



Directe beluchting champignonteelt (1)

Literatuurstudie en functioneel ontwerp

J.H. Gielen, december 2006

Inhoud

1.	Inleiding	3
2.	Literatuurstudie	4
3.	Functioneel ontwerp.....	7
4.	Mogelijke technisch principe's	9
5.	Bijeenkomsten begeleidingscommissie.....	14
6.	Conclusies en aanbevelingen	16
6.1.	Conclusies	16
6.2.	Aanbevelingen	16
7.	Literatuurlijst	17
8.	Bijlagen	18



© 2006 Horst, C point.

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 gezamenlijke schriftelijke toestemming van C point en Christiaens Controls BV.

C point projectnummer 320564

PT projectnummer 12159

Het idee van een direct beluchtingssysteem voor champignoncellen is afkomstig en eigendom van C point. De uitwerking van het idee tot een functioneel ontwerp en het eventuele vervolg is gezamenlijk eigendom van C point en Christiaens Controls BV. Zonder gezamenlijke schriftelijke toestemming van C point en Christiaens Controls BV is het niet toegestaan om in welke vorm dan ook (delen van) deze en eventueel volgende projectrapportage's voor andere doeleinden te gebruiken.

Dit project is gefinancierd door het PT en uitgevoerd door C point i.s.m. Christiaens Controls BV. 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

Deze projectrapportage behandelt de ontwikkeling van een functioneel en technisch ontwerp van een direct beluchtingssysteem voor de champignonteelt. Het project is gefinancierd door het PT en uitgevoerd door C point i.s.m. Christiaens Controls BV. 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 luchtverdeelsystemen 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 vervolprojecten) 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 project zijn de mogelijkheden voor een dergelijk direct beluchtingssysteem onderzocht, zijn de functionele eisen vastgesteld en is er een concept technisch ontwerp voor een prototype gemaakt.

Een speciaal woord van dank voor de leden van de begeleidingscommissie voor hun praktische inbreng in dit project en voor Roland van Doremaele en Henk Roeven van Christiaens Controls BV voor hun medewerking en technisch inhoudelijke inbreng.

Horst, december 2006
J.H. Gielen

2. Literatuurstudie

Buiten de kennis over directe belichting zoals toegepast bij het composteringsproces in tunnels, is er verder nog literatuur beschikbaar, waarin een z.g. single-zone systeem (compostering t/m teelt in z.g. Deep Troughs) wordt beschreven. Hierbij werden laagdiktes van 1 tot 2,5 meter compost toegepast. Uitgangspunt van dit systeem was het aantal compostverplaatsingen te verminderen. Dit aspect is bij de huidige manier van werken met doorgroeide compost niet meer van toepassing. Bij de ontwikkeling van het directe belichtingssysteem zal de nadruk vooral op de stuurbaarheid van het groeiproces liggen. Ondanks dat het Deep Trough systeem heel andere uitgangspunten had, zijn er toch ervaringen beschreven welke van belang kunnen zijn bij de ontwikkeling van het directe belichtingssysteem.

Literatuurstudie Deep Trough

Oorspronkelijke doelen

Deep Trough: 1 zone systeem zonder compostverplaatsingen (besparing op machines en arbeid)

Directe belichting: betere sturing groeiproces (knopvorming, snelheid en kwaliteit).

Overeenkomst / Verschil

Overeenkomst: beluchten van compost / dekaarde in fase 4

Verschil: beluchtingsbodem en laagdikte.

Principe Deep Trough (1)

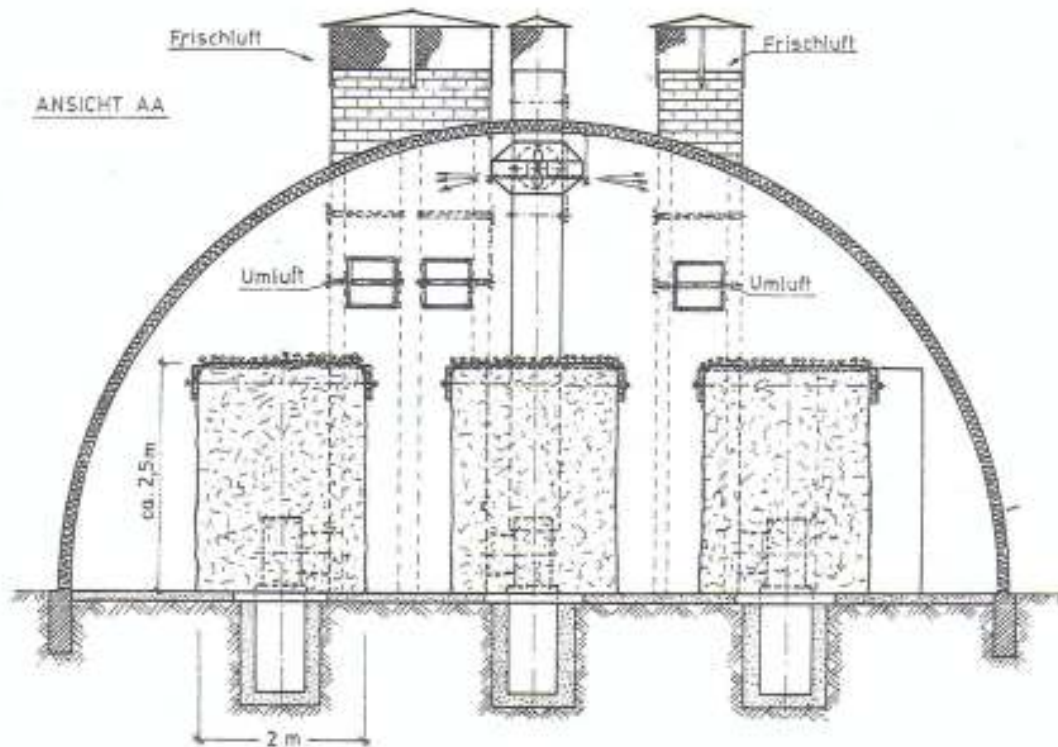


Abb. 2: Schnitt durch das Betriebsgebäude

Principe Deep Trough (2)

