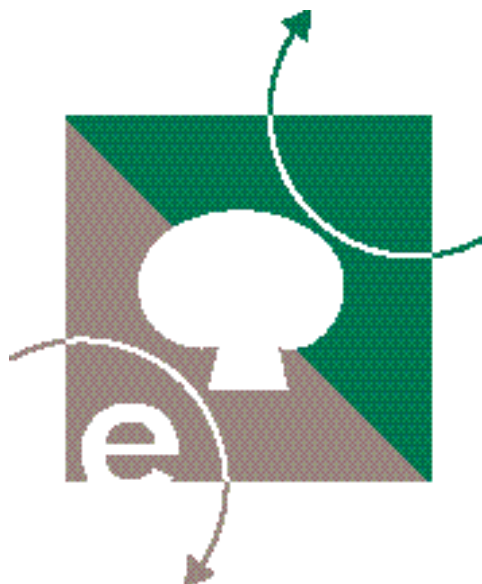




Energiezuinige Vochtregeling



J.H. Gielen, Januari 2002

© 2002 Horst, C point B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 C point B.V.

C point B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van de gegevens uit deze uitgave.

C point projectnummer 01.71.04

VPN projectnummer MJA99-003

Dit onderzoek is i.s.m. Dalsem Mushrooms op de kwekerij van dhr. R. Peffer te Kerkdriel uitgevoerd en wordt gefinancierd vanuit de MJA-e.

C point B.V.
Postbus 6035
5960 AA Horst
Tel. 077-3984555
Fax. 077-3984160
E-mail info@cpoint.nl
Internet www.cpoint.nl

Inhoud

1. Samenvatting	1
2. Inleiding	3
3. Vochtdeficiet versus RV	4
3.1. Vochtdeficiet en verdamping	4
3.2. Invloed temper	5
3.3. Invloed RV op vochtdeficiet	6
4. Werking vochtdeficietregeling	7
4.1. Meten vochtdeficiet	7
4.2. Sturing bevochtiging	8
4.3. Inblaastemperatuurregeling	9
4.4. Sturing ontvochtiging	11
4.5. Sturing luchtklep	12
5. Praktijktest	13
5.1. Meetopstelling	13
5.2. Bevindingen teler	14
6. Resultaten	15
6.1. Stabiliteit regeling	15
6.2. Gebruik klimaatunit	16
6.3. Opbrengst en kwaliteit	18
7. Conclusies	20
8. Aanbevelingen	22
9. Literatuurlijst	23
10. Bijlagen	24
10.1. Grafieken	24
10.2. Mollierdiagram	30

1. Samenvatting

T.b.v. een constante verdamping in de teeltcel is het van belang, dat de cellucht een constante hoeveelheid verdampingsvocht van het groeiproces kan afvoeren. Bij de traditionele klimaatregeling geschiedt dit d.m.v. het regelen van de luchttemperatuur en de RV. Kleinere schommelingen in de luchttemperatuur en/of RV zorgen echter voor relatief grote variaties in het vochtdeficiet van de cellucht. Hierdoor is de vochtopnamecapaciteit van de lucht niet constant, wat een negatief effect heeft op de verdamping.

Regeltechnisch is het daarom dan ook gemakkelijker om via één regeling rechtstreeks het vochtdeficiet te regelen. Hiermee bereikt men een constantere verdamping en worden tevens pendelingen in de klimaatregeling voorkomen. Dit heeft een gunstig effect op het energiegebruik, de productie en de kwaliteit.

De informatie uit deze rapportage is vooral bedoeld om innovatieve ontwikkelingen te initiëren c.q. te ondersteunen. Hierbij dient in eerste instantie te worden gedacht aan gebruik door leveranciers van klimaatcomputersystemen.

Hieronder worden enkele van de belangrijkste conclusies en aanbevelingen genoemd:

Conclusies

- **Praktijktest:** In het algemeen zijn de ervaringen zeer optimistisch: de groei ging wat spontaner, de kwaliteit van de champignons was over het algemeen beter en de productie was duidelijk hoger.
- Uit de grafieken blijkt dat de nieuwe vochtdeficietregeling bij zowel de luchttemperatuur, de RV alsook het vochtdeficiet een duidelijk stabiel verloop te zien geeft (de pendelingen zijn kleiner en minder frequent). De luchttemperatuurregeling blijkt tevens zeer nauwkeurig de regelwaarde te volgen.
- De vochtdeficietregeling reageert erg stabiel, maar is zowel tijdens het bevochtigen alsook het ontvochtigen met een te kleine invloed werkzaam, waardoor er een afwijking t.o.v. het ingestelde vochtdeficiet ontstaat. Deze invloed moet groter worden ingesteld.
- De gemiddelde klepstanden van de koeling, verwarming en bevochtiging liggen over het algemeen tussen de 2 en 8 % lager dan bij de referentiecél.
- De vochtdeficietregeling leidt tot lagere luchtklepstanden dan bij de referentiecél doordat er een te kleine invloed ingesteld is. Om de luchtklep optimaal te benutten (en o.a. meer koelenergie te besparen), moet deze invloed groter worden ingesteld.
- Tijdens de uitgroei van de 2^e vlucht werd er iets meer koeling gebruikt, wat o.a. geweten kan worden aan de felle reactie van de vochtdeficietregeling op het sproeien.
- Tijdens het gebruik van de regeling werd duidelijk dat het vochtdeficiet wel op het scherm en in grafiekvorm beschikbaar moet komen.
- Omdat er nog geen waterververvelaars waren geïnstalleerd, is de extra mogelijkheid om naast stoombevochtiging ook met waterbevochtiging te werken niet gebruikt. Dit zou tot een verdere energiebesparing hebben geleid.
- De nieuwe vochtdeficietregeling blijkt een positief effect te hebben op de productie en kwaliteit c.q. droge stof gehalte.
- De totale kwaliteit is 1,19 % verbeterd van 98,81 % naar 100 % goede kwaliteit. Het totale droge stof gehalte is 3,39 % verbeterd van gemiddeld 6,48 naar 6,70 %. De totale productie is 7,65 % verbeterd van gemiddeld 374 naar 403 kg/ton.
- In tegenstelling tot de verwachtingen, heeft de grootste verbetering niet bij de kwaliteit maar bij de productie plaatsgevonden, waarschijnlijk doordat de champignons sneller drogen na het sproeien.
- Zowel de kwaliteitsverbetering alsook de productieverbetering hebben plaatsgevonden van april t/m oktober 2001. De resterende maanden van het jaar zijn minder kritisch wat het klimaat betreft. Aangenomen mag worden dat het voordeel van de nieuwe regeling in deze maanden minder groot zal zijn.
- Het totale effect op de energie-efficiëntie welke met de vochtdeficietregeling kan worden gerealiseerd, wordt enerzijds gevormd door een stabielere klimaatregeling met lagere klepstanden en anderzijds door een hogere productie en kwaliteit. De combinatie van deze factoren zal de energie-efficiëntie met naar schatting 6 tot 8 % kunnen verbeteren.

Aanbevelingen

- Op basis van de positieve testresultaten kan worden aanbevolen om de vochtdeficietregeling verder te optimaliseren en ook te implementeren in de andere klimaatcomputersystemen.
- De vochtdeficietgegevens dienen zowel op het scherm alsook in grafiekvorm beschikbaar te komen.
- De vochtdeficietregeling is zowel tijdens het bevochtigen alsook het ontvochtigen met een te kleine invloed werkzaam, waardoor afwijkingen kunnen ontstaan. Door de betreffende invloedsfactoren groter in te stellen, kunnen deze worden voorkomen.
- De vochtdeficietregeling leidt tot lagere luchtklepstanden dan de RV regeling, waardoor de luchtklep niet optimaal wordt benut. Door de betreffende invloedsfactor groter in te stellen, kan dit worden voorkomen.
- In een vervolgproject de energiezuinige vochtregeling uitbreiden met een luchtdrukcorrectie en een zuurstofregeling (waarbij men kan kiezen tussen CO₂ of O₂ of een combinatie van CO₂ en O₂ regeling). De verdamping wordt n.l. sterk beïnvloed door veranderingen in de luchtdruk buiten. Tevens zijn er aanwijzingen dat de grenzen voor buitenlucht gebruik extremer (dus energiezuiniger) kunnen worden toegepast, als er op basis van O₂ kan worden geregeld.
- Indien rekening wordt gehouden met de bovenstaande aandachtspunten, kan tot implementatie van de vochtdeficietregeling in de andere klimaatcomputersystemen worden overgegaan.

2. Inleiding

Deze projectrapportage behandelt de ontwikkeling van een energiezuinige vochtregeling, welke gebaseerd is op het vochtdeficiet van de lucht, i.p.v. de RV. Het project werd in opdracht van Novem en het Productschap Tuinbouw door C point uitgevoerd in samenwerking met Dalsem Mushrooms op de kwekerij van dhr. R. Peffer te Kerkdriel. Het initiatief voor het project lag bij C point.

De aanleiding tot de ontwikkeling van de in dit rapport beschreven energiezuinige vochtregeling, werd gegeven door de bevindingen uit het rapport "Energiebalans tussen groeiproces en klimaatregeling in de champignonenteelt" (Gielen, J.H. 1998). Naast gegevens over het groeiproces leverde het bovengenoemde project met name veel gegevens op over de klimaatregeling en de mogelijkheden tot energiebesparing door verbeteringen hierin aan te brengen.

Ten aanzien van de vochtregeling werd geconstateerd, dat het pendelen van de be- en ontvochtiging onnodig energie kost en zorgt voor een onrustige verdamping, wat tevens kan leiden tot productie- en kwaliteitsverlies. Daarnaast bleek de combinatie van koeling en stoombevochtiging tijdens de fase afventileren/knopvorming tot capaciteitsvernietiging te leiden.

Doelstellingen

De doelstellingen van het project "Energiezuinige vochtregeling" zijn dan ook:

- Het voorkomen van pendelingen in het be- en ontvochtigen en het realiseren van een constanter verdampingsklimaat in combinatie met een lager energiegebruik
- Het aan kunnen sturen van een gecombineerde bevochtiging (stoom / water)
- Sturen ontvochtiging op basis van dauwpunt achter koeling
- Aanbevelingen naar andere klimaatcomputerleveranciers

Klimaatregeling vormt één van de belangrijke aandachtspunten in de ondersteunende activiteiten rond de Meerjarenafpraak Energie. Dit project levert een belangrijke bijdrage, om te komen tot klimaatregelingen van een hoger plan, waarbij het productie- en kwaliteitsaspect van de teelt en energie zuinig regelen in elkaars verlengde zullen liggen.

Dit project werd in het kader van de MeerJarenAfspraak Energie paddestoelen gefinancierd door Novem en het Productschap Tuinbouw. CNC en nadien de VPN hebben als belangenbehartiger zorg gedragen voor de inhoudelijke begeleiding.

Horst, januari 2002
J.H. Gielen

3. Vochtdeficiet versus RV

3.1. Vochtdeficiet en verdamping

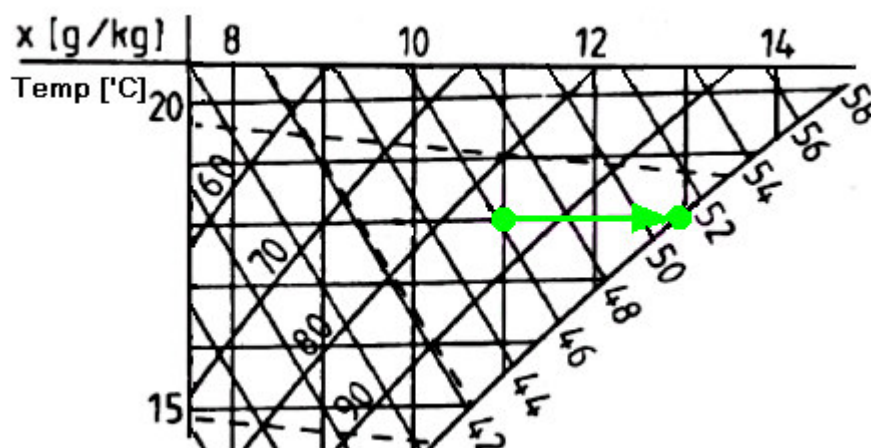
Als voorbeeld voor het vochtdeficiet gaan we uit van het meest gangbare teeltklimaat tijdens de uitgroeifase. Dit bedraagt 18 ° C en 85 % RV. In het Mollierdiagram zien we dat de absolute vochtigheid bij dit klimaat ongeveer 11 g/kg lucht bedraagt. De lucht zal verzadigd raken indien de luchtvochtigheid toeneemt tot 100 %. Bij 18 ° C en 100 % RV bedraagt de verzadigingsvochtigheid ongeveer 13 g/kg lucht. Het vochtdeficiet wat in theorie door de lucht kan worden opgenomen bedraagt dan $13 \text{ g/kg} - 11 \text{ g/kg} = 2 \text{ g/kg}$. M.a.w. elke kg lucht welke door de cel stroomt kan maximaal 2 gram waterdamp opnemen en afvoeren.

Een constant verdampingsklimaat kan dan ook het beste worden gerealiseerd door een constante ventilatorstand in combinatie met een constant vochtdeficiet. Een constant verdampingsklimaat kan dus op 2 manieren worden gerealiseerd:

- constante ventilatorstand + constante luchttemperatuur + constante RV (traditionele regeling)
- constante ventilatorstand + constant vochtdeficiet (nieuwe regeling)

Bij de huidige klimaatcomputersystemen wordt er niet op het vochtdeficiet, maar op temperatuur en RV geregeld. Variaties in temperatuur en/of RV zorgen echter voor variaties in vochtdeficiet. Pas als men in staat is om beide waarden constant te houden, is er sprake van een constant vochtdeficiet. Omdat de temperatuur- en RV regelingen elkaar beïnvloeden, is het nagenoeg onmogelijk om variaties in het vochtdeficiet te voorkomen.

Regeltechnisch is het daarom dan ook gemakkelijker om via één regeling rechtstreeks het vochtdeficiet te regelen, als te trachten om via een combinatie van temperatuur- en RV regeling een constant vochtdeficiet te realiseren. Hiermee worden tevens pendelingen in de klimaatregeling voorkomen, wat een gunstig effect heeft op het energiegebruik.



