



Het meten van verdamping bij champignons met behulp van infrarood temperatuur sensoren

Innovatieve teeltsturing

Projectuitvoering: Ing. P.C.C. van Loon en Ing. J.G.M. Amsing, PPO paddestoelen
Rapportage: J.H. Gielen, C point

Plant Research International B.V., Wageningen
Cpoint Horst

Plant Research International B.V., Wageningen
December 2008

Sector Paddestoelen
PRI nummer 620223

© 2008 Wageningen, Plant Research International 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 Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V. en Cpoint zijn niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is in opdracht van: Productschap Tuinbouw

PRI projectnummer: 620223

PT projectnummer 12300

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 – 48 60 01
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Samenvatting	1
2. Inleiding	2
2.1 Probleemstelling	2
2.2 Doelstelling	2
2.3 Projectuitvoering en rapportage	2
3. Opzet en uitvoering	3
3.1 Proefopzet	3
3.2 Meetplekken	3
3.3 Welke metingen	3
3.4 Gebruikte meetsensoren	4
3.5 Codering meetsensoren	5
3.6 Teeltschema	6
3.7 Registratie	7
3.8 Begeleidingscommissie	7
3.9 Verslag startbijeenkomst begeleidingscommissie 8 juni 2005	7
3.10 Verslag bijeenkomst begeleidingscommissie 2 maart 2006	8
4. Resultaten en discussie	9
4.1 Meetapparatuur	9
4.2 Praktijkervaringen IR handmetingen	9
4.3 Resultaten	10
4.4 Discussie	12
4.5 Kennisoverdracht	12
5. Conclusies en aanbevelingen	13
5.1 Conclusies	13
5.2 Aanbevelingen	14
6. Geraadpleegde Literatuur	15
Bijlage I.	16
I-1 Grafiek thermokoppel metingen (micro)	16
I-2 Grafiek lucht en compost (micro en cel)	16
I-3 Grafiek RV en vochtdeficit (micro en cel)	17
I-4 Grafiek IR meting (dekaarde en champignon)	17
Bijlage II.	18
II-1 Grafiek onderlinge verschillen IR oppervlakte dekaarde	18
II-2 Grafiek onderlinge verschillen IR champignon	18
Bijlage III.	19
III-1 Knoppen 1 ^e vlucht	19
III-2 Knoppen 2 ^e vlucht	19
III-3 Aantal knoppen en sortering	20

1. Samenvatting

Regelmatig doen zich problemen voor met de knopvorming en uitgroei van champignons. Voor een juiste sturing hiervan is meer inzicht in het microklimaat nodig. Momenteel wordt door een aantal telers een handmatige infrarood meter gebruikt om de oppervlaktetemperatuur van het bed tijdens het afventileren te meten. Ze zijn hierdoor in staat om de knopvorming in de eerste vlucht beter te sturen. Er is nog onvoldoende kennis aanwezig voor toepassing in de tweede vlucht. Telers geven aan dat de stuurbaarheid van de teelt sterk toeneemt als gebruik gemaakt kan worden van dergelijke informatie.

Doel van dit project is de stuurbaarheid van de teelt te vergroten en informatie te leveren over de toepassingsmogelijkheden van infrarood sensoren voor het meten van locale temperatuur en verdamping. Verder zal worden nagegaan welke sensoren het beste gebruikt kunnen worden en wat de precieze invloed is van dekaarde- en champignontemperaturen op de knopvorming, uitgroei en verdamping. Hiertoe is een meetinstallatie gebouwd waarmee praktijkmetingen zijn uitgevoerd op de kwekerij van dhr. M. Hanenberg. Op 4 meetplekken in de proefcel zijn elk 5 thermokoppelmetingen (composttemp, dekaardetemp. op 0,5 cm en op 4 cm diep, droge- en natte bol tussen uitgroeiende knoppen) en 2 infrarood (IR)metingen (bedoppervlakte en knop/hoed) uitgevoerd. M.b.t. de thermokoppelmetingen waren er veel technische problemen en afwijkingen, waardoor aanvullende testen nodig waren. Uit deze testen bleek dat PT(100) sensoren beter geschikt zijn voor dergelijke toepassingen. De infraroodmetingen gaven wel een betrouwbare meetwaarde aan, waarbij de IR bedoppervlaktemeting praktisch bruikbaar is, omdat de IR knop/hoed meting regelmatig moet worden gericht. Wat betreft de onderlinge verschillen van de 4 meetplaatsen, deze waren dusdanig klein, dat men zou kunnen volstaan met een enkele (representatieve) IR bedoppervlaktemeting. Deze kan dan tevens worden gebruikt om het verdampingsdeficit tussen bedoppervlakte en cellucht te bepalen.

Bij de IR metingen blijkt de dekaardeoppervlakte warmer te zijn dan de temperatuur van de knop/hoed. Hierdoor is het temperatuurverschil tussen cellucht en dekaarde groter dan tussen cellucht en knop/hoed. Ook het berekende verdampingsdeficit tussen dekaarde en cellucht is hierdoor groter dan het verdampingsdeficit tussen cellucht en knop/hoed. Dus zowel op temperatuurverschil alsook verdampingsdeficit verdampt de dekaarde gemakkelijker water dan de champignonhoed. Naar verwachting wordt de verdamping van de champignon ook actief ondersteund door het groeiproces (met afkoeling van de hoed als gevolg). In de 1e vlucht is het mogelijk om de knopvorming te sturen op basis van de IR oppervlaktetemperatuur van de dekaarde. De beste resultaten worden bereikt bij een oppervlaktetemperatuur van +/- 21,5 °C. Een lagere oppervlaktetemperatuur geeft een iets "zwarter" oppervlak en een hogere oppervlaktetemperatuur geeft een iets "witter" oppervlak. De IR handmeting wordt dus gebruikt om te meten in hoeverre de dekaarde doorgroeit is. In de 2e vlucht is dit op een handmatige manier niet goed realiseerbaar (Door koppeling van de IR oppervlaktetemperatuur aan de klimaatcomputer kan er continu en op kleine veranderingen worden gereageerd, waardoor dit mogelijk ook voor de sturing van de knopvorming van de 2^e vlucht een meerwaarde kan opleveren).

Door in eerste instantie alleen een enkele (representatieve) IR bedoppervlaktetemperatuur meting te koppelen aan de klimaatcomputer, kan behalve de temperatuur van de bedoppervlakte tevens het verdampingsdeficit tussen bedoppervlakte en cellucht worden bepaald. Op deze wijze kan een continue en directe bijsturing worden gerealiseerd. De klimaatregeling zou de luchttemperatuur in de cel iets moeten verlagen als de IR bedoppervlakte temperatuur warmer wordt dan gewenst c.q. het verdampingsdeficit tussen bedoppervlakte en cellucht kleiner wordt dan gewenst (en omgekeerd). Dit regelprincipe wordt nu ook al bij de composttemperatuurregeling toegepast, dus is relatief makkelijk te implementeren. De resultaten van dit project laten zien dat zeker in de knopvorming van de 1e vlucht het meten van vooral de IR bedoppervlaktetemperatuur een extra sturingsmogelijkheid voor de knopvorming oplevert. Bij een continue meting zou dit mogelijk ook in de knopvorming van de 2e vlucht voordelen kunnen opleveren. Het Compost In Controle (CIC) project, biedt een ideale mogelijkheid om een dergelijke meting(en) te implementeren voor het volgen van de effecten op het microklimaat.

2. Inleiding

2.1 Probleemstelling

Tijdens de teelt van champignons doen zich regelmatig problemen voor met de knopvorming en uitgroei van champignons. Een slechte kwaliteit van champignons heeft een reductie van de financiële opbrengst van telers, handelaren en conservenindustrie tot gevolg. De problemen zijn veelal een (in)direct gevolg van grondstoffen, teelthandelingen, watergiften en klimaatomstandigheden. Om opbrengst- en kwaliteitsproblemen te voorkomen of te verminderen, moet de champignonkweker de activiteit en verdamping goed kunnen schatten.

Momenteel wordt de infrarood temperatuurmeter door een aantal telers gebruikt om de oppervlaktetemperatuur tijdens het afventileren te meten. Ze zijn hierdoor in staat om de knopvorming in de eerste vlucht beter te sturen. Er is nog onvoldoende kennis aanwezig om deze techniek ook voor de tweede vlucht toe te passen.

Uit een studie van PPO-Paddestoelen en C point (Amsing en Straatsma, 2004a, b; Gielen 2004) wordt duidelijk dat er sterke behoefte is aan informatie over actuele en cumulatieve verdampingsgegevens van een termijn van enkele uren tot een dag. Telers geven aan dat de stuurbaarheid van de teelt sterk toeneemt als gebruik gemaakt kan worden van deze informatie. Via het WVC-systeem wordt een algemene indruk verkregen van de totale verdamping in een cel. Het is hierbij niet mogelijk om onderscheid te maken tussen de verdamping van de dekaarde, de champignons of de verdamping van water vanaf natte celconstructies door sproeien en het schoonspuiten van de cel. Door gebruik te maken van infrarood temperatuursensoren kan naar verwachting de lokale verdamping en activiteit in kaart worden gebracht om nog gericht de teelt te sturen.