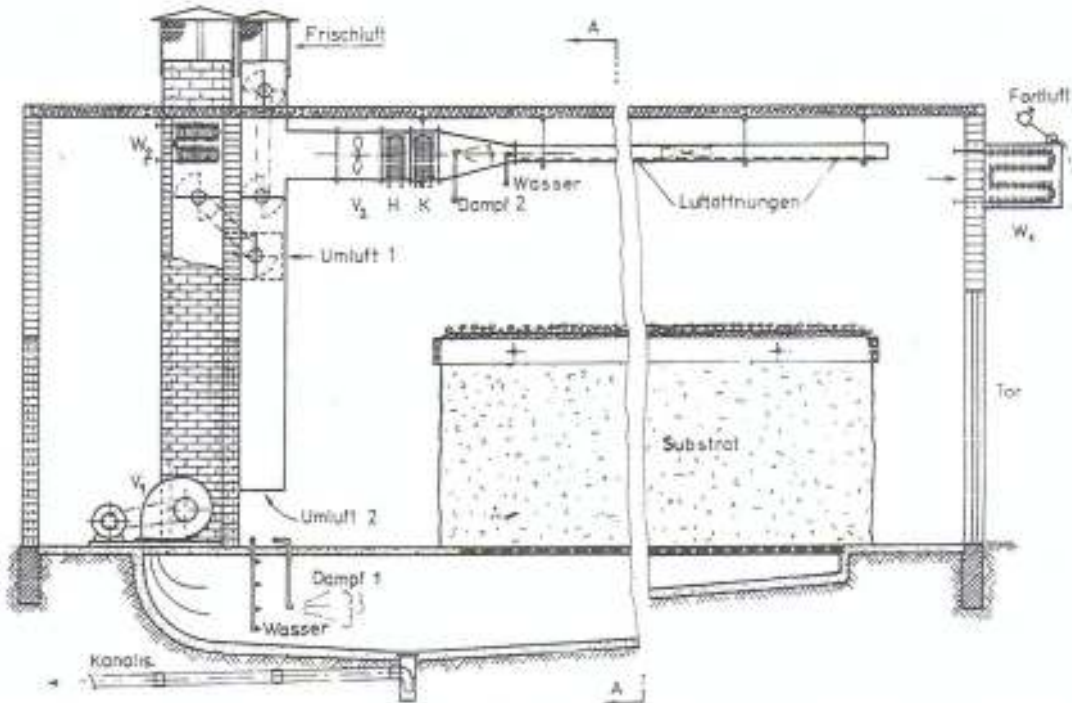


Abb. 3: Längsschnitt durch das Betriebsgebäude. V_1 = Radialventilator für Pasteurisierung, V_2 = Axialventilator für Raumbelüftung, H und K = Register für Heizung und Kühlung, W_1 und W_2 = Wärmeaustauscher

Principe Deep Trough (3)

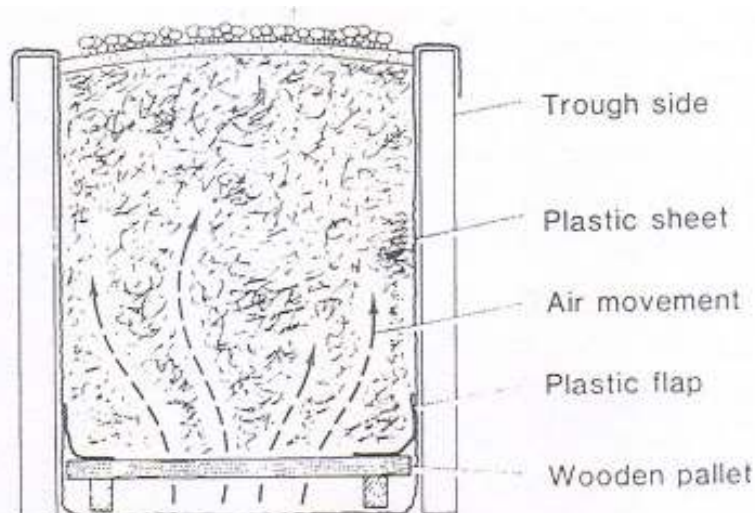


Fig. 6. Diagram showing plastic flap to direct air-flow through the centre of the trough.

Onderzoekskennis

- Rasmussen: ongeacht de laagdikte; per kg droge stof ongeveer 1 kg champignons
- Sinden: 90 kg/m² optimaal, anders problemen met CO₂ en warmte afvoer
- Wang: bij constante CO₂ van 1.000 ppm in de cel, CO₂ in compost 1.000 – 10.000 ppm
- Hayes: bij diepe bedden moeilijker knoppen
- Nielsen: Mycelium kan mineralen vanaf 1,8 m omhoog brengen, productie per ton is gelijk bij 30, 60, 90 en 120 cm laagdikte.

Technische problemen DT

- Gevoelig voor vullen (warme plekken / uitdroging)
- Enten moeilijk en niet homogeen
- Inklinken compost maakt mechanisch oogsten moeilijk

Aandachtspunten DT

- Tot aan afdekken van onderen beluchten, hierna omgekeerde luchtrichting (anders condenslaag)
- Statische druk tot 2000 Pa
- Luchthoeveelheid tot 200 m³/h/ton
- Gecombineerde klimaatregeling nodig.

Energie DT

- Energiekosten tot 60 % lager
- Snellere composttemperatuur correctie
- Doodstomen sneller en goedkoper.

Teelt problemen DT

- Tragere knopvorming 1e vlucht
- Teveel stuks / kans op verdrukking 1e vlucht
- Condensvorming overgang compost /dekaarde (alleen bij van onderen beluchten)
- Bij veel vluchten meer kans op besmettingsrisico via lucht uit compost

Positieve teeltervaringen DT

- Snelle groei, betere kwaliteit, grotere vastere wittere champignon, hogere opbrengsten per m², minder ziekterisico, gemakkelijkere teelt en pluk
- Meer vluchten mogelijk (6 à 7)
- 40 % besparing op kostprijs (o.a. arbeidsbesparing tot 35 - 50 % en energiebesparing tot 60 %).

Conclusies DT

- Beluchten van fase 4 geeft vele positieve effecten (teelt, energie, arbeid)
- Risico zit in de condenslaag (bij van onderen beluchten), trage knopvorming en te massale groei 1e vlucht
- Mogelijk geeft een nieuwe beluchtingsbodem (spigot werking) in combinatie met een dunnere compostlaag (<< 1 m) de oplossing.

3. Functioneel ontwerp

Wat de bijeenkomst "directe beluchting" betreft: deze is uitermate positief verlopen. Met name vanuit de telers en composteerder kwamen mogelijke positieve punten naar voren die met een dergelijk systeem gerealiseerd zouden kunnen worden. Men heeft aangegeven liefst de stap met het functioneel ontwerp zo kort mogelijk te houden en alvast een voorstel voor een prototype te maken. Uitgangspunt is een systeem te ontwikkelen dat nog in de huidige teeltsystemen te implementeren is en waarmee het mogelijk moet zijn 150 kg/m² te vullen, meer bij te voeden dan nu het geval is en 3 vluchten van goede kwaliteit en opbrengst te telen (bij een groter aantal vluchten verwacht men een te grote toename van de ziektedruk).

Uitgangspunt warmte-afgifte

Uitgangspunt van het ontwerp is de warmte-afgifte per ton compost gedurende de piek na het vullen en de piek van de 1^e vlucht. Op basis van reeds eerder met het WVC (Warmte, Vocht, CO₂) meetsysteem geregistreerde gegevens, zal voor de dimensionering van de directe beluchting vooral de warmte-afgifte van belang zijn.

Invloed hoger vulgewicht en extra bijvoeding

De extra warmte-afgifte per ton compost zal door een hoger vulgewicht niet direct toenemen, wel zal bij een traditionele indirecte beluchting hiervoor onvoldoende uitwisseling zijn. Bij een directe beluchting zal het geen problemen geven om voldoende uitwisseling te realiseren. Door extra bijvoeding zal er wel meer activiteit en dus warmte worden ontwikkeld.

Warmte afvoer via convectie / verdamping en directe beluchting

De gewenste warmte afvoer zal deels via convectie / verdamping en deels via de directe beluchting plaatsvinden. Met name in de perioden dat er veel activiteit is en dus het verschil tussen compost en luchttemperatuur groot is, zal er ook meer warmte-afvoer via convectie / verdamping plaatsvinden. Verder zal ook de luchtrichting (zie punt Luchtrichting) van belang zijn. Bij het van onderuit blazen van lucht, zal de convectie / verdamping gemakkelijker verlopen.