3.2. Invloed temperatuur op vochtdeficiet

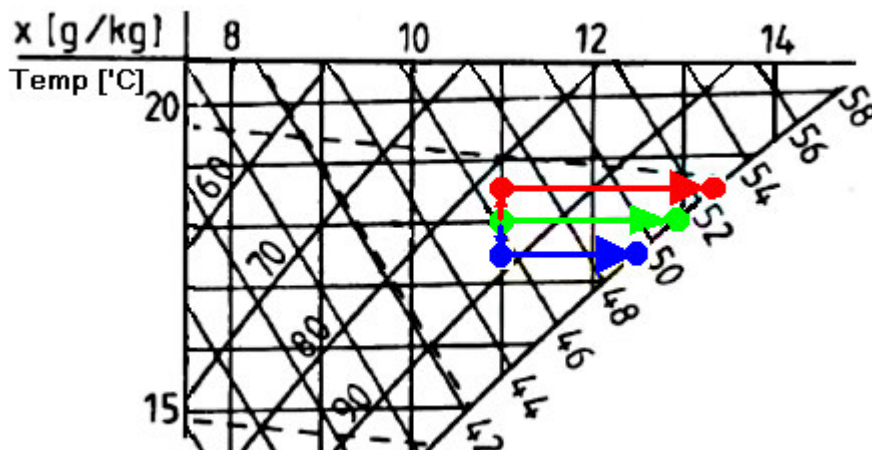
Bij de huidige klimaatregelingen zal een constante RV geen constant vochtdeficiet tot gevolg hebben als er sprake is van temperatuurafwijkingen. Stel men wenst een klimaat van 18 ° C en 85 % RV, dan heeft men een vochtdeficiet van 2 g/kg.

Als de RV regeling in staat is om de gewenste 85 % te handhaven, maar de luchttemperatuur loopt op naar 18,5 ° C, of terug naar 17,5 ° C, dan zal dit grote gevolgen hebben voor het vochtdeficiet en dus ook voor het verdampingsproces.

Bij een klimaat van 18,5 ° C en 85 % RV bedraagt het vochtdeficiet ongeveer 2,5 g/kg. Het vochtdeficiet van de lucht wordt dan $(2,5 - 2) / 2 * 100 = 25\%$ groter dan gewenst!

Omgekeerd zal bij een klimaat van 17,5 ° C en 85 % RV het vochtdeficiet ongeveer 1,5 g/kg bedragen. Het vochtdeficiet van de lucht wordt dan $(2 - 1,5) / 2 * 100 = 25\%$ kleiner dan gewenst!

M.a.w. een luchttemp. afwijking van 0,5 ° C zorgt er voor dat het vochtdeficiet van de lucht 25 % groter c.q. kleiner wordt! Dit heeft grote gevolgen voor het verdampingsproces.



3.3. Invloed RV op vochtdeficiet

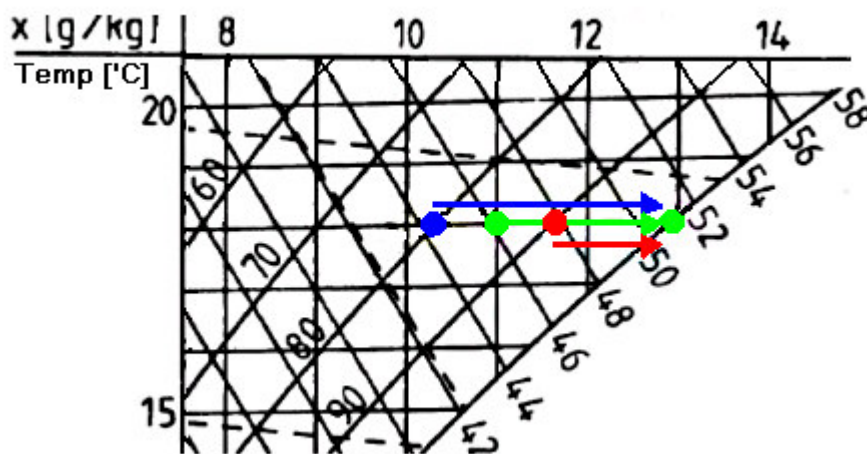
Bij de huidige klimaatregelingen zal een constante luchttemperatuur geen constant vochtdeficiet tot gevolg hebben als er sprake is van RV afwijkingen. Stel men wenst een klimaat van 18 ° C en 85 % RV, dan heeft men een vochtdeficiet van 2 g/kg.

Als de temperatuurregeling in staat is om de gewenste 18 ° C te handhaven, maar de RV loopt op naar 90 %, of terug naar 80 %, dan zal dit grote gevolgen hebben voor het vochtdeficiet en dus ook voor het verdampingsproces.

Bij een klimaat van 18 ° C en 80 % RV bedraagt het vochtdeficiet ongeveer $2\frac{2}{3}$ g/kg. Het vochtdeficiet van de lucht wordt dan $(2\frac{2}{3} - 2) / 2 * 100 = 33\frac{1}{3}$ % groter dan gewenst!

Omgekeerd zal bij een klimaat van 18 ° C en 90 % RV het vochtdeficiet ongeveer $1\frac{1}{3}$ g/kg bedragen. Het vochtdeficiet van de lucht wordt dan $(2 - 1\frac{1}{3}) / 2 * 100 = 33\frac{1}{3}$ % kleiner dan gewenst!

M.a.w. een RV afwijking van 5 % zorgt er voor dat het vochtdeficiet van de lucht 33 $\frac{1}{3}$ % groter c.q. kleiner wordt! Dit heeft grote gevolgen voor het verdampingsproces.



4. Werking vochtdeficietregeling

4.1. Meten vochtdeficiet

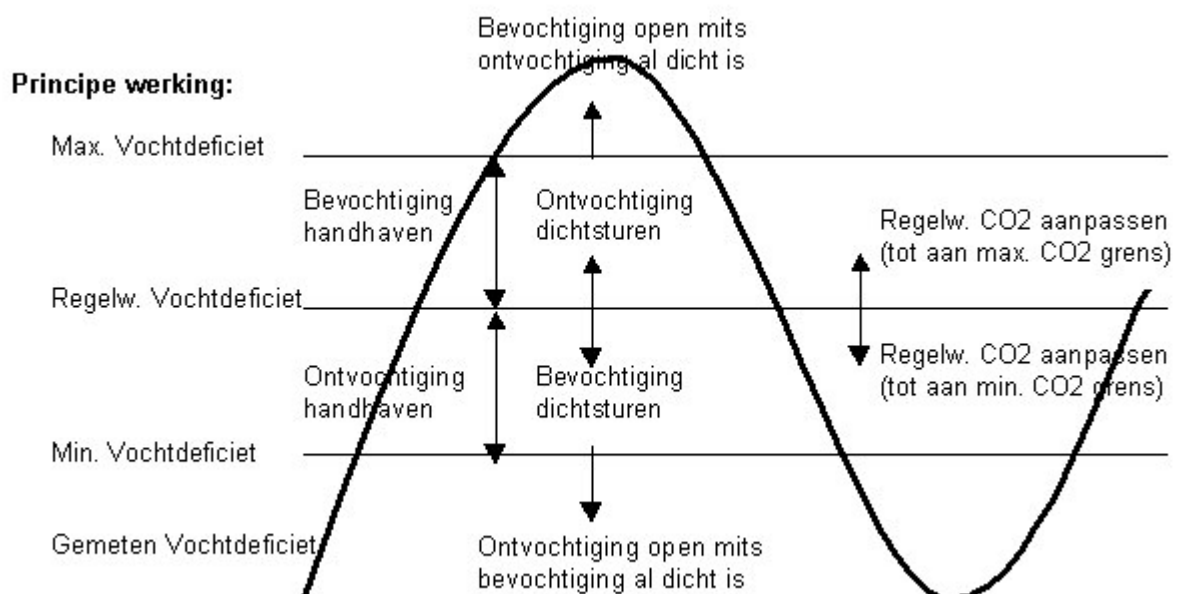
T.b.v. dit project is er voor gekozen om het vochtdeficiet onzichtbaar voor de teler te bepalen aan de hand van temperatuur en RV instellingen c.q. metingen. Dit is gedaan om verwarring te voorkomen, omdat de vochtdeficietregeling tegengesteld reageert aan de RV regeling. Ofwel als het gemeten vochtdeficiet te groot wordt, dan is de lucht te droog en moet er worden bevochtigd. Bij een te klein vochtdeficiet is de lucht te vochtig en moet er worden ontvochtigd. De betreffende teler gaf achteraf aan ondanks dit tegengesteld reageren toch de voorkeur te geven aan het zichtbaar maken van de volledige vochtdeficietgegevens. Dit wordt bij de volgende programma-aanpassing meegenomen.

Tijdens de praktijktest zijn er nog een aantal software aanpassingen doorgevoerd alvorens de regeling naar tevredenheid functioneerde. In de onderstaande beschrijving wordt alleen de uiteindelijke versie beschreven. De nieuwe vochtdeficietregeling is werkzaam vanaf start afventileren tot aan het doodstomen.

Bij het regelen op vochtdeficiet zullen de luchtklep, bevochtiging en ontvochtiging (koeling) moeten worden aangestuurd op basis van de gemeten vochtdeficiet afwijking. Hiervoor zijn een 4-tal gegevens nodig, welke op de volgende wijze zijn bepaald:

- Max. vochtdeficiet (waarboven moet worden bevochtigd), dit kan worden berekend m.b.v. de Min. RV instelling en de Regelwaarde luchttemperatuur.
- Min. vochtdeficiet (waaronder moet worden ontvochtigd d.m.v. koeling), dit kan worden berekend m.b.v. de Max. RV instelling en de Regelwaarde luchttemperatuur.
- Regelwaarde vochtdeficiet (ligt midden tussen het Min./Max. vochtdeficiet). Bij een afwijking t.o.v. de Regelwaarde vochtdeficiet dient de luchtklep (via aanpassing van de Regelwaarde CO₂) te worden bijgesteld.
- Gemeten vochtdeficiet, dit kan worden berekend m.b.v. de gemeten luchttemperatuur en de gemeten RV (Td en Tn cel).

M.b.v. deze 4 gegevens kan in het onderstaande schema de principe werking van de vochtdeficietregeling worden aangegeven.



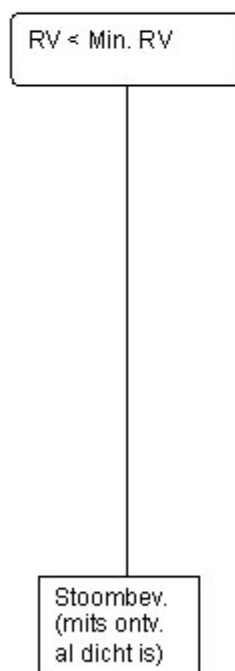
4.2. Sturing bevochtiging

De bevochtigingsklep (stoom of water) wordt opengestuurd bij een te groot vochtdeficiet, ofwel een te droge cellucht. Bij het sturen van de bevochtigingsklep gelden de volgende voorwaarden:

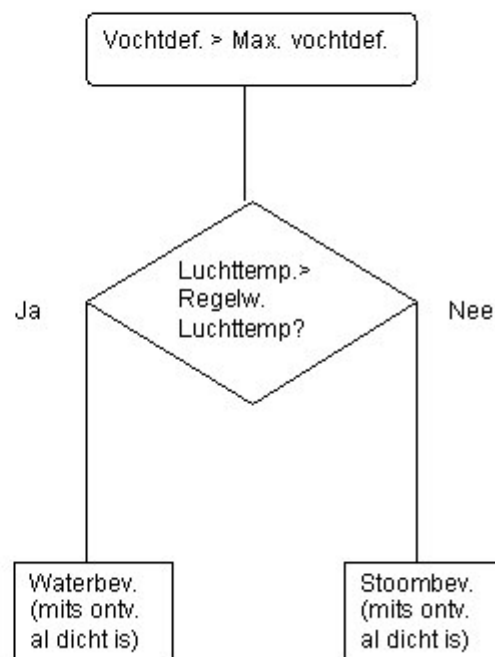
- De bevochtigingsklep wordt (mits de ontvochtiging al dicht is) opengestuurd zodra het gemeten vochtdeficiet groter wordt dan het ingestelde Maximum vochtdeficiet.
- De bevochtigingsklep wordt gehandhaafd als het gemeten vochtdeficiet zich bevindt tussen het ingestelde Maximum vochtdeficiet en de Regelwaarde vochtdeficiet.
- De bevochtigingsklep wordt via een P regeling (PI gaf te veel fluctuaties) dichtgestuurd zodra het gemeten vochtdeficiet kleiner wordt dan de Regelwaarde vochtdeficiet.
- Bij het aansturen van de bevochtiging op basis van vochtdeficiet, wordt gebruik gemaakt van een PI regeling, waarvan de P en I factoren instelbaar zijn.
- De stuuracties zijn afhankelijk van de grootte van de vochtdeficiet afwijking.
- Omdat het systeem over zowel stoom- als waterbevochtiging beschikt, is de keuze hiervan in het programma opgenomen. Er wordt gekozen voor waterbevochtiging, indien er tevens een koudevraag is (luchttemp. cel te warm). In alle andere gevallen wordt er van stoombevochtiging gebruik gemaakt.

Bevochtigingsregeling

Oud



Nieuw



4.3. Inblaastemperatuurregeling

In het oorspronkelijke Dalsem klimaatcomputersysteem werd de inblaastemperatuurvoeler gebruikt om de inblaaslucht te begrenzen. Dat wil zeggen, dat de verwarming en koeling rechtstreeks aangestuurd werden op basis van een luchttemperatuurafwijking in de cel. Om temperatuurpendelingen te voorkomen kon deze aansturing echter alleen maar binnen de hiervoor ingestelde grenzen van de inblaastemperatuur plaatsvinden.

In de nieuwe regeling wordt op basis van de luchttemperatuurafwijking in de cel en de ventilatorstand een regelwaarde voor het inblaasklimaat berekend. Indien het gemeten inblaasklimaat hiervan afwijkt, wordt de verwarming c.q. koeling hierop aangestuurd.

Hierdoor wordt het naitien van de temperatuurregeling voorkomen, wat een stabielere celluchttemperatuur tot gevolg heeft.