In de glastuinbouw heeft men al enige ervaring opgebouwd met de toepassing van deze technologie. Naast de verbeterde sturingsmogelijkheden en energiebesparing heeft dit ook geleid tot nieuwe inzichten. De afgeleide verdampingsdruk blijkt namelijk een veel betere parameter om de verdamping van de plant weer te geven dan de relatieve luchtvochtigheid of het vochtdeficit. Bij de verdampingsdruk speelt de bladtemperatuur van de plant een grote rol. Deze temperatuur wordt met infrarood temperatuursensoren geregistreerd. Door ditzelfde bij dekaarde en champignons te doen kan naar verwachting ook in de champignonteelt de werkelijke lokale verdamping berekend worden. Het is echter nog onbekend op welke wijze deze metingen het beste toegepast kunnen worden.

2.2 Doelstelling

Het doel van dit project is om de knopvorming, groei en kwaliteit van champignons te verbeteren door de stuurbaarheid van de teelt te vergroten. Dit project kan hier een belangrijke bijdrage aan leveren en geeft informatie over de toepassingsmogelijkheden van infrarood sensoren voor het meten van lokale temperatuur en verdamping in de champignonteelt. In dit onderzoek zal gekeken worden welke sensoren het beste gebruikt kunnen worden en wat de precieze invloed is van dekaarde- en champignontemperaturen op de knopvorming, uitgroei en verdamping. Hiertoe zullen in de praktijk metingen gedaan worden om samen met telers de praktische mogelijkheden voor teeltsturing te inventariseren. Mogelijk levert de combinatie van WVC en lokale verdampingsmetingen extra sturingsmogelijkheden op. Op basis van deze kennis zullen praktische richtlijnen voor gebruik in de champignonteelt geformuleerd worden en indien nodig zullen aanbevelingen voor verder onderzoek worden gedaan.

2.3 Projectuitvoering en rapportage

Het project is oorspronkelijk aangevraagd en uitgevoerd door dhr. Ing. P.C.C. van Loon van het PPO paddestoelen, met ondersteuning in de uitvoering door dhr. Ing. J.G.M. Amsing van het PPO paddestoelen. De praktijkmetingen zijn uitgevoerd op de kwekerij van dhr. M. Hanenberg te Erp. Na beëindiging van het PPO paddestoelen (waarbij beide personen een andere werkkring hebben gevonden), is het project in de toenmalige status overgedragen aan PRI paddestoelen in Wageningen. Voor de rapportage van het project is dhr. J.H. Gielen van Cpoint gevraagd, welke ook deelnam aan de begeleidingscommissie. Er heeft geen aanvullende data analyse plaatsgevonden. De rapportage is derhalve gebaseerd op de door PRI aangeleverde projectinformatie.

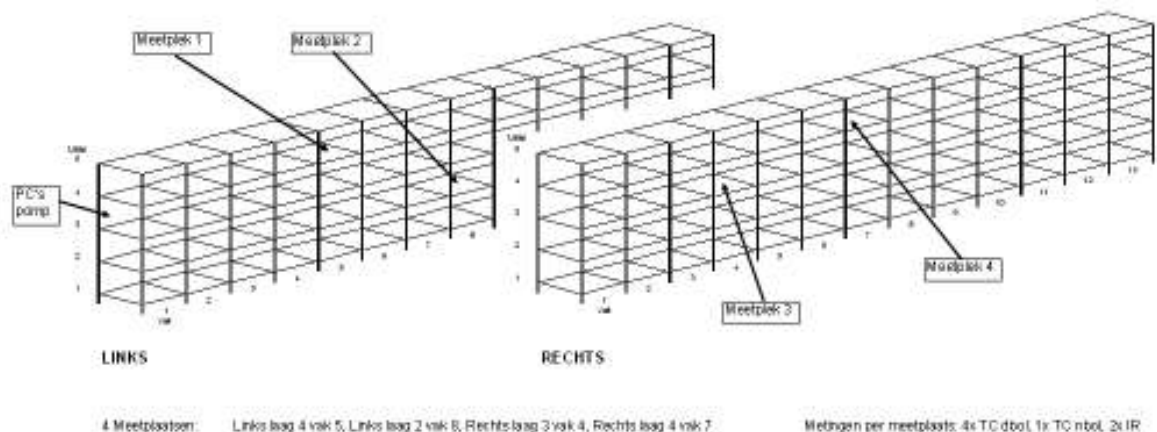
3. Opzet en uitvoering

3.1 Proefopzet

De proeven zijn uitgevoerd op de kwekerij van dhr. Marcel Hanenberg te Erp. Marcel heeft een plukbedrijf met een centraal kanaal en een VBE klimaatcomputer (waarbij vochtdeficit uitlezing mogelijk is). De cellen zijn ingedeeld met 2 stellingen met elk vijf teeltbedden. Elk teeltbed bestaat uit 13 vakken (breedte 134 cm, lengte 150 cm). Voor de proef worden in cel 1 gedurende 2 teelten op vier verschillende plekken Infrarood en temperatuur metingen verricht. In eerste instantie zal het onderzoek zich vooral richten op het verbeteren van de knopsturing in de tweede vlucht, het meten van activiteit en verdamping gedurende de hele teelt en het bekijken van de mogelijkheden om de infrarood meter te koppelen aan een klimaatcomputer.

3.2 Meetplekken

De 4 meetplekken bevinden zich: Links; bed 4 vak 5 en bed 2 vak 8
Rechts; bed 3 vak 4 en bed 4 vak 7.



3.3 Welke metingen

Op elke meetplek worden de volgende 5 temperatuur metingen en 2 Infrarood metingen uitgevoerd:

Temperatuurmetingen dmv 5 thermokoppels:

1. compost temperatuur (staaf sensor)
2. dekaarde (staaf sensor, op 4 cm in dekaarde)
3. dekaarde aan oppervlak (staaf sensor, op 0,5 cm in dekaarde)
4. natte bol cellucht (druppel sensor, tussen uitgroeiende knoppen circa 5 cm boven de dekaarde)
5. droge bol cellucht (druppel sensor, tussen uitgroeiende knoppen circa 5 cm boven de dekaarde)

Temperatuurmetingen dmv 2 Infrarood sensoren:

6. groot oppervlak 42 cm Ø, gericht op champignons/dekaarde (IR-staaf sensor, afstand: meetspot = 1:2)
7. klein oppervlak 1-2 cm Ø, gericht op uitgroeiende knop/hoed (IR-close sensor, afstand: meetspot = 3:1)

PPO richt de IR-sensoren voor puntmeting op de uitgroeiende knoppen en controleert wekelijks (en vaker indien gewenst) de meetapparatuur. Verder worden er digitale opnames van het dekaarde-oppervlak op de meetplekken gemaakt met als doel om het aantal uitgroeiende knoppen te tellen. (Idem voor de tweede vlucht)

3.4 Gebruikte meetsensoren



Infrarood sensor brede werking doorsnede meetoppervlakte ca. 50cm



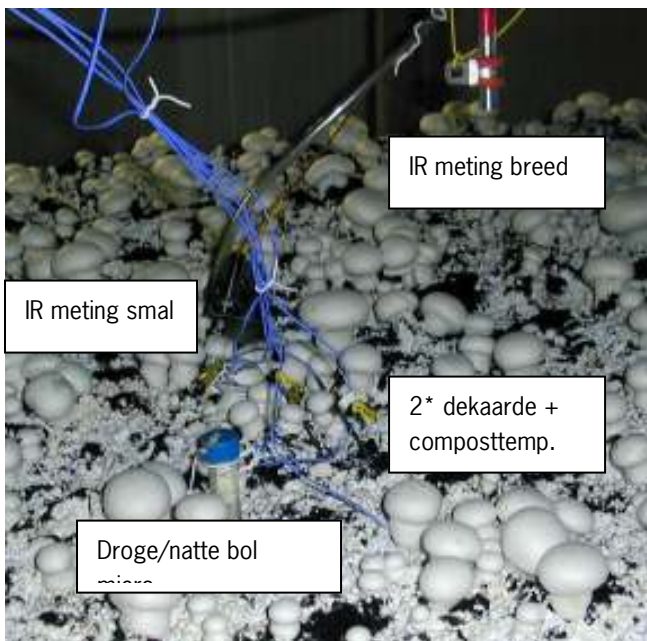
Infrarood sensor smalle werking met richtbundel voor het meten van individuele knop/hoed temperatuur



Droge en natte bol meting microklimaat d.m.v. thermokoppels (druppeltype)



Thermokoppels: druppeltype voor droge en natte bol meting en staaftype voor dekaarde en composttemperatuur



Meetopstelling 4 meetplekken in cel 1

3.5 Codering meetsensoren

In de onderstaande tabel is de exacte meetplek, nummering, sensortype en soort meting aangegeven.

