

Nieuwe methoden voor de handmatige oogst van champignons

Gerben Straatsma & Bart A.J. van Tuijl

© 2007. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

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

Gerben Straatsma, PPO-Paddestoelen
Bart A.J. van Tuijl, Wageningen UR Glastuinbouw



*Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
Bezuidenhoutseweg 73, 2594 AC Den Haag Tel. 070-3786868*

Projectnummer: 32 620 250 00
Programmanummers: BO-03-002 en BO-04-005

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Paddestoelen

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 83 00
Fax : 0317 - 47 83 01
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
SAMENVATTING.....	4
1 INLEIDING	5
2 MATERIAAL EN METHODE	6
2.1 ondernemerswerkgroep	6
2.2 technisch ontwerp	6
2.3 opfrissen en (her)analyse bestaande kennis	7
3 RESULTATEN	8
3.1 ondernemerswerkgroep / ontwerpschetsen.....	8
3.2 technisch ontwerp	8
3.2.1 model teeltruimte.....	8
3.2.2 model plukker.....	10
3.2.3 morfologische kaart.....	11
3.2.4 statisch vergroten van de tussenruimte	13
3.2.5 dynamisch vergroten van de tussenruimte, vertikaal beweegbare bedden	13
3.2.6 kantelbare teeltbedden.....	19
3.3 bedrijfsopzet en vaste kosten	21
3.4 klimaat teeltruimte	22
3.5 opfrissen en (her)analyse bestaande kennis	23
3.5.1 arbeidskundig onderzoek jaren 70	23
3.5.2 lichamelijke belasting plukarbeid	25
3.5.3 proefteelten PPO-Paddestoelen.....	25
4 DISCUSSIE	31
4.1 technisch ontwerp	31
4.2 opfrissen en (her)analyse bestaande kennis	31
5 CONCLUSIES	33
6 REFERENTIES.....	34

Samenvatting

In overleg met een ondernemerswerkgroep werden uitgangspunten opgesteld voor het ontwerpen van nieuwe oogstmethoden voor champignons voor de versmarkt. Het oogstproces dient ergonomisch verbeterd worden en het systeem waarin dit gerealiseerd wordt moet economisch perspectief bieden. Belangrijk uitgangspunt werd dat teelt en oogst met het nieuwe systeem in bestaande champignoncellen moet kunnen plaatsvinden. Voor een ontwerp betekent dit dat met 'beperkte' middelen een systeem gerealiseerd moet worden waarin het plukpersoneel meer ruimte en blikveld krijgt, waardoor lichaamshoudingen en bewegingen minder belastend worden: teeltbedden moeten onderling beweegbaar/verplaatsbaar worden.

Er werd 'methodisch' ontworpen. De mogelijke manieren van bewegen/verplaatsen van teeltbedden werden systematisch in beeld gebracht: translaties en rotaties. Met behulp van 3-D software werden 'modellen' ontworpen van een teeltruimte en een champignonplukker. De mogelijke realisaties van de translaties en rotaties werden met de 'modellen' gesimuleerd. Van realistisch ingeschatte ontwerpen werden de kosten berekend. Aanvullend werden kosten berekend in verband met de mogelijke uitbreiding van het aantal (beweegbare) bedden in een stelling. Teeltechnisch zou uitbreiding van het aantal een knelpunt kunnen opleveren in de gelijkmatigheid van het klimaat boven het teeltoppervlak.

Met de werkgroep werd vastgesteld dat er in de loop van de tijd verschillende geïntegreerde ontwerpen voor teeltbedrijven zijn ontstaan die niet zijn doorgebroken. In het verleden, om de oogstarbeid te rationaliseren, werden gegevens verzameld en kennis ontwikkeld die 'opgefrist' kon worden ten behoeve van het huidige project. Deze gegevens en kennis werden geïnventariseerd, geactualiseerd en opnieuw geïnterpreteerd. Belangrijk is dat, nauwelijks afhankelijk van de manier van plukken, en onafhankelijk van de grootte van de geplukte champignons, er ongeveer 2000 champignons per uur per persoon geplukt kunnen worden; champignons waarvan de voetjes afgesneden worden tijdens de handeling. Dit verklaart het succes van de huidige 'trend' om 'reuzen' te plukken en te vermarkten. Uit de beschikbare gegevens kwam naar voren dat een lage 'dichtheid' van oogstbare champignons op het teeltoppervlakte tot een achterblijvende plukprestatie kan leiden. Dit kan verklaard worden met psychologisch getinte effecten: er moet 'gezocht' worden naar champignons, het plukpersoneel 'maakt het zich makkelijk' omdat de uit te voeren taak gering lijkt. Hiermee is een deel van het succes van de automatische pluklorrie te verklaren: de automatische lorrie stuurt het oogstproces. De invoering van de automatische pluklorrie heeft ook geleid tot een verbetering van de oogstarbeid: duwen, trekken en tillen van lorries is verleden tijd. De oogstarbeid is overzichtelijker en daardoor makkelijker en prettiger geworden.