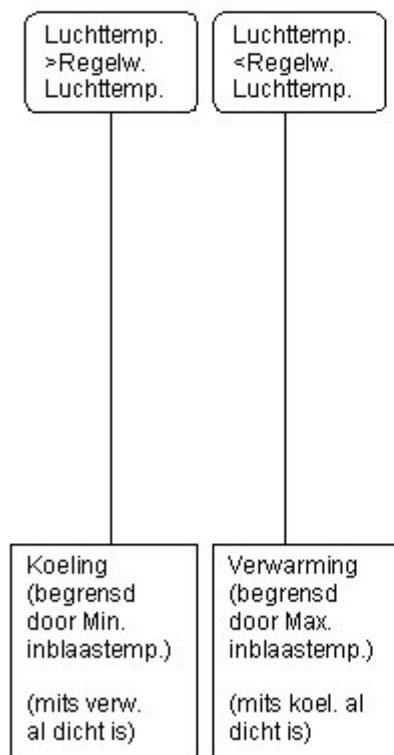
Tijdens het ontvochtigen wordt de koeling echter aangestuurd op basis van het dauwpunt achter de koeling (zie sturing ontvochtiging). De sturing van de verwarming is tijdens het ontvochtigen aan de koeling gekoppeld, waardoor de verwarming ook zal worden opengestuurd. Tevens wordt de verwarming bijgestuurd op basis van een eventuele inblaastemperatuurafwijking, waardoor het ontvochtigingsproces de luchttemperatuur in de cel minder zal verstoren.

Bij het regelen van de luchttemp. middels de inblaastemp. gelden de volgende voorwaarden:

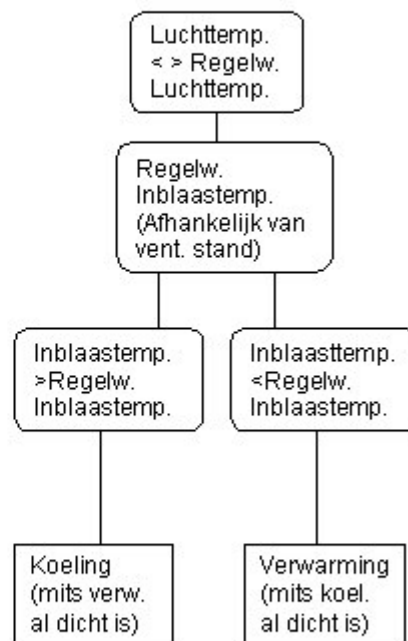
- De luchttemp. afwijking wordt via een PI regeling gekoppeld aan de inblaastemp. regeling. Bij het bepalen van de Regelw. inblaastemp. wordt de invloed van de ventilatorstand meegenomen.
- De Regelwaarde inblaastemp. heeft een Min./Max. begrenzing en wordt gebruikt om de verwarming en koeling op basis van de gemeten inblaastemp. te regelen.
- Bij het aansturen van verwarming (mits de koeling al dicht is) en koeling (mits de verwarming al dicht is) op basis van een inblaastemp. afwijking, zal er gebruik gemaakt worden van een PI regeling, waarvan de P en I factoren instelbaar zijn.

Inblaasregeling

Oud



Nieuw



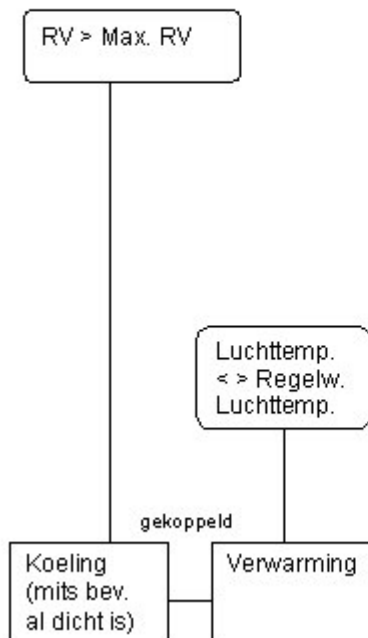
4.4. Sturing ontvochtiging

De ontvochtiging (koeling + verwarming) wordt opengestuurd bij een te klein vochtdeficiet, ofwel een te vochtige cellucht. Bij het sturen van de ontvochtiging gelden de volgende voorwaarden:

- De ontvochtiging wordt (mits de bevochtiging al dicht is) opengestuurd zodra het gemeten vochtdeficiet kleiner wordt als het ingestelde Minimum vochtdeficiet.
- De ontvochtiging wordt gehandhaafd als het gemeten vochtdeficiet zich bevindt tussen het ingestelde Minimum vochtdeficiet en de Regelwaarde vochtdeficiet.
- De ontvochtiging wordt via een P regeling (PI gaf te veel fluctuaties) dichtgestuurd zodra het gemeten vochtdeficiet groter wordt als de Regelwaarde vochtdeficiet.
- Tijdens de ontvochtiging wordt de koeling geregeld op basis van de Regelwaarde temp. na de koeling. De sturing van de verwarming is tijdens het ontvochtigen aan de koeling gekoppeld, waardoor de verwarming ook zal worden opengestuurd. Tevens wordt de verwarming indien nodig bijgestuurd op basis van de Regelwaarde inblaastemp.
- Het dauwpunt van de menglucht voor de koeling wordt bij benadering bepaald op basis van het dauwpunt na de warmtewisselaar (= dauwpunt buiten of luchttemp. na warmtewisselaar indien deze lager is), het dauwpunt van de cel en de luchtklepstand. De Regelwaarde temp. na koeling begint tijdens het ontvochtigen bij het berekende dauwpunt van de menglucht voor de koeling (of de werkelijke temp. na de koeling indien deze lager ligt) en zal van hieruit verder worden verlaagd.
- Via een PI regeling (waarvan de P en I factoren instelbaar zijn) wordt de Regelwaarde van de temperatuur na de koeling bepaald. De aanpassing van de Regelwaarde temp. na koeling (tijdens ontvochtiging) is afhankelijk van de vochtdeficiet afwijking en de ventilatorstand.
- Bij het aansturen van de koeling (en de hieraan gekoppelde verwarming) op basis van een temperatuurafwijking na de koeling, zal er gebruik gemaakt worden van een PI regeling, waarvan de P en I factoren instelbaar zijn.

Ontvochtigingsregeling

Oud



Nieuw



4.5. Sturing luchtklep

Bij de nieuwe regeling wordt de Regelwaarde CO₂ bepaald door de afwijking tussen gemeten- en Regelwaarde vochtdeficiet. Deze regelwaarde ligt midden tussen het Min. en Max. vochtdeficiet. (Bij de oude regeling was dit op basis van een RV afwijking).

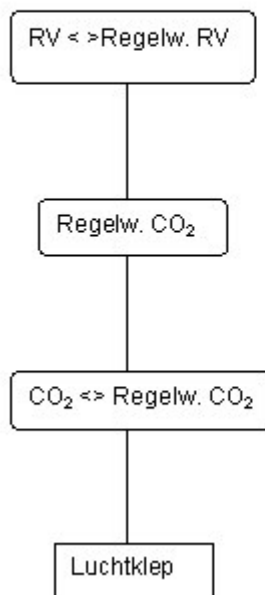
Bij de controle op de bruikbaarheid van de buitenlucht wordt een vergelijking gemaakt tussen de AV (absolute vochtigheid) buiten en de middenwaarde AV cel, welke wordt bepaald aan de hand van de Regelwaarde RV en de Regelwaarde luchttemp.

Bij het sturen van de luchtklep gelden de volgende voorwaarden:

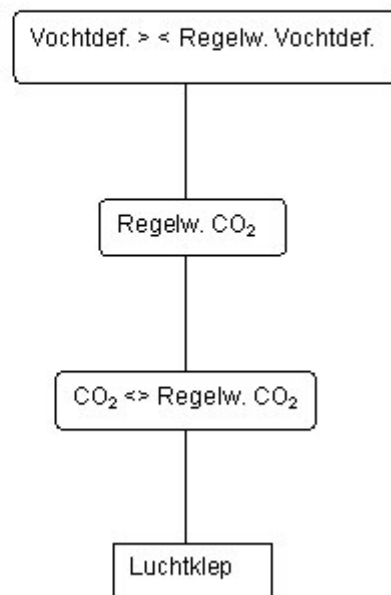
- Indien het gemeten vochtdeficiet kleiner wordt dan de Regelwaarde vochtdeficiet (te vochtig), zal de Regelw. CO₂ worden verlaagd tot aan de Min. CO₂ grens (mits AV buiten < middenwaarde AV cel). De Regelw. CO₂ zal echter worden verhoogd tot aan de Max. CO₂ grens indien AV buiten > middenwaarde AV cel.
- Indien het gemeten vochtdeficiet groter wordt dan de Regelwaarde vochtdeficiet (te droog), zal de Regelw. CO₂ worden verhoogd tot aan de Max. CO₂ grens (mits AV buiten < middenwaarde AV cel). De Regelw. CO₂ zal echter worden verlaagd tot aan de Min. CO₂ grens indien AV buiten > middenwaarde AV cel.
- Via een PI regeling (waarvan de P en I factoren instelbaar zijn) wordt de Regelwaarde CO₂ bepaald.
- De aanpassing van de Regelwaarde CO₂ moet afhankelijk zijn van de vochtdeficiet afwijking en het verschil tussen AV buiten en middenwaarde AV cel (mits dit AV verschil groter is dan een instelbare waarde).

Luchtklepregeling

Oud



Nieuw



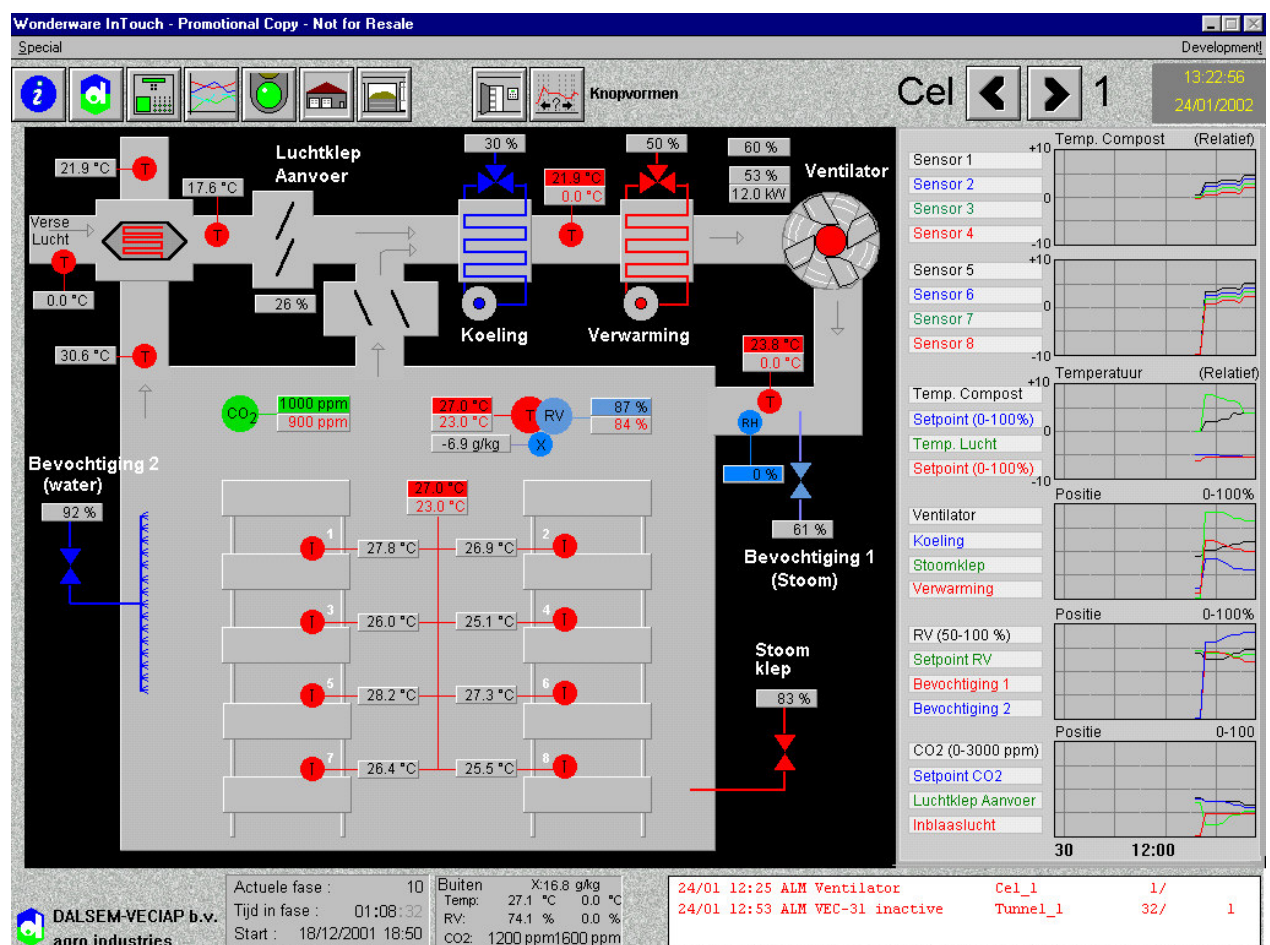
5. Praktijktest

5.1. Meetopstelling

Onderstaand schermoverzicht is een schematische weergave van alle meet- & regelmogelijkheden welke er op het Dalsem klimaatcomputersysteem aanwezig zijn. Op het bedrijf van dhr. Peffer wordt gebruik gemaakt van frequentieregelaars en van warmtewisselaars welke voorzien zijn van een bypass regeling. De frequentieregelaars zijn tevens gekoppeld aan de klimaatcomputer, zodat het benodigde ventilatorvermogen kan worden uitgelezen en geregistreerd.

M.b.t. de vochtdeficietregeling is het systeem voorzien van een inblaas temperatuurvoeler, een voeler achter het koelblok en een 2^e (water)bevochtiging. Deze voorzieningen waren deels al standaard aanwezig. Bij implementatie van de vochtdeficietregeling in andere klimaatcomputersystemen dient hier rekening mee te worden gehouden.

- De inblaas temperatuurvoeler dient voor het sturen van de verwarming en de koeling t.b.v. de luchttemperatuurregeling.
- De voeler achter het koelblok neemt de sturing van de koeling over tijdens het ontvochtigen op basis van het dauwpunt.
- Als de cellucht te warm is en er moet bevochtigd worden, dan wordt waterbevochtiging i.p.v. stoombevochtiging gebruikt.