Luchthoeveelheid directe beluchting

Om de kwaliteit van de champignons te garanderen, zal het klimaat in de cel niet veel anders zijn dan nu het geval is. Voor de bepaling van de gewenste luchthoeveelheid is tevens naar de luchtbehoefte in fase 3 tunnels gekeken.

Weerstand directe beluchting

Naast de luchthoeveelheid is het van belang, om de ventilatorweerstand van de directe beluchting te bepalen. De te verwachten laagdikte kan worden benaderd door een vulgewicht van 95 kg/m² met een vuldikte van 20 cm om te rekenen naar een vulgewicht van 150 kg/m². De vuldikte zal hierbij ongeveer $(150/95) * 20 \text{ cm} = 32 \text{ cm}$ worden. Omdat er geen ervaring is met de weerstand inclusief dekaarde en hoe deze weerstand zich ontwikkelt gedurende het teeltproces of tijdens het sproeien, kan worden aanbevolen dit vast te stellen middels enkele proefmetingen.

Luchtrichting

Technisch kan er gekozen worden voor een systeem, waarmee de lucht van onderuit door de compost wordt geblazen of juist gezogen. In de testen met het z.g. Deep Trough systeem bleek het blazen voor een condenslaag tussen compost en dekaarde te zorgen (warme, vochtige lucht uit de compost condenseert tegen de onderzijde van de koudere dekaarde). Hierdoor werd er vanaf het moment van afdekken gekozen voor het aanzuigen van de lucht via de dekaarde en compost. De directe beluchting werkt met een veel kleinere compostlaag, zodat er ook minder warme lucht zal worden aangevoerd naar de dekaarde en dus de kans op een condenslaag ook kleiner zal zijn. Wat de technische argumenten betreft, zal het blazen van lucht gemakkelijker zijn te realiseren dan het zuigen van lucht, waarbij men dan wel de extra mogelijkheid heeft de lucht te filteren (zie ook principe tekening 1 en 2). Ondanks dat er vanwege de teeltkundige voorkeur in eerste instantie zal worden gekozen voor het zuigen van lucht, dienen er vanwege de technische voorkeur toch proeven met beide luchtrichtingen te worden gedaan.

Luchtverdeling

Om bij het aanzuigen van lucht een goede luchtverdeling te krijgen is het van belang voldoende onderdruk in de bedbodem te hebben (overdruk bij blazen). Dit kan alleen worden gerealiseerd met een beperkt aantal aanzuigaten. Zou het aantal aanzuigaten te groot worden, dan kan de lucht de weg van de minste weerstand nemen en kunnen er klimaatverschillen in compost en dekaarde ontstaan.

Anderzijds mag het aantal aanzuigaten ook weer niet te beperkt worden, omdat er anders onvoldoende lucht door het proces gaat en ook de luchtsnelheden bij de gaten te ver kunnen oplopen. Mogelijk kan hier de theorie van de statische drukverdeling in luchtzakken worden aangehouden. Vertaald zou dit betekenen dat de totale oppervlakte van alle aanzuigatjes nooit meer mag worden dan de helft van de oppervlakte van het aanzuigkanaal. Op deze wijze zou men voldoende onderdruk moeten kunnen realiseren voor een gelijkmatige luchtverdeling.

Afvoeren of recirculeren

De via het bed aangezogen lucht zou uit de cel kunnen worden afgevoerd, omdat deze warmte, vocht en CO₂ bevat welke in de meeste gevallen niet meer in de cel nodig zal zijn. Er zijn echter situaties denkbaar, waarbij geen / beperkte luchtverversing mogelijk is en de lucht (/ deels) moet worden gerecirculeerd. Dit zou kunnen worden gerealiseerd door de retourlucht uit het bed naar de klimaatunit te brengen. Om het geheel regelbaar te maken, zal er dan een extra recirculatieklep op de klimaatunit nodig zijn.

Filteren retourlucht uit bed

Indien de retourlucht uit het bed wordt hergebruikt voor de klimaatregeling, heeft men de mogelijkheid om deze te filteren met een fijn(sporen)filter. Door het aanzuigen van de lucht via dekaarde en compost, bestaat het risico dat een eventuele lokale besmetting verder verspreid zou kunnen worden. Daar staat tegenover, dat een besmetting aan de oppervlakte juist de dekaarde wordt ingezogen en deze als een soort van filter zou kunnen werken. Of de besmettingsrisico's groter of juist kleiner worden is moeilijk aan te geven. Voor het prototype dient in elk geval rekening te worden gehouden met een fijnfilter in de retourlucht.

Extra ventilator retourlucht uit bed

Om de gewenste luchthoeveelheid door de dekaarde en compost, de bedbodem en het fijnfilter te trekken zal er een extra ventilator in de retourlucht uit het bed nodig zijn. Door deze (of de hoofd-) ventilator via een drukmeting aan de regeling van het celklimaat te koppelen, kan men er in alle gevallen er voor zorgen dat er een minimale overdruk in de cel gehanteerd blijft. Dit is van belang voor het buiten de deur houden van eventuele besmettingen. Omgekeerd zou men hierdoor ook een overdruk kunnen creëren om een eventuele besmetting niet te laten verspreiden.

Koppelen aan klimaatunit

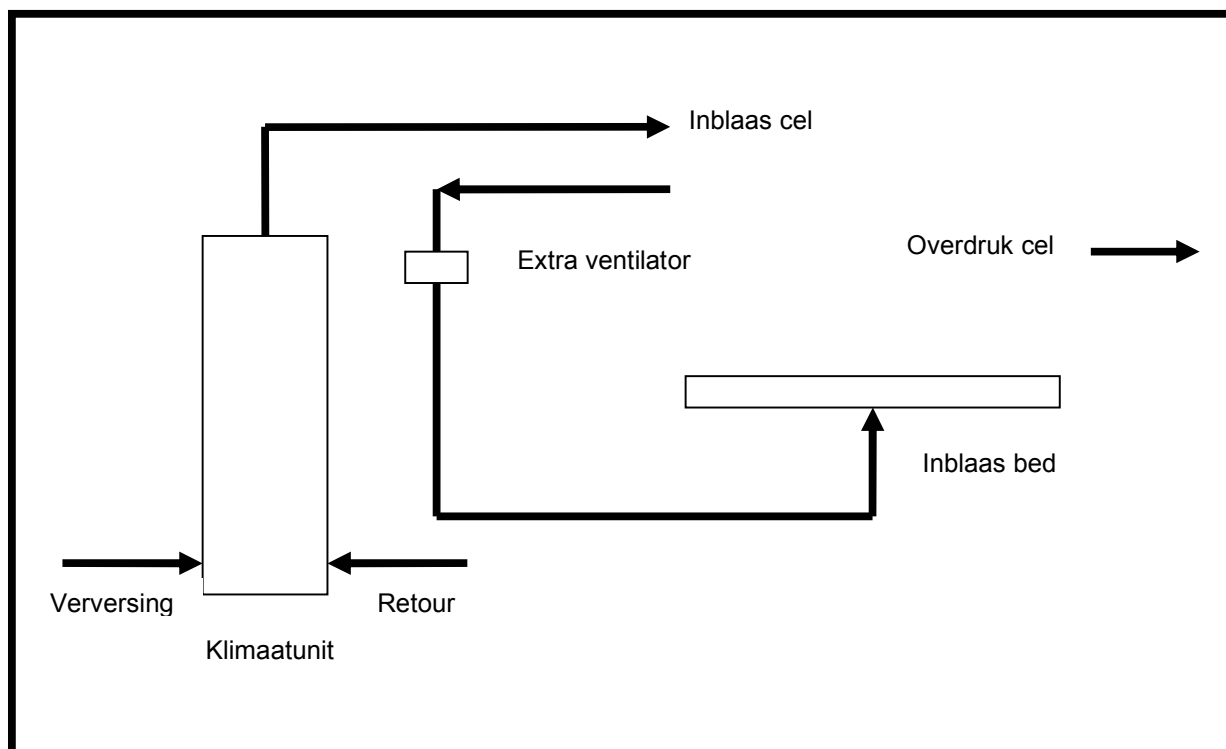
Door de retourlucht van het bed te koppelen aan de klimaatunit beschikt men over alle opties voor een optimale en energiezuinige klimaatregeling. De klimaatunit dient dan ook over de volgende mogelijkheden te beschikken: Verversing cel, Verversing bed, Retour cel, Retour bed, Overdruk cel, Overdruk bed.