De doelstelling van het project om tot een ergonomisch verantwoord oogstproces te komen dat samengaat met economisch perspectief werd niet bereikt. Technische oplossingen, zoals het beweegbaar maken van teeltbedden, lijken realiseerbaar maar zijn economisch gezien te duur. Op korte termijn zijn door de hoge kosten geen verbeteringen van de oogstarbeid te bereiken met een sterk technische aanpak. Op langere termijn, bij complete nieuwbouw, misschien wel. 'Totaal'-oplossingen op dit gebied uit het verleden zijn echter weinig succesvol geweest; een waarschuwing.

Minder technisch gerichte aanpassingen zoals het telen en vermarkten van 'reuzen', het oogsten met een automatische pluklorrie, overzichtelijkheid voor zowel oogstleiding als plukpersoneel, eenvoudige en eenduidige oogstinstructie zijn erg succesvol gebleken. Het gaat om zowel bedrijfseconomisch als arbeidskundig succes; zo is het ziekteverzuim de afgelopen jaren afgenomen. Sectorbreed is er op korte termijn, afhankelijk van de markt voor 'reuzen', veel te verbeteren met minder technische aanpassingen. Inzicht in de plukarbeid kan verdergaande verbeteringen op langere termijn mogelijk maken.

1 Inleiding

De productie van champignons voor de versmarkt is arbeidsintensief. Het aandeel van de arbeid in de kostprijs bedraagt ongeveer 40%. Het grootste deel van deze arbeid bestaat uit oogstarbeid. In de nulmeting van het ARBO-convenant worden werkzaamheden tijdens de oogst genoemd die een risico factor zijn bij de ontwikkeling van lichamelijke klachten en ziekte (Creemers et al 2003). De belastende werkzaamheden hebben betrekking op repeterende handelingen, werkhoudingen en tillen, duwen en trekken. In een onlangs afgeronde studie in het kader van het ARBO-convenant zijn de kwantitatieve aspecten van de fysieke belasting onderzocht in verschillende in de praktijk voorkomende teeltsystemen met verschillende hulpmiddelen (Van Roestel et al 2005). De resultaten laten zien welke aanpassingen in de oogstmethoden bijdragen aan een vermindering van de lichamelijke belasting. Deze kennis kan worden toegepast in een nieuw integraal (her)ontwerp van een bedrijf.

Het oogststelsel is complex. Er zijn tot nu toe meerdere trajecten door (groepjes van) individuele teeltbedrijven doorlopen van de ontwikkeling van plukhulpen, de verplaatsing van teeltbedden naar de oogstplaats, tot een plukrobot (Kummeling 1992, Leendertse 1992, Scholtens 1993, Oude Vrielink et al 1994, Roos 1994, Van der Sterren 1999, 2001, 2004, anonieme folders en artikelen). Deze projecten hebben onvoldoende tot praktische en/of duurzame oplossingen geleid waarmee de arbeid verbeterd zou kunnen zijn.

Nieuwe ontwikkelingen in de teelt zijn een kortere teeltcyclus, vaker plukken per dag en de introductie van een zelfrijdende pluklorrie. Deze lorrie realiseert een hoge plukprestatie gecombineerd met prettiger arbeid voor het oogstpersoneel. Door een ingestelde verplaatsingsnelheid van de lorrie gaat het oogstpersoneel 'als vanzelf' onderscheid maken tussen champignons die wel en die niet geogst moeten worden m.b.t. sortering/kwaliteit. De ingestelde snelheid 'stuurt' de arbeid. De investering voor automatische pluklorrie's bedraagt ongeveer 8 000 € per stuk. De investering wordt 'in 1 jaar gemakkelijk terugverdiend'. De aansturing van het oogsten door kweker of oogstleider wordt bij het gebruik van automatische pluklorries vergemakkelijkt, er is meer overzicht en de instructie verloopt makkelijker. De prettiger arbeid blijkt uit het gemak waarmee het oogstpersoneel werkt ('bij het terugrijden van de lorrie - een pauze moment - worden zelfs nog wat champignons geplukt'). Tillen, duwen en trekken aan lorries behoort grotendeels tot het verleden.

