



Directe beluchting champignonteelt (2)

Technisch ontwerp, bouw en test prototype

Publicatie versie

J.H. Gielen, februari 2010

Inhoud

1. Inleiding	3
2. Technisch ontwerp	4
2.1. Uitgangspunten en ontwerpeisen	4
2.2. Technisch principe blazen/zuigen	5
2.3. Ontwerp tekeningen	6
3. Bouw prototype	8
3.1. Selectie teeltbedrijf	8
3.2. Bouw prototype	8
3.3. Metingen prototype	10
4. Test prototype	11
4.1. Uitgevoerde testen	11
4.2. Klimaatgegevens	11
4.3. Teeltinformatie	11
4.4. Beoordelingscriteria	13
4.5. Regeltechnische invloed	13
4.5.1 Invloed composttemperatuur (zie grafieken bijlage 7.1 en 7.2)	13
4.5.2 Invloed warmte afvoer (zie grafieken bijlage 7.3)	14
4.5.3 Invloed vocht afvoer (zie grafieken bijlage 7.4)	14
4.5.4 Invloed CO2 afvoer (zie grafieken bijlage 7.5)	14
4.5.5 Druk en luchthoeveelheid (zie grafieken bijlage 7.6)	15
4.6. Teelttechnische invloed	16
4.6.1 Effecten teeltresultaten	16
4.6.2 Teelt bevindingen	17
5. Conclusies en aanbevelingen	18
5.1. Conclusies	18
5.1.1 Technische conclusies	18
5.1.2 Teelt conclusies	19
5.2. Aanbevelingen	20
5.2.1 Technische aanbevelingen	20
5.2.2 Teelt aanbevelingen	21
6. Literatuurlijst	22
7. Bijlagen	23
7.1. Grafieken composttemperatuur	23
7.2. Grafiek composttemperatuur doodstomen	25
7.7. Begeleidingscommissie	25

© 2010 Horst, C point.

Alle rechten voorbehouden. Het idee van een direct beluchtingssysteem voor champignoncellen is afkomstig en eigendom van C point. De uitwerking van het idee tot een prototype en het eventuele vervolg is gezamenlijk eigendom van C point en Christiaens Controls BV. 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 gezamenlijke schriftelijke toestemming van C point en Christiaens Controls BV.

C point projectnummer 370673

PT projectnummer 12914

Dit project is gefinancierd door het PT en uitgevoerd door C point i.s.m. Christiaens Controls BV op de kwekerij van Marcel Hanenberg (Erp). Het idee en het initiatief voor het project zijn afkomstig van C point.

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

1. Inleiding

Het project "Directe beluchting champignonteelt" is in 2 delen uitgevoerd. Het 1^e projectdeel betrof een literatuurstudie en de ontwikkeling van een functioneel ontwerp. Het 2^e projectdeel, dat in deze rapportage wordt behandeld, betreft de ontwikkeling van een technisch ontwerp en de bouw en test van een prototype.

Het project is gefinancierd door het PT en uitgevoerd door C point i.s.m. Christiaens Controls BV op de kwekerij van Marcel Hanenberg (Erp). Het idee en het initiatief voor het project zijn afkomstig van C point.

Tijdens de teelt van champignons is het met de huidige indirecte beluchting (macro klimaatregeling) en de bijbehorende luchtverdeelssystemen vrij onvoorspelbaar hoe het aantal stuks, de groeisnelheid en de kwaliteit c.q. opbrengst op het door de teler gewenste oogstmoment kan worden beïnvloed. De gevolgen van de door de teler gedane klimaataanpassingen blijken vrij onvoorspelbaar en leiden vaak niet tot de gewenste resultaten. Zeker met de huidige afzetmarkt is het steeds meer van belang, dat een teler de juiste hoeveelheid, sortering en kwaliteit op het door de afnemer gewenste moment kan leveren. Indien de teler hier niet aan kan voldoen, gaat dit ten koste van de prijs.

Doelstelling

Het doel van dit project (c.q. eventuele vervolgprojecten) is het onderzoek naar en de ontwikkeling van een direct beluchtingssysteem dat rechtstreeks het microklimaat in de compost en dekaarde kan beïnvloeden en zodoende de stuurbaarheid van het gehele groeiproces drastisch kan verbeteren. Dit zou kunnen worden gerealiseerd door geklimatiseerde lucht via de dekaarde en compost weg te zuigen of omgekeerd door de compost en dekaarde te blazen. Hiervoor dient een speciale bodemconstructie met bijpassende klimaatunit te worden ontwikkeld.

Als voorbeeld van de potentiële mogelijkheden tot verbetering van het teeltproces kan de vergelijking met het vroegere uitzweetproces (fase 2 compostering) in cellen versus tunnels worden genoemd. Tijdens het uitzweetproces in cellen ging de lucht langs de compost in de bedden, waardoor deze zeer moeizaam en indirect gestuurd kon worden. Bij de overschakeling naar het uitzweten in tunnels ging de lucht door de compostlaag, waardoor er een directe sturing ontstond met opmerkelijk betere resultaten binnen een veel kleinere bandbreedte. Een dergelijke resultaat verbetering kan ook worden verwacht bij een directe beluchting van het teeltproces. In dit 2^e projectdeel is (op basis van het functionele ontwerp uit het 1^e projectdeel) een technisch ontwerp gemaakt en is er een prototype gebouwd, waarmee in de praktijk een 5-tal teeltronden is getest.

Een speciaal woord van dank voor de leden van de begeleidingscommissie voor hun praktische inbreng in de 1^e fase van dit project, voor Roland van Doremaele en Henk Roeven van Christiaens Controls BV voor hun medewerking en technisch inhoudelijke inbreng en voor Marcel Hanenberg voor zijn medewerking en het ter beschikking stellen van een teeltbed gedurende 5 teeltronden.

Horst, februari 2010
J.H. Gielen

2. Technisch ontwerp

2.1. Uitgangspunten en ontwerpisen

Als basis voor het technische ontwerp is het functionele ontwerp uit de 1^e projectfase gebruikt. In onderstaande samenvatting is aangegeven welke uitgangspunten en ontwerpisen hierin zijn meegenomen:

Uitgangspunten:

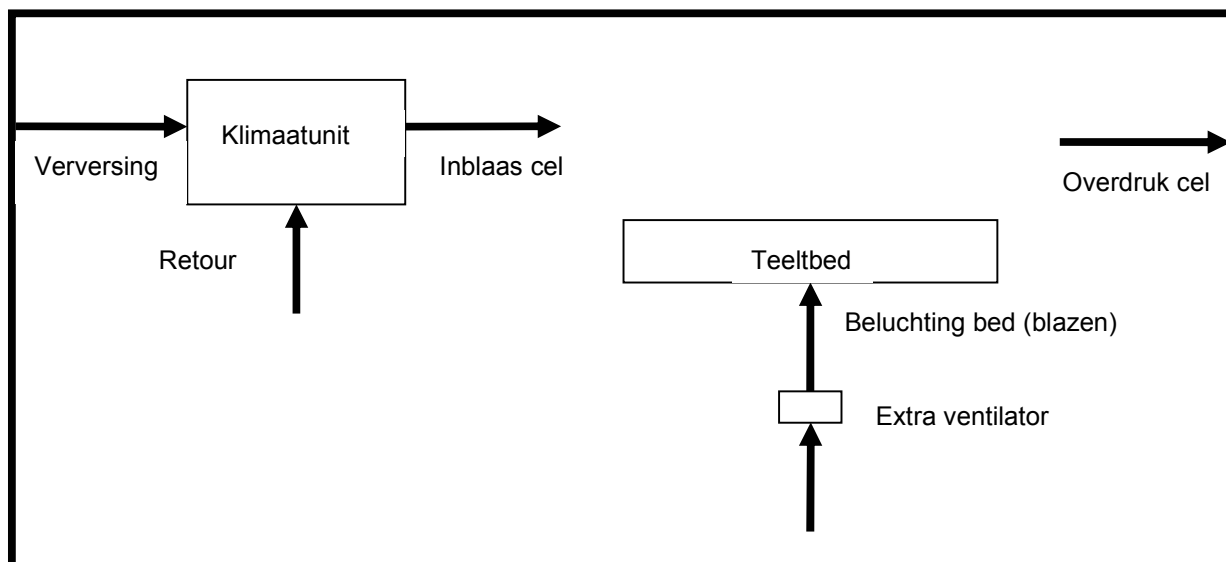
- Implementatie mogelijk in huidige teeltsystemen.
- Geschikt voor een compost vulgewicht tot 150 kg/m², of bij lage vulgewichten geschikt voor extra bijvoeding t.b.v. een 3^e vlucht. Extra bijvoeding heeft de voorkeur boven meer compost (geeft minder champost).
- De dekaarde kan een normale laagdikte hebben.
- Doel 3 vluchten van goede opbrengst en kwaliteit.

Ontwerpisen:

- Uitgangspunt totale warmte afvoer: minimaal de helft moet via convectie kunnen worden afgevoerd en de andere helft moet via directe beluchting kunnen worden afgevoerd.
- Uitgangspunt luchthoeveelheid directe beluchting: voldoende voor een vulgewicht van 150 kg/m², gerealiseerd via een extra ventilator. Luchtrichting: voorkeur aanzuigen (via dekaarde en compost naar bedbodem), maar ook blazen (via bedbodem door compost en dekaarde) testen. Om het prototype niet onnodig complex te maken wordt hierbij vooralsnog de lucht van de bedventilator uit de cel aangezogen c.q. in de cel teruggeblazen.
- Uitgangspunt totale weerstand directe beluchting: naar schatting 2/3 van de weerstand door compost + dekaarde en naar schatting 1/3 door de beluchte bedbodem.
- De luchtverdeling moet door de beluchtingsbodem en niet door de compost/dekaarde worden bepaald (anders gevoelig voor vullen). De beluchting moet dus op statische druk zijn gebaseerd (dat wil zeggen dat de totale oppervlakte van alle aanzuiggaatjes in elk geval minder moet zijn dan de helft van de oppervlakte van de aanvoerbuiss).