Samenvatting uitgangspunten directe beluchting

- Vulgewicht compost 150 kg/m²
- Extra bijvoeding voor 3^e vlucht
- Luchtrichting aanzuigen via dekaarde en compost naar bedbodem (optie blazen testen)
- Retourlucht bed via extra retourklep naar klimaatunit
- Extra ventilator retourlucht nodig
- Klimaatunit met: Verversing cel / bed, Retour cel / bed, Overdruk cel / bed.

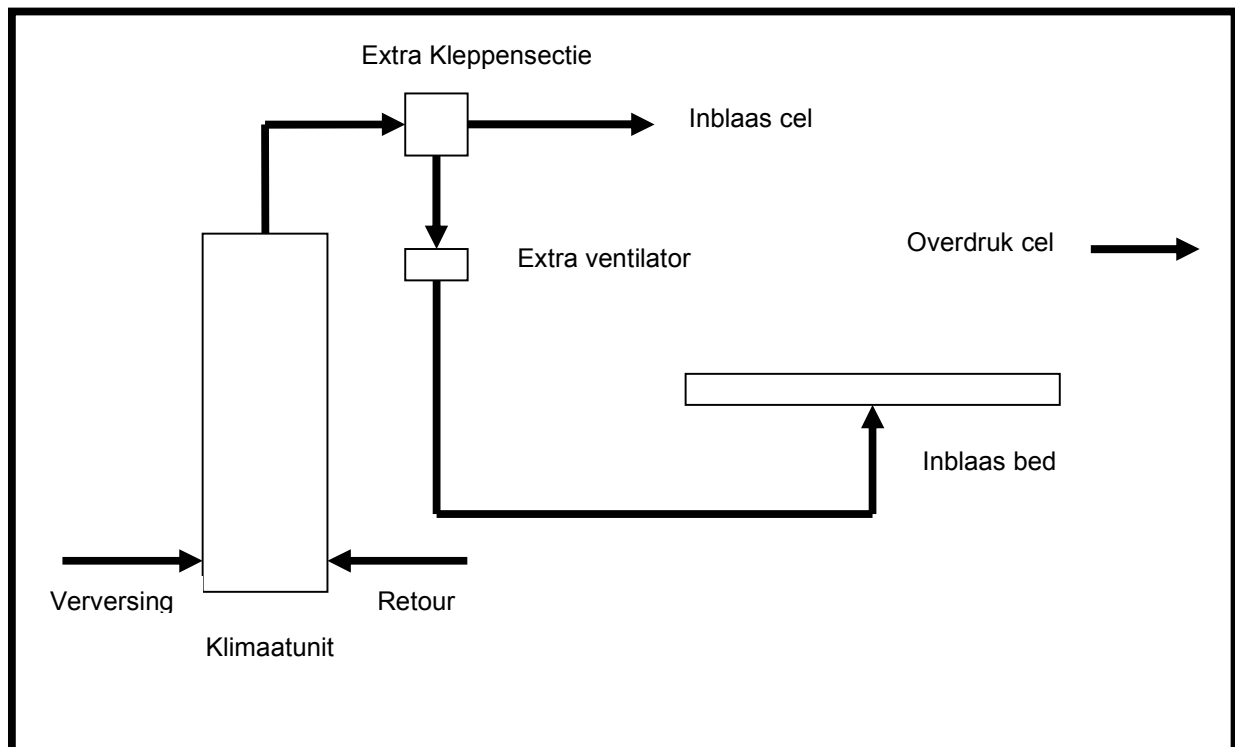
4. Mogelijke technisch principe's

4.1 Celklimaat van onderuit door bed blazen naar cel



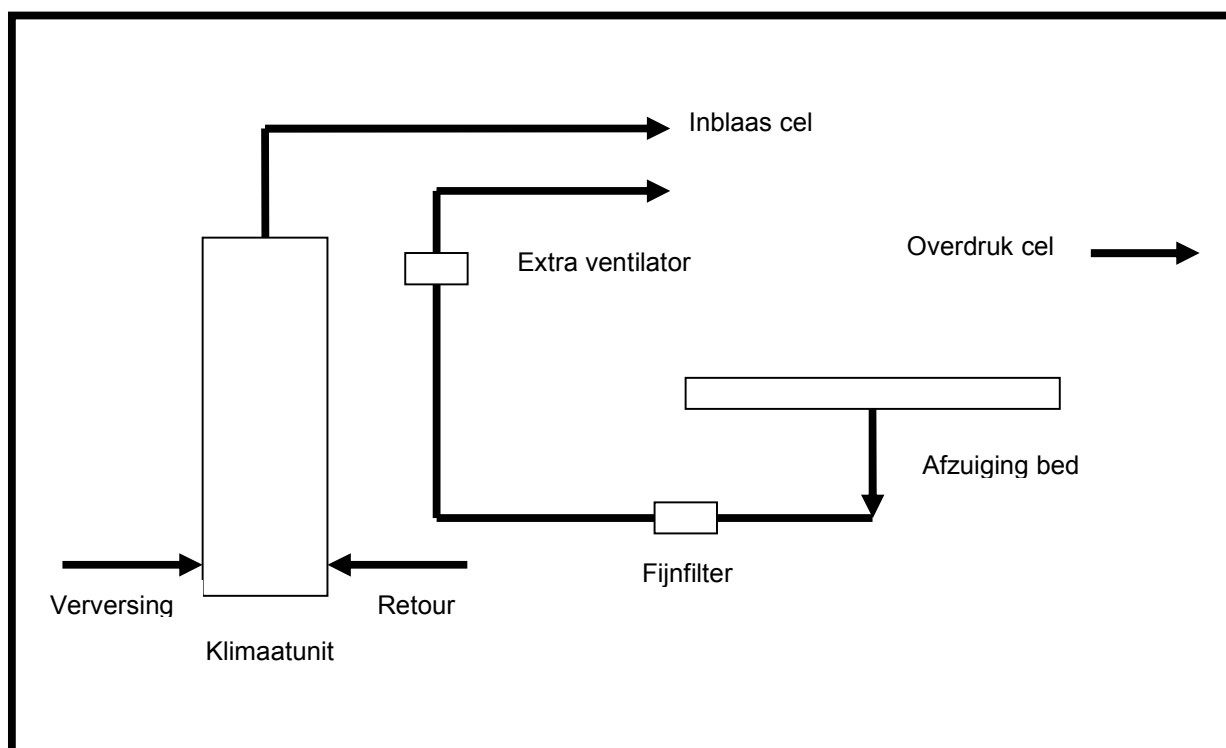
Voordeel van deze constructie is de maximale eenvoud. Nadeel is dat het blazen van lucht een condenslaag tussen compost en dekaarde kan veroorzaken, dat de afgevoerde lucht van het bed weer in de cel terecht komt en niet gefilterd kan worden, dat de klimaatconditie van de inblaas bed niet afzonderlijk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