Meetplaats	stelling	bed	v ak	nummer	sensor	meting
1	links	4	5	1	TK druppel	droge bol
				2	TK druppel	natte bol
				11	TK staaf	compost
				12	TK staaf	dekaarde - 4 cm
				13	TK staaf	dekaarde - 0,5 cm
				21	IR close	knop
2	links	2	8	25	IR staaf	oppervlak
				3	TK druppel	droge bol
				4	TK druppel	natte bol
				14	TK staaf	compost
				15	TK staaf	dekaarde - 4 cm
				16	TK staaf	dekaarde - 0,5 cm
3	rechts	3	4	22	IR close	knop
				26	IR staaf	oppervlak
				5	TK druppel	droge bol
				6	TK druppel	natte bol
				7	TK druppel	dekaarde - 0,5 cm
				18	TK staaf	dekaarde - 4 cm
4	rechts	3	7	17	TK staaf	compost
				23	IR close	knop
				27	IR staaf	oppervlak
				8	TK druppel	droge bol
				9	TK druppel	natte bol
				10	TK druppel	dekaarde - 0,5 cm
				20	TK staaf	dekaarde - 4 cm
				19	TK staaf	compost
				24	IR close	knop
				28	IR staaf	oppervlak

3.6 Teeltschema

Marcel hanteert een teeltschema waarbij op dinsdag wordt gevuld en tevens afgedekt. Er wordt t/m zaterdag gespreid en het afventileren start op maandagochtend (na 6 dagen) en op zaterdag (12 dagen na start afventileren) worden de eerste champignons geoogst. Er worden meestal 3 vluchten geteeld, waarbij de eerste 2 worden geplukt en de 3^e vlucht gesneden. De extra metingen worden geregistreerd vanaf start afventileren t/m de 2^e vlucht.

Onderstaand het teeltschema van proef 1 zoals deze in cel 1 werd uitgevoerd.

datum	dag	teelt
22-11-2005	di	vullen, afdekken
23-nov	wo	
24-nov	do	
25-nov	vr	
26-nov	za	
27-nov	zo	
28-nov	ma	afventileren
29-nov	di	
30-nov	wo	
1-dec	do	
2-dec	vr	
3-dec	za	
4-dec	zo	
5-dec	ma	
6-dec	di	
7-dec	wo	
8-dec	do	trosjes rapen
9-dec	vr	
10-dec	za	champignons vrij zetten: oogst Fijn en enkele Middel
11-dec	zo	
12-dec	ma	oogst vlucht 1
13-dec	di	oogst vlucht 1
14-dec	wo	oogst vlucht 1
15-dec	do	
16-dec	vr	
17-dec	za	oogst tussenvlucht, knoppen dunnen
18-dec	zo	
19-dec	ma	champignons vrij zetten: oogst Fijn en enkele Middel
20-dec	di	oogst vlucht 2
21-dec	wo	oogst vlucht 2
22-dec	do	oogst vlucht 2
23-dec	vr	oogst vlucht 2
24-dec	za	
25-dec	zo	
26-dec	ma	
27-dec	di	
28-dec	wo	
29-dec	do	
30-dec	vr	snijden vlucht 3
31-dec	za	doodstomen
1-jan	zo	
2-jan	ma	

3.7 Registratie

IR metingen en thermokoppels

Voor de registratie zijn 2 computers gebruikt. Een voor alle 8 IR-sensoren en een voor alle 20 thermokoppels. Om de kabellengte (t.b.v. een betrouwbare meting van de thermokoppels) zo kort mogelijk te houden en tevens de computers tegen vocht te beschermen, zijn deze in de cel zo dicht mogelijk bij de meetplekken in een “magnetronkast” in de cel geplaatst.

Aan het begin van het afventileren worden de metingen gestart. Tot en met de 2^e vlucht wordt er elke halve minuut een meting uitgevoerd. Na elke 10 minuten wordt het gemiddelde hiervan (van 20 metingen) opgeslagen op een computer. Voor het doodstomen wordt alle meetapparatuur verwijderd.

Klimaatcomputer

Naast de informatie van de IR metingen en thermokoppels zijn ook alle gegevens van de klimaatcomputer (inclusief het vochtdeficit van de cellucht) beschikbaar. De temperatuur en RV meting hangt in het vierde vak van de rechter stelling, boven het tweede bed.

Teelt en productiegegevens op celniveau

De onderstaande teelt en productiegegevens worden tevens geregistreerd:

1. datum vullen, afdekken, afventileren en einde teelt
2. gegevens compost, dekaarde en bijvoedmiddel (leveranciers, gewicht, chemische analyse)
3. champignonras
4. eigen IR-handmetingen en opmerkingen noteren (Marcel Hanenberg gebruikt een D105-IR-handmeter)
5. tijdstip en teelthandelingen op cultuurstaat noteren (watergiften, ziekten- of insectenbestrijding)
6. dagelijkse oogstopbrengst in kg/m² per sortering op cultuurstaat noteren (Fijn, Middel, Reus, Ind, Kwal 1) verhouding sorteringen o.b.v. leveringscijfers (grootte verdeling reuzen/middel = indicatie voor knopvorming)
7. 1x een digitale opname per plot / vlucht om het aantal champignons te bepalen
8. datum, tijdstip en wijzigingen van klimaatinstellingen noteren.

3.8 Begeleidingscommissie

Samen met de begeleidingscommissie wordt gekeken op welke wijze de infrarood metingen het beste kunnen worden ingezet om de stuurbaarheid van de teelt te vergroten. De begeleidingscommissie is samengesteld met vertegenwoordigers uit de champignonsector waaronder een kweker die reeds ervaring heeft met het gebruik van infrarood sensoren (M. Hanenberg), een teler die ervaring heeft met het WWC systeem (P. Franzmann) en de heer J. Gielen (klimaatexpert van C point).

3.9 Verslag startbijeenkomst begeleidingscommissie 8 juni 2005

Tijdens de startbijeenkomst van de begeleidingscommissie is het doel van het project toegelicht en is er inhoudelijk gesproken over het plan van aanpak en het type IR sensoren dat voor het meten van een groter oppervlak en voor het meten van een enkele knop/hoed geschikt zou zijn. Dit heeft geresulteerd in een proefopzet en meetopstelling zoals deze in hoofdstuk 3: Opzet en uitvoering is weergegeven.

Tevens is besproken welke factoren hiervan een invloed op de knopvorming, verdamping en activiteit kunnen hebben. De aanwezigen zijn van mening dat de verdamping een grotere invloed heeft op de knopvorming dan de temperatuur. De temperatuur kan een afgeleide hiervan zijn en dus indirect een indicatie geven.

Marcel Hanenberg is van mening dat het een samenspel is; het ene kan niet zonder de ander. Marcel heeft een vochtdeficitregeling, maar kijkt daar wat betreft de knopvorming niet naar. Hij meet op vaste plekken de temperatuur met een hand IR-meter. Tussen de 4 plekken die hij meet is een maximum verschil van ca 0.5°C

Als hij op reuzen wil sturen houdt hij een temperatuur van de dekaarde aan van 21.8-21.9°C.

Als hij op middel wil sturen houdt hij een temperatuur van de dekaarde aan van 21.0-21.2°C.

Als de dekaarde witter is dan is de oppervlakte temperatuur hoger. Dit betekent dat de luchttemperatuur lager gezet moet worden dan normaal om dezelfde oppervlaktetemperatuur te bereiken. Dit verschijnsel zou komen door minder verdamping bij veel mycelium.

Piet Franzmann heeft ook een infrarood meter maar gebruikt hem niet als sturingsinstrument. Piet regelt voornamelijk op het vochtdeficit. De composttemperatuur laat hij (vrijwel?) compleet vrij. Dit betekent dat hij bij verhoging van de composttemperatuur niet extra de luchttemperatuur gaat verlagen. Dit leidt tot minder intern vocht.

Het vochtdeficit wordt door Piet in de tweede vlucht hoger ingesteld.

Het aantal knoppen dat gevormd wordt kan door de temperatuur beïnvloedt worden. Het uitgroeien van alleen grote knoppen kan door een hoog vochtdeficit geregeld worden.

Opgemerkt dient te worden dat Piet individuele klimaatunits heeft zonder centraal kanaal en dat Marcel wel een centraal kanaal heeft, waardoor er bij Marcel een constanter (inblaas)klimaat wordt aangeboden.

3.10 Verslag bijeenkomst begeleidingscommissie 2 maart 2006

Tijdens deze bijeenkomst zijn de resultaten van de proef bij Marcel Hanenberg gepresenteerd en besproken.

In het begin van de proef is de meetopstelling door stroomuitval bij Marcel enkele minuten zonder stroom komen te staan. Normaal heeft dit geen effect omdat alle apparatuur van individuele accu's is voorzien. Helaas was 1 accu stuk en zijn op deze wijze de geregistreerde metingen van de thermokoppels verloren gegaan (de accu bij de IR metingen was wel in orde). Om in de toekomst de kans op dataverlies te voorkomen is de defecte accu vervangen en is alle apparatuur op een extra externe accu (UPS) aangesloten. Tevens wordt er elk uur een back-up bestand gemaakt van de geregistreerde data zodat er geen oorspronkelijke data meer verloren kan gaan. Omdat er in de bovengenoemde periode nog wel handmetingen (zij het met een lage meetinterval) hebben plaatsgevonden, konden hiermee de ontbrekende gegevens van de thermokoppels worden ingevuld. In de grafieken is dit via stippellijnen weergegeven (zie paragraaf 4.3 en bijlage 1).

Uit de grafieken valt verder op dat alle thermokoppels erg lage temperaturen aangeven in vergelijking met de luchttemperatuur en composttemperatuur van de klimaatcomputer. Ook zijn er temperatuur schommelingen met name in de 2^e vlucht, wat niet het geval is bij de compost en luchttemperatuur van de klimaatcomputer. Ook zijn de onderlinge verschillen op de 4 meetplekken relatief groot. De betrouwbaarheid van de thermokoppel metingen wordt ter discussie gesteld. Besloten wordt om de thermokoppels uitvoerig te testen en tevens ook PT100 sensors te testen, omdat deze als zeer betrouwbaar bekend staan. De IR metingen zien er wel goed en realistisch uit en liggen in lijn met de handmetingen, zodat hier geen aanleiding is om aan de betrouwbaarheid te twijfelen.