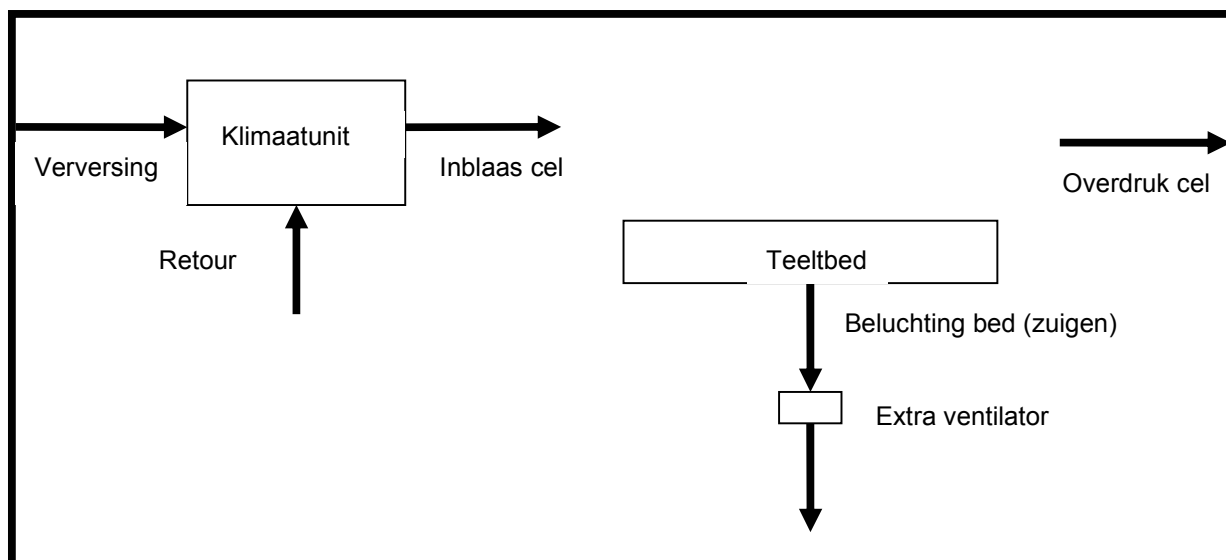
2.2. Technisch principe blazen/zuigen

2.2.1. Celklimaat van onderuit door bed blazen (naar cel)



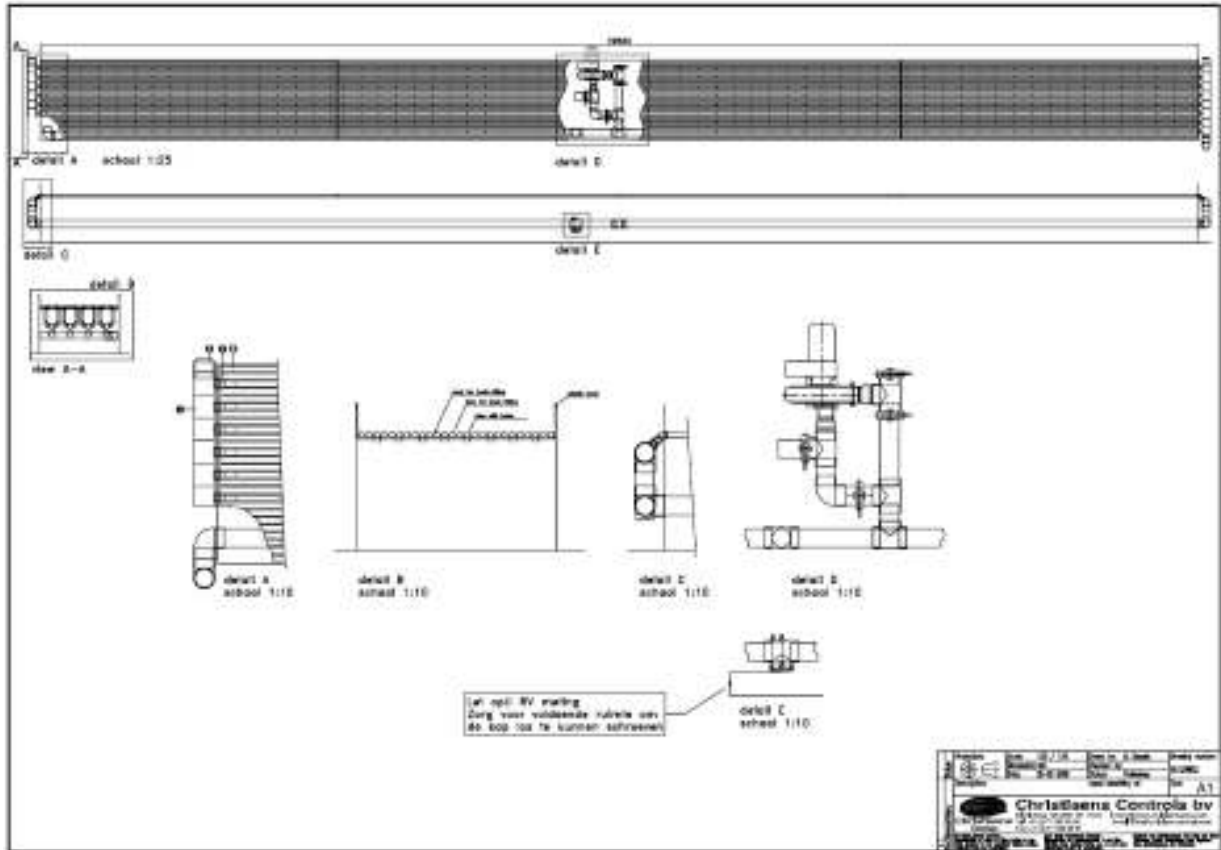
Voordeel van deze constructie is de maximale eenvoud. Nadeel is dat het blazen van lucht een condenslaag tussen compost en dekaarde zou kunnen veroorzaken, dat de afgevoerde lucht van het bed weer (ongefilterd) in de cel terecht komt en dat de klimaatconditie van de bedbeluchting niet afzonderlijk geregeld kan worden en gelijk is aan het celklimaat (alleen de luchthoeveelheid kan worden geregeld).

2.2.2. Celklimaat van bovenaf door bed zuigen (naar cel)

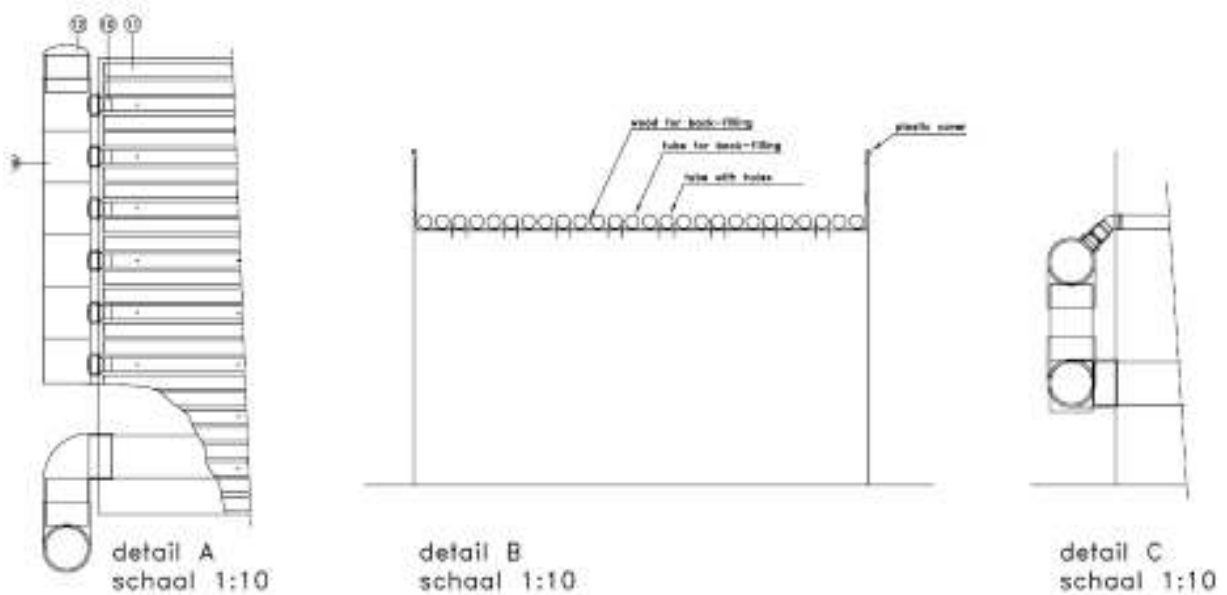


Voordeel van deze constructie is de maximale eenvoud en dat het zuigen van lucht geen condenslaag tussen compost en dekaarde zal kunnen veroorzaken en dat de afgezogen lucht optioneel nog zou kunnen worden gefilterd. Nadeel is dat de afgevoerde lucht van het bed weer in de cel terecht komt (optioneel zou deze naar buiten kunnen worden afgevoerd). Van de afgevoerde lucht kan alleen de luchthoeveelheid worden geregeld.