4.2 Inblaasklimaat van onderuit door bed blazen naar cel



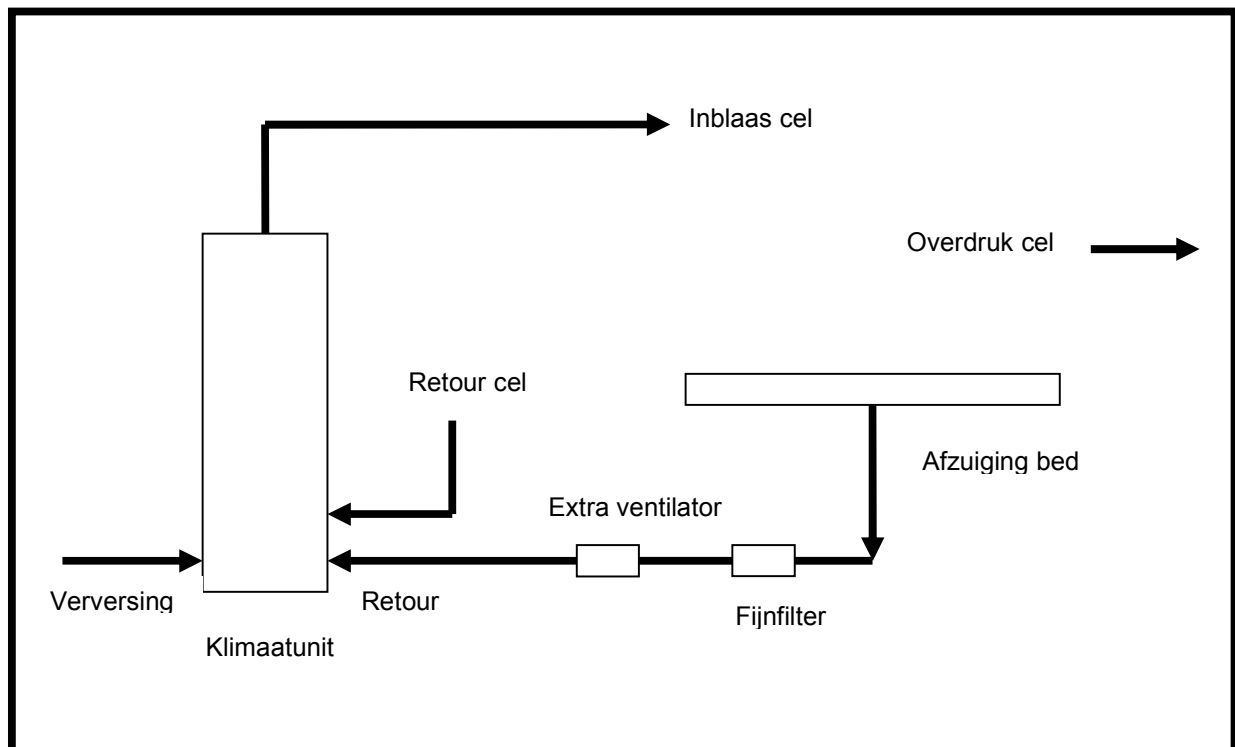
Voordeel van deze constructie is de betrekkelijke eenvoud. Nadeel is dat de afgevoerde lucht van het bed weer in de cel terecht komt / en niet gefilterd kan worden, dat de klimaatconditie van de inblaas bed niet afzonderlijk geregeld kan worden (alleen de luchthoeveelheid) en gelijk is aan de inblaas cel (dus meestal lager en droger dan de cellucht), dat het blazen van lucht een condenslaag tussen compost en dekaarde kan veroorzaken.

4.3 Celklimaat van bovenaf door bed zuigen naar cel



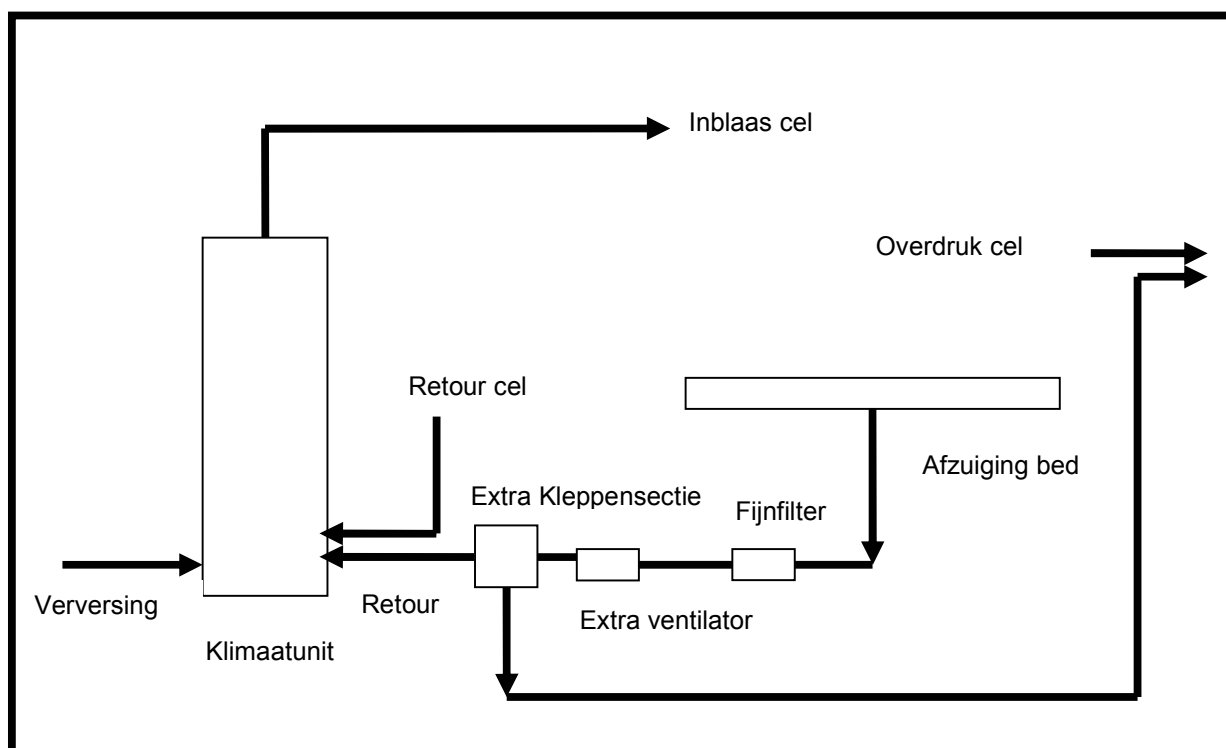
Voordeel van deze constructie is de maximale eenvoud en dat het zuigen van lucht geen condenslaag tussen compost en dekaarde kan veroorzaken, en dat de afgezogen lucht kan worden gefilterd. Nadeel is dat de afgevoerde lucht van het bed weer in de cel terecht komt, dat de klimaatconditie van de afzuiging bed niet afzonderlijk geregeld kan worden (alleen de luchthoeveelheid) en gelijk is aan het celklimaat.