Standpunt telers:

Marcel vindt met name de hectische periode vlak na de eerste vlucht interessant om een IR-meting te automatiseren, omdat er gedurende 24 uur veel zaken veranderen in de teelt. Een tijdlang (circa 24 uur) is de dekaarde temperatuur circa 22°C. Deze temperatuur is belangrijk voor de knopuitgroei in de tweede vlucht maar te kort om handmatig goed te kunnen volgen. Marcel stelt voor om in de praktijk alleen in deze periode continue te meten. Er is dan slechts 1 infrarood meter extra nodig per bedrijf. Hij ziet perspectief in een of twee IR-sensoren te koppelen aan cellen in de knopvorming tot de tweede vlucht.

Piet regelt op een vochtdeficit van ongeveer 2 gr/kg en heeft hiermee goede ervaringen. Marcel let niet op het vochtdeficit. Het vochtdeficit in de proefteelt van Marcel was ongeveer 1 g/kg. Ondanks dat dit veel lager is, heeft Marcel hiermee geen problemen (zoals b.v. bacterievlekken). Dergelijke verschillen komen ook vaak voor in de RV instellingen van telers. Piet vraagt zich af of mogelijk de verdampingsdruk belangrijker is dan het vochtdeficit of de RV. Verklaart dit mogelijk waarom de teelten van Piet en Marcel verschillend lijken, maar mogelijk wel dezelfde verdampingsdruk hebben?

4. Resultaten en discussie

4.1 Meetapparatuur

IR metingen

De continue IR metingen van de meetopstelling zien er goed en betrouwbaar uit en komen vrijwel overeen met de infrarood handmetingen van Marcel (slechts een klein niveau verschil). Bij het gebruik van de IR handmeter bestaat overigens een kans op afwijkingen door condensvorming indien men direct nadat men in de cel is binnengekomen al begint met meten. Men dient dus even de tijd te nemen alvorens de IR handmetingen uit te voeren.

Thermokoppel metingen

De continue thermokoppelmetingen van de meetopstelling zien er onbetrouwbaar uit en komen (wat de compost en luchttemperatuur vergelijking betreft) ook niet overeen met de betreffende metingen van de klimaatcomputer. Over het algemeen geven de thermokoppels een (onrealistisch) lagere temperatuur aan dan de klimaatcomputer. Ook komen er bij de thermokoppel metingen temperatuur schommelingen voor, welke niet bij de klimaatcomputer metingen voorkomen. Daarnaast zijn de onderlinge verschillen op de 4 meetplekken relatief groot.

Testen temperatuurafwijkingen

In cel 3 van de PPO kwekerij is de gehele meetopstelling (mede op aanraden van de begeleidingscommissie) opnieuw opgebouwd en zijn er diverse testen uitgevoerd om te achterhalen wat de oorzaak van deze thermokoppel afwijkingen zou kunnen zijn. Deels bleek dit te worden veroorzaakt door de aansluitwijze van de thermokoppels en deels door problemen met de referentie temperatuur in de "magnetronkast" (mogelijk veroorzaakt door warmte ontwikkeling van de hierin geplaatste computers). Bij een nauwkeurige temperatuurmeting met thermokoppels is het nodig om een referentie temperatuur te gebruiken. De referentie temperatuur in de "magnetronkast" kon naar alle waarschijnlijkheid de warmte van de hierin geplaatste computers en de temperatuur wisselingen (door de koelventilatoren van de computers) niet op de juiste wijze compenseren. Door het afsluiten en ventileren van de achterwand van de "magnetronkast" kon nog wel een verbetering worden bereikt. Omdat hiermee echter de problemen niet afdoende konden worden opgelost, zijn er ook nog testen met PT100 sensoren (van 2 mm dikte) uitgevoerd, omdat deze als zeer betrouwbaar bekend staan. Het bleek echter niet mogelijk om de exacte oorzaak van de afwijkingen volledig te achterhalen.

Data opslag

Elke halve minuut worden er door de datatakers metingen uitgevoerd. Na elke 10 minuten wordt het gemiddelde hiervan opgeslagen op de computer. In het begin van de proef is op 9 december de meetopstelling door stroomuitval enkele minuten zonder stroom komen te staan. Op 14 december is de installatie op nieuw opgestart. Hierbij bleek dat alle data van de thermokoppels tot aan 14 december verloren was gegaan. Dit werd veroorzaakt door een defecte accu van de computer waarop de thermokoppel gegevens werden opgeslagen. Door deze defecte accu werd het databestand overschreven als het programma (b.v. na stroomuitval) opnieuw werd opgestart. De accu van de computer waarop de IR metingen werden opgeslagen was wel in orde, dus hier zijn geen gegevens verloren gegaan. Door de defecte accu te vervangen en alle apparatuur op een externe accu (UPS) aan te sluiten kon dit in de toekomst worden voorkomen. Tevens werd als extra zekerheid voortaan elk uur een back-up bestand gemaakt van de reeds geregistreerde data.

4.2 Praktijkervaringen IR handmetingen

Marcel gebruikt de IR handmetingen om bij de 1^e vlucht het juiste aantal stuks te krijgen en de champignons op tijd te krijgen. Tijdens het afventileren en de knopvorming meet hij met een vast patroon de dekaardetemperatuur op het 2^e bed. Hij meet 2 maal per dag op 4 vaste plekken een oppervlakte van circa 2 m² en bepaalt hiermee de gemiddelde dekaardetemperatuur. Tussen de 4 plekken die hij meet is onderling hooguit een temperatuurverschil van circa 0,5°C. Als de dekaarde witter is, dan is de oppervlakte temperatuur hoger (minder verdamping bij veel mycelium?). Als de dekaarde zwarter is, dan is de oppervlakte temperatuur lager (meer verdamping bij weinig mycelium?). Hij gebruikt de IR meting in feite om te meten hoe sterk de dekaarde doorgroeit is. Hij reageert hierop met zijn klimaatinstellingen door bij een hogere dekaardetemperatuur de luchttemperatuur iets lager aan te houden en omgekeerd. Hij heeft de kennis opgedaan door een tijd lang teelten te volgen en te kijken naar de temperatuur en

de knopvorming die dan ontstaat. Hieruit heeft hij afgeleid wat de meest ideale dekaardetemperatuur op een bepaald moment is. Globaal heeft hij bij 21,5°C de beste knopvorming. Als hij op reuzen wil sturen houdt hij een constante dekaardetemperatuur aan van 21,8-21,9°C. Als hij op middel wil sturen houdt hij een constante dekaardetemperatuur aan van 21,0-21,2°C. Het op deze wijze sturen van de 1^e vlucht gaat goed.

Wat de 2^e vlucht (c.q. tussenvlucht) betreft is volgens Marcel met name de hectische periode vlak na de eerste vlucht interessant, omdat er dan gedurende circa 24 uur veel zaken veranderen in de teelt. Gedurende deze korte periode is de dekaarde temperatuur belangrijk voor de knopuitgroei in de tweede vlucht maar te kort om handmatig goed te kunnen volgen en eventueel bij te kunnen sturen. Het sturen van de tweede vlucht gaat daarom dan ook niet goed.

Het continu en geautomatiseerd meten van de IR dekaardetemperatuur, gekoppeld aan de klimaatregeling zou dan ook een zinvolle toepassing zijn. Tevens is het zinvol te onderzoeken hoe op basis van deze IR metingen de verdamping op microklimaat niveau kan worden vastgesteld.

4.3 Resultaten

De resultaten zijn weergegeven in de grafieken van Bijlage I en II.

In Bijlage I grafiek I-1 zijn alle thermokoppelmetingen aangegeven welke op microklimaat niveau zijn uitgevoerd. Het betreft telkens de gemiddelde waarde van de 4 meetplekken. Weergegeven zijn de Droge bol-micro, Natte bol-micro, Dekaaarde 0,5 cm micro, Dekaaarde 4 cm micro en Compost micro. Zoals aangegeven zijn de metingen in de periode tot 14 december door technische problemen verloren gegaan. Van de geregistreerde gegevens kan verder worden opgemerkt dat de gemeten temperaturen onrealistisch laag zijn en dat er in de 2^e vlucht onverklaarbare schommelingen voorkomen. Verder is te zien dat de composttemperatuur het hoogste is, gevolgd door de dekaardetemperatuur op 0,5 cm, de droge bol temperatuur, de natte bol temperatuur en als laagste de dekaarde temperatuur op 4 cm. Dit laatste lijkt onlogisch, omdat verwacht mag worden dat de dekaardetemperatuur op 4 cm ergens tussen de composttemperatuur en de dekaardetemperatuur op 0,5 cm in zou moeten liggen. (Mogelijk is de onderlaag van de dekaarde verzadigd met water, wat deze lage temperatuur tot gevolg heeft?)

In Bijlage I grafiek I-2 zijn ter vergelijking de compost- en luchttemperatuur van de klimaatcomputer vergeleken met de compost- en luchttemperatuur van de thermokoppel metingen op micro niveau. In grote lijnen hadden deze met elkaar overeen moeten komen, maar ook hier zijn de thermokoppel metingen onrealistisch laag en komen er in de 2^e vlucht onverklaarbare schommelingen voor. De thermokoppelmetingen zijn dus niet betrouwbaar.