Naast de investering is er, om tot een optimaal rendement te komen, verandering in de teeltwijze nodig om 'spreiding' van champignons te realiseren.

De doelstelling van het project is om nieuwe oogstmethoden te ontwerpen voor champignons voor de versmarkt waarin een ergonomisch verantwoord oogstproces samengaat met voldoende economisch perspectief.

Het vergroten van de ruimte tussen de teeltbedden van 40 naar 70 cm kan het oogsten minder belastend maken. Ook wordt het zicht op het teeltbed sterk verbeterd en draait de romp van de plukker niet meer dan 30 graden waardoor de dynamische belasting afneemt (Van Roestel et al 2005, Peereboom et al 2002). Het statisch vergroten van de tussenruimte van 40 naar 70 cm heeft economische gevolgen. Er zouden geen 5 maar slechts 4 bedden in een standaard bedrijf passen wat het teeltoppervlak met 20% verminderd. Dit is uiteraard ongewenst. In een ontwerpstudie wordt getracht een technische oplossing te vinden om de tussenruimte dynamisch te vergroten zodat de teeltoppervlakte gelijk of zelfs vergroot kan worden en waardoor de lichamelijke belasting van de plukker verminderd kan worden. De oplossing moet veilig, technisch eenvoudig, realiseerbaar en economisch toepasbaar zijn.

Voor een goede aansluiting bij de praktijk werd contact gezocht met ondernemers die met nieuwe initiatieven in het oogstproces bezig zijn en met een constructiebedrijf in de champignonteelt. De begeleidingsgroep was direct betrokken bij de uitvoering van het project.

2 Materiaal en Methode

2.1 ondernemerswerkgroep

De volgende ondernemers namen zitting in de werkgroep:

- Niek Franzmann, Franzmann Champignoncultuur B.V., Heijen
- Marcel Hanenberg, Hanenberg Champignons B.V., Erp
- Peter Verdellen, Heveco, Horst
- Ad Verkooijen, Maatschap Verkooijen, Ospel
- Mart Christiaens, Christiaens Group, Horst

De kick-off van het project bestond uit een bijeenkomst met de ondernemerswerkgroep waarin ideeën werden geïnventariseerd/geformuleerd over oogstsystemen die realiseerbaar zouden zijn in bestaande teeltcellen. In latere fasen van het project werden ontwerpen en oprijzende vragen kortgesloten met de werkgroep.

Aanvullend hebben gesprekken over bestaande kennis en projecten uit het verleden plaatsgevonden met:

- Wout en Mariëlle van Lieshout, Champignonkwekerij van Lieshout, Liessel.

Voor de beoordeling van de bedrijfseconomische haalbaarheid van een nieuw oogststelsel wordt vergeleken met de kosten van het huidige stellingensysteem van globaal 40 € per m² teeltoppervlakte (Christiaens).

2.2 technisch ontwerp

Voor technische ontwerpen werd contact opgenomen met de groep Greenhouse Technology (Business Unit Agrosystems Research, PRI, Wageningen UR) in de persoon van Bart Van Tuijl. De technische ontwerpen werden methodisch aangepakt en gevisualiseerd met 3-D software (SolidWorks).

In de praktijk komen veel technische installaties tot stand volgens het 'eerst bouwen dan denken' principe (Van Tuijl & Van Enten 2004, Renders & Rooda 2005, Kroonenberg & Siers 1999, Pugh 1996). Bij het zoeken naar een technische oplossing in de dagelijkse praktijk kan de uitvoerende constructeur vaak terugvallen op een groot pakket aan ervaring. Als het probleem door veel onbekenden complex wordt voor een constructeur is een andere ontwerpmethodiek noodzakelijk. Het 'methodisch ontwerpen' is een goede techniek om langs een gestructureerde weg een oplossing te geven voor een bepaald probleem. Om methodisch te kunnen ontwerpen is ten eerste voorkennis benodigd om het probleem goed te kunnen definiëren. Daarna wordt deze voorkennis omgezet in een lijst van eisen en wensen waaraan de oplossing moet voldoen. Deze lijst wordt daaropvolgend omgezet naar technische modellen die weergeven hoe in principe het probleem technisch ingevuld kan worden waarna het uitwerken en bouwen daarvan kan beginnen. Dit kan worden samengevat door de volgende actielijst:

- Kennis nemen van de stand der techniek, bezoeken van een champignonbedrijf, informatie zoeken etc
- Beschrijven en modelleren van een standaard bedrijf
- Samenstellen van pakket van eisen en wensen voor een nieuw in te richten teeltruimte
- Opzetten van een dynamisch model van teeltruimte
- Simuleren van mogelijke verplaatsingen van teeltbedden
- Vertalen van simulatie naar pakket van eisen en wensen
- Uitwerken meest kansrijke ideeën

Afbakening van het ontwerptraject

Het wel of niet verplaatsbaar maken van een teelt bed heeft ingrijpende gevolgen voor de gehele bedrijfsvoering. Naast het verplaatsbaar maken van de teeltbedden zou men ook het logistieke deel van en naar het teeltbed kunnen ontwikkelen. Dit weer aangevuld met nieuwe methoden om de bedekkinggraad van

de champignons in het teeltbed te meten en verbeterde geautomatiseerde aansturing van de plukkers om het rendement van het plukproces te verbeteren. Gezien de relatief korte tijdsduur van dit project is besloten om het ontwerptraject alleen te betrekken op het verplaatsbaar maken van de teelt bedden.

2.3 opfrissen en (her)analyse bestaande kennis

Bij de discussies over de ontwerpen kwam naar voren dat het wenselijk was de beschikbare arbeidskundige kennis te actualiseren. Er werd een literatuuronderzoek gedaan en relevante gegevens werden opnieuw geanalyseerd.

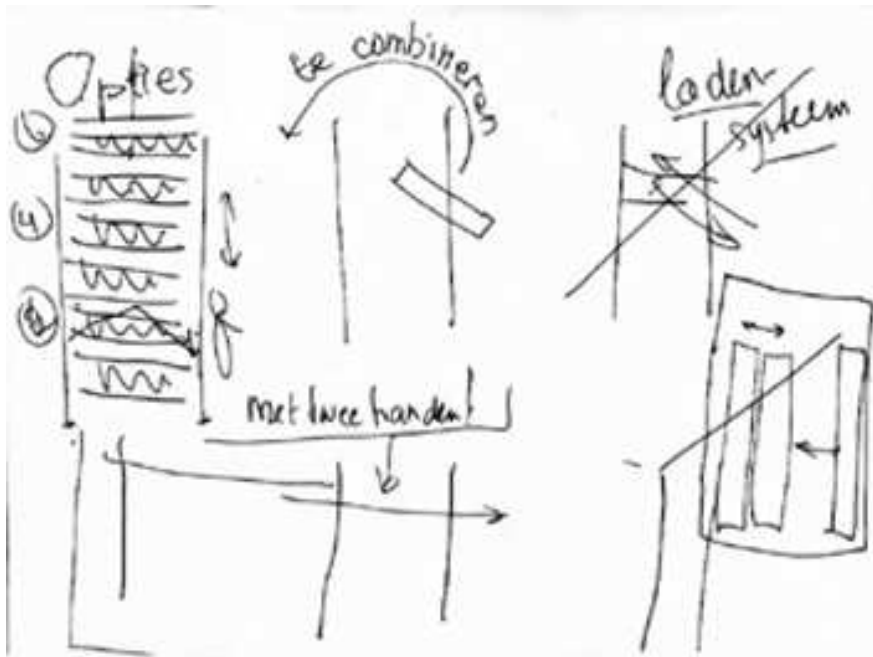
3 Resultaten

3.1 ondernemerswerkgroep / ontwerpschetsen

In twee bijeenkomsten van de werkgroep met innovatieve vertegenwoordigers uit het bedrijfsleven zijn ideeën geïnventariseerd (Fig 1) en criteria opgesteld (Bijlage) om voorlopige ontwerpen te kunnen maken. Uit de discussies zijn de volgende vragen voor voorlopige ontwerpen gekomen:

- Werk het idee voor een flexibele stelling uit. Hoeveel extra bedden zijn maximaal mogelijk in een teeltcel? Welke aanpassingen maken het mogelijk om met twee handen te plukken? Onderzoek mogelijkheden om een bed te kantelen. Maak een globale kosten-batenberekening.
- Werk het idee voor een éénlaagsysteem met automatische afvoer globaal uit. De uitwerking heeft betrekking op het (aan)bouwen van een hal, direct plukken in verpakking en automatische afvoer van geogste champignons, mogelijke besparing op arbeidskosten bij plukken met een resp. twee handen, ergonomische aspecten van de werkplek.
- Plukken met twee handen: Bekijk wat er over de volgende vragen bekend is: Wat is de invloed op kwaliteit en opbrengst? Wat zijn de ergonomisch voor- en nadelen? Welke hulpmiddelen zijn geschikt?