4.4 Celklimaat van bovenaf door bed zuigen naar retour



Voordeel van deze constructie is de betrekkelijke eenvoud, dat het zuigen van lucht geen condenslaag tussen compost en dekaarde kan veroorzaken en dat de afgezogen lucht kan worden gefilterd. De klimaatconditie van de afzuiging bed is gelijk aan het celklimaat en kan niet afzonderlijk geregeld worden (alleen de luchthoeveelheid). De retourlucht van het bed zal via de klimaatunit weer hergebruikt worden, wat niet altijd gewenst is. Bij de getekende constructie kan geen maximale verversing worden genomen, omdat er dan geen retourlucht meer mogelijk is, en er dus ook geen lucht meer door het bed gezogen kan worden. M.a.w. deze oplossing werkt niet als er veel luchtverversing gevraagd wordt.

4.5 Celklimaat van bovenaf door bed zuigen naar retour of overdruk



Bovenstaande constructie biedt alle mogelijkheden om lucht door de dekaarde en compost te zuigen. Voordelen: het zuigen van lucht voorkomt een condenslaag tussen compost en dekaarde en de afgezogen lucht kan worden gefilterd. De klimaatconditie van de afzuiging bed is gelijk aan het celklimaat en kan niet afzonderlijk geregeld worden (alleen de luchthoeveelheid). De retourlucht van het bed kan naar keuze weer worden hergebruikt of rechtstreeks via de overdrukopening uit de cel worden afgevoerd.

Bovenstaande variant vormt het uiteindelijke basisprincipe van het functioneel ontwerp voor de directe beluchting.

5. Bijeenkomsten begeleidingscommissie

Bijeenkomst begeleidingscommissie op 30-09-2005

Wat de eerste bijeenkomst "directe beluchting" betreft: deze is uitermate positief verlopen. Tijdens de bijeenkomst is het idee van de directe beluchting en de literatuurstudie naar het z.g. Deep Trough systeem gepresenteerd. Hierna werd de optie om een direct beluchtingssysteem voor de champignonteelt te ontwikkelen nader besproken, waarbij vooral aandacht was voor de uitgangscriteria. Met name vanuit de telers en composteerder kwamen mogelijke positieve punten naar voren die met een dergelijk systeem gerealiseerd zouden kunnen worden. Men heeft aangegeven liefst de stap met het functioneel ontwerp zo kort mogelijk te willen houden en direct hierna een voorstel voor een prototype te maken. Uitgangspunt is een systeem te ontwikkelen dat nog in de huidige teeltsystemen te implementeren is en waarmee het mogelijk moet zijn 150 kg/m² te vullen, meer bij te voeden dan nu het geval is en 3 vluchten van goede kwaliteit en opbrengst te telen (bij een groter aantal vluchten verwacht men een te grote toename van de ziektedruk).

Bijeenkomst begeleidingscommissie op 07-07-2006

Tijdens de tweede bijeenkomst "directe beluchting" zijn de eindconclusies van de vorige keer samen gevat en zijn alle aandachtspunten van het functioneel ontwerp doorgesproken, waarbij eventuele keuzes werden gemaakt om het systeem af te bakken (zie onderstaande punten). Verder is in een aantal stappen het uiteindelijke functioneel ontwerp gepresenteerd.

Intro

De eindconclusie van de vorige bijeenkomst blijft overeind:

- Het systeem zal bij moeten dragen aan de mogelijkheden tot meer vulgewicht (150 kg) per m².
- Tevens zal de hoeveelheid bijvoedmiddel per ton opgevoerd moeten kunnen worden.
- Hierdoor moet het mogelijk worden 3 vluchten van goede kwaliteit te telen.
- Het systeem zal naar verwachting energiezuiniger zijn dan de huidige systemen.
- Een zuig of blaas systeem? Wat is beter.
- Met een zuigsysteem is condens tussen compost en dekaarde gemakkelijker te voorkomen.

Aanname koelbehoefte

Na enige discussie kan een ieder instemmen met de aanname dat de koelbehoefte per ton compost (met gelijke hoeveelheden bijvoeding) gelijk blijft. Ook al lijkt het nu in de cellen anders, maar dit komt doordat bij hogere vulgewichten de compost moeilijker geregeld kan worden.

Bijvoeden

Tot hoever kunnen we gaan met bijvoeden? Er zal meer bijgevoed kunnen worden dan nu het geval is. John Ebben ziet echter wel beperkingen als het bijvoedmiddel onvoldoende gelijkmatig kan worden verdeeld.

Economische balans van meer vullen / bijvoeden

Wat is het optimale werkpunt. Hoeveel kg/m² aan compost en hoeveel bijvoeden?

De afvoer van champost wordt als negatief beschouwd. Meer bijvoeden lijkt de voorkeur te hebben.

Sturen van de composttemperatuur

De sturing van de composttemperatuur moet uitgaan van het principe dat de latere vluchten op een hogere compost temperatuur geteeld kunnen worden. Een hogere composttemperatuur geeft meer afbraak en afbraak is voeding is de stelling.

Zuig of blaas systeem

De keuze voor een zuig of blaas systeem hoeft bij pluk of snij bedrijven niet perse hetzelfde te zijn. Snijbedrijven lijken meer heil te zien in een zuig systeem daar er dan verse lucht onder de hoeden komt waardoor ook hier beter verdampt kan worden. Er wordt een positief resultaat verwacht m.b.t. intern vocht en waterstelen. Bij een zuigsysteem komt er "koude lucht" in de dekaarde. Wat is het effect op de

Directe beluchting champignonteelt

capillaire werking? Plukbedrijven vinden een blaas systeem aantrekkelijker gezien de beperktere investeringen en de eenvoud. Men is het eens, dat het prototype beide dient te kunnen.

Drukverlies ventilator

Het drukverlies over de compost, dekaarde en het beluchtingssysteem is nog onbekend. Hiervoor dienen enkele proeven gedaan te worden. Wat gebeurt er met sproeien of als er 25 kg champignons/m² staan?

Warmteterugwinning

Op dit moment wordt er nog geen rekening gehouden met een optie voor warmteterugwinning.

Fijnfilter

Waarschijnlijk hoeft bij een zuigbeluchting geen fijnfilter in de uitgaande lucht van de compost te worden geplaatst. Bij een zuigbeluchting wordt juist een preventieve bijwerking verwacht m.b.t. ziekte verspreiding.

