijnlijk ook een hogere energiebesparing te behalen zijn.

De tolerantie van amaryllis voor lagere temperaturen kwam vooral in de koude kasbehandeling tot uiting. De bloemenoogst werd met 4 (2004) tot 6 dagen (2003) per °C uitgesteld. De kwaliteit van de bloemen was echter aanmerkelijk beter, en de houdbaarheid werd niet negatief beïnvloed. Het gewas toonde aanvankelijk een lichtere kleur, en de bladlengte was geringer dan in de CTI en de controlebehandeling (Figuur 14). Naarmate de teelt vorderde verdwenen deze verschillen echter. Zoals verwacht was het aantal bladeren echter niet verschillend. Ondanks de 3 weken latere bloemenoogst bleek de bolmaat niet negatief beïnvloed door de lager gerealiseerde kasttemperaturen. In de uitbloeioproef bleek bovendien dat de knopaanleg ook

niet negatief beïnvloed was. Omdat het totale energieverbruik en het maximale piekverbruik in deze behandeling sterk gereduceerd was, lijkt deze teeltwijze voor de hand liggend. Een aandachtspunt kan nog wel zijn de hogere luchtvochtigheid die gerealiseerd werd in de koude kasbehandeling (Tabel 1). Met een juiste aangepaste minimum raamstand regeling behoeft de luchtvochtigheid echter niet tot problemen te leiden. Een ander aandachtspunt is de productie in het najaar. De vraag is of de bloemkwaliteit ook vergelijkbaar is onder omstandigheden van afnemende lichtintensiteit. Ervaringen in de praktijk zullen dit moeten uitwijzen. De eerste praktijkervaringen van najaar 2003 wijzen echter in dezelfde richting als de uitkomsten in het onderzoek; vertraging van de bloemoogst met ca één week per °C en zwaardere en langere stelen (Doorduyn, mondelinge mededelingen).

De effecten van de boltemperatuur op de bolontwikkeling en bolgroei zijn geringer geweest dan in voorgaand onderzoek (Doorduyn, 2000). Met lineaire regressie in het traject 15-25°C werd daar een gemiddelde boltoename van 0.5 cm per graad Celsius gemeten. Bij nadere analyse blijkt de grootste toename tussen de 15 en 20°C gerealiseerd te zijn. In het in dit rapport beschreven onderzoek wordt een toename van de bolmaat van 0.15 (bolmaat 14) tot 0.37 cm (bolmaat 34) per graad Celsius gemeten (Figuur 16). Deze toename blijkt vooral gerelateerd te zijn aan de gerealiseerde temperaturen in de eerste helft van de teelt (Figuur 17). Dit verklaart mogelijk dat een constante temperatuur van 23°C wat meer effect lijkt te hebben op de bolmaat dan een lichtafhankelijke temperatuur 20-25°C (Tabel 5).

6 Literatuur

- Buwalda, F., 1996. Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen – literatuuroverzicht. PBG Rapport 118.
- Buwalda, F., Rijdsdijk, A.A., Van Leeuwen, G.J.L., Hattendorf, A., Batta, L.G.G., Vogelesang, J.V.M., 1999. Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen. Toetsen van een meerdaags integrerende temperatuurregeling onder realistische teeltomstandigheden. PBG Rapport 176.
- Dijkhuizen, T., 1980. Onderzoek naar het effect van verschillende nachttemperaturen op de groei van bollen van amaryllis (*Hippeastrum*). Intern Jaarverslag Proefstation Naaldwijk 1980 , p.77-78.
- Dijkhuizen, T., 1981. Amaryllis, temperatuuronderzoek. Intern Jaarverslag Proefstation Naaldwijk 1981, p.86-87.
- Doorduyn, J.C., 1984. Voorzichtige eerste conclusie over praktijkschermproef *Hippeastrum*. Bloembollencultuur 2 augustus, p.108.
- Doorduyn, J.C., 1984. schermen voor energiebesparing bij amaryllis (*Hippeastrum*). Intern Jaarverslag Proefstation Naaldwijk 1984, p.87
- Doorduyn, J.C., 1985. schermen voor energiebesparing bij amaryllis (*Hippeastrum*). Intern Jaarverslag Proefstation Naaldwijk 1985, p.87
- Doorduyn, J.C., 2000. Beetje meer stoken zelfs bij hogere temperatuur rendabel. Vakblad Bloem. 48: 52-54.
- Janse, J. en E. Rijpsma, 2003. Energiebesparing en vermindering van pieken in gasafname bij gewassen met een lage energiebehoefte. PPO verslag, p.1-57

8 Bijlage 2. Voorbeeld werking Econaut

Voorbeeld van ingestelde verwarmingstemperatuur (setp), gerealiseerde kasttemperatuur (kast) en temperatuur verwarmingsbuizen van lage (ltnet) en hoge net (htnet) in Econautkas (boven) en controlekas (onder) op dagen 8, 9 en 10 2003. n.b. rechter-as geeft temperaturen van het htnet weer.