In Bijlage I grafiek I-3 is de RV van de klimaatcomputer aangegeven en is ter vergelijking het vochtdeficit van de klimaatcomputer vergeleken met het berekende vochtdeficit op micro klimaat niveau. Verder is het verdampingsdeficit berekend op micro klimaat niveau tussen de dekaarde oppervlakte en de cellucht en tussen de champignon en de cellucht. Ondanks de problemen en onbetrouwbaarheid van de thermokoppelmetingen zijn de deficit waarden wel enigszins bruikbaar. Dit omdat het hier geen absolute waarden betreft, maar verschilwaarden tussen 2 vochniveau's.

Als eerste kan worden opgemerkt dat Marcel met een hoge RV waarde teelt, die ook in de uitgroeperiode nog veelal boven de 90 % RV en zelfs hoger ligt. Hierdoor is ook zijn vochtdeficit met 1 g/kg aan de lage kant (de cellucht kan dus weinig vocht opnemen). Dit b.v. in vergelijking met Piet Franzmann welke op een vochtdeficit van 2 g/kg teelt. Marcel let niet op het vochtdeficit. Toch heeft hij geen last van bacterievlekken o.i.d. Marcel verwacht problemen te krijgen als hij met een lagere RV zou gaan telen ofwel met een hoger vochtdeficit. Dergelijke verschillen tussen telers komen vaker voor, omdat er echter behalve RV of vochtdeficit meerdere factoren een rol in de verdamping en vochtafvoer spelen (zoals ventilatorstanden en CO2 instellingen voor de verversing).

Verder valt op dat het micro vochtdeficit (+/- 0,6 g/kg) ter hoogte van de paddestoelen vooral in de 2^e vlucht kleiner is dan het vochtdeficit van de cel (+/- 1 g/kg). Dit betekent dat de lucht vlak boven het bed dan minder vocht kan opnemen en de verdamping dicht op het bed trager verloopt (bed blijft langer nat).

Het verdampingsdeficit tussen dekaarde en cellucht is in de 2^e vlucht +/- 3,2 g/kg en het verdampingsdeficit tussen champignon en cellucht is op dat moment +/- 2,5 g/kg. Dit zou inhouden dat er gemakkelijker vocht vanaf de dekaarde kan verdampen dan vanaf de champignon. De oorzaak hiervan is dat het temperatuurverschil tussen dekaarde en cellucht groter is dan tussen champignon en cellucht (dit blijkt ook uit de IR metingen). De lagere hoedtemperatuur kan echter ook deels door het verdampingsproces zelf wordt veroorzaakt. Indien vanuit het groeiproces de verdamping via de champignon meer wordt gestimuleerd dan via de dekaarde, zal dit ook meer afkoeling van de hoed tot gevolg hebben. Op temperatuurverschil verdampt de dekaarde dus gemakkelijker water, maar de verdamping van de champignon wordt waarschijnlijk actief ondersteund door het groeiproces. Het warmtetransport vanuit de compost naar de cellucht zal tevens het vochttransport naar de champignon (en dus ook de verdamping vanuit de champignon) stimuleren.

In Bijlage I grafiek I-4 zijn de IR temperatuurmetingen van dekaarde en champignon weergegeven. Het betreft telkens de gemiddelde waarde van de 4 meetplekken. Tevens zijn de IR handmetingen van Marcel als puntmeting aangegeven. Vlak na het afventileren zijn de IR handmetingen een fractie lager dan de automatische IR metingen, maar in de resterende periode van de knopvorming liggen deze nagenoeg gelijk. Dit bevestigt de betrouwbaarheid van de meetmethode. Interessant is om te zien dat op 6 december de IR smal meting op de knoppen wordt gericht, waardoor de meetwaarde ongeveer 1 °C daalt. Men kan zich afvragen of dit komt doordat men verder boven het bed meet, of doordat er via de knoppen een actieve verdamping plaatsvindt met afkoeling als gevolg. (Hier geldt ook de opmerking bij Bijlage I grafiek I-3). Kijkt men naar de periode aan het einde van de 1^e vlucht dan liggen beide temperaturen ongeveer gelijk. Dit kan worden verklaard doordat het bed dan vol met champignons staat en de IR breed meting overwegend de hoeden i.p.v. de dekaarde zal meten. In de 2^e vlucht treden er weer grotere verschillen tot 1 °C op, welke naar het einde toe (als het bed voller komt te staan) weer iets kleiner worden.

Het meten van een enkele knop/hoed gedurende een hele teeltperiode is praktisch niet gemakkelijk toe te passen. Daarnaast zijn de beide IR temperaturen in de belangrijke beginperiode van de knopvorming voor de 1^e vlucht nu ook al gelijk aan elkaar (21,5 á 22 °C). Waarschijnlijk kan men dan ook (mede gebaseerd op de praktijkervaringen) volstaan met 1 enkele IR oppervlaktemeting. Deze meting zou dan tevens gebruikt kunnen worden om het verdampingsdeficit tussen bedoppervlakte en cellucht te berekenen.

Opmerking: Marcel gebruikt de IR meting alleen in de knopvorming van de 1^e vlucht om te meten hoe sterk de dekaarde doorgroeit is. Hij reageert hierop met zijn klimaatinstellingen door bij een hogere dekaardetemperatuur (witter) de luchttemperatuur iets lager aan te houden en omgekeerd. De resultaten die hij hiermee bereikt zijn erg voorspelbaar. In de 2^e vlucht lukt het niet om een dergelijke relatie te vinden (mogelijk omdat de veranderingen tijdens de knopvorming van de 2^e vlucht te snel gaan en te klein zijn; bedoppervlakte is al doorgroeit en wit van kleur, dus is er een te beperkte kleurverandering c.q. temperatuurverandering om met een IR handmeting goed te kunnen volgen).

In Bijlage II grafiek II-1 en II-2 zijn de onderlinge verschillen op de 4 meetplekken aangegeven van de beide IR metingen.

Hierbij is te zien, dat de onderlinge verschillen erg minimaal waren. Alleen meetplek 2 gaf met name in de knopvormingsperiode een iets (tot +/-0,5°C) hogere temperatuur aan bij de IR oppervlakte meting (Grafiek II-1). Bij de IR meting van de knop/hoed (Grafiek II-2) was er ook enig verschil te constateren, maar hier waren de verschillen zelfs nog kleiner. Oorzaken voor dergelijk kleine verschillen zijn niet aan te geven. Later in de teelt lagen zowel de IR oppervlakte meting alsook de IR knop/hoed meting nagenoeg volledig gelijk. Dit duidt op een betrouwbare meetmethode, waarbij het in principe niet nodig zou zijn om op 4 verschillende plekken te meten en men dus met 1 representatieve meetplek zou kunnen volstaan.

Wat de thermokoppel metingen betreft, waren de onderlinge verschillen tussen de 4 meetplekken dermate groot (variërend van zo'n 2,5 °C tot zelfs zo'n 6 °C), dat hier mede gezien de al eerder genoemde onbetrouwbaarheid geen conclusies aan kunnen/mogen worden verbonden. Hiervan zijn dan ook geen grafieken aangegeven.

In Bijlage II grafiek III-1 t/m 3 zijn het aantal knoppen aangegeven op een 3-tal data en de opbrengst en sortering van de 1^e en 2^e vlucht. Op 6 december zijn er in de aanloop naar de 1^e vlucht 248 knoppen geteld op het meetvlak bij een IR temperatuur van beide metingen van +/- 21,5 °C. Op 9 december zijn er vlak voor de 1^e vlucht 376 knoppen op het meetvlak geteld, met een IR oppervlaktetemperatuur van +/- 18,5 °C en een IR knop/hoed temperatuur van 17,2 °C. Op 19 december zijn er vlak voor de 2^e vlucht 427 knoppen op het meetvlak geteld, met een IR oppervlaktetemperatuur van +/- 19,2 °C en een IR knop/hoed temperatuur van 18,8 °C. Het aantal knoppen hangt dus sterk samen met het moment van de teelt. Bij de vergelijking vlak voor de eerste en vlak voor de 2^e vlucht is zijn er bij de 2^e vlucht wel iets meer knoppen bij een iets hogere IR oppervlakte temperatuur en een iets hogere knop/hoed temperatuur. Dit klopt met de eerdere constatering dat in eenzelfde situatie een "witter" oppervlak een iets hogere temperatuur heeft.

4.4 Discussie

In het kader van innovatieve teeltsturing is het van belang om meer inzicht te krijgen in het microklimaat en de sturingsmogelijkheden hiervan. Momenteel wordt alleen de composttemperatuur gemeten. Het meten van de inwendige compost c.q. dekaarde condities zoals temperatuur, vochtgehalte, EC waarde, CO₂ en O₂ waarde kan aanvullende informatie opleveren over het procesverloop en inzicht in de sturingsmogelijkheden hiervan. Voor het meten van dergelijke parameters ontbreekt het nog aan betrouwbare en voor praktische toepassing geschikte meetapparatuur. Middels kleinschalige testen kan de geschiktheid van dergelijke meetapparatuur worden uitgetest.

In dit project zijn o.a. ook thermokoppels getest t.b.v. temperatuur metingen in de dekaarde en op champignon niveau. De thermokoppelmetingen blijken echter niet geschikt voor dergelijke toepassingen. PT 100 voelers zijn wat dat betreft veel betrouwbaarder. PT 100 voelers zijn wel groter van afmeting, dus minder geschikt voor een puntmeting. Wel zijn dergelijke voelers geschikt om b.v. de inwendige dekaarde temperatuur te meten, dit als aanvulling op de huidige composttemperatuurmetingen.