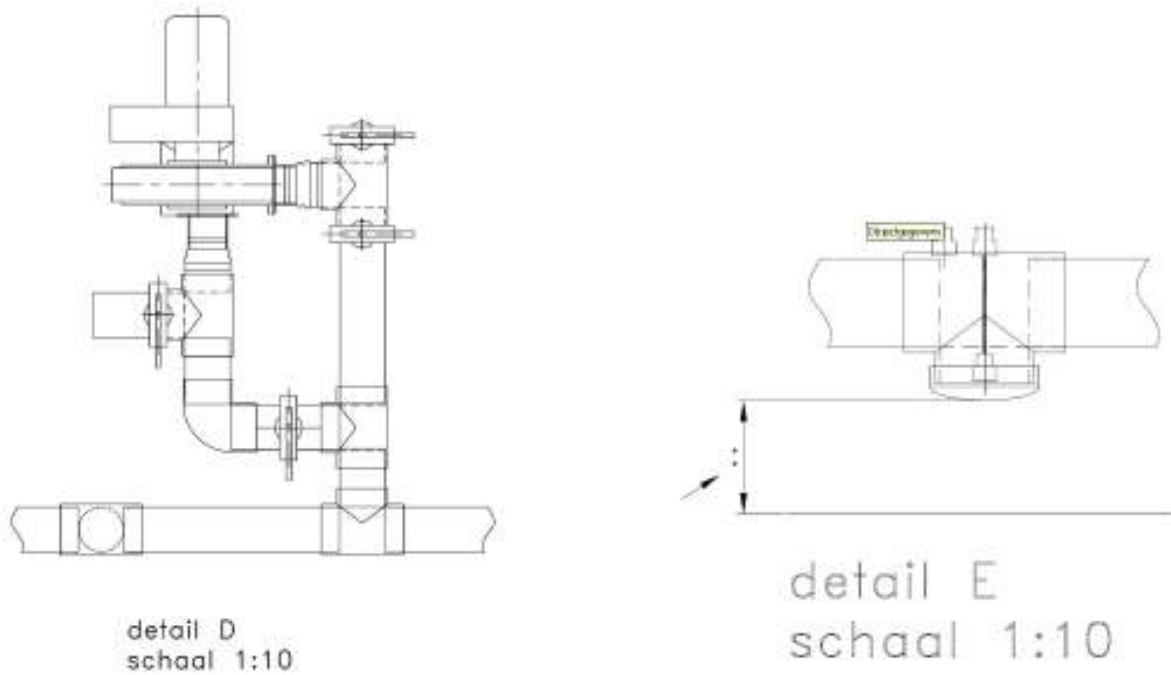
2.3. Ontwerp tekeningen



Figuur 1: Totaal ontwerp directe belichting



Figuur 2: Detail ontwerp bedbelichting en aansluitingen



Figuur 3: Detail ontwerp beluchttingsventilator met omschakelkleppen voor blazen/zuigen en detail ontwerp temperatuur/RV meting in beluchttingsbuis

3. Bouw prototype

3.1. Selectie teeltbedrijf

Om met de bouw van het prototype te kunnen beginnen was het van belang om eerst een geschikt teeltbedrijf te selecteren. In eerste instantie werd gedacht aan de ombouw van een (deel van een) bed in een gangbare cel. Op verzoek van de PAC is contact met Marcel Hanenberg te Erp opgenomen, om bij hem de prototypetest (gedurende 5 teeltronden) uit te kunnen voeren. Marcel beschikt over een "proefcel" met een 1-laagssysteem (3 rijen van 1 bed hoog) met een hiervoor aangepaste luchtverdeling. Voor de test van het prototype werd 1 rij/bed ter beschikking gesteld voor ombouw. In het project werd tevens een budget gereserveerd voor het afvangen van een eventueel teeltrisico.

3.2. Bouw prototype

Voor de bouw van het prototype is er (vanwege flexibiliteit en aanpassingsgemak) gekozen voor een beluchtingssysteem op basis van PVC buizen.

Het beluchtingssysteem bestaat uit een ventilator midden onder het bed (zie foto 1), welke de lucht via een buis aanvoert naar beide kopse kanten van het bed waar dit overgaat naar een dwars buis. In de lengterichting van het bed liggen hiertussen buizen met beluchtingsgaten. Het directe beluchtingssysteem is (d.m.v. kleppen) zowel geschikt om de cellucht van onderuit door het bed te blazen, alsook van bovenuit door het bed te zuigen. De afgezogen lucht komt in dat geval terug in de cel.



Foto 1: Ventilator met kleppen voor omschakelen luchtrichting

Directe beluchting champignonteelt

In de onderstaande foto (foto 2), waarbij rook gebruikt werd voor het zichtbaar maken van de luchtuitstroom (tijdens blazen), is de opstelling te zien van het directe beluchtingssysteem zoals dit voor de proeven is gebruikt. Behalve de 8 beluchtingsbuizen zijn er tussenliggende afstandsbuizen gebruikt. Het vullen/leegmaken werd gedaan door het net over de buizen te trekken.



Foto 2: Beluchtingsbuizen met uitstroomopeningen

In de onderstaande foto (foto 3), is het bed kort na het vullen te zien. De rook werd gebruikt voor het zichtbaar maken van de luchtuitstroom (tijdens blazen).



Foto 3: Belucht bed

3.3. Metingen prototype

De technische capaciteiten van het systeem zijn zowel leeg, als ook gevuld, onder vollast gemeten en in de onderstaande tabel aangegeven.

Metingen beluchting; ventilator op blazen (lucht van onderen door teeltlaag)			
	Leeg	Gevuld (vulgewicht 93,7 kg/m²)	
Circulatiestand	100	100	%
Kokerdiameter	14	14	cm
Luchtsnelheid in koker	7,4	3,9	m/s
Luchthoeveelheid totaal	409	214	m ³ /h
Teeltoppervlakte	26	26	m ²
Luchthoeveelheid per m ² teeltoppervlakte	15,7	8,2	m ³ /h/m ²
Uitblaassnelheid gat	17,4	9,1	m/s
Luchthoeveelheid per gat	0,79	0,41	m ³ /h

Vergelijking meetgegevens directe beluchting met de eisen van het technische ontwerp:

- Bij de gemeten situatie met een vulgewicht van 93,7 kg/m² leverde de ventilator een luchthoeveelheid die ruim boven de ontwerpnorm lag.
- De gemeten weerstanden waren veel hoger dan geschat. Ondanks deze veel hogere weerstand kon de ventilator bij dit vulgewicht nog gemakkelijk veel meer lucht geven dan de ontwerpnorm.
- Omdat het fysiek niet mogelijk was om 150 kg/m² te vullen is de luchthoeveelheid en weerstand bij een dergelijk vulgewicht niet gemeten. Bij een hoger vulgewicht zal ook de weerstand hoger worden en daardoor de ventilator capaciteit dalen. Zelfs als de weerstand niet zou toenemen, is er bij een vulgewicht van 150 kg/m² onvoldoende ventilator capaciteit beschikbaar.

Opmerkingen:

- De weerstand van het gehele systeem is veel hoger dan verwacht, waardoor de ventilator niet de beoogde luchthoeveelheid kan realiseren bij een vulgewicht van 150 kg/m². Bij een vulgewicht van 93,7 kg/m² is er echter nog een flinke overcapaciteit aanwezig.
- De hoge weerstand in de beluchttingsbodem garandeert echter ook een goede luchtverdeling, omdat hierdoor een hoge statische druk in het systeem aanwezig is. Tijdens de proeven zijn er dan ook geen grote onderlinge verschillen in de composttemperaturen geconstateerd.
- Wel zorgde de hogere weerstand en dus druk, dat de 2 watersloten gingen lekken, omdat de waterkolom te klein was. Dit euvel speelde tijdens de eerste twee testen, waarna de watersloten werden afgedicht. Hierdoor ging er bij deze twee testen veel lucht verloren en ging er in verhouding veel minder lucht door het bed.
- De hoger dan verwachte weerstand van de compost+dekaarde zal grotendeels door de dekaarde worden veroorzaakt. Dit wordt ook bevestigd door rookmetingen, waarbij de rook eerder langs de kantplanken, of op de kopsen kanten van het bed uit de compost kwam.

4. Test prototype

4.1. Uitgevoerde testen

In totaal zijn er 5 testen uitgevoerd, met vulgewichten tussen de 60 en 110 kg/m². Wat de beluchting betreft is zowel continu zuigen en blazen als ook interval zuigen en blazen getest. In de onderstaande tabel is een overzicht weergegeven van de uitgevoerde testen.

Test	Vuldatum	Vuldikte cm	Vulgewicht kg/m ²	Bijzonderheden
1	4-3-2008	37	110	Gewone champignons, continu zuigen/continu blazen (leklucht)
2	18-4-2008	35	93,7	Kastanje champignons, continu blazen (leklucht)
3	9-9-2008	31	81	Gewone champignons, pulserend blazen/pulserend zuigen
4	7-10-2008	24,5	60	Gewone champignons, pulserend zuigen/continu blazen
5	6-11-2008	25	59,4	Gewone champignons, pulserend blazen

4.2. Klimaatgegevens

Het directe beluchtingssysteem was gekoppeld aan een eigen klimaatcomputer waarmee alle klimaatgegevens konden worden geregistreerd (inclusief 2 compostvoelers in een referentiebed). Om niet telkens naar Erp op en neer te moeten rijden voor kleine wijzigingen werd het systeem uitgebreid met een draadloze inbelverbinding. Helaas was de signaalsterkte ter plekke dusdanig laag, dat de verbinding regelmatig uitviel. Hierdoor werd de controle op de testen erg moeizaam, temeer omdat Marcel ivm de opstart van een nieuw bedrijf vaak niet aanwezig was om het systeem opnieuw op te starten. Ook kwam het voor dat men vergat het systeem op te starten na een stroomstoring, of werden de referentie compostvoelers na het oogsten niet meer terug geplaatst. Tot overmaat van ramp crashte de harde schijf van het systeem. Gelukkig was de meeste data al veilig gesteld en kon de resterende data door Christiaens weer grotendeels worden hersteld en teruggehaald.