Fig 1. Tijdens een bijeenkomst van de ondernemerswerkgroep gemaakte schets van systemen met verticaal beweegbare, horizontaal beweegbare en kantelbare bedden.

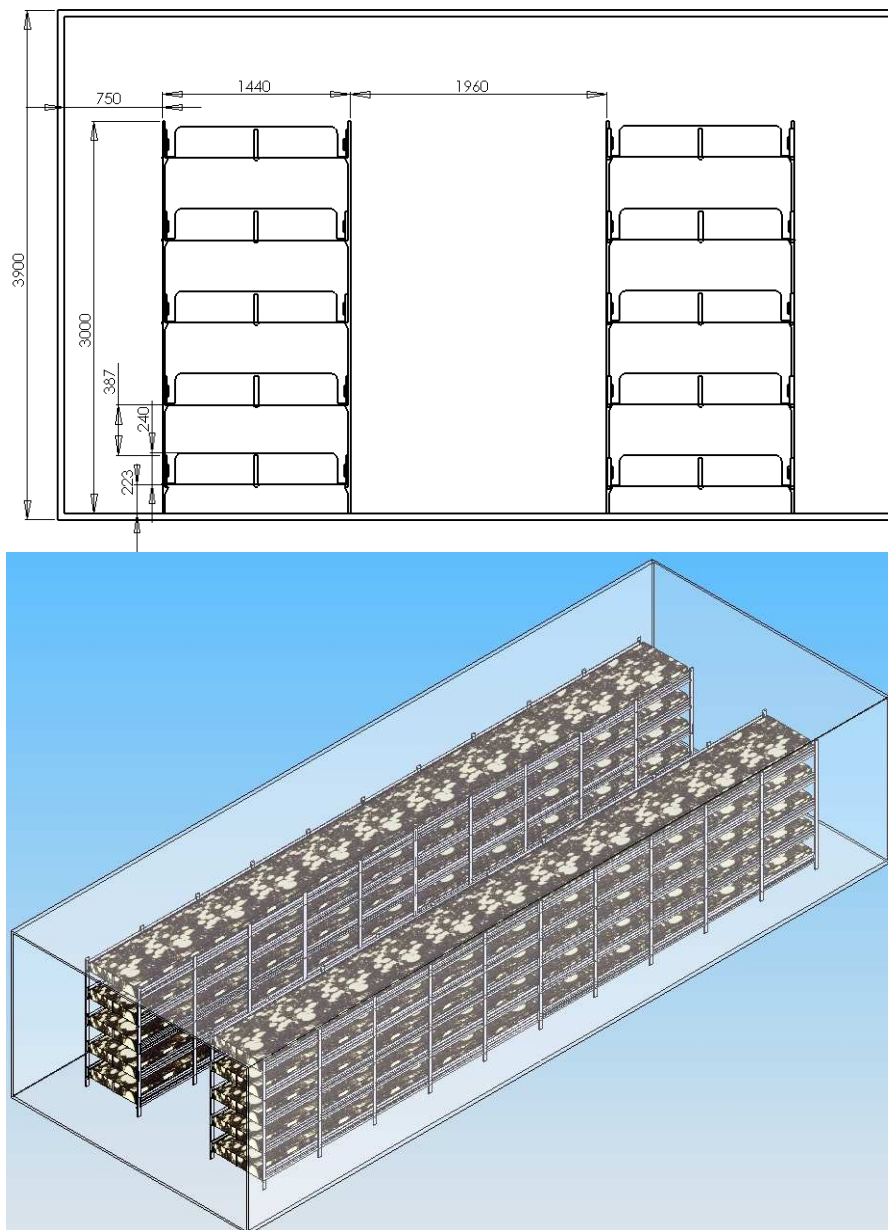


3.2 technisch ontwerp

3.2.1 model teeltruimte

In SolidWorks werd een weergave gemaakt van een teeltruimte met bedden. In Fig 2A is een dwarsdoorsnede gegeven van een standaard teeltruimte. In Fig 2B is dezelfde ruimte weergegeven in een 3 dimensionaal aanzicht.