Een belangrijk aspect van het microklimaat speelt zich af op de bedoppervlakte. Niet alleen de oppervlaktetemperatuur (of knop/hoed temperatuur) maar ook het verdampingsdeficit tussen bedoppervlakte (of knop/hoed) en de cellucht speelt hierbij een belangrijke rol. Middels IR metingen is het mogelijk zowel de oppervlaktetemperatuur alsook (in combinatie met celklimaat) het verdampingsdeficit te bepalen. Het valt hierbij te overwegen uit praktisch oogpunt alleen de IR bedoppervlakte temperatuur meten. Voor het correct meten van de IR knop/hoed temperatuur zou men genoodzaakt zijn telkens de meting opnieuw in te stellen, zodra de betreffende paddestoel wordt geoogst. Momenteel worden er al handmatige IR metingen verricht van de bedoppervlakte om zo de knopvorming in de 1^e vlucht bij te sturen. In de 2^e vlucht wil dit nog niet lukken, mogelijk door de beperkte periode waarin de knopvorming van de 2^e vlucht kan worden bijgestuurd. Een continue meting d.m.v. koppeling aan de klimaatcomputer zou een directe bijsturing wel mogelijk maken.

4.5 Kennisoverdracht

De kennis die in het kader van dit onderzoek is verkregen, zal worden overgedragen naar de sector door middel van dit eindverslag (met daarin alle proefresultaten) en een publicatie in het vakblad "Paddestoelen".

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Meetapparatuur:

- De continue IR metingen van de meetopstelling zien er goed en betrouwbaar uit en komen vrijwel overeen met de infrarood handmetingen.
- De continue thermokoppelmetingen van de meetopstelling zien er in vergelijking met de klimaatcomputer metingen onbetrouwbaar uit (geven onrealistisch lage temperaturen en schommelingen in de 2^e vlucht aan).
- Het vanuit de thermokoppelmetingen berekende vochtdeficit en verdampingsdeficit geeft een verschilwaarde aan en is daarom nog steeds (met een redelijke betrouwbaarheid) bruikbaar.

Aanvullende testen:

- Door de problemen met de thermokoppelmetingen is er geen 2^e teeltronde meer geregistreerd, maar zijn er aanvullende testen uitgevoerd om de problemen te achterhalen.
- De technische aanpassingen om de betrouwbaarheid van de thermokoppelmetingen te verbeteren hebben tot onvoldoende resultaat geleid.
- Testen met een ander type (PT100) sensoren gaven een veel beter resultaat.

Meetproef:

- De dekaardetemperatuur op 4 cm gaf een veel lagere waarde dan de oppervlakte- of luchttemperatuur. Ondanks de problemen met de thermokoppelmetingen was dit een opvallend groot verschil. Mogelijke oorzaak zou bv. een met water verzadigde onderlaag van de dekaarde kunnen zijn.
- Marcel heeft met zijn werkwijze een vochtdeficit van +/- 1 g/kg en Piet heeft een vochtdeficit van +/- 2 g/kg. Net zoals bij bv. de RV instellingen zijn ook hier de onderlinge verschillen tussen telers groot.
- Het micro vochtdeficit op paddestoel hoogte is vooral in de 2^e vlucht kleiner dan het vochtdeficit van de cel (+/- 0,6 g/kg t.o.v. +/- 1 g/kg). De lucht vlak boven het bed kan dus minder vocht opnemen dan de cellucht.
- De IR dekaarde temperatuur is in de 2^e vlucht +/- 1 °C hoger dan de IR hoedtemperatuur (dekaarde-oppervlak is warmer dan champignon). Hierdoor is ook het verdampingsdeficit tussen dekaarde en cellucht in de 2^e vlucht +/- 0,7 g/kg groter dan het verdampingsdeficit tussen champignon en cellucht. Dus zowel op temperatuurverschil alsook verdampingsdeficit verdampt de dekaarde gemakkelijker water dan de champignonhoed. Naar verwachting wordt de verdamping van de champignon ook actief ondersteund door het groeiproces (met afkoeling van de hoed als gevolg).
- De IR oppervlaktetemperatuur is maximaal ongeveer 1 °C warmer dan de IR knop/hoed temperatuur. Aan het einde van de 1^e vlucht (bed vol met champignons) liggen beide temperaturen ongeveer gelijk. De IR bedoppervlakte meting meet dan ook de hoedtemperatuur. Omdat het meten van een enkele knop/hoed telkens handmatig instellen vereist, kan men zich dan ook afvragen of het afzonderlijk meten van de knop/hoed temperatuur voldoende meerwaarde heeft.
- De onderlinge verschillen op de 4 meetplekken zijn dusdanig klein, dat het in principe niet nodig zou zijn om op 4 verschillende plekken te meten en men dus met 1 representatieve meetplek zou kunnen volstaan.
- Het aantal knoppen lijkt (behalve van het teeltstadium ook) samen te hangen met de IR oppervlakte temperatuur. Bij een iets lagere oppervlaktetemperatuur komen er iets minder knoppen voor en is het oppervlak iets "zwarter" en bij een iets hogere oppervlaktetemperatuur komen er iets meer knoppen voor en is het oppervlak ook iets "witter".
- In de 1^e vlucht is het mogelijk om de knopvorming te sturen op basis van de IR oppervlaktetemperatuur van de dekaarde. De beste resultaten worden bereikt bij een oppervlaktetemperatuur van +/- 21,5 °C. Een lagere temperatuur geeft iets "zwarter" oppervlak en een hogere temperatuur een iets "witter" oppervlak. De IR handmeting wordt dus gebruikt om te meten in hoeverre de dekaarde doorgroeit is. In de 2^e vlucht is dit op een handmatige manier niet goed realiseerbaar.

5.2 Aanbevelingen

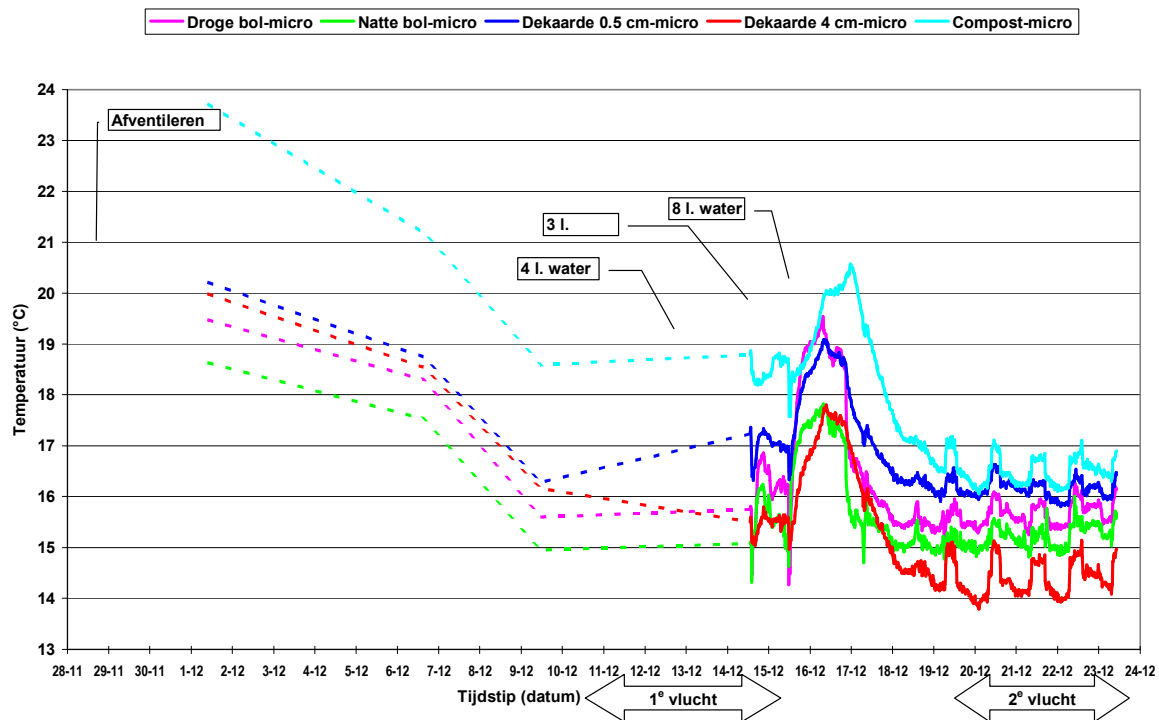
- Voor een verdere optimalisering van de teeltresultaten zullen “groene vingers” ofwel microklimaatmetingen aan het groeiproces een belangrijke rol spelen. Het is echter ook van belang om alleen voor praktisch werkbare toepassingen te kiezen met betrouwbare meetapparatuur welke bestand is tegen de voorkomende teeltomstandigheden. Tevens moet de meetapparatuur geschikt zijn voor koppeling aan de klimaatcomputer, zodat deze het macroklimaat in de cel kan aanpassen, om hiermee het microklimaat naar het gewenste niveau te brengen.
- Naast de huidige composttemperatuurmetingen kan hierbij gedacht worden aan het vochtgehalte, EC waarde, CO₂ en O₂ waarde in de compost, de (inwendige) dekaardetemperaatuur, de temperatuur van de bedoppervlakte en de hoedtemperatuur (eventueel zelfs de luchtcondities op champignonniveau). Gezien de complexiteit van een aantal van deze metingen moet de meerwaarde hiervan (zoals ook met de IR metingen in dit project is gedaan) eerst op proefniveau worden bewezen.
- Het Compost In Controle (CIC) project, biedt een ideale mogelijkheid om een aantal van deze metingen te implementeren voor het volgen van de effecten op het microklimaat. Op deze wijze wordt duidelijk hoe het microklimaat reageert op diverse behandelingen (rechtstreekse ingrepen op compost/dekaarde) en welke sturingsmogelijkheden (en energiebesparing) dit kan opleveren.
- Het meten van de IR knop/hoed temperatuur en het meten op meerdere meetplekken lijkt vooralsnog maar een beperkte meerwaarde op te leveren zodat kan worden aanbevolen om in eerste instantie alleen een enkele (representatieve) IR bedoppervlaktetemperaatuur meting te koppelen aan de klimaatcomputer. In overleg met het betreffende klimaatcomputer bedrijf dient een betrouwbaar type IR sensor te worden geselecteerd, dat tevens geschikt is voor teeltomstandigheden.
- Deze IR sensor kan behalve voor de temperatuurmeting van de bedoppervlakte tevens gebruikt worden om het verdampingsdeficit tussen bedoppervlakte en cellucht te bepalen. Op deze wijze kan een continue en directe bijsturing worden gerealiseerd. De klimaatregeling zou de luchttemperaatuur in de cel iets moeten verlagen als de IR bedoppervlaktetemperaatuur warmer is dan gewenst (c.q. het verdampingsdeficit tussen bedoppervlakte en cellucht kleiner is dan gewenst) en omgekeerd. Dit regelprincipe wordt nu ook al bij de composttemperatuurregeling toegepast, dus is relatief makkelijk te implementeren.
- De resultaten van dit project laten zien dat zeker in de knopvorming van de 1^e vlucht het meten van vooral de IR bedoppervlaktetemperaatuur een extra sturingsmogelijkheid voor de knopvorming oplevert. Bij een continue meting zou dit mogelijk ook in de knopvorming van de 2^e vlucht voordelen kunnen opleveren.
- Opmerking: Gedurende het project kwam ook het goed inschatten van het aantal knoppen t.b.v. een juiste knopvorming en spreiding ter sprake. Hierbij werd de optie genoemd om (een deel van) het bed te scannen. Op deze wijze zou het aantal knoppen en de grootte direct in beeld kunnen worden gebracht en worden benut voor het bijsturen. Mogelijk kan deze optie nader worden onderzocht.