4.3. Teeltinformatie

Naast de klimaatgegevens lag het ook in de bedoeling om teeltinformatie te registreren (zie onderstaand teeltregistratie formulier). Wegens de al eerder genoemde drukte bij Marcel is dit er helaas niet van gekomen en is er achteraf op basis van (deels) ingevulde cultuurstaten getracht enige teeltinformatie boven water te halen. Dit is echter maar in beperkte mate gelukt. Verder waren er tijdens de bezoeken aantekeningen in een klapper gemaakt, maar deze was na afloop van het project kwijt en het is niet meer gelukt deze boven water te halen. Wat teeltinformatie betreft was er dus alleen maar summier informatie uit de cultuurstaten beschikbaar.

Vragenlijst teeltinformatie project 'Directe beluchting'	
Algemeen	Vuldatum Teeltnummer Teeltoppervlak gevuld m ² Wekenschema Aantal plukdagen 1e vlucht Aantal plukdagen 2e vlucht Aantal plukdagen 3e vlucht aantal oogsten per dag
Compost	- Leverancier - Hoeveelheid kg/m ³ Structuur - Vochtgehalte - pH Ras champignon
Plastic	- Onder het bed ja/nee
Bijvoedmiddel	ja/nee - Type - Hoeveelheid kg/ton
Dekaarde	- Leverancier - Type Structuur - Vochtgehalte - Ontsmettingsmiddel
Cac-ing	- Toegepast ja/nee - Dagnummer
Opruwen	- Opruwen ja/nee - Dagnummer
Afventileren *)	- Dagnummer start - Opmerking
CaCl₂	- Toegepast ja/nee - Dagnummer Hoeveelheid gr/l
Water *)	-Water bij vullen compost l/m ² - Water van afdelken tot afventileren in l/m ² Watergift van afventileren tot oogst vlucht 1 in l/m ² Tijdstip laatste watergift voor het oogsten vlucht 1 (uren) Watergift tijdens vlucht 1 in l/m ² Watergift tussen vlucht 1 en vlucht 2 in l/m ² Tijdstip laatste watergift voor het oogsten vlucht 2 (uren) Watergift tijdens vlucht 2 in l/m ² Watergift tussen vlucht 2 en vlucht 3 in l/m ² Tijdstip laatste watergift voor het oogsten vlucht 3 (uren) Watergift tijdens vlucht 3 in l/m ²
Ziektes	- Vliegen - Muggen - Mijten - Mollen - Groene schimmel - Bacterievlekken - Anders
Bestrijdingsmiddelen	Middel en tijdstip Middel en tijdstip
Opbrengst (kg/m² *)	Aantal plukdagen 1e vlucht Vlucht 1 Kwal I Fijn Vlucht 1 Kwal I Middel Vlucht 1 Kwal I Reus Vlucht 1 Kwal I Flats Vlucht 1 Ind Totaal vlucht 1 Aantal plukdagen 2e vlucht Vlucht 2 Kwal I Fijn Vlucht 2 Kwal I Middel Vlucht 2 Kwal I Reus Vlucht 2 Kwal I Flats Vlucht 2 Ind Totaal vlucht 2 Aantal plukdagen 3e vlucht Vlucht 3 Kwal I Fijn Vlucht 3 Kwal I Middel Vlucht 3 Kwal I Reus Vlucht 3 Kwal I Flats Vlucht 3 Ind Totaal vlucht 3
Opmerkingen tijdens vullen / ingroei:	
Opmerkingen tijdens afventileren / knopvorming:	
Opmerkingen tijdens 1e vlucht:	
Opmerkingen tijdens 2e vlucht:	
Opmerkingen tijdens 3e vlucht:	

4.4. Beoordelingscriteria

Voor de beoordeling van de resultaten is vooral gekeken naar de regeltechnische invloed van het beluchten op het bed. Hiertoe zijn behalve de composttemperatuur ook alle luchtzijdige effecten gemeten (Temperatuur, RV en CO₂ in de aanvoerbuis van het directe beluchtingssysteem en in de cel). Als referentie zijn er 2 composttemperaturen in een naastliggend traditioneel bed gemeten. Bij de 5 uitgevoerde testen had de regeltechnische invloed een veel grotere prioriteit dan de teelttechnische invloed omdat in eerste instantie de technische werking van het directe beluchtingsprincipe moest worden getest. Indien men over een goed functionerend direct beluchtingssysteem beschikt, kan men in een later stadium hiermee proeven uitvoeren om na te gaan op welke wijze men tot optimale teeltresultaten kan komen. Voor de beoordeling wordt daarom nagegaan op welke wijze het directe beluchtingssysteem invloed heeft gehad op de composttemperatuur, vochtgehalte en het CO₂ gehalte.

4.5. Regeltechnische invloed

4.5.1 Invloed composttemperatuur (zie grafieken bijlage 7.1 en 7.2)

In de grafiek van proef 1 is te zien dat de gemiddelde composttemperatuur (bij een vulgewicht van 110 kg/m² en de beluchting op continu zuigen) na het vullen tot +/- 30 °C doorstijgt, ondanks dat de beluchting op maximaal staat. Bij aanhouden van de maximale beluchting zakt de compost iets terug, maar zodra de beluchting wordt verminderd stijgt de compost weer opnieuw. Alleen bij aanhoudend maximale beluchting daalt de composttemperatuur. Het feit dat de composttemperatuur zo slecht reageert op de beluchting bleek achteraf mede veroorzaakt te worden doordat er veel lekklucht tussen de beluchtingsbuizen en via de watersloten was. De werkelijke hoeveelheid lucht die door het bed werd gezogen was beperkt, wat in combinatie met het hoge vulgewicht waarschijnlijk de oorzaak was van het niet kunnen beheersen van de composttemperatuur. De referentie composttemperatuur in het "gewone" bed met een vulgewicht van 88 kg/m² bleef wel rond de gewenste 25 °C.

In de grafiek van de 2^e proef (vulgewicht van 93,7 kg/m² en de beluchting op continu blazen) is te zien dat de composttemperatuur in het begin na het vullen juist sterker lijkt te stijgen dan de composttemperatuur van het referentie bed. Het lijkt erop dat door de bedbeluchting in eerste instantie de activiteit toeneemt (mogelijk door zuurstof toevoeging?). Hierna komt de composttemperatuur terug tot 26-26,5 °C. Ook tijdens de 2^e proef was er nog een geringe lekkage langs de beluchtingsbuizen en watersloten. Zonder dit zou het beeld nog iets beter zijn geweest. De referentie composttemperatuur liep op naar +/- 29 °C, dus uit proef 2 bleek dat beluchten (continu blazen) in elk geval de composttemperatuur kan terugbrengen.

In de grafiek van de 4^e proef (vulgewicht van 60 kg/m² en de beluchting op interval zuigen) is te zien dat de composttemperatuur (9 dagen na het vullen) moeite heeft om op de gewenste 21 °C terug te komen en tijdens de vlucht zelfs tot +/- 24 °C stijgt. De composttemperatuur van het referentie bed bleef (tot het moment dat de voelers uit het bed werden getrokken voor aanvang van de oogst) wel op de gewenste waarde. In deze proef was er geen lekklucht meer, zodat het er op lijkt dat het zuigen van lucht toch minder effect heeft, dan het blazen van lucht (zie grafiek 2^e proef).

In de grafiek van de 5^e proef (vulgewicht van 59,4 kg/m² en de beluchting op interval blazen) is te zien dat de composttemperatuur na het vullen wat sneller stijgt dan de opbouw van de gewenste waarde. Indien de beluchting niet op 50 % zou zijn begrensd, had de composttemperatuur waarschijnlijk netjes de gewenste waarde gevolgd. De beluchting is in staat om de composttemperatuur in de buurt van de 25 °C te houden. Ook hieruit lijkt weer dat beluchten de composttemperatuur kan controleren en dat blazen meer effect geeft dan zuigen. De referentie composttemperatuur stijgt in het begin sneller en loopt door tot ongeveer 30 °C.

In de grafiek van het doodstomen tijdens de 5^e proef (vulgewicht van 59,4 kg/m² en de beluchting op interval blazen) is te zien dat de composttemperatuur tijdens het opwarmen veel sneller stijgt en +/- 8 uur

eerder het doodstoom niveau (+/- 68 °C) bereikt dan de referentie composttemperatuur. Het feit dat bij het opwarmen voor doodstomen de composttemperatuur van het beluchte bed zo snel is gestegen wordt mede veroorzaakt zijn door hoge warmte inhoud (hoge temperatuur en hoge RV) van de cellucht op dat moment. Ook bij het afkoelen bereikt de composttemperatuur +/- 20 uur eerder het afkoel niveau (+/- 35 °C) dan de referentie temperatuur. Het enige verbeterpunt zou kunnen zijn om de beluchting tussen het bereiken van de doodstoom temperatuur en de start van het afkoelen uit te schakelen, om zo de opgebouwde warmte beter in de compost te houden. Naast een versnelling van het doodstoom proces met +/- 28 uur kan ook worden verwacht dat dit een gunstig effect heeft op de energiebehoefte van het doodstomen.