Rapport en geheimhoudingsverklaring

Het rapport van de eerste projectfase zal pas na ondertekening van de geheimhoudingsverklaring worden verstuurd.

Brief begeleidingscommissie

Jan Vink wordt gevraagd om de leden van de begeleidingscommissie te benaderen voor een (positief) advies, welke als brief aan het rapport zal worden toegevoegd.

Vervolgfase met praktijktest

Voor de vervolgfase is het van belang om een bedrijfsmatige test uit te voeren. Er wordt gedacht aan leegstaande cellen of bijv. een bed in een bestaande kwekerij ombouwen. Men geeft de voorkeur aan een kort traject en wil liefst z.s.m. een prototype bouwen en onder praktijkomstandigheden testen.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1. Conclusies

Het directe beluchtingssysteem dient te worden gebaseerd op de volgende uitgangspunten, ontwerpeisen en aandachtspunten:

Uitgangspunten:

- Implementatie in huidige teeltsystemen
- Geschikt voor een vulgewicht van 150 kg/m²
- Met extra bijvoeding (voor 3^e vlucht)
- 3 vluchten goede opbrengst en kwaliteit

Ontwerpeisen:

- Voorkeur luchtrichting is aanzuigen via dekaarde en compost naar bedbodem (optie blazen ook testen)
- Extra ventilator nodig om lucht door bed te trekken (eventueel blazen), met optie voor fijnfilter in retourlucht bed.
- Retourlucht bed via extra kleppensectie te regelen naar retouropening klimaatunit en/of overdrukopening cel

Aandachtspunten:

- De dekaarde kan een normale laagdikte hebben
- De luchtverdeling moet door de beluchtingsbodem en niet door de compost/dekaarde worden bepaald (anders gevoelig voor vullen)
- De beluchting moet worden gebaseerd op het statische druk principe
- Mogelijk werkt bij een zuigsysteem de compost en dekaarde als een filter en kan ziekteverspreiding worden voorkomen
- Door de efficiëntere uitwisseling zal de stuurbaarheid van de teelt drastisch verbeteren, tegen een lagere energiebehoefte
- Door het grotere vulgewicht en het bijvoeden kan er meer koelbehoefte per cel nodig blijken te zijn, doch de efficiëntere uitwisseling zijn dit voor een groot deel ondervangen
- Meer bijvoeden heeft de voorkeur boven meer compost (i.v.m. met de champost)
- De betere stuurbaarheid zou moeten worden benut om ook in de 3^e vlucht nog een hogere composttemperatuur te behouden
- Snijbedrijven verwachten hiermee een beter verdampingsklimaat onder de hoeden te creëren en snellere (temperatuur)veranderingen af te kunnen dwingen.

6.2. Aanbevelingen

Op basis van de literatuurstudie en het functioneel ontwerp, ziet de begeleidingscommissie vele potentionele mogelijkheden in een direct beluchtingssysteem voor de champignonteelt. Tijdens de 2 bijeenkomsten zijn een aantal aanbevelingen van teelt / technische aard gedaan, welke voor zover mogelijk al in het functioneel ontwerp zijn opgenomen. Vanwege de hoge verwachtingen heeft men uitgesproken en geadviseerd om op korte termijn een prototype te bouwen en dit direct al onder praktijkomstandigheden uit te testen. Men denkt hierbij aan 1 of ½ bed ombouwen in een bestaande kwekerij.

7. Literatuurlijst

1. Musil V. 1978
Neue kistenlose Champignonproduction erstmalig im Anlauf.
Der Champignon no. 203
2. Henke D. 1978
Verfahren zum Kultivieren von Champignons mit special-Klimatisierung im "Ein-zonen-kompakt-System" unter Industriemässigen Bedingungen.
Mushroom Science 10 (2)
3. Flegg P.B. and Smith J.F. 1980
Pioneering deep troughs.
Mushroom Journal no. 89
4. Gaze R.H. 1980
Deep troughs assessed.
Mushroom Journal no. 95
5. Laborde J. 1982
Growing cultivated mushrooms in troughs and bins.
Mushroom Journal no. 113
6. Salaba F. und Staněk M. 1983
Champignonanbau in Tiefbeeten.
Der Champignon no. 268

Naast de literatuurstudie van de bovenstaande 6 artikelen zijn sommige uitgangspunten van het functioneel ontwerp gebaseerd op de onderstaande onderzoeksrapportage.

7. Gielen J.H. 2002
NOVEM rapport "Meet- & informatiesysteem Warmte-, Vocht-, CO₂-afgifte"
C Point, HORST

8. Bijlagen

8.1 Literatuurstudie "Deep Trough"

Onderstaand een beknopte samenvatting van de meest in het oog springende punten uit de 6 artikelen van de literatuurstudie.

1.

- In '77 in Duitsland ontwikkeld door Henke en patent aangevraagd
- 1 zone compactstelsysteem zonder compostverplaatsingen (pasteuriseren t/m oogst in bulk)
- Gecombineerd klimaatsysteem (zoals bij tunnels en cellen)
- Tijdens myceliumgroei overgang van onderuit beluchten, naar regelen celklimaat
- Afhankelijk van laagdikte 6 - 7 of meer vluchten mogelijk
- Geen kisten nodig / besparing op oogstarbeid
- Snelle groei / kans op verdrukking / minder ziekterisico / vergelijkbare opbrengsten per ton / hogere opbrengsten per m².

2.

- Volgens Rasmussen: ongeacht de laagdikte kan per kg droge stof ongeveer 1 kg champignons geteeld worden
- Volgens Sinden: optimaal in bedden 90 kg/m² anders problemen met CO₂ en warmte afvoer
- Volgens Wang: bij constante CO₂ van 1.000 ppm in de lucht, CO₂ in de compost tussen 1.000 en 10.000 ppm
- Normale laagdikte voor telen tussen 15 en 30 cm
- Noodzakelijk bij 1 zone compactstelsysteem om zowel van onderuit, als ook de cellucht te kunnen klimatiseren (gecombineerde klimaatregeling)
- Proef met 3 substraat "bakken" afmetingen 2 * 2,2 * 30 m (b*h*l)
- Temp. verschil compost / lucht maximaal 1 à 2 graden
- Mogelijkheid om 2 richtingen te beluchten, om condenslaag aan substraatoppervlakte te vermijden
- Tijdens afkoelen voor enten wordt lucht gewassen (i.v.m. stof en virusinfecties)
- In fase 4 combi regeling: celklimaat en van onderuit beluchten (eventueel via interval)
- Goede kwaliteit / vaste champignons / snel groeiend / wit / minder ziekterisico / bed blijft langer nat aan oppervlakte
- Lijkt alsof CO₂ uit het bed de champignons desinfecteert (wit / geen bacterievlekken of verticillium)
- In fase 4 wordt door de directe belichting (1000 Pa van onderen) de CO₂ naar de oppervlakte gespoeld en kan men de CO₂ in de compost onder controle houden. Mogelijk kan men hierdoor de knopvorming en het aantal stuks beïnvloeden
- 1 plukvlak geeft betere plukprestatie, betere werkhoogte (1 m), beter zicht
- Kostprijs kan door besparing op arbeid (1/3 lager), machines en installatie 40 % lager worden
- Energiekosten zullen 60 % lager uitvallen
- Temperatuurstijgingen zijn sneller en met een minimum aan energie te corrigeren door de directe belichting.