5.2. Bevindingen teler

Persoonlijke teelt ervaring vochtdeficietregeling

In de tijd dat ik heb mogen experimenteren met de vochtdeficietregeling zijn mij de volgende dingen opgevallen:

- Dat de regeling goed werkt met moeilijke teeltomstandigheden ik bedoel dan voornamelijk in de uitgroei van de eerste vlucht. Zeker als wisselende weersomstandigheden je parten spelen.
- Het gaat dan spontaner en de champignons zijn sneller droog en verdampen dan beter als in de controle cel. Ik denk dat je dat kunt terug zien in het droge stof gehalte.
- Het droogde zelfs in 1 teelt zo sterk dat in de knopfase van de tweede vlucht op een gegeven moment verschraling optrad waardoor het aantal stuks te weinig was.
- Ik denk dat in de traditionele ontvochtiging op basis van de RV regeling er behoorlijk wat tijden op de dag eigenlijk geen of weinig verdamping is wat eventueel zelfs een groeistoring kan veroorzaken. Bij de vochtdeficietregeling wordt geprobeerd de verdamping constant te houden zodat het groeiproces constant kan blijven.
- Op het bed gaat het goed, terwijl de RV wel hoger is dan ingesteld. Daarom is het dan ook erg belangrijk, dat het vochtdeficiet ook zichtbaar gemaakt wordt voor de kweker zodat die een handvat heeft.
- Dus in het algemeen ben ik zeer optimistisch: de groei ging wat spontaner, de kwaliteit van de champignons was over het algemeen beter en ook de productie was duidelijk hoger.

Rob Korsman

6. Resultaten

6.1. Stabiliteit regeling

Bij het beoordelen van de werking van de vochtdeficietregeling is er vooral gelet op het realiseren van een stabiel klimaat met zo weinig mogelijk pendelingen. Hieronder worden de grafieken beschreven uit de bijlage. Om de regeling goed weer te kunnen geven, zijn de grafieken gebaseerd op sample-tijden van 5 minuten. Tevens is er ingezoomd m.b.t. de X- en Y-as van de grafieken, zodat elke pendeling in beeld kan worden gebracht.

Omdat er voor was gekozen om het vochtdeficiet in eerste instantie niet zichtbaar te maken maar alleen op de achtergrond voor de regeling te gebruiken, was het ondanks de positieve ervaringen van de teler toch nog een spannend moment toen het vochtdeficiet voor het eerst in een grafiek zichtbaar gemaakt kon worden. De vochtdeficietregeling is werkzaam vanaf start afventileren tot aan het doodstomen.

De grafieken uit de bijlage hebben betrekking op periodes uit het afventileren en de uitgroei van de 1^e vlucht van cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele regeling). Hierbij is er gekozen voor teelten uit de herfstperiode, waarbij over het algemeen de meeste pendelingen voorkomen. Als er nagenoeg maximaal gekoeld (zomer) of verwarmd (winter) moet worden, ontstaan er minder pendelingen als in periodes waar zowel koeling als verwarming nodig kan zijn. Ter verduidelijking zijn de grafieken van luchttemp., RV en vochtdeficiet vergeleken.

Resultaten afventileren (cel 1 met vochtdeficietregeling) / zie bijlage grafieken

Grafieken luchttemperatuurregeling: Tijdens het afventileren hadden beide cellen een Regelw. luchttemp. van 16 °C. Bij cel 3 varieerde de luchttemperatuurafwijking van 1,3 °C boven tot 0,2 °C onder de regelwaarde. Dit werd echter deels veroorzaakt omdat cel 3 nog niet helemaal afgekoeld was. In het verdere verloop varieerde de luchttemperatuurafwijking van 0,2 °C boven tot 0,2 °C onder de regelwaarde. De luchttemp. van cel 1 is duidelijker stabiel (pendeling $\pm 0,1$ °C c.q. minder frequent) dan de luchttemp. van cel 3 (pendeling $\pm 0,4$ °C). Bij beide cellen lag de luchttemp. rond de Regelwaarde luchttemp. en was er geen sprake van een afwijking. Conclusie: De luchttemp. regeling in cel 1 tijdens het afventileren is duidelijk stabiel c.q. pendeling minder frequent en er is geen afwijking t.o.v. de Regelwaarde luchttemp.

Grafieken RV: Tijdens het afventileren had cel 1 een Min. RV van 92 % en cel 3 van 90 %. De RV van cel 1 is duidelijk stabiel (pendeling $\pm 0,5$ % RV c.q. minder frequent) dan de RV van cel 3 (pendeling ± 1 % RV). De RV van cel 1 wijkt echter duidelijk meer af (gemiddeld 1,5 % RV onder de Min. RV) dan de RV van cel 3 welke gemiddeld rond de Min. RV ligt. Conclusie: De RV regeling in cel 1 tijdens het afventileren is duidelijk stabiel c.q. pendeling minder frequent, maar de RV ligt gemiddeld 1,5 % onder de Min. RV. (Zie ook aanbeveling bij grafieken vochtdeficiet)!

Grafieken vochtdeficiet: Tijdens het afventileren had cel 1 een Max. vochtdeficiet van 0,92 g/kg en cel 3 van 1,15 g/kg. Bij cel 1 werd er op vochtdeficiet geregeld en bij cel 3 hadden luchttemp.- en RV regeling een vochtdeficiet tot gevolg. Zodra het vochtdeficiet groter wordt dan het ingestelde Max. vochtdeficiet, is de lucht te droog en moet er bevochtigd worden. Het vochtdeficiet van cel 1 is duidelijker stabiel (pendeling $\pm 0,05$ g/kg c.q. minder frequent) dan het vochtdeficiet van cel 3 (pendeling $\pm 0,15$ g/kg). Het vochtdeficiet in cel 1 wijkt duidelijk meer af (gemiddeld 0,15 g/kg boven het Max. vochtdeficiet) dan het vochtdeficiet van cel 3 welke gemiddeld rond het Max. vochtdeficiet ligt. Conclusie: De vochtdeficietregeling in cel 1 tijdens afventileren is duidelijk stabiel c.q. pendeling minder frequent, maar het vochtdeficiet ligt gemiddeld 0,15 g/kg boven het Max. vochtdeficiet. Aanbeveling: Omdat het hier de bevochtigingsregeling op basis van het vochtdeficiet betreft, zal de invloed van de vochtdeficietafwijking op de bevochtigingsklep (P-factor) groter ingesteld moeten worden, om zodoende de geconstateerde afwijking te voorkomen.

Resultaten uitgroei 1^e vlucht (cel 1 met vochtdeficietregeling) / zie bijlage grafieken

Grafieken luchttemperatuurregeling: Tijdens uitgroei 1^e vlucht hadden beide cellen een Regelw. luchttemp. van 17,5 °C. De luchttemp. van cel 1 is duidelijker stabiel (pendeling $\pm 0,2$ °C c.q. minder frequent) dan de luchttemp. van cel 3 (pendeling $\pm 0,4$ °C). Bij beide cellen lag de luchttemp. rond de Regelwaarde luchttemp. en was er geen sprake van een afwijking. Conclusie: De luchttemp. regeling in cel 1 tijdens uitgroei 1^e vlucht is duidelijk stabiel c.q. pendeling minder frequent en er is geen afwijking t.o.v. de Regelwaarde luchttemp.

Grafieken RV: Tijdens uitgroei 1^e vlucht had cel 1 een Max. RV van 86 % en cel 3 van 85 %. De RV van cel 1 is duidelijk stabiel (pendeling ± 1 % RV c.q. minder frequent) dan de RV van cel 3 (pendeling ± 2 % RV). De RV van cel 1 wijkt echter duidelijk meer af (gemiddeld 1,5 % RV boven de Max. RV) dan de RV van cel 3 welke gemiddeld rond de Max. RV ligt. Conclusie: De RV regeling in cel 1 tijdens uitgroei 1^e vlucht is duidelijk stabiel c.q. pendeling minder frequent, maar de RV ligt gemiddeld 1,5 % boven de Max. RV. (Zie ook aanbeveling bij grafieken vochtdeficiet)!

Grafieken vochtdeficiet: Tijdens uitgroei 1^e vlucht had cel 1 een Min. vochtdeficiet van 1,78 g/kg en cel 3 van 1,91 g/kg. Bij cel 1 werd er op vochtdeficiet geregeld en bij cel 3 hadden luchttemp.- en RV regeling een vochtdeficiet tot gevolg. Zodra het vochtdeficiet kleiner wordt dan het ingestelde Min. vochtdeficiet, is de lucht te vochtig en moet er ontvochtigd worden. Het vochtdeficiet van cel 1 is duidelijker stabiel (pendeling $\pm 0,12$ g/kg c.q. minder frequent) dan het vochtdeficiet van cel 3 (pendeling $\pm 0,25$ g/kg). Het vochtdeficiet in cel 1 wijkt duidelijk meer af (gemiddeld 0,15 g/kg onder het Min. vochtdeficiet) dan het vochtdeficiet van cel 3 welke gemiddeld rond het Min. vochtdeficiet ligt. Conclusie: De vochtdeficietregeling in cel 1 tijdens uitgroei 1^e vlucht is duidelijk stabiel c.q. pendeling minder frequent, maar het vochtdeficiet ligt gemiddeld 0,15 g/kg onder het Min. vochtdeficiet. Aanbeveling: Omdat het hier de ontvochtigingsregeling (koeling) op basis van het vochtdeficiet betreft, zal de invloed van de vochtdeficietafwijking op de Regelwaarde luchttemp. na koeling (P-factor) groter ingesteld moeten worden, om zodoende de geconstateerde afwijking te voorkomen.

Samenvatting

- Uit de grafieken blijkt dat bij de nieuwe vochtdeficietregeling zowel de luchttemperatuur, de RV alsook het vochtdeficiet een duidelijk stabiel verloop te zien geven (kleinere en minder frequente pendelingen).
- De luchttemperatuurregeling blijkt tevens zeer nauwkeurig de regelwaarde te volgen.
- De vochtdeficietregeling reageert direct en erg stabiel, maar is zowel tijdens het bevochtigen alsook het ontvochtigen met een te kleine invloed werkzaam, waardoor er een afwijking ($\pm 0,15$ g/kg) t.o.v. het ingestelde Min. /Max. vochtdeficiet ontstaat. Door de betreffende invloedsfactoren (P-factoren) groter in te stellen, kunnen deze afwijkingen worden voorkomen. Omdat ervaringen uit de praktijk echter aangaven dat de regeling goed reageert op wisselende omstandigheden, dienen deze invloedsfactoren met beleid aangepast te worden.

6.2. Gebruik klimaatunit

Naast de invloed van de nieuwe vochtdeficietregeling op kwaliteit en opbrengst is er ook gekeken naar de invloed op het gebruik van de klimaatunit. Daar de afzonderlijke energiebehoefte alleen met forse meerkosten kon worden gemeten, is er voor gekozen om ter indicatie de gemiddelde klepstanden van de klimaatunit met elkaar te vergelijken. Voor de berekening van de gemiddelde klepstanden is gebruik gemaakt van 4 teelten welke in cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele RV regeling) hebben plaatsgevonden in de periode april t/m oktober 2001. De gegevens zijn dus gebaseerd op 8 (4 * 2) teelten.

De gemiddelde klepstanden zijn alleen berekend over de teeltfasen waarin de vochtdeficietregeling werkzaam is. Dit is de periode van start afventileren tot aan het doodstomen. Om zicht op de verschillen per teeltfase te krijgen is er een indeling gemaakt in afventileren + knopvorming (5 dagen), uitgroei 1^e vlucht (8 dagen) en uitgroei 2^e vlucht (6 dagen). Het "gewicht" van de gemiddelde klepstanden is gerelateerd aan het aantal samples dat er in de betreffende teeltfasen werd genomen. Ter verduidelijking zijn van de RV en de luchttemp. tevens de gemeten waarde, de regelwaarde en de hieruit berekende afwijking in de tabel aangegeven.

In het onderste deel van de tabel zijn de klepstandverschillen tussen cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele RV regeling) per teeltfase aangegeven. Een negatief getal betekent dat cel 1 lagere klepstanden nodig had (en omgekeerd). Het verschil percentage in de tabel geeft een verschil in klepstanden aan. Uitgaande van een klep met een maximale klepstand van 100 % en een lineaire doorstroom, betekent b.v. een 4 % lagere klepstand in dat geval ook 4 % minder doorstroom. Daar de doorstroomkarakteristieken van kleppen in de praktijk geen lineair verloop hebben, mag men een 4 % lagere klepstand echter niet zonder meer zien als 4 % energiebesparing. Het verschilpercentage heeft echter wel een indicatieve waarde.