4.5.2 Invloed warmte afvoer (zie grafieken bijlage 7.3)

Alleen tijdens het beluchten via zuigen (al dan niet met interval) is het mogelijk om de effecten van de warmte afvoer (gedeelte dat via de beluchting wordt afgevoerd) in beeld te brengen. Hiervoor is de 4^e proef (vulgewicht van 59,4 kg/m² en de beluchting op interval blazen) gebruikt. In de 1^e grafiek is de temperatuur van de cellucht en de beluchtingsbuis weergegeven. In de 2^e grafiek is de warmte inhoud van de cellucht en de beluchtingsbuis weergegeven. Door het interval zuigen van lucht uit het bed zijn de waarden in de beluchtingsbuis natuurlijk het hoogste. Op basis van het verschil in warmte inhoud en de luchthoeveelheid (in kg/h) is in de 3^e grafiek de warmte afvoer in W/m² berekend. Voor alle duidelijkheid: dit is alleen de via de beluchting afgevoerde hoeveelheid warmte (dus maar een gedeelte van de totale warmte afvoer). Daarnaast zal er aan de bovenzijde van het bed ook verdampingswarmte en convectie warmte worden afgevoerd. De gerealiseerde warmte afvoer laat zien dat de ontwerpnorm voldoende ruim is gekozen. Let wel, dat het in deze grafiek interval waarden betreft: 10 minuten aan en 20 minuten uit.

Uit de analyse van de composttemperatuur grafieken blijkt dat beluchten (al dan niet met interval) via blazen gemakkelijker de composttemperatuur kan beheersen dan beluchten via zuigen. Dit lijkt te verklaren, doordat met blazen, de relatief droge cellucht door de compost wordt geblazen, waardoor het vocht in de compost verdampt (compost droogt uit) en deze dus sterker afkoelt. Bij het zuigen van lucht zal een deel van het vocht uit de dekaarde worden meegenomen zodat de lucht door de compost minder droog zal zijn (compost droogt iets minder uit) en koelt ook minder sterk af.

Dit klopt met de bevindingen van Marcel, dat er (afhankelijk van de beluchtingshoeveelheden) veel meer water moest worden gegeven om uitdroging te voorkomen. Een andere mogelijkheid om uitdroging te voorkomen zou kunnen zijn om de lucht van het beluchtingssysteem eerst op bv. 95 % RV te brengen. Dit zal dan waarschijnlijk wel de warmte afvoer van de compost ook enigszins belemmeren.

4.5.3 Invloed vocht afvoer (zie grafieken bijlage 7.4)

Alleen tijdens het beluchten via zuigen (al dan niet met interval) is het mogelijk om de effecten van de vocht afvoer (gedeelte dat via de beluchting wordt afgevoerd) in beeld te brengen. Hiervoor is de 4^e proef (vulgewicht van 59,4 kg/m² en de beluchting op interval blazen) gebruikt. In de 1^e grafiek is de RV van de cellucht en de beluchtingsbuis weergegeven. In de 2^e grafiek is de absolute vochtigheid van de cellucht en de beluchtingsbuis weergegeven. Door het interval zuigen van lucht uit het bed zijn de waarden in de beluchtingsbuis natuurlijk het hoogste. Op basis van het verschil in vocht inhoud en de luchthoeveelheid (in kg/h) is in de 3^e grafiek de vocht afvoer in g/m²/h berekend. Voor alle duidelijkheid: dit is alleen de via de beluchting afgevoerde hoeveelheid vocht (dus maar een gedeelte van de totale vocht afvoer). Daarnaast zal er aan de bovenzijde van het bed ook verdampingsvocht worden afgevoerd. Let wel, dat het in deze grafiek interval waarden betreft: 10 minuten aan en 20 minuten uit.

4.5.4 Invloed CO₂ afvoer (zie grafieken bijlage 7.5)

Alleen tijdens het beluchten via zuigen (al dan niet met interval) is het mogelijk om de effecten van de CO₂ afvoer (gedeelte dat via de beluchting wordt afgevoerd) in beeld te brengen. Hiervoor is de 4^e proef (vulgewicht van 59,4 kg/m² en de beluchting op interval blazen) gebruikt. In de 1^e grafiek is de CO₂ van de cellucht en de beluchtingsbuis weergegeven. (Deze waarden worden voor de verdere berekening

Directe beluchting champignonteelt

omgerekend naar CO₂ inhoud). Door het interval zuigen van lucht uit het bed zijn de waarden in de beluchtingsbuis natuurlijk het hoogste. Op basis van het verschil in de berekende CO₂ inhoud en de luchthoeveelheid (in kg/h) is in de 2^e grafiek de CO₂ afvoer in g/m²/h berekend. Voor alle duidelijkheid: dit is alleen de via de beluchting afgevoerde hoeveelheid CO₂ (dus maar een gedeelte van de totale CO₂ afvoer). Daarnaast zal er aan de bovenzijde van het bed ook CO₂ worden afgevoerd. Let wel, dat het in deze grafiek interval waarden betreft: 10 minuten aan en 20 minuten uit. Voor CO₂ afvoer zijn dan ook maar kleine luchthoeveelheden nodig.

4.5.5 Druk en luchthoeveelheid (zie grafieken bijlage 7.6)

Voor het zichtbaar maken van de druk en luchthoeveelheid is de 4^e proef (vulgewicht van 59,4 kg/m² en de beluchting op interval blazen) gebruikt. Let wel, dat het in deze grafiek interval waarden betreft: 10 minuten aan en 20 minuten uit.

4.6. Teelttechnische invloed

4.6.1 Effecten teeltresultaten

Naast het beluchte bed waren er ook 2 andere bedden aanwezig. De opbrengsten van het beluchte bed zijn globaal (er was geen nauwkeurige teeltinformatie beschikbaar) met de opbrengsten van de 2 andere bedden vergeleken. Tijdens de 3^e test waren er in alle bedden problemen met groene schimmel. Hierbij was de productie dermate beperkt, dat er geen vergelijking is gemaakt. Wel viel op, dat het beluchte bed duidelijk minder problemen kende, wat wordt toegewezen aan het beter in de hand kunnen houden van de composttemperatuur (composttemperaturen liepen minder sterk op). In de onderstaande tabel is tevens te zien dat de opbrengsten in de eerste testen duidelijk veel lager waren en aan het einde van de testen nagenoeg gelijk werden aan de opbrengsten van de andere bedden. Met name in de eerste 2 testen was de lagere opbrengst niet alleen te wijten aan een lagere productie, maar ook aan een kwaliteit die niet goed genoeg was voor pluk en door technische omstandigheden niet kon worden gesneden. Omdat een eventueel teeltrisico zou worden afgevangen, is het productie verlies van de betreffende 3 teelten gecompenseerd.

Test	Vulgewicht kg/m ²	Vulgewicht ander bedden kg/m ²	Productieverschillen met andere bedden
1	110	88	-79%
2	93,7	?	-50%
3	81	70	Geen producties ivm groene schimmel
4	60	60	-15%
5	59,4	?	Nagenoeg gelijk

4.6.2 Teelt bevindingen

- In het begin van de proeven waren er (zoals ook uit de grafiek analyse blijkt) problemen met het handhaven van de gewenste composttemperatuur tijdens de myceliumfase. Hier bleek ook veel leklucht tussen de beluchtingsbuizen en via de watersloten (welke te kort waren voor meer dan 1000 Pascal druk) te ontsnappen. In de eerste proef liep de compost hierbij op tot 30 °C, wat problemen met de myceliumgroei (en de uiteindelijke productie) opleverde. Bij de latere proeven was de composttemperatuur goed in de hand te houden (zelfs beter als het referentiebed), maar toen waren de vulgewichten ook een stuk lager. In enkele gevallen leek de activiteit van de compost zelfs toe te nemen door het beluchten.
- Obv. de proeven kan worden geconstateerd, dat voor het koelen van de composttemperatuur middels directe beluchting tijdens de temperatuurpiek in de myceliumgroeifase redelijk grote luchthoeveelheden nodig zijn. Hierdoor bereikt men een gunstigere composttemperatuur, wat de myceliumgroei enerzijds ten goede komt, maar anderzijds zorgt dit ook voor een droger klimaat met een lagere CO₂ in de compost, wat weer nadelig is voor het verdere groeiproces. Het uitdrogen was zelfs met extra water geven niet goed op te vangen. De beste resultaten wat de composttemperatuur regeling betreft werden bereikt met lagere vulgewichten in combinatie met kleinere luchthoeveelheden en interval beluchten op blazen.
- In het verdere verloop van de teelt, waarbij behalve van onderuit lucht door het teeltbed blazen ook van bovenaf lucht door het teeltbed is gezogen, kon worden afgeleid, dat blazen het microklimaat op dekaarde niveau meer geschikt maakt voor de vegetatieve groeifase (myceliumgroei in de dekaarde) en dat zuigen het microklimaat op dekaarde niveau meer geschikt maakt voor de generatieve groeifase (knopvorming en uitgroei). Uit de verschillen tussen zuigen en blazen kon worden geconstateerd, dat bij blazen het mycelium sneller aan de oppervlakte kwam dan bij het referentiebed. Bij zuigen leek dit iets trager te zijn dan bij het referentiebed.
- Ook blijkt dat dit een erg gevoelig proces is, wat waarschijnlijk ook invloed heeft op de knopvorming en spreiding. De beste teeltresultaten werden bereikt met kleinere luchthoeveelheden en interval beluchten. Uit de testen kwam niet duidelijk naar voren welke luchtrichting hierbij de voorkeur zou moeten hebben. Mogelijk is het in het verdere teeltverloop vooral van belang om voldoende zuurstof in het bed te hebben.
- Tijdens het opwarmen voor doodstomen blijkt het bed met de directe beluchting (op 100 % interval blazen) veel sneller op te warmen (temperatuur loopt wel tot 20 graden voor) en de doodstoom temperatuur +/- 8 uur eerder te bereiken dan het traditionele bed. Ook het afkoelen na doodstomen verloopt +/- 20 uur sneller. De effecten hiervan op het energieverbruik zullen aanzienlijk zijn, maar dit aspect was geen onderdeel van het project directe beluchting en is dus ook niet gemeten. (Deze optie is wel voorzien in een vervolgpriject). Directe beluchting voor temperatuurregeling van het bed is zeker zinvol tijdens het doodstomen om energie en tijd te besparen.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1. Conclusies

5.1.1 Technische conclusies

Bij de proeven moest duidelijk worden of het directe beluchtingssysteem de beoogde luchthoeveelheden en druk kon leveren en welke technische aspecten hierbij van belang waren.