3.

- Goede ervaringen met geperforeerde pijpen door de compost
- Proef met Deep Troughs van 1*1,2*5 m (b*h*l) met dubbele vloer van 20 cm, gevuld met 500 kg/m² geënte compost en belichting van onderen.
- O₂ in oppervlakte ging in 2 minuten beluchten van 15 naar 21 % en luchttemperatuur cel steeg met 1 à 2 graden, dus beluchten van onderen is zeer effectief
- Statische druk tussen 200 en 2000 Pa (begin / einde)
- Vochtgehalte compost zakt van 70 – 68 % tijdens fase 4. Bij beluchten van onderen bleef de compost vrij vochtig
- Goede opbrengsten (beste 50 kg/m² of 150 kg/ton geënt) in 6 weken fase 4

Directe beluchting champignonteelt

- Champignons gemiddeld 2 * zo zwaar / geen teeltproblemen
 - Goed vullen belangrijk om geen warme plekken te krijgen
 - Problemen met condensvorming op compost / dekaarde overgang, als er warme vochtige lucht door de compost wordt geblazen. Waarschijnlijk is zuigen beter
 - Beter continu beluchten als via interval
 - Opletten voor te veel stuks i.v.m. negatieve invloed op de kwaliteit
 - Problematisch om diep te kunnen enten
 - Gemakkelijkere teelt, minder oogstkosten, betere controle hygiëne, lagere investeringen en betere kwaliteit.
- 4.
- Doel Deep Trough (DT) systeem: beperken compostverplaatsing, arbeid en machines, door teelt in bulk
 - Mogelijkheid om broed te injecteren?
 - Alleen ventilator voor luchtcirculatie door compost?
 - Van onder beluchten in fase 4 kan een condenslaag geven tussen compost en dekaarde
 - Lucht zuigen lijkt beter, maar kan uitdroging van dekaarde en compost geven
 - Dekaaarde van normale dikte gebruikt
 - Fase 4: trage knopvorming / gelijkmatigere opkomst
 - Laagdikte beperkt door diepte van ophalen voeding?
 - Goede kwaliteit, vaste en grotere champignons / meer stuks / gemakkelijker pluk / betere plukprestatie
 - Filters nodig
 - Doodstomen sneller en goedkoper
 - Kostprijs +/- 40 % lager (plukkosten 50 % lager).
- 5.
- Fase 4: laagdikte 80 - 100 cm, lucht door compost
 - Betere CO2 en warmte afvoer
 - Proefopstelling 80 - 150 cm diep, 200 cm breed, met dubbele vloer met roosters
 - Continu ventilatie of interval op basis van composttemperatuur
 - Nielsen / Rasmussen: Mycelium kan mineralen tot 180 cm omhoog brengen, productie per ton compost is overeenkomstig bij 30, 60, 90 en 120 cm diep
 - Risico op tragere 1^e vlucht en warme plekken
 - Betere kwaliteit / grotere vastere champignons / hogere opbrengst per m² / lagere opbrengst per ton
 - Minder arbeid en investeringen
 - Risico op besmetting via lucht
 - Compost klinkt in (kan onder rand zakken)
 - Normale laagdikte dekaarde
 - Ook testen met natuurlijke schoorsteenventilatie uitgevoerd.
- 6.
- Hayes: bij diepe bedden moeilijker knoppen
 - 1 m diep mogelijk met 400 kg/m² gevuld
 - 7 ton compost (vers gevuld): ventilator 1500 m³/h bij 1500 Pa
 - Tot afdekken van onderuit beluchten (blazen), hierna omgekeerd (zuigen)
 - Enten vormt het grootste probleem
 - Normale laagdikte dekaarde
 - Grotere champignons / betere kwaliteit / clusters in 1^e vlucht
 - Groter risico mummieziekte
 - Lagere opbrengst / ton wordt waarschijnlijk veroorzaakt door slechte temperatuurbeheersing en door transporthoogte voor voedingsstoffen
 - Probleem: condensatie onder dekaarde bij van onderuit beluchten.

8.2 Presentatie functioneel ontwerp

Uitgangspunten

- Implementatie in huidige teeltsystemen
- Vulgewicht van 150 kg/m²
- Met extra bijvoeding
- 3 vluchten goede opbrengst en kwaliteit

Invloed hoger vulgewicht en extra bijvoeding

Vulgewicht 150 kg/m² i.p.v. 95 kg/m²:

- Warmte afgifte/ton: blijft nagenoeg gelijk
- Onvoldoende uitwisseling trad. luchtbehandeling
- Geen probleem bij directe beluchting

Extra bijvoeding voor 3e vlucht:

- Meer warmte afgifte compost

Warmte afvoer via verdamping / convectie / directe beluchting

Luchthoeveelheid

Totale weerstand (Pa)

- Directe beluchtingsbodem (op statische druk)
- Dekaaarde (normale laagdikte)
- Aanname niet goed mogelijk (test met buis uitvoeren)

Luchtrichting

DT ervaring:

- Blazen geeft (bij compostlaag van 1 à 2 meter) condenslaag tussen compost – dekaarde
- Vanaf afdekken: luchtrichting zuigen

Directe beluchting:

- Teeltkundige voorkeur: luchtrichting zuigen
- Technische voorkeur: luchtrichting blazen
- Dunnere compostlaag: minder kans op condenslaag?
- Mogelijkheid beide richtingen testen

Luchtverdeling

- Luchtverdeling bepaald door bodem niet door compost (anders gevoelig voor vullen)
- Bodem gebaseerd op statische onderdruk

Afvoeren of recirculeren

- Lucht uit bed afvoeren naar buiten de cel kan alleen in combinatie met verversing
- Indien geen / beperkte verversing is toegestaan, moet men kunnen recirculeren

Filteren retourlucht uit bed

- Bij recirculeren lucht uit bed: groter risico van verspreiding lokale besmetting, of werkt dekaarde en compost juist als een filter?
- Optie: filteren retourlucht uit bed
- Mogelijk niet recirculeren bij besmetting

Extra ventilator

- Hoofdventilator ongeschikt om ook lucht via bed aan te zuigen (te veel extra weerstand)
- Hiervoor extra ventilator in retourlucht bed nodig

Directe beluchting champignonteelt

Koeling

- In principe zou de standaard koelbehoefte per ton compost af kunnen nemen door de efficiëntere directe beluchting maar door het hogere vulgewicht en het extra bijvoeden zal er per cel waarschijnlijk toch meer koeling nodig blijken te zijn

Koppelen aan klimaatunit

- Via kleppensectie koppelen van retourlucht bed aan retour klimaatunit en aan overdrukopening geeft alle opties.

8.3 Leden 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	Walcro België	Maasmechelen (B)
Dhr. H. Berden	Topterra	Wanssum
Dhr. H.Hesen	Sylvan Nederland B.V.	Horst
Dhr. J. Ebben	Heveco	Horst
Dhr. P. Franzmann	Franzmann champignons BV	Heijen
Dhr. M. Hoezen	Carpe Diem	Baarlo