Teeltfase	cel	luchtklep	koeling	ventilator	verwarming	bevocht.	RV	Regw.RV	RV afw.	Ltemp.	Regw.Ltemp.	Ltemp.afw.
Afvent. +knopv.	1	58,9	56,8	56,1	0,0	39,0	90,5	91,5	-1,0	16,8	16,5	0,3
Afvent. +knopv.	3	60,3	57,6	54,8	0,3	47,4	91,2	91,0	0,2	16,8	16,5	0,3
Uitgroei 1 ^e vl.	1	54,2	52,8	53,0	8,2	0,8	87,1	83,3	3,8	18,2	18,2	0,0
Uitgroei 1 ^e vl.	3	57,1	57,2	53,7	12,3	0,1	84,2	82,8	1,4	18,5	18,5	0,0
Uitgroei 2 ^e vl.	1	64,0	42,8	73,0	13,4	24,4	82,8	82,5	0,3	18,0	18,1	-0,1
Uitgroei 2 ^e vl.	3	68,4	40,1	74,5	15,6	30,2	82,3	82,1	0,2	18,4	18,4	0,0
Verschil:												
Afvent. +knopv.	1 t.o.v. 3	-1,4	-0,8	1,3	-0,2	-8,3						
Uitgroei 1 ^e vl.	1 t.o.v. 3	-2,9	-4,4	-0,7	-4,0	0,7						
Uitgroei 2 ^e vl.	1 t.o.v. 3	-4,4	2,7	-1,5	-2,2	-5,8						

Resultaten:

- Luchtklep:** Vanaf het afventileren t/m uitgroei 2^e vlucht staat de luchtklepstand in cel 1 (vochtdeficietregeling) tussen de 1,4 en 4,4 % lager als bij referentiecel 3. Aangezien de luchtklep in deze fasen op CO₂ aangestuurd wordt, betekent dit dat de invloed van het vochtdeficiet op de Regelw. CO₂ tot lagere luchtklepstanden leidt, dan bij de invloed van de RV. Om de luchtklep optimaal te benutten (en o.a. meer koelenergie te besparen), kan daarom dan ook aanbevolen worden om in het programma de invloed van het vochtdeficiet op de Regelw. CO₂ verder te vergroten.
- Koeling:** De koelbehoefte in het afventileren + knopvorming ligt in cel 1 maar 0,8 % lager als in cel 3. Dit is echter niet verwonderlijk, omdat in deze fase met name de compost- en luchttemp. afgekoeld moeten worden. Er is in deze fase over het algemeen geen koeling t.b.v. ontvochtiging nodig. Tijdens uitgroei 1^e vlucht is er wel koeling voor ontvochtiging nodig en wordt er door de vochtdeficietregeling 4,4 % minder koeling gebruikt. Dat er tijdens uitgroei 2^e vlucht (tegen de verwachtingen in) 2,7 % meer koeling wordt gebruikt, kan o.a. worden geweten aan de felle reactie van de vochtdeficietregeling op het sproeien t.b.v. de 2^e vlucht. (In tegenstelling tot de 1^e vlucht, waar het sproeien hoofdzakelijk al in de voorbereidingsfase plaatsvindt). Omdat de snellere droging na het sproeien door de teler als positief voor de teeltresultaten werd ervaren, zijn hier echter geen aanpassingen voor nodig.
- Ventilator:** De ventilatorregeling is niet gewijzigd en de verschillen van 1,5 % lager tot 1,3 % hoger dan de referentiecel moeten dan ook worden gezocht in de klimaatinstellingen.
- Verwarming:** Tijdens het afventileren + knopvorming is er nagenoeg geen verwarming nodig. Tijdens uitgroei 1^e vlucht is er 4,0 % minder en tijdens uitgroei 2^e vlucht is er 2,2 % minder verwarming gebruikt door de vochtdeficietregeling. De meeste verwarming zal nodig zijn geweest als naverwarming tijdens het ontvochtigen. Bij de vochtdeficietregeling wordt tevens gebruik gemaakt van een inblaasregeling, wat mede tot een lagere verwarmingsbehoefte zal leiden.
- Bevochtiging:** Tijdens het afventileren + knopvorming is er de meeste behoefte aan bevochtiging i.v.m. het drogend effect van het afkoelproces in combinatie met een hoge Regelw. RV. De vochtdeficietregeling heeft hier gemiddeld 8,3 % minder bevochtiging nodig gehad. Tijdens uitgroei 1^e vlucht is er nagenoeg geen bevochtiging nodig geweest. Dit omdat er in deze fase juist veel ontvochtigd moet worden. Tijdens uitgroei 2^e vlucht is er (door het hanteren van een lage CO₂) wel bevochtiging nodig geweest, waarbij de vochtdeficietregeling 5,8 % minder bevochtiging gebruikte.
- RV afwijkingen:** De RV afwijkingen in de referentiecel (3) zijn respectievelijk tot 0,2 - 1,4 en 0,2 % hoger tijdens afventileren + knopvorming, uitgroei 1^e vlucht en uitgroei 2^e vlucht. In cel 1 was de vochtdeficietregeling actief, welke niet op de RV reageert, maar rechtstreeks op het vochtdeficiet. De vochtdeficietregeling blijkt (als gevolg van te klein ingestelde invloedsfactoren) een RV afwijking tot gevolg te hebben van respectievelijk 1 % lager tot 3,8 c.q. 0,3 % hoger. Door de invloedsfactoren groter in te stellen, kunnen deze afwijkingen worden voorkomen. De afwijkingen in het vochtdeficiet waren voor de teler niet zichtbaar, omdat er voor was gekozen om het vochtdeficiet op de achtergrond te laten functioneren, zonder dat de teler met dit enigszins complexe gegeven in aanraking kwam. Tijdens het gebruik van de regeling werd echter duidelijk dat het vochtdeficiet wel op het scherm en in grafiekvorm beschikbaar moet komen. Uit de grafieken blijkt verder, dat de vochtdeficietregeling voor een stabielere RV zorgt.
- Luchttemp. afwijkingen:** De gemiddelde luchttemp. tijdens afventileren + knopvorming ligt bij beide cellen 0,3 °C te hoog. Dit is echter te verklaren doordat men in deze fase de compost- en luchttemp moet afkoelen. Tijdens uitgroei 1^e en 2^e vlucht zijn er geen noemenswaardige temperatuurafwijkingen. Ondanks dat de gemiddelde luchttemperatuur niet afwijkt, zal de vochtdeficietregeling in combinatie met de inblaas temperatuurregeling voor een stabielere luchttemperatuur in de cel zorgen, wat een deel van de lagere koel- en verwarmingsbehoefte verklaard. Dit is ook in de grafieken van de luchttemperatuurregeling terug te zien.

Samenvatting:

De resultaten kunnen als volgt beknopt worden samengevat (in afgeronde gemiddelde klepstanden):

- Fase afventileren + knopvorming: 1 % lagere luchtklepstand en 8 % lagere bevochtigingsklepstand nodig
- Fase uitgroei 1^e vlucht: 3 % lagere luchtklepstand, 4 % lagere koelklepstand en 4 % lagere verwarmingsklepstand nodig
- Fase uitgroei 2^e vlucht: 4 % lagere luchtklepstand, 3 % hogere koelklepstand, 2 % lagere verwarmingsklepstand en 6 % lagere bevochtigingsklepstand nodig
- De RV afwijkingen zijn bij de vochtdeficietregeling tot 2 % groter als bij de referentiecel. Door de invloedsfactoren (P-factoren) groter in te stellen, kunnen deze afwijkingen worden voorkomen.
- De vochtdeficietregeling leidt tot lagere luchtklepstanden. Om de luchtklep optimaal te benutten is het aan te bevelen de invloed van de vochtdeficietafwijking op de Regelw. CO₂ (P-factor) groter in te stellen.

Opmerkingen:

- Tijdens uitgroei 2^e vlucht is er bij de gemiddelde klepstanden van beide cellen een energie-onzuinige situatie. Er is namelijk sprake van behoefte aan bevochtiging (24,4 - 30,2 %), koeling (42,8 - 40,1 %) en verwarming (13,4 - 15,6 %). Bovengenoemde situatie kan worden veroorzaakt door relatief grote dag / nacht verschillen in combinatie met hoge ventilatorstanden (73 - 74,5 %) en hoge luchtklepstanden (64 - 68,4 %). Bij navraag aan dhr. Korsman blijkt dit inderdaad te worden veroorzaakt, doordat de CO₂ t.b.v. de knopvorming van de 2^e vlucht verlaagd wordt (van ± 2000 ppm) naar 800 - 1000 ppm, waardoor er veel meer buitenlucht wordt gebruikt dan in de uitgroei van de 1^e vlucht. Dit wordt echter gedaan omdat anders de champignons teveel rekken. Door de bandbreedte van de CO₂ regeling te vergroten, zou er beter op de dag / nacht verschillen kunnen worden ingespeeld.
- Tijdens de testperiode is de extra mogelijkheid om naast de stoombevochtiging ook met de waterbevochtiging te werken niet gebruikt, daar er nog geen watervernevelaars waren geïnstalleerd. Gebruik hiervan had met name tijdens afventileren + knopvorming tot verdere energiebesparing geleid.

6.3. Opbrengst en kwaliteit

De nieuwe vochtdeficietregeling dient energiezuinig te zijn, zonder dat dit nadelige effecten op de opbrengst en kwaliteit heeft.

Aangezien de ontwikkeling van de nieuwe regeling in een aantal stappen heeft plaatsgevonden, heeft de testperiode van de volledige regeling hoofdzakelijk plaatsgevonden in de periode april t/m oktober 2001. Dit is met name de periode van het jaar waarin de ontvochtigingsregeling het meest actief zal zijn. De vochtdeficietregeling zal met name in deze periode het grootste verschil t.o.v. de traditionele RV regeling te zien geven.

De vernieuwde vochtdeficietregeling was actief in cel 1 en werd met de traditionele RV regeling van cel 3 vergeleken. Beide cellen hadden een parallel lopend teeltschema (maximaal 1 dag tijdsverschil) en werden met dezelfde grondstoffen gevuld en er werden vergelijkbare klimaatinstellingen gebruikt.

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste gegevens van 8 teelten (4 * cel 1 + 4 * cel 3) weergegeven. De meest belangrijke aandachtspunten zijn het effect van de nieuwe vochtdeficietregeling op de productie en de kwaliteit. Aangezien de kwaliteitsbeoordeling visueel gebeurt en dus een indicatieve waarde heeft, zijn er aan de tabel ook nog de droge stof gehalten toegevoegd.

CEL 1	Compost hvh.	Teeltopp.	Champ. goede kwaliteit kg			Champ. slechte kwaliteit kg			Droge stof champ. %			Champ. productie kg/ton		
Vulweek 2001	kg	m ²	Totaal	1 ^e vl.	2 ^e vl.	Totaal	1 ^e vl.	2 ^e vl.	Totaal	1 ^e vl.	2 ^e vl.	Totaal	1 ^e vl.	2 ^e vl.
42	116380	1330	44077	30452	13625	0	0	0	6,76	7,13	5,93	379	262	117
27	118700	1330	49418	33611	15807	0	0	0	6,82	7,2	6	416	283	133
22	119740	1320	52823	35910	16913	0	0	0	6,63	6,93	6	441	300	141
17	119000	1330	44656	30000	14656	0	0	0	6,59	6,95	5,85	375	252	123
Gemiddelde	118455	1328	47744	32493	15250	0	0	0	6,70	7,05	5,95	403	274	129
CEL 3	Compost hvh.	Teeltopp.	Champ. goede kwaliteit kg			Champ. slechte kwaliteit kg			Droge stof champ. %			Champ. productie kg/ton		
Vulweek 2001	kg	m ²	Totaal	1 ^e vl.	2 ^e vl.	Totaal	1 ^e vl.	2 ^e vl.	Totaal	1 ^e vl.	2 ^e vl.	Totaal	1 ^e vl.	2 ^e vl.
42	115320	1330	42116	30972	11144	1275	1275	0	6,77	7,1	5,83	376	280	97
27	120980	1330	45729	27836	17893	0	0	0	6,61	7	6	378	230	148
22	116460	1305	44966	31021	13945	838	838	0	6,39	6,56	6	393	274	120
17	120900	1330	42245	28147	14098	0	0	0	6,15	6,32	5,8	349	233	117
Gemiddelde	118415	1324	43764	29494	14270	528	528	0	6,48	6,75	5,91	374	254	120
% Verbetering cel 1 (nieuwe regeling) t.o.v. cel 3						1,19	1,76	0,00	3,39	4,56	0,63	7,65	7,94	7,02

Resultaten gebaseerd op 8 (4 * 2) teelten:

- Kwaliteit 1^e vlucht is 1,76 % verbeterd van gemiddeld 98,24 % naar 100 % goede kwaliteit
- Kwaliteit 2^e vlucht is gelijk gebleven op 100 % goede kwaliteit
- **Kwaliteit totaal is 1,19 % verbeterd van 98,81 % naar 100 % goede kwaliteit**
- Droge stof gehalte 1^e vlucht is 4,56 % verbeterd van gemiddeld 6,75 naar 7,05 %
- Droge stof gehalte 2^e vlucht is 0,63 % verbeterd van gemiddeld 5,91 naar 5,95 %
- **Droge stof gehalte totaal is 3,39 % verbeterd van gemiddeld 6,48 naar 6,70 %**
- Productie van de 1^e vlucht is 7,94 % verbeterd van gemiddeld 254 naar 274 kg/ton
- Productie van de 2^e vlucht is 7,02 % verbeterd van gemiddeld 120 naar 129 kg/ton
- **Productie totaal is 7,65 % verbeterd van gemiddeld 374 naar 403 kg/ton**

Samenvatting:

- De nieuwe vochtdeficietregeling blijkt geen nadelige effecten op productie en kwaliteit te hebben
- Er is zelfs een duidelijke verbetering waargenomen in zowel productie alsook kwaliteit
- In tegenstelling tot de verwachtingen, heeft de grootste verbetering niet bij de kwaliteit maar bij de productie plaatsgevonden. Op basis van de praktijkervaringen komt dit door het snellere ingrijpen (met name na het sproeien) van de nieuwe regeling.
- De visuele kwaliteitsbeoordeling gaf een verbetering aan van 1,19 % terwijl de droge stof gehalten een verbetering van 3,39 % aangaven. De droge stof gehalten zijn een nauwkeurigere indicatie voor de kwaliteitsverbetering.
- Zowel de kwaliteitsverbetering alsook de productieverbetering van 7,65 % hebben plaatsgevonden van april t/m oktober 2001 (ontvochtigingsperiode). De resterende maanden van het jaar (bevochtigingsperiode) zijn minder kritisch wat het klimaat betreft. Aangenomen mag worden dat het voordeel van de nieuwe regeling in deze maanden minder groot zal zijn.

Energie-efficiëncy

Het totale effect op de energie-efficiëncy welke met de vochtdeficietregeling kan worden gerealiseerd, wordt enerzijds gevormd door een stabielere klimaatregeling met lagere klepstanden en anderzijds door een hogere productie en kwaliteit. De combinatie van deze factoren zal de energie-efficiëncy met naar schatting 6 tot 8 % kunnen verbeteren.

7. Conclusies

Op basis van de praktijkervaringen en de resultaten m.b.t. de stabiliteit van de regeling, het gebruik van de klimaatunit en de opbrengst en kwaliteit kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Praktijktest

- De regeling werkt goed onder moeilijke teeltomstandigheden zoals uitgroei 1^e vlucht en onder wisselende weersomstandigheden.
- De groei is spontaner, de champignons drogen sneller en de verdamping is beter.
- Op het bed gaat het goed, terwijl de RV toch hoger is dan ingesteld. Het is dan ook erg belangrijk, dat het vochtdeficiet zichtbaar gemaakt wordt.
- In het algemeen zijn de ervaringen zeer optimistisch: de groei ging wat spontaner, de kwaliteit van de champignons was over het algemeen beter en de productie was duidelijk hoger.