6. Geraadpleegde Literatuur

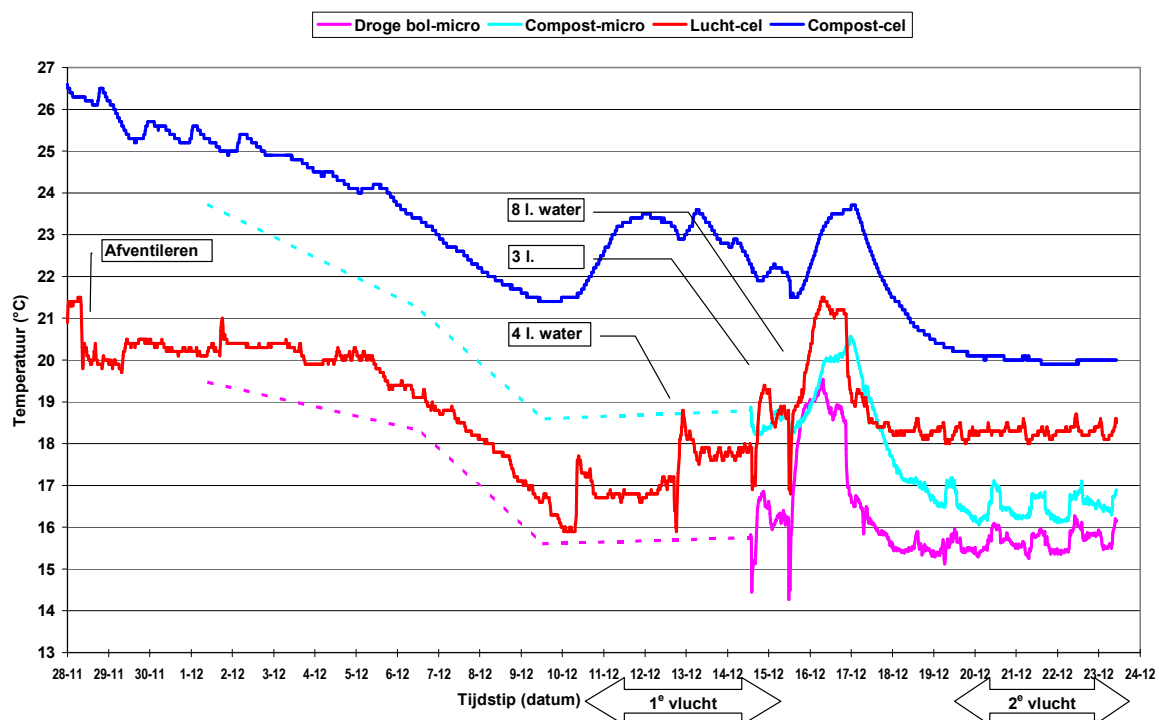
- Amsing, J.G.M. (2002). Relatie tussen de kwaliteit van grondstoffen en het optreden van bruinverkleuring bij champignons. Publicatienummer 2002-24, PPO-Paddestoelen.
- Amsing, J.G.M., G. Straatsma en P.J. van Erp (2002). Intern vocht. Publicatienummer 2002-8, PPO-Paddestoelen.
- Amsing, J.G.M. en G. Straatsma (2004a). WVC-klimaatgegevens voor sturing van productie en kwaliteit. Paddestoelen 1, 4-5.
- Amsing, J.G.M. en G. Straatsma (2004b). Relatie tussen warmte- vocht- en CO₂ afgifte tijdens de teelt van champignons met groei en kwaliteit. Publicatienummer 2004-17, PPO-Paddestoelen.
- Gielen, J.H. (2004). Relatie tussen warmte- vocht- en CO₂ -afgifte champignonteelt met groei en kwaliteit. C point rapport.
- Van Gils, J.J (1989). Schade door bacterievlekken elk jaar aanzienlijk. De Champignoncultuur 33(7), 379-381.
- Hermans, C.W.J. (2002). Houdbaarheid als concurrentiemiddel. Fase 1: Inventarisatie verkleuring. Rapport Advisie, 26 p.

Bijlage I.

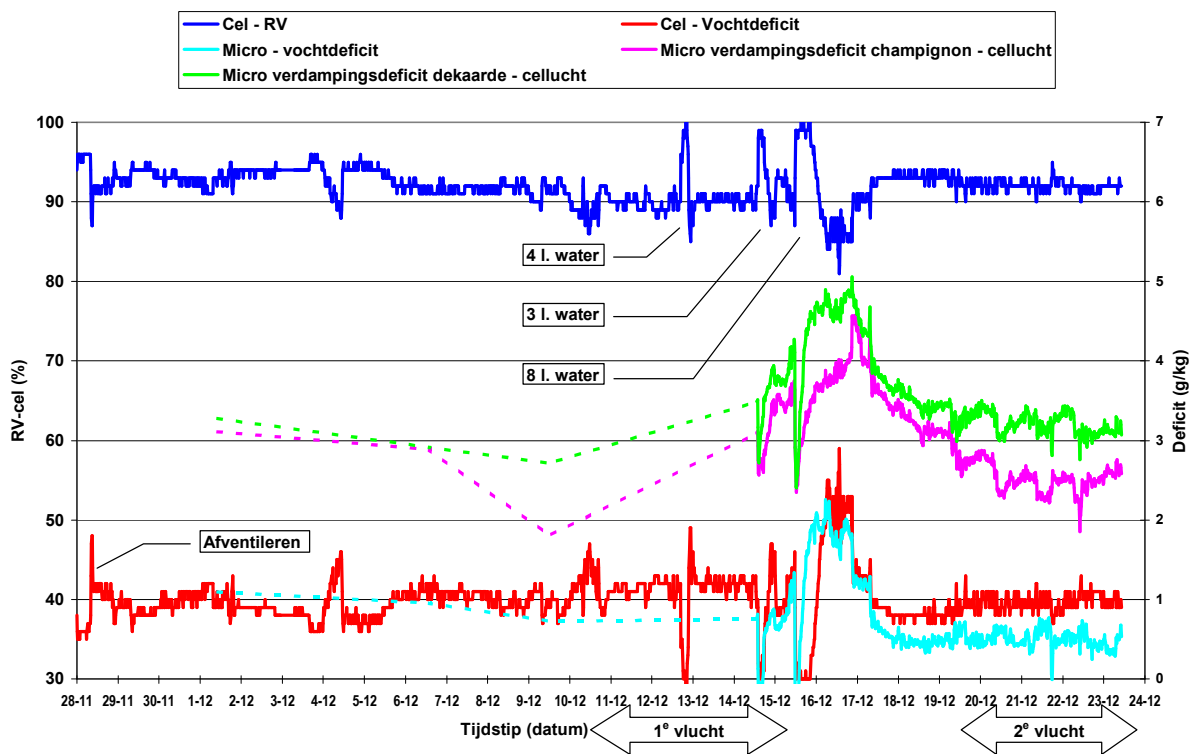
I-1 Grafiek thermokoppel metingen (micro)