- Het prototype voor de directe belichting is geschikt voor composttemperatuur regeling tot vulgewichten van ruim over de 100 kg/m², maar waarschijnlijk niet voor 150 kg/m². Fysiek was het niet mogelijk om 150 kg/m² te vullen, dus dit kon ook niet worden getest
- De gemeten maximale weerstand van het gehele systeem bleek bij een vulgewicht van 93,7 kg/m² veel hoger te zijn dan het ingeschatte uitgangspunt. De ventilator kon deze druk echter zonder problemen leveren.
- Ruim de helft van de druk werd door het bed zelf veroorzaakt, wat door de statische druk ook een goede luchtverdeling tot gevolg had. Tijdens de proeven zijn er dan ook geen grote onderlinge verschillen in de composttemperaturen geconstateerd.
- De resterende weerstand werd door de combinatie van net, compost en dekaarde veroorzaakt. Gezien de ervaringen met weerstanden in composteringstunnels, zal vooral de dekaarde het grootste deel van deze weerstand vormen.
- De druk was groter dan waarvoor de 2 watersloten waren gedimensioneerd, waardoor hier tijdens de eerste 2 proeven lekkage optrad. Voor nood werden de watersloten voor de resterende proeven afgedicht. Ook was er enige horizontale lekkage tussen de beluchtungsbuizen naar de zijkanten van het bed. Deze zijn voor nood tijdens de resterende proeven met PUR afgedicht. Dit zijn aandachtspunten voor verbetering.
- Qua constructie waren er PVC buizen gebruikt die via beide kopse kanten van het bed met lucht werden voorzien. De buizen zaten hierdoor in de lengterichting opgespannen, wat na enkele keren doodstomen toch voor lichte vervorming zorgde. Mogelijk is hiervoor een eenvoudigere constructie (met tevens een beter glijvlak voor het net) te bedenken.
- De luchtrichting door het bed kon via kleppen worden omgezet. Uit de testen blijkt dat blazen (met interval) meestal betere resultaten gaf. Mogelijk kan dit tot een vereenvoudiging van het systeem leiden.
- Doordat er tijdens het blazen met (relatief droge) cellucht wordt gewerkt, zal de compost bij grote luchthoeveelheden (bv. tijdens de myceliumgroei en in mindere mate tijdens de 1^e vlucht) kunnen uitdrogen. Mogelijk kan er in zulke gevallen met voorgeklimatiseerde lucht (van bv. 95 % RV) worden gewerkt.
- Naast sturing van de ventilator op composttemperatuur (grotere luchthoeveelheden) lijkt het interessant om ook een ventilatorsturing op basis van het CO₂ (of zuurstof) gehalte in de compost (kleinere luchthoeveelheden) te hebben. Hiervoor is dan natuurlijk ook een CO₂ (of zuurstof) meting in de compost nodig.

5.1.2 Teelt conclusies

Bij de proeven was (behalve de technische test) ook vooral van belang om te testen of met directe beluchting de composttemperatuur beter in de hand te houden was.

- Bij de eerste 2 proeven was het bed door leklucht (via de watersloten en langs de beluchtingsbuizen) in combinatie met een hoog vulgewicht niet goed te regelen (compost te warm) en was er ook veel productie verlies.
- Aan het einde van de proeven (met lagere vulgewichten en zonder leklucht) was de composttemperatuur zelfs duidelijk beter te regelen dan bij het referentiebed. Ook waren aan het einde van de proeven de producties ongeveer gelijk aan die van het referentie bed.
- Voor de composttemperatuur regeling zijn (vooral tijdens myceliumgroei en in mindere mate tijdens de 1^e vlucht) grotere luchthoeveelheden nodig. Door deze grotere luchthoeveelheden treedt dan uitdroging en CO₂ verlies op, wat nadelige effecten heeft op het verdere teeltverloop.
- Blazen van onderuit door het bed blijkt (wat de composttemperatuur regeling betreft) beter te werken dan van bovenaf door het bed zuigen. Waarschijnlijk komt dit doordat bij blazen de drogere cellucht gemakkelijker warmte uit de compost kan meenemen dan bij de omgekeerde luchtrichting.
- Uit de verschillen tussen zuigen en blazen kon worden geconstateerd, dat bij blazen het mycelium sneller aan de dekaarde oppervlakte kwam dan bij het referentiebed (betere vegetatieve groei?). Bij zuigen leek dit iets trager te zijn dan bij het referentiebed (betere generatieve groei?). Dit is een erg gevoelig proces wat waarschijnlijk ook invloed heeft op de knopvorming en spreiding.
- De beste resultaten werden over het algemeen bereikt met kleinere luchthoeveelheden en het systeem op blazen via interval (10 minuten aan, 20 minuten uit).
- Puur voor de CO₂ en zuurstof uitwisseling in de compost zijn kleine luchthoeveelheden al voldoende. Bij kleinere luchthoeveelheden ziet men zelfs in sommige gevallen een activiteitsstijging optreden (waarschijnlijk veroorzaakt door de zuurstof toevoeging).
- Bij het doodstomen gaf de directe beluchting (interval blazen) een enorme tijdwinst. Tijdens het opwarmen liep de composttemperatuur +/- 20 °C voor en bereikte 8 uur eerder de doodstoom temperatuur. Ook bij het afkoelen bereikte de compost +/- 20 uur eerder de eindtemperatuur. In totaal dus 28 uur tijdwinst, wat ongetwijfeld ook energiebesparing zal opleveren.
- Gedurende het project ontstond steeds meer het idee dat (behalve voor het doodstomen waar veel lucht geen belemmering vormt) de directe beluchting beter met kleine luchthoeveelheden ingezet kan worden voor de CO₂ / zuurstof huishouding in de compost te regelen en daarmee invloed op het afbraakproces en het microklimaat uit te oefenen.

5.2. Aanbevelingen

5.2.1 Technische aanbevelingen

- De gebruikte ventilator is geschikt voor het leveren van de druk en luchthoeveelheid voor in elk geval een vulgewicht van meer dan 100 kg/m². Dit is minder dan het beoogde vulgewicht van 150 kg/m², maar gezien de recente ontwikkelingen, waarbij telers met een dunnere compostlaag willen telen om een hoger compostrendement te halen, lijkt het (ook met het oog op uitdroging) niet raadzaam om met nog meer lucht te gaan werken.
- Wat de luchtrichting betreft lijkt interval blazen de voorkeur te hebben, zodat men mogelijk het systeem kan vereenvoudigen door de complexe omschakelkleppen te verwijderen. In geval dit voor proeven nodig is, kan men de ventilator altijd nog gedraaid voor de beluchtingsbuis zetten en zo de luchtrichting veranderen.
- De luchtverdeling en statische druk zijn goed, maar mogelijk kan de weerstand nog iets verlaagd worden door met netten te werken, welke een meer open structuur hebben op de plek waar de beluchtingsgaten zitten.
- De 2 watersloten waren niet berekend op de aanwezige druk, waardoor er flinke luchtlekkage ontstond. Mogelijk kan men de constructie veranderen en met 1 groter waterslot volstaan.
- Ook de horizontale lekkage tussen de beluchtingsbuizen naar de zijkanten van het bed verdient aandacht. Mogelijk kan men niet met ronde buizen, maar met een vlakke bovenzijde werken, waar geen tussenruimtes meer zijn waar lucht kan ontsnappen.
- De bedbeluchting werd via beide kopse kanten van het bed van lucht voorzien. Dit maakt de constructie onnodig moeilijk en tevens zitten de buizen hierdoor in de lengterichting opgespannen. Mogelijk kan men de buizen vanuit het midden met lucht voorzien, wat de constructie veel eenvoudiger maakt en er tevens ruimte is voor de buizen om uit te zetten en te krimpen.
- Als er voor het regelen van de composttemperatuur pieken veel lucht nodig is, leidt dit o.a. tot uitdroging. Wil men de directe beluchting blijven gebruiken voor composttemperatuur regeling, dan zal men minimaal de aangezogen lucht moeten bevochtigen.
- Door het systeem uit te breiden met een CO₂ (of zuurstof) meting in de compost en de ventilatorsturing hierop aan te passen, kan men de bedbeluchting ook gebruiken om met kleine luchthoeveelheden de CO₂ (of zuurstof) huishouding in de compost te regelen en daarmee invloed op het afbraakproces en het microklimaat uit te oefenen. Hiermee heeft men dan 2 mogelijkheden: composttemperatuur regeling met grotere luchthoeveelheden en CO₂ (of zuurstof) regeling met kleinere luchthoeveelheden.