Stabiliteit regeling

- Uit de grafieken blijkt dat de nieuwe vochtdeficietregeling bij zowel de luchttemperatuur, de RV alsook het vochtdeficiet een duidelijk stabiel verloop te zien geeft (de pendelingen zijn kleiner en minder frequent).
- De luchttemperatuurregeling blijkt tevens zeer nauwkeurig de regelwaarde te volgen.
- De vochtdeficietregeling reageert direct en erg stabiel, maar is zowel tijdens het bevochtigen alsook het ontvochtigen met een te kleine invloed werkzaam, waardoor er een afwijking ($\pm 0,15$ g/kg) t.o.v. het ingestelde Min. /Max. vochtdeficiet ontstaat. (Dit was ook terug te zien in de geconstateerde RV afwijking). Door de betreffende invloedsfactoren (P-factoren) groter in te stellen, kunnen deze afwijkingen worden voorkomen. Omdat de ervaringen echter aangaven dat de regeling goed reageert op wisselende omstandigheden, dienen deze invloedsfactoren met beleid aangepast te worden.

Gebruik klimaatunit

- Gemiddelde klepstanden fase afventileren + knopvorming: 1 % lagere luchtklepstand en 8 % lagere bevochtigingsklepstand.
- Gemiddelde klepstanden fase uitgroei 1^e vlucht: 3 % lagere luchtklepstand, 4 % lagere koelklepstand en 4 % lagere verwarmingsklepstand.
- Gemiddelde klepstanden fase uitgroei 2^e vlucht: 4 % lagere luchtklepstand, 3 % hogere koelklepstand, 2 % lagere verwarmingsklepstand en 6 % lagere bevochtigingsklepstand. (Daar de doorstroomkarakteristieken van kleppen in de praktijk geen lineair verloop hebben, mag men b.v. een 4 % lagere klepstand echter niet zonder meer zien als 4 % energiebesparing. Het verschilpercentage heeft echter wel een indicatieve waarde).
- De vochtdeficietregeling leidt tot lagere luchtklepstanden dan de RV regeling. Om de luchtklep optimaal te benutten (en o.a. meer koelenergie te besparen), is het aan te bevelen de invloed van de vochtdeficietafwijking op de Regelw. CO₂ (P-factor) groter in te stellen.
- Dat er tijdens uitgroei 2^e vlucht meer koeling gebruikt wordt, kan o.a. worden geweten aan de felle reactie van de vochtdeficietregeling op het sproeien t.b.v. de 2^e vlucht. (In tegenstelling tot de 1^e vlucht, waar het sproeien hoofdzakelijk al in de voorbereidingsfase plaatsvindt).
- De in de klimaatgrafieken geconstateerde RV afwijking bij de vochtdeficietregeling is ook in de berekende gemiddelde RV afwijking weer terug te zien. Door de betreffende invloedsfactoren (P-factoren) groter in te stellen, kunnen deze afwijkingen worden voorkomen.
- Tijdens het gebruik van de regeling werd duidelijk dat het vochtdeficiet wel op het scherm en in grafiekvorm beschikbaar moet komen.
- De inblaasttemperatuurregeling zorgt voor een stabielere luchttemperatuur in de cel, wat mede tot een lagere koel- en verwarmingsbehoefte zal leiden.
- Tijdens uitgroei 2^e vlucht is er bij de gemiddelde klepstanden van beide cellen een energie-onzuinige situatie. Er is namelijk sprake van behoefte aan bevochtiging, koeling en verwarming. Dit blijkt te worden veroorzaakt, doordat de CO₂ t.b.v. de knopvorming van de 2^e vlucht sterk verlaagd wordt, waardoor er veel meer buitenlucht wordt gebruikt dan in de uitgroei van de 1^e vlucht. Dit wordt echter gedaan omdat anders de champignons teveel rekken. Door de bandbreedte van de CO₂ regeling te vergroten, zou er beter op de dag / nacht verschillen kunnen worden ingespeeld.
- Tijdens de testperiode is de extra mogelijkheid om naast de stoombevochtiging ook met de waterbevochtiging te werken niet gebruikt, daar er nog geen watervernevelaars waren geïnstalleerd.

Gebruik hiervan had met name tijdens afventileren + knopvorming tot verdere energiebesparing geleid.

Opbrengst en kwaliteit

- De totale kwaliteit is 1,19 % verbeterd van 98,81 % naar 100 % goede kwaliteit.
- Het totale droge stof gehalte is 3,39 % verbeterd van gemiddeld 6,48 naar 6,70 %. (De droge stof gehalten zijn een nauwkeurigere indicatie voor de kwaliteitsverbetering).
- De totale productie is 7,65 % verbeterd van gemiddeld 374 naar 403 kg/ton.
- De nieuwe vochtdeficietregeling blijkt geen nadelige effecten op productie en kwaliteit te hebben. Er is zelfs een duidelijke verbetering waargenomen in zowel productie alsook kwaliteit c.q. droge stof gehalte.
- In tegenstelling tot de verwachtingen, heeft de grootste verbetering niet bij de kwaliteit maar bij de productie plaatsgevonden. Op basis van de praktijkervaringen komt dit waarschijnlijk doordat de champignons sneller drogen na het sproeien.
- Zowel de kwaliteitsverbetering alsook de productieverbetering hebben plaatsgevonden van april t/m oktober 2001 (ontvochtigingsperiode). De resterende maanden van het jaar (bevochtigingsperiode) zijn minder kritisch wat het klimaat betreft. Aangenomen mag worden dat het voordeel van de nieuwe regeling in deze maanden minder groot zal zijn.

Energie-efficiëncy

- Het totale effect op de energie-efficiëncy welke met de vochtdeficietregeling kan worden gerealiseerd, wordt enerzijds gevormd door een stabielere klimaatregeling met lagere klepstanden en anderzijds door een hogere productie en kwaliteit. De combinatie van deze factoren zal de energie-efficiëncy met naar schatting 6 tot 8 % kunnen verbeteren.

Implementatie

- M.b.t. de vochtdeficietregeling is het systeem voorzien van een inblaastemperatuurvoeler, een voeler achter het koelblok en een 2^e (water)bevochtiging. Bij implementatie van de vochtdeficietregeling in andere klimaatcomputersystemen dient hier rekening mee te worden gehouden.

8. Aanbevelingen

De energiezuinige vochtregeling heeft tijdens de praktijktest ruim voldoende positieve resultaten opgeleverd, zodat kan worden aanbevolen om deze regeling verder te optimaliseren en ook te implementeren in de andere klimaatcomputersystemen. Hierbij dienen tevens de volgende inhoudelijke aanbevelingen te worden meegenomen:

Optimalisatie

- De vochtdeficietgegevens dienen zowel op het scherm alsook in grafiekvorm beschikbaar te komen.
- De vochtdeficietregeling is zowel tijdens het bevochtigen alsook het ontvochtigen met een te kleine invloed werkzaam, waardoor er een afwijking ($\pm 0,15$ g/kg) t.o.v. het ingestelde Min. /Max. vochtdeficiet ontstaat. Door de betreffende invloedsfactoren (P-factoren) groter in te stellen, kunnen deze afwijkingen worden voorkomen.
- De vochtdeficietregeling leidt tot lagere luchtklepstanden dan de RV regeling. Om de luchtklep optimaal te benutten (en o.a. meer koelenergie te besparen), kan worden aanbevolen om de invloed van de vochtdeficietafwijking op de Regelwaarde CO₂ (P-factor) groter in te stellen.

Luchtdrukcorrectie vochtdeficiet en zuurstof regeling

- In een vervolgproject de energiezuinige vochtregeling uitbreiden met een luchtdrukcorrectie en een zuurstofregeling (waarbij men kan kiezen tussen CO₂ of O₂ of een combinatie van CO₂ en O₂ regeling). De verdamping wordt sterk beïnvloed door veranderingen in de luchtdruk buiten. De huidige klimaatregelingen spelen hier niet op in, waardoor er vaak onnodig energie wordt verbruikt. Tevens zijn er aanwijzingen dat de grenzen voor buitenlucht gebruik extremer (dus energiezuiniger) kunnen worden toegepast, als er op basis van O₂ wordt geregeld. Via praktijkproeven kan men op relatief eenvoudige wijze nagaan op basis van welke parameter (CO₂, O₂ of een combinatie van CO₂ en O₂) de luchtklep het beste kan worden geregeld.

Implementatie

- Indien rekening wordt gehouden met de bovenstaande aandachtspunten, kan tot implementatie van de vochtdeficietregeling in de andere klimaatcomputersystemen worden overgegaan.
- M.b.t. de vochtdeficietregeling dient het klimaatcomputersysteem (indien nog niet aanwezig) per cel voorzien te worden van een inblaastemperatuurvoeler, een voeler achter het koelblok en eventueel een 2° (water)bevochtiging.
- Indien het systeem ook wordt voorzien van luchtdrukcorrectie en zuurstofregeling, zal er tevens een centrale zuurstofmeter met luchtdrukcorrectie nodig zijn.

Aanbevelingen t.b.v. teler

- Tijdens uitgroei 2° vlucht is er bij de gemiddelde klepstanden van beide cellen een energie-onzuinige situatie, doordat er met een sterk verlaagde CO₂ wordt gewerkt. Er kan worden aanbevolen om de bandbreedte van de CO₂ regeling te vergroten, om zodoende beter in te kunnen spelen op de dag / nacht verschillen.
- Tijdens de testperiode is de extra mogelijkheid om naast de stoombevochtiging ook met de waterbevochtiging te werken niet gebruikt, daar er nog geen watervernevelaars waren geïnstalleerd. Het alsnog installeren hiervan zal met name tijdens afventileren + knopvorming tot verdere energiebesparing leiden.

9. Literatuurlijst

Gielen, J.H. (1998)

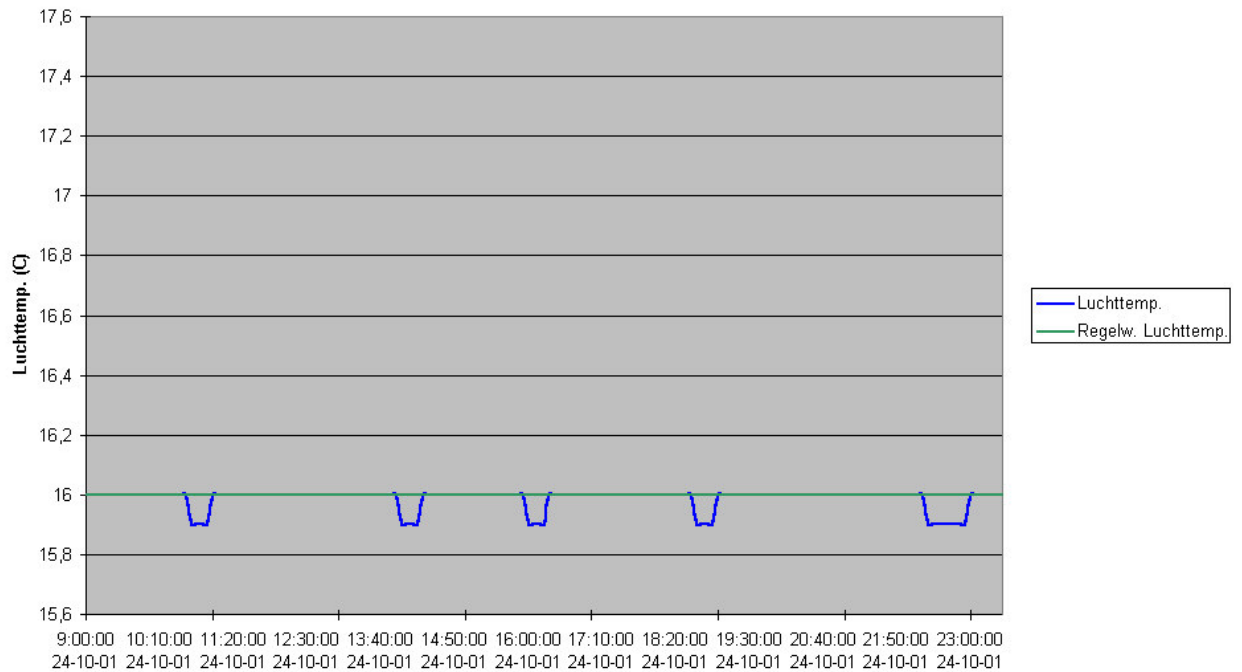
NOVEM rapport "Energiebalans tussen groeiproses en klimaatregeling in de champignonteelt"
IPC Plant, HORST

10. Bijlagen

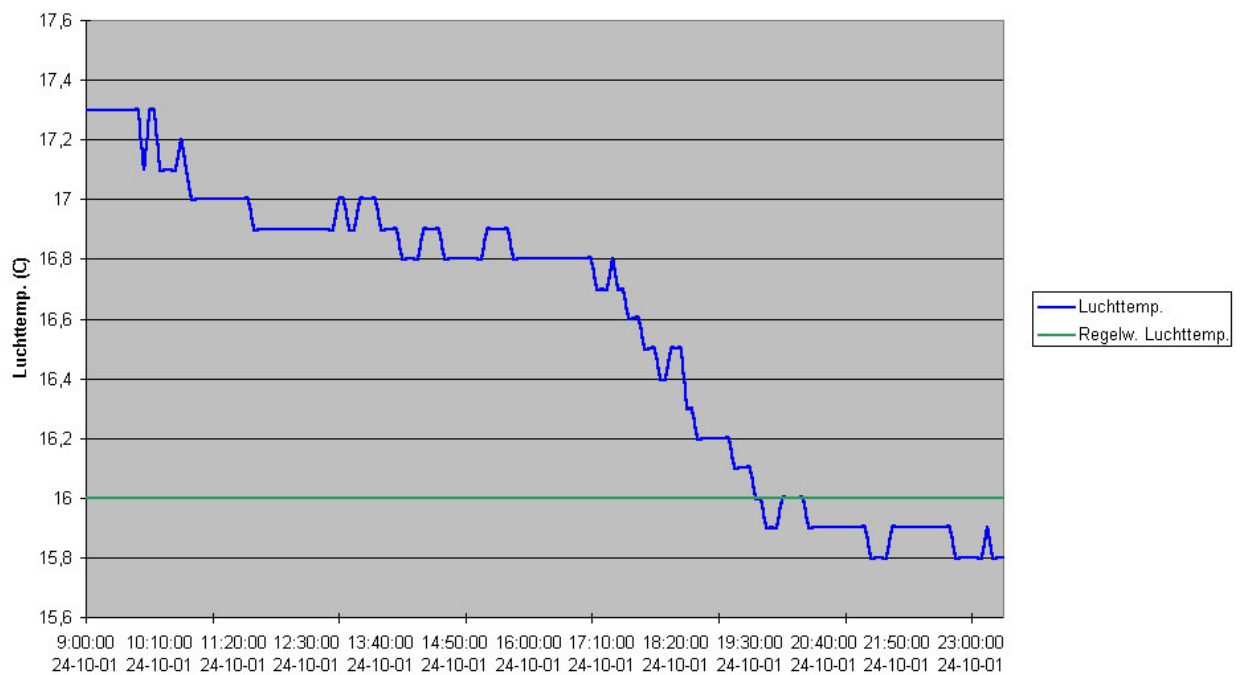
10.1. Grafieken

Afventileren: grafieken luchttemp. cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele regeling).