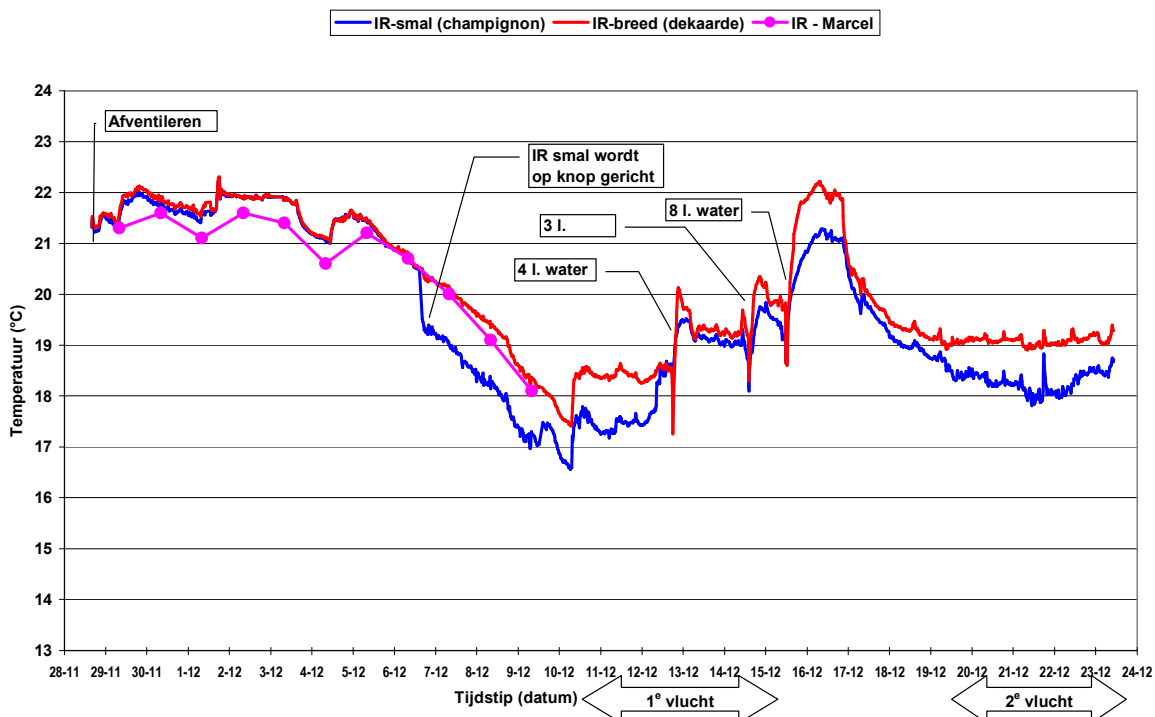
I-2 Grafiek lucht en compost (micro en cel)



I-3 Grafiek RV en vochtdeficit (micro en cel)

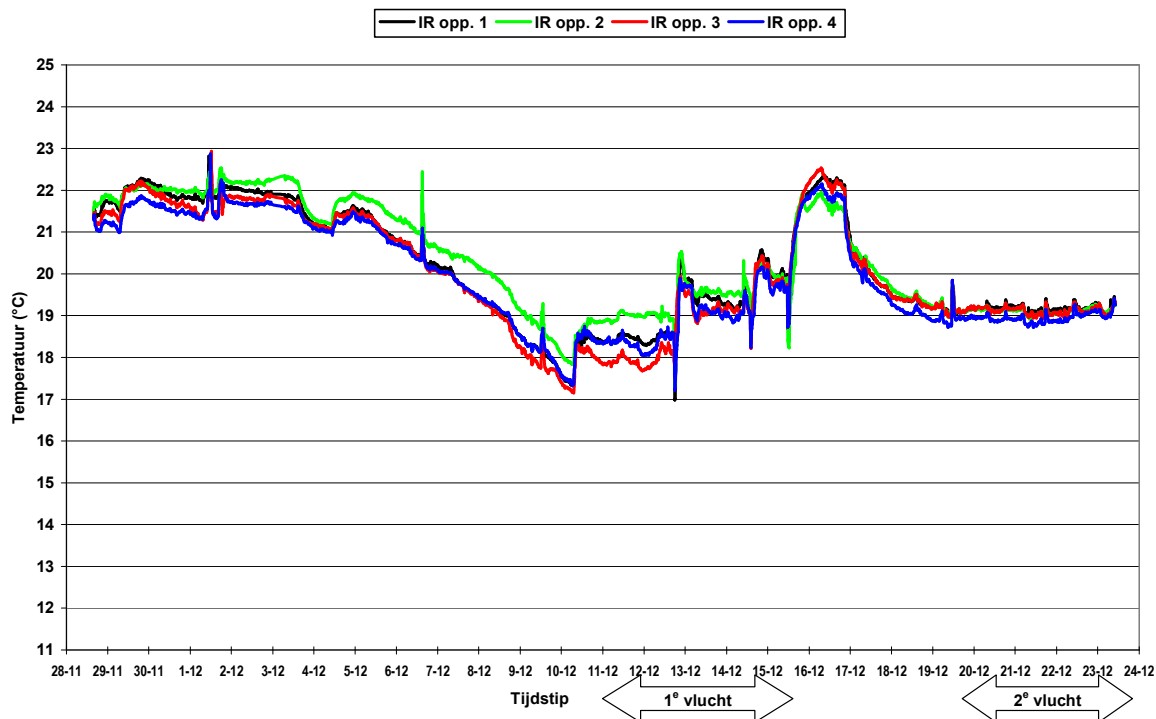


I-4 Grafiek IR meting (dekaarde en champignon)

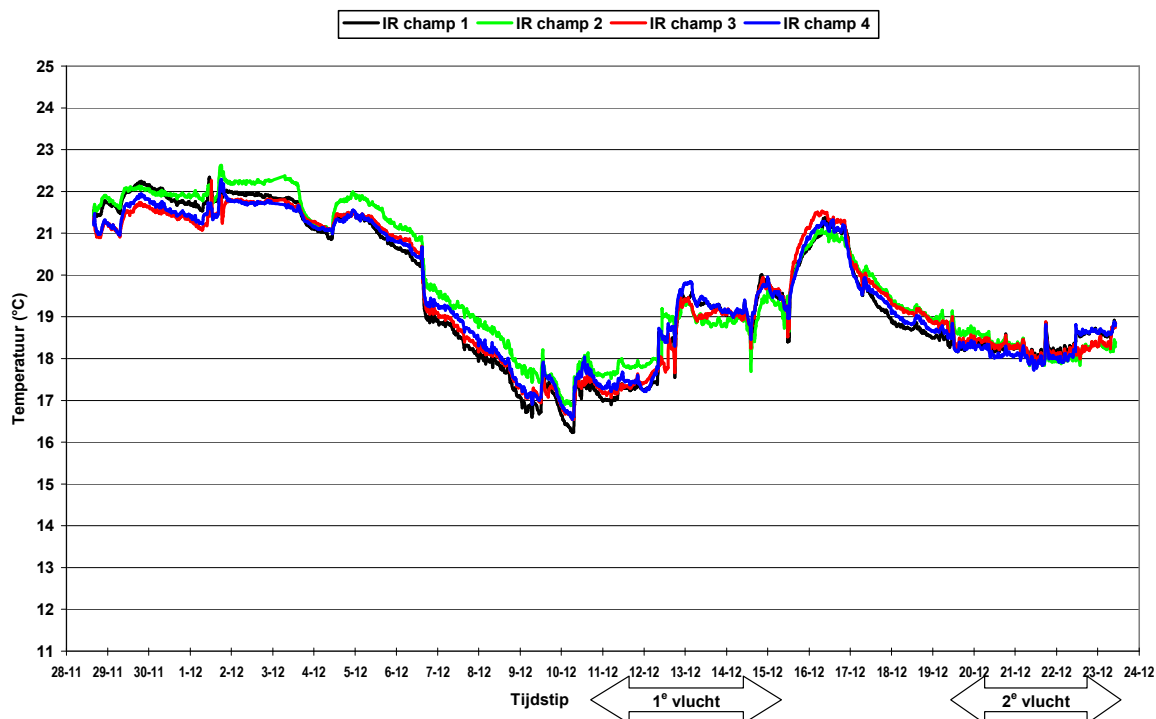


Bijlage II.

II-1 Grafiek onderlinge verschillen IR oppervlakte dekaarde



II-2 Grafiek onderlinge verschillen IR champignon



Bijlage III.

III-1 Knoppen 1^e vlucht



III-2 Knoppen 2^e vlucht



III-3 Aantal knoppen en sortering

Meetplaats	6 dec 05 (knoppen vl1)	9 dec 05 (champ. vl1)	19 dec 05 (knoppen vl2)
1.1	225	340	816
1.2	225	272	561
1.3	94	153	595
1.4	179	272	561
Gem. 1	181	259	633
Gem. 2	230	383	251
Gem. 3	310	464	319
Gem. 4	273	400	506
Gem. totaal	248	376	427
Sortering	Vlucht 1	Vlucht 2	Totaal (%)
fijn	0.9 (4%)	0.5 (5%)	5
middel	4.2 (21%)	3.4 (34%)	25
reus	15.0 (73%)	5.9 (58%)	68
III	0.4 (2%)	0.3 (3%)	2
totaal	20.6	10.1	30.6