5.2.2 Teelt aanbevelingen

- Directe beluchting tbv. composttemperatuur is mogelijk en geeft een beter beheersbare composttemperatuur dan in een traditioneel bed. Indien met kleine luchthoeveelheden kan worden volstaan, hoeft dit geen belemmering te zijn, maar bij grotere luchthoeveelheden (bv. tijdens de myceliumgroei en in mindere mate tijdens de 1^e vlucht), zal er uitdroging op kunnen treden met mogelijk nadelige gevolgen voor het verdere teeltverloop.
- Er zijn nog geen testen uitgevoerd met bevochtigde (of voorgeklimatiseerde) lucht voor de bedbeluchting. Deze testen worden sterk aanbevolen om zeker te krijgen of bedbeluchting al dan niet geschikt is indien er met grotere luchthoeveelheden moet worden gewerkt.
- Mocht blijken dat bedbeluchting alleen maar geschikt is indien er met kleinere luchthoeveelheden kan worden gewerkt, dan zal de composttemperatuur op een andere wijze moeten worden geregeld. Een van de opties die duidelijk minder effect op uitdroging of CO₂ verlies hebben is bodem verwarming en koeling. In dat geval zou de composttemperatuur via de bodem verwarming en koeling kunnen worden geregeld en het CO₂ (of zuurstof) gehalte in de compost via de directe beluchting.
- Voor het afvoeren van de CO₂ zullen relatief kleine luchthoeveelheden nodig zijn. Mogelijk dat een continue beluchting al te veel lucht geeft en dat er met een interval beluchting moet worden gewerkt. Door in de vervolgprouwen ook de CO₂ waarde in de compost te meten (en hiervan rekenkundig afgeleid de zuurstofwaarde), kan de directe beluchting gestuurd gaan worden op de CO₂ (c.q. zuurstof) waarde in de compost.
- De directe beluchting zorgt er in dat geval voor dat er CO₂ uit de compost met zuurstof wordt uitgewisseld. De zuurstof zal vooral het afbraakproces in de compost en dus de beschikbaarheid van voedingsstoffen ten goede komen. Ook kunnen kleinere luchthoeveelheden worden gebruikt om de activiteit te “triggeren”. Waarschijnlijk is dit ook een effect dat veroorzaakt wordt door zuurstof toevoeging.
- Ondanks dat voor de composttemperatuur regeling directe beluchting via (interval) blazen de beste resultaten gaf, wordt aanbevolen om in vervolgprouwen de effecten op het microklimaat aan de dekaarde oppervlakte te testen van kleine luchthoeveelheden blazen (versterkt vegetatief microklimaat?) en zuigen (versterkt generatief microklimaat?). Na verwachting kan men hiermee invloed uitoefenen op de myceliumgroei, knopvorming en spreiding.
- Bij het doodstomen geeft het gebruik van directe beluchting (interval blazen) in elk geval een enorme tijdswinst. In totaal kan het hele doodstoom proces (incl. afkoelen) tot wel 28 uur worden verkort, wat ook de nodige energie zal besparen. Op dit moment bleef de (interval) beluchting ook draaien toen de doodstoom temperatuur was bereikt. Beter is het om dan de beluchting uit te schakelen en deze weer te starten zodra er afgekoeld moet worden. Op deze wijze houdt men tijdens het doodstomen beter de warmte in de compost vast. Verder kan worden aanbevolen om de energiebesparing die via doodstomen met directe beluchting kan worden gerealiseerd in beeld te brengen.

Vervolg:

In de eindfase van het project directe beluchting is er een nieuw en breder project opgestart genaamd Compost in Controle (CiC), waarin de volgende 4 aspecten zijn meegenomen:

- alle in dit rapport genoemde bevindingen en aanbevelingen van het project directe beluchting
- alle bevindingen en adviespunten uit het project watergeven in de compost
- voorzieningen voor composttemperatuur regeling via bodem verwarming en koeling
- energie aspecten van het gehele CiC systeem

Het nieuwe CiC project kan daarmee gezien worden als een overkoepelend (vervolg)project, waarin alle mogelijkheden voor directe bedklimatisering zoals: temperatuur, water en lucht kunnen worden gecombineerd en getest. Doel is te komen tot een energiezuinig teeltsysteem dat middels directe bedklimatisering een maximaal rendement uit de compost haalt, met een maximale stuurbaarheid, kwaliteit en opbrengst. In dit project zullen (alleen) de kansvolle opties worden gedefinieerd en verder doorontwikkeld inclusief de bijbehorende teeltmethode.

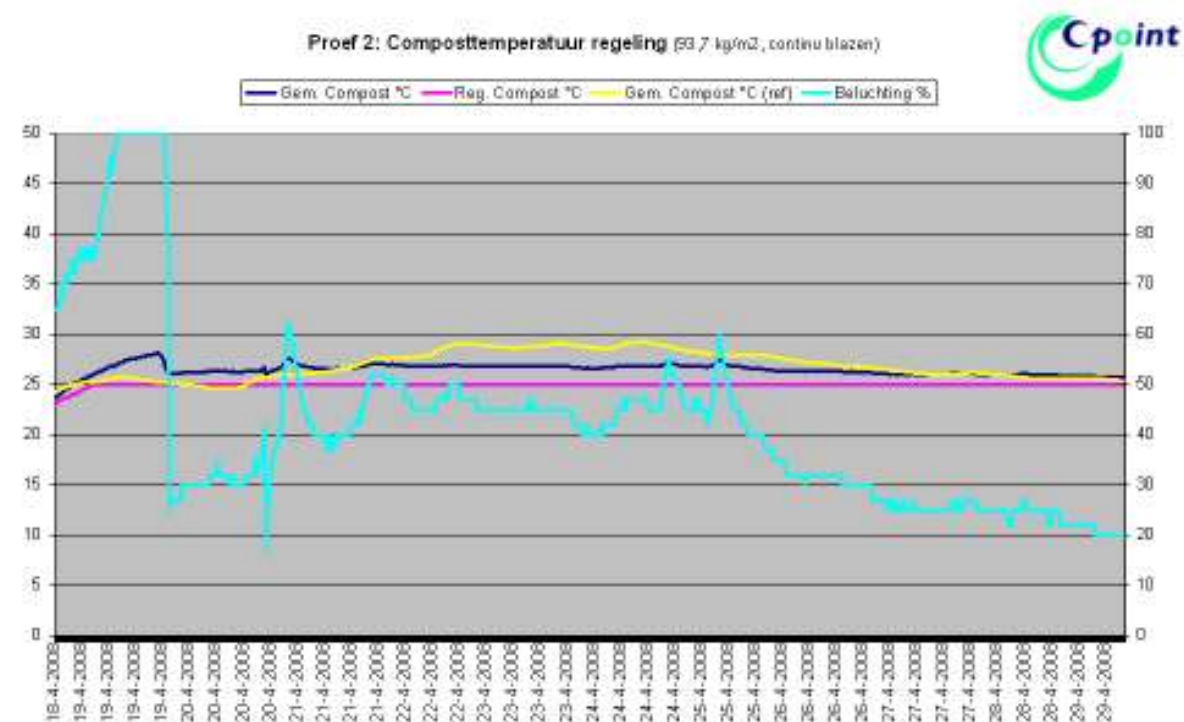
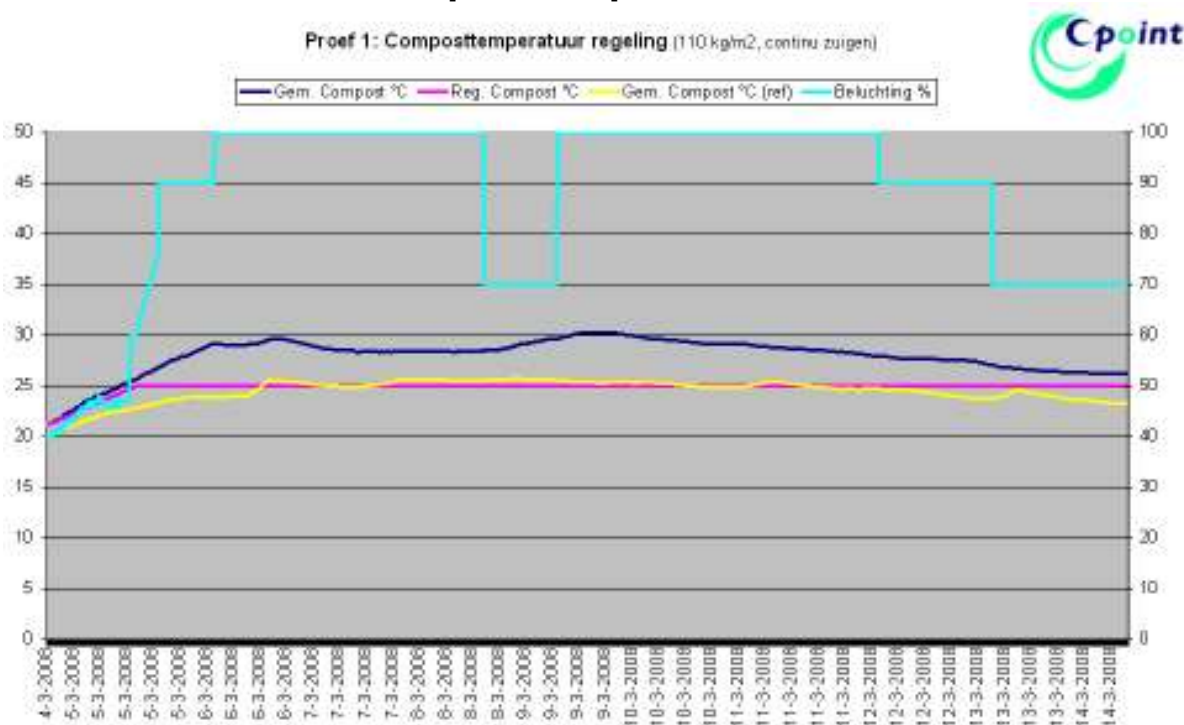
6. Literatuurlijst

Een aantal uitgangspunten van het technische ontwerp zijn gebaseerd op de bevindingen van de onderstaande 2 rapportages. Verder is er gebruik gemaakt van de algemene kennis en inzichten m.b.t. klimaat en luchtbehandeling.