Luchttemp. afventileren cel 1

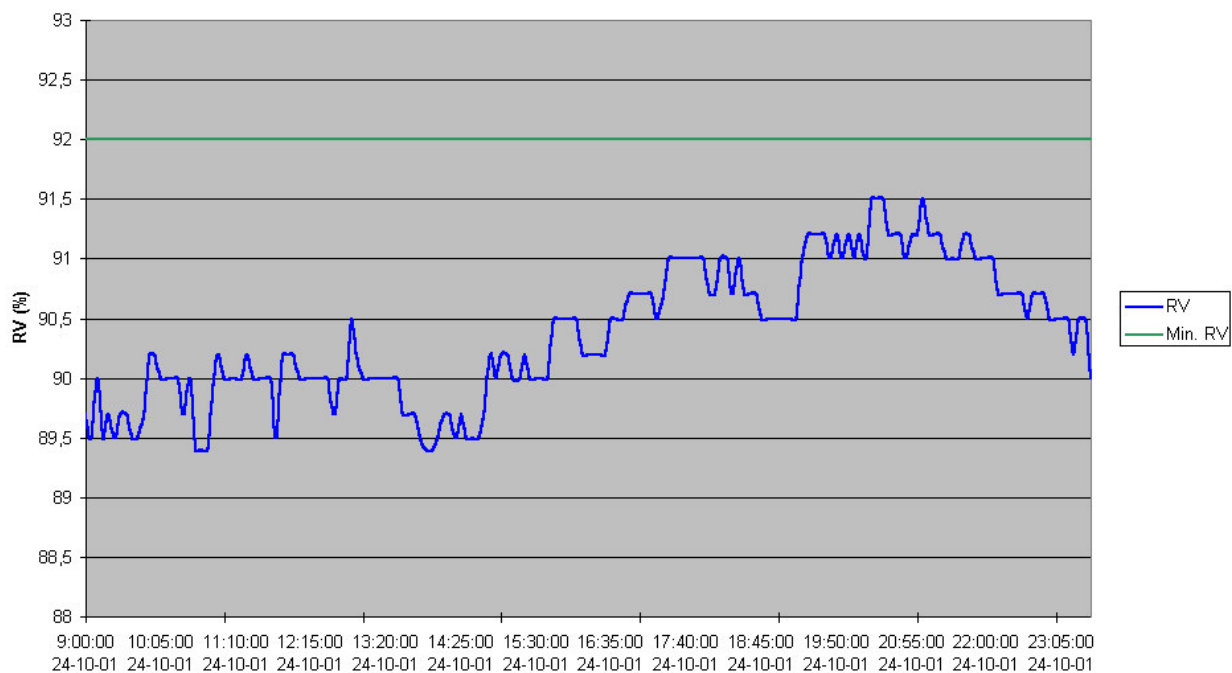


Luchttemp. afventileren cel 3

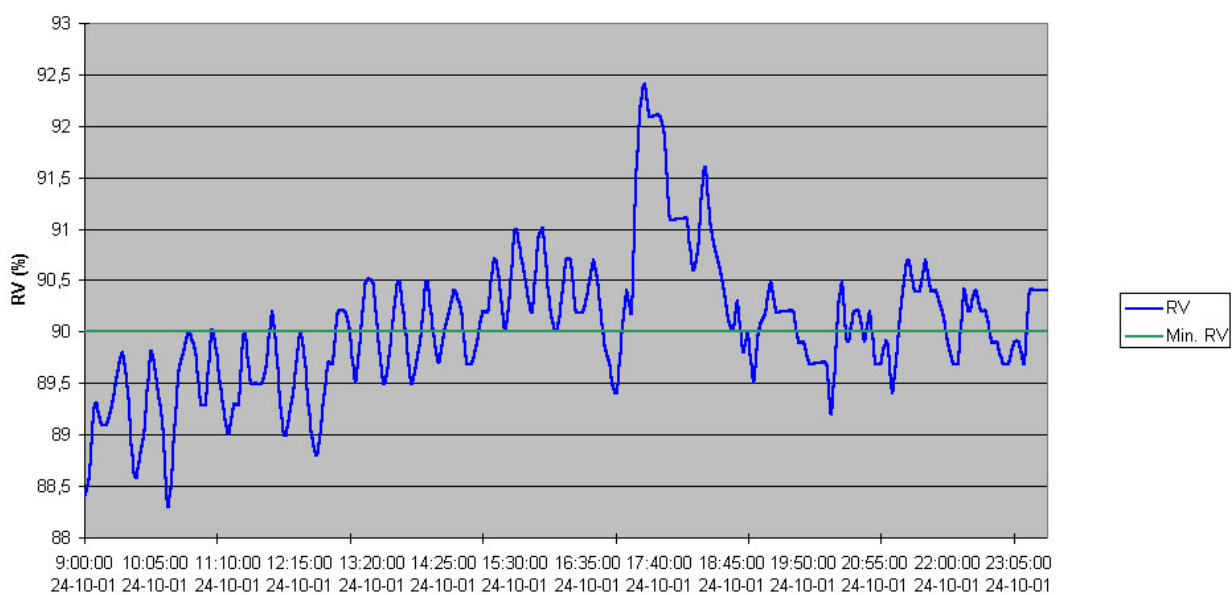


Afventileren: grafieken RV cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele regeling).

RV afventileren cel 1

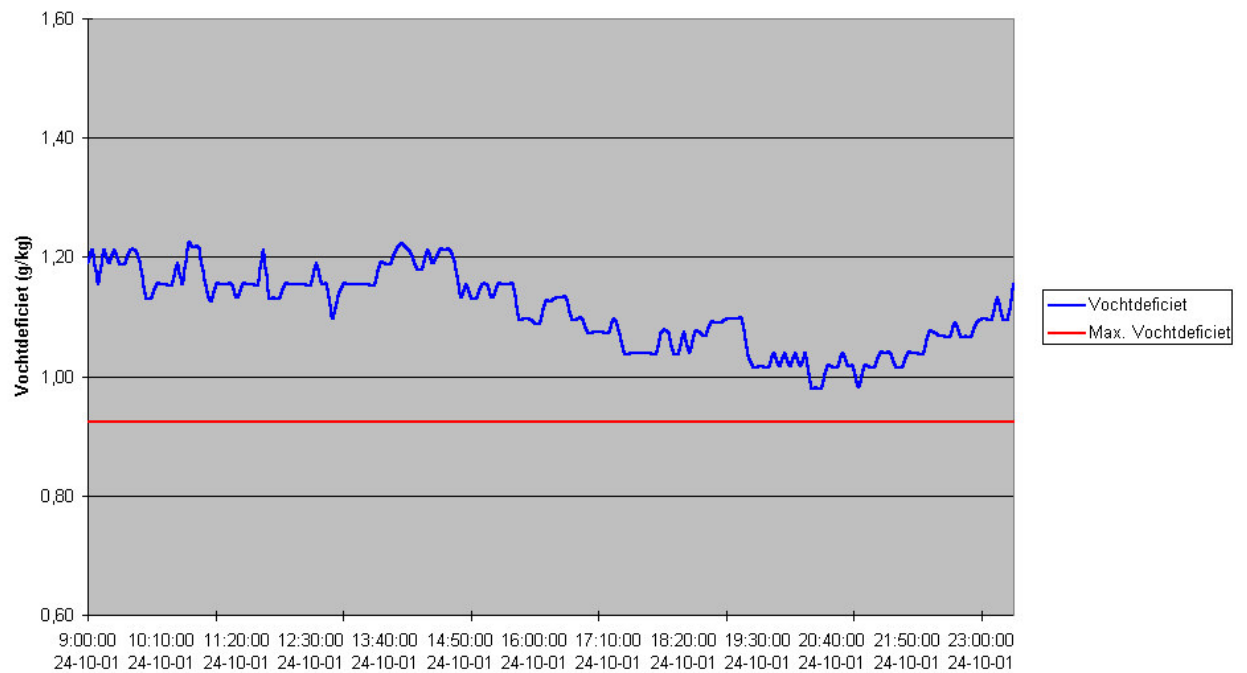


RV afventileren cel 3

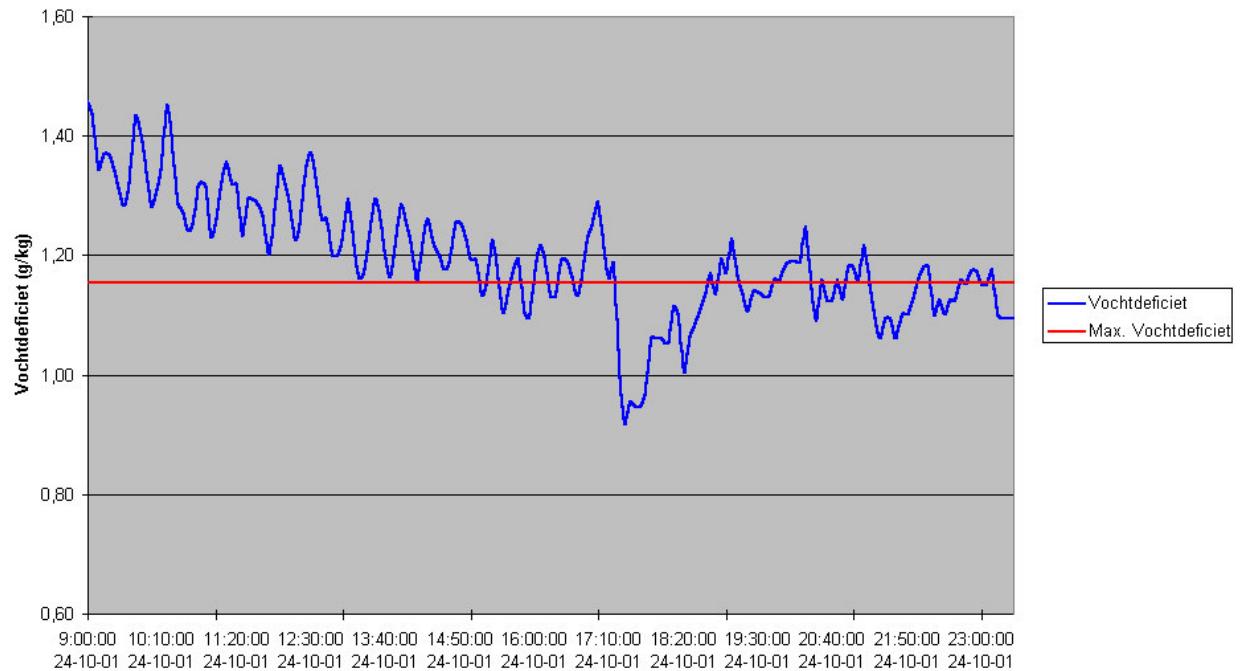


Afventileren: grafieken bevochtiging cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele regeling).

Bevochtiging afventileren cel 1

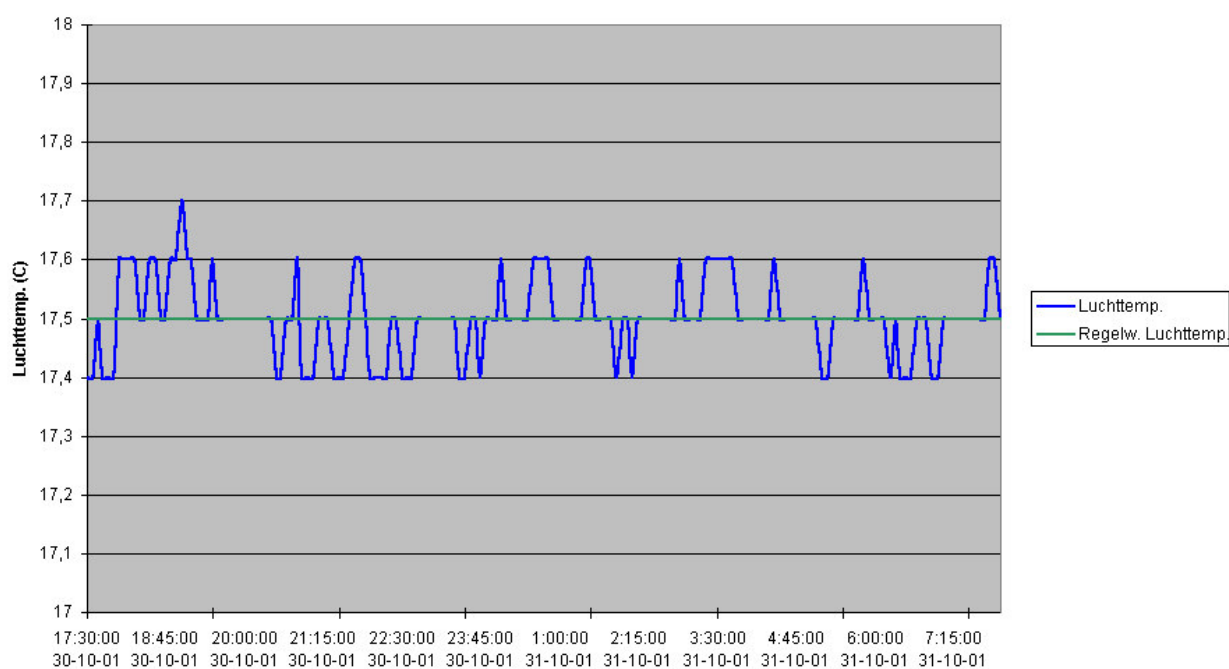


Bevochtiging afventileren cel 3

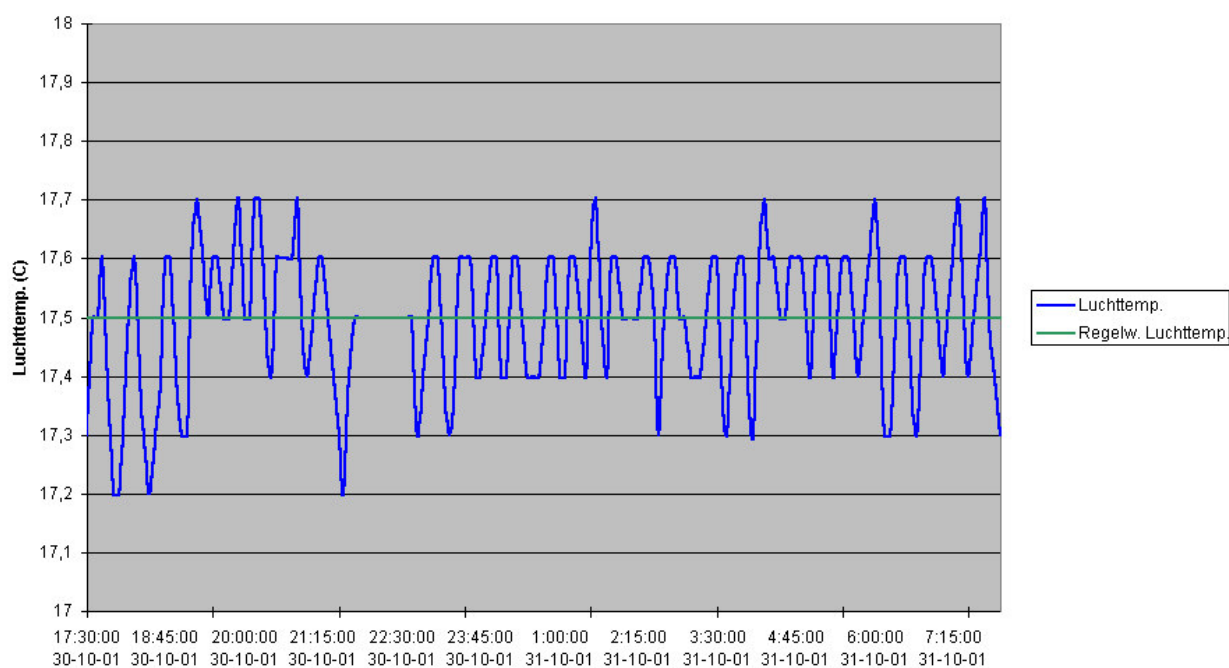


Uitgroei 1^e vlucht: grafieken luchttemp. cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele regeling).

Luchttemp. uitgroei 1^e vlucht cel 1

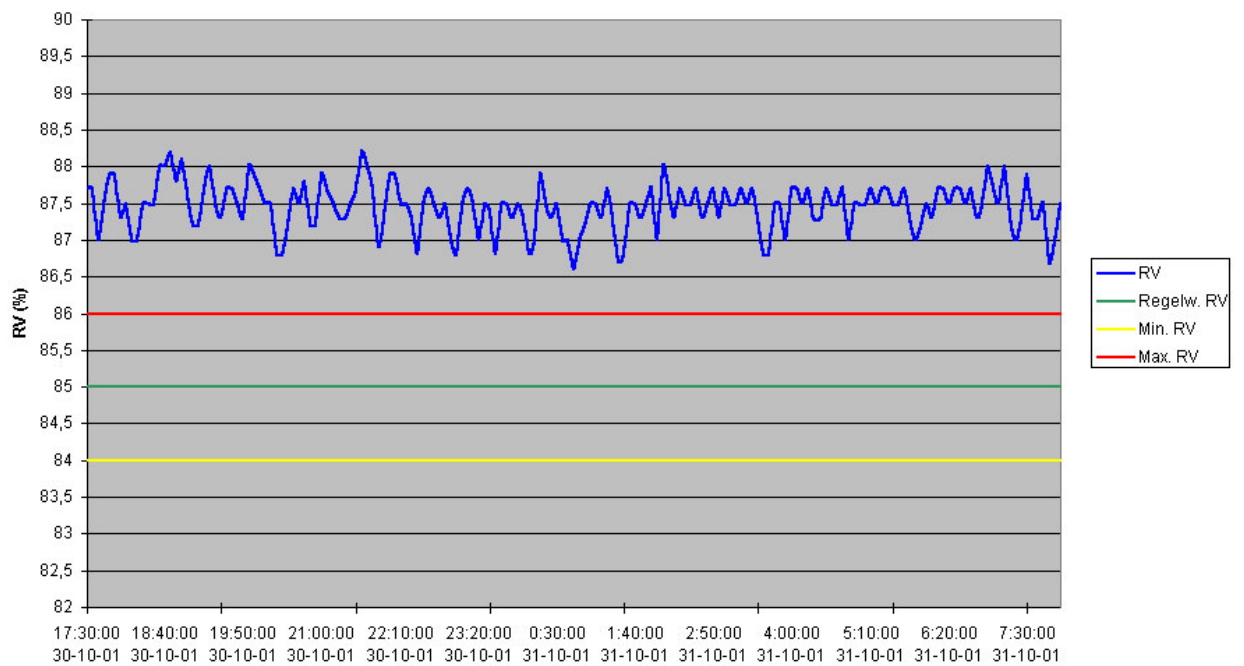


Luchttemp. uitgroei 1^e vlucht cel 3

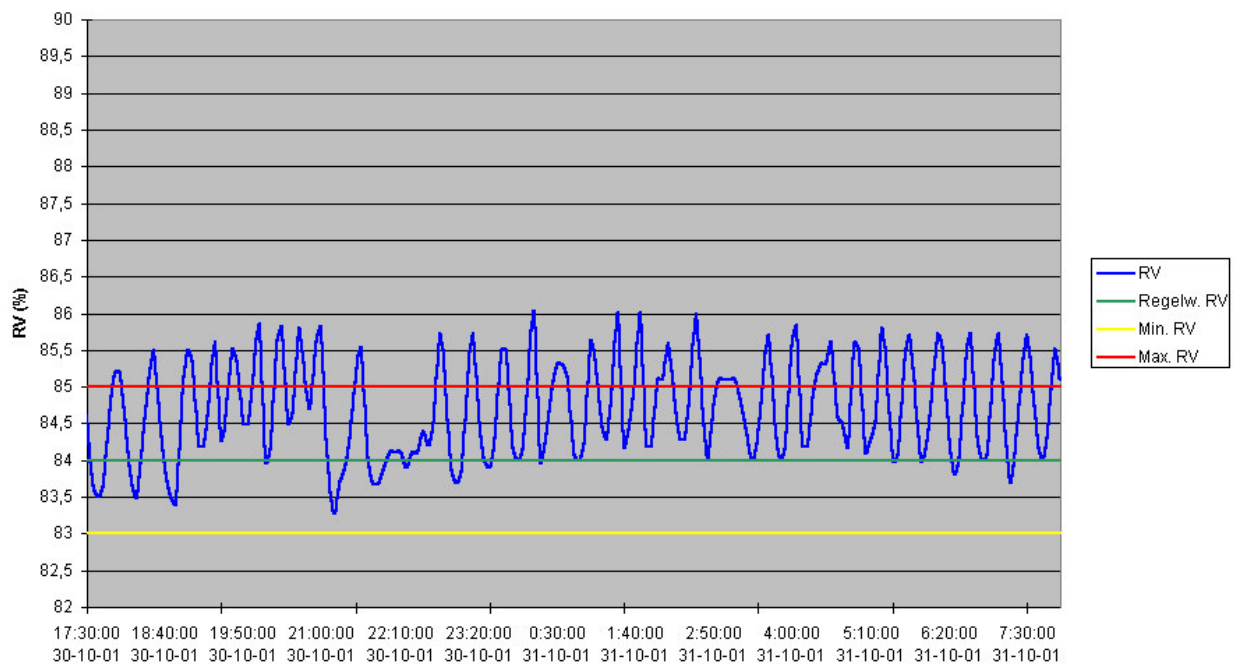


Uitgroei 1^e vlucht: grafieken RV cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele regeling).

RV uitgroei 1^e vlucht cel 1

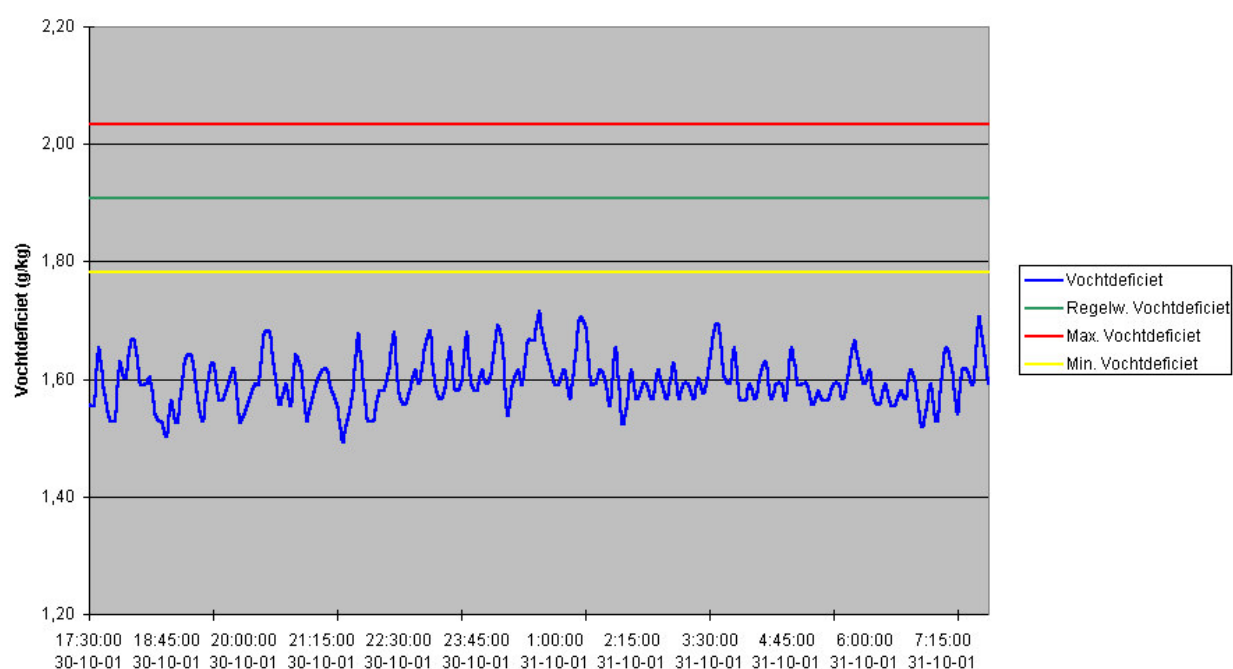


RV uitgroei 1^e vlucht cel 3

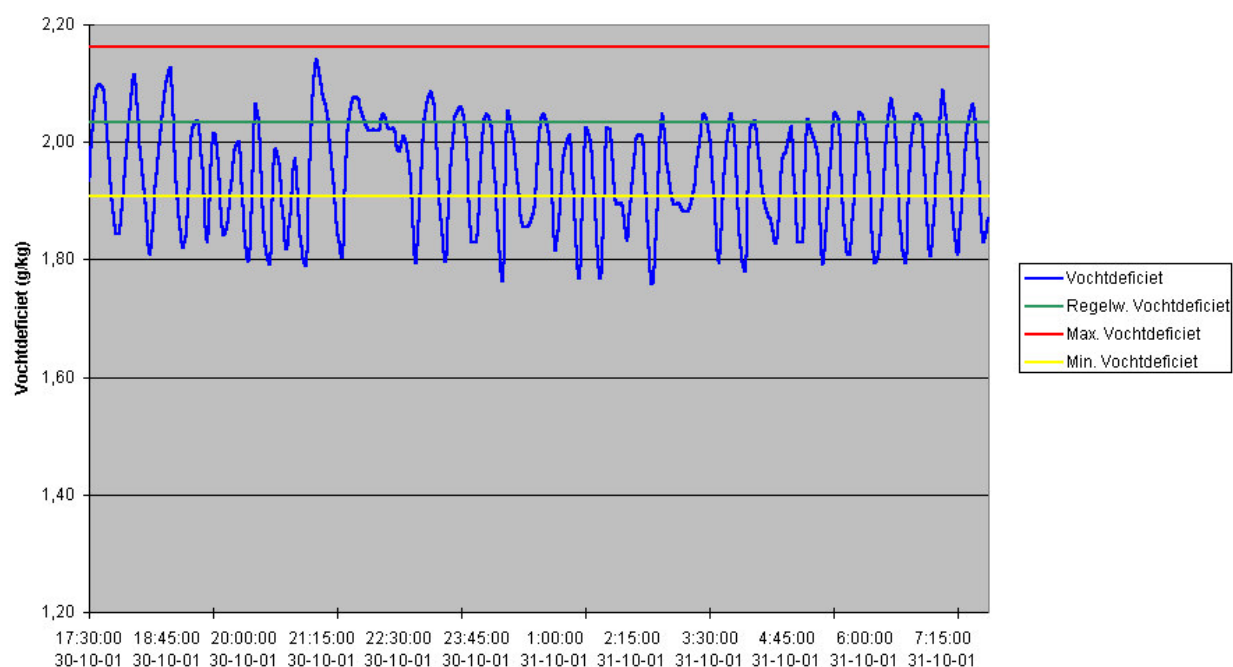


Uitgroei 1^e vlucht: grafieken ontvochtiging cel 1 (vochtdeficietregeling) en cel 3 (traditionele regeling).

Ontvochtiging uitgroei 1^e vlucht cel 1



Ontvochtiging uitgroei 1^e vlucht cel 3



10.2. Mollierdiagram