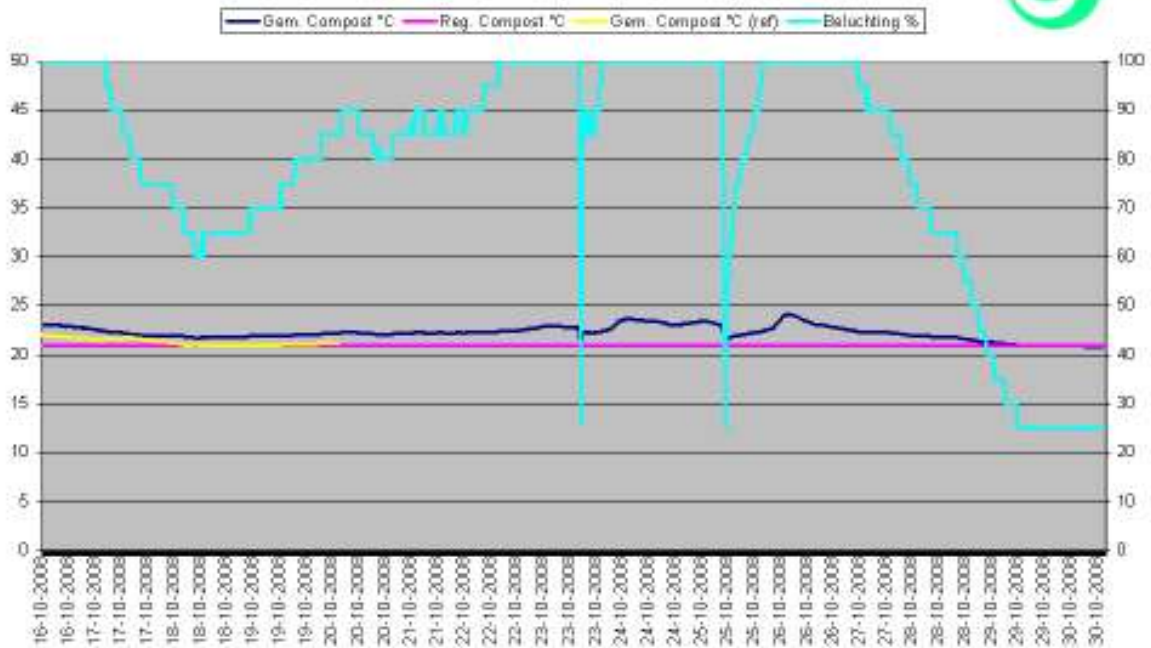
1. Gielen J.H. 2006
PT rapport "Directe beluchting champignonenteelt (1)"
(Literatuurstudie Deep Trough systeem en functioneel ontwerp Directe beluchting)
C Point, HORST
2. Gielen J.H. 2002
NOVEM rapport "Meet- & informatiesysteem Warmte-, Vocht-, CO₂-afgifte"
C Point, HORST

7. Bijlagen

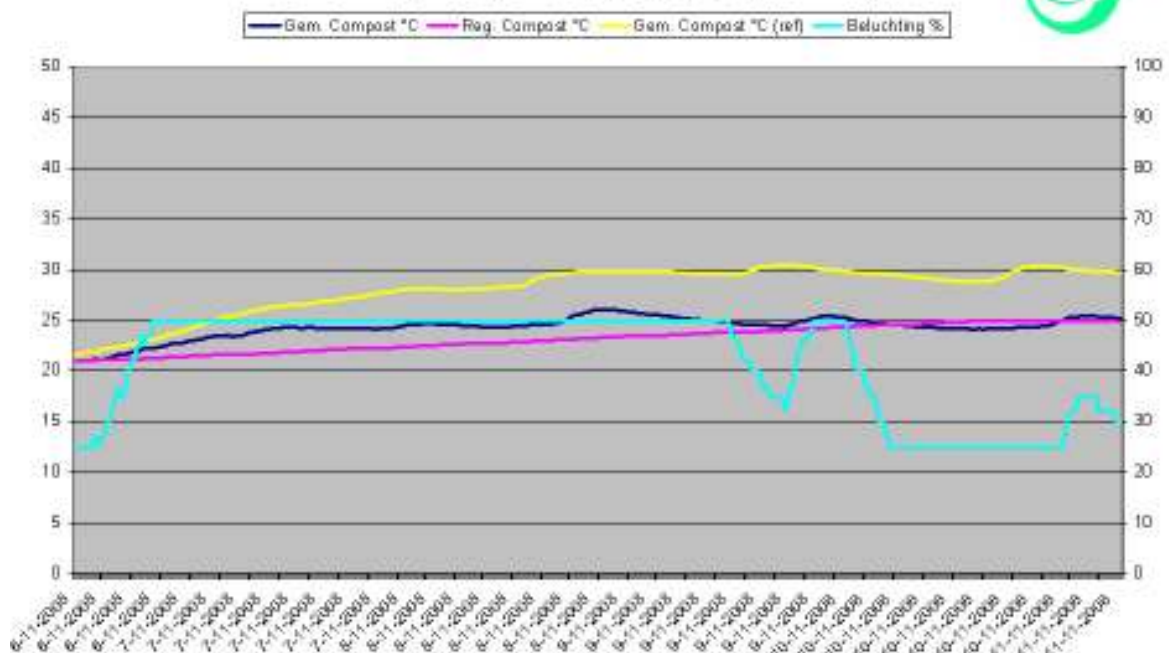
7.1. Grafieken composttemperatuur



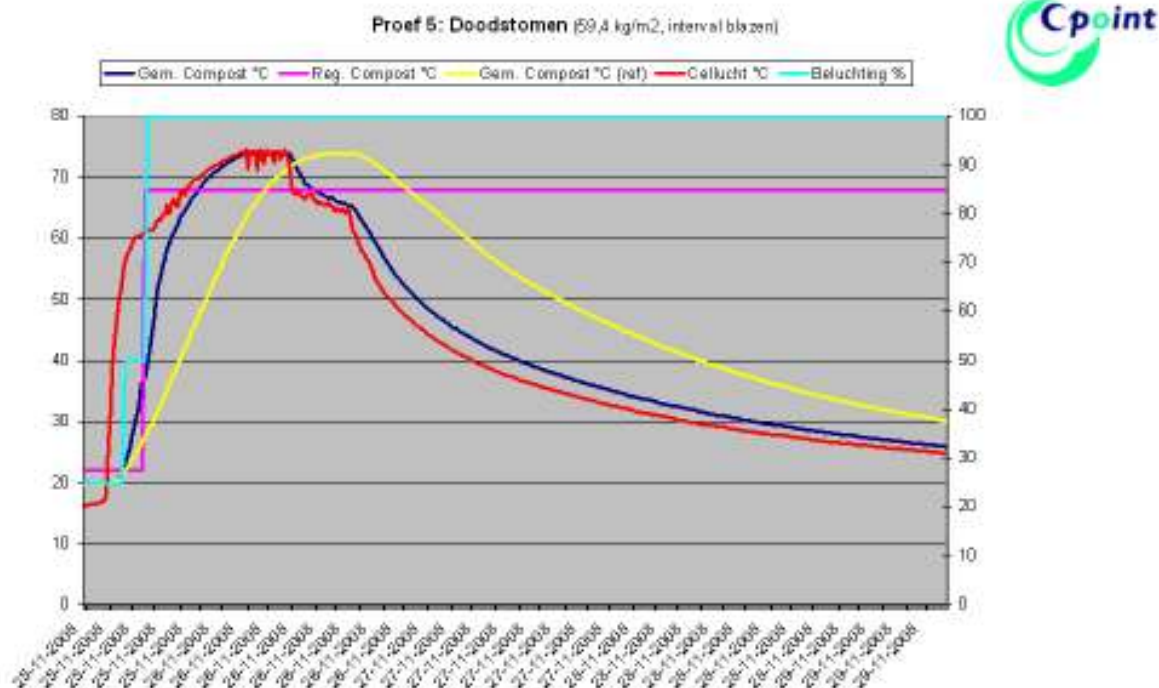
Proef 4: Composttemperatuur regeling (50 kg/m², interval zuigen - 10 min. aan / 20 min. uit)



Proef 5: Composttemperatuur regeling (59,4 kg/m², interval blazen)



7.2. Grafiek composttemperatuur doodstomen



7.7. Begeleidingscommissie

Onderstaand de leden van de begeleidingscommissie.

Begeleidingscommissie project "Directe beluchting"		
Naam	Bedrijf	Woonplaats
Dhr. J. Vink	PT	Zoetermeer
Dhr. R. van Doremaele / Dhr. H. Roeven	Christiaens Controls	Horst
Dhr. P. van Loon	PPO	Horst
Dhr. H. v/d Einde	Walkro België	Maasmechelen (B)
Dhr. H. Berden	Topterra	Wanssum
Dhr. H. Heslen	Sylvan Nederland B.V.	Horst
Dhr. J. Ebben	CNC	Milsbeek
Dhr. P. Franzmann	Franzmann champignons BV	Heijen
Dhr. M. Hoezen	Carpe Diem	Baarlo