Fig 2 A en B. Standaard teeltruimte met bedden in een champignonbedrijf (ter vereenvoudiging is de klimaatinstallatie weggelaten).



De belangrijkste maten gebruikt van de teeltruimte in Fig 2 zijn:

hoogte ruimte	3.7 m
hoogte 5 bedden	3.2 m
lengte ruimte	17 m
lengte bed	15 m
diepte bed	1.4 m

Naast de afmeting van een bed is het van belang om de massa van een bed te kennen, wat bepalend is voor de benodigde kracht en dimensies van de gevonden mechanische oplossingen.

Massa van een champignonbed:

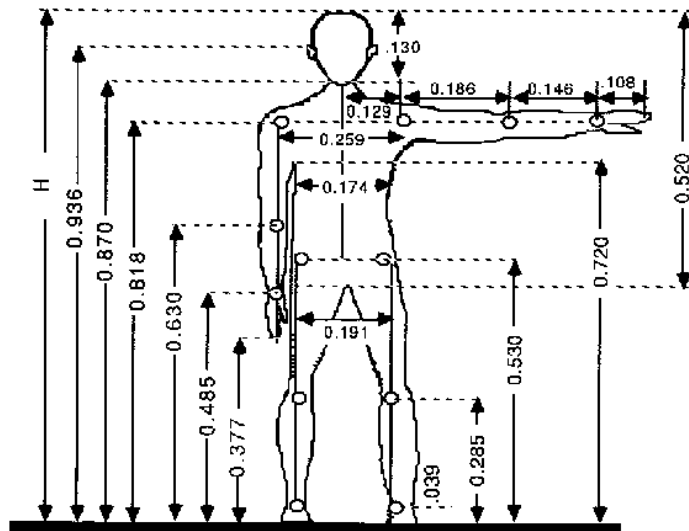
Afmetingen	$15 \times 1.4 = 21 \text{ m}^2$
compost per m^2	100 kg
dekaarde per m^2	60 kg
water per m^2	20 kg

totaal	180 kg/m ²
installatie	35 kg/m
massa bed	(180x21)+(35x15) = 4 305 kg

3.2.2 model plukker

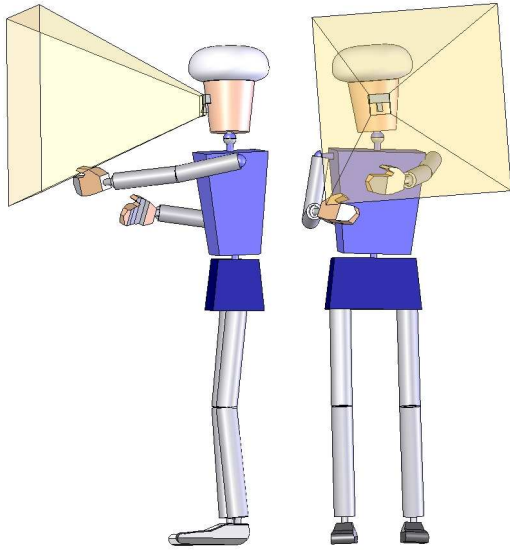
In SolidWorks is een mensmodel ontwikkeld met de juiste anatomische verhoudingen. Voor deze verhoudingen is Fig 3 gebruikt.

Fig 3. Verhoudingen in het menselijk lichaam.



Deze verhoudingen zijn omgerekend naar werkelijke maten en omgezet in een 3D mensmodel van een plukker met een lengte van 1.75 m. Fig 4 geeft het resultaat weer. Dit model werd gebruikt om de houding van de plukker te simuleren ten opzichte van een verplaatst of gekanteld teeltbed in de simulaties. De armen, romp, hoofd en benen kunnen in SolidWorks bewogen worden en de hoeken waaronder deze onderdelen staan gemeten. De doorzichtige conus geeft aan wat ongeveer het gezichtsveld is. Zie voor de betekenis van mensmodellen in ontwerpprocessen (een 'Jack', 'avatar'): Ben-Gal & Bukchin (2002), Badler et al (2002) en Chaffin (2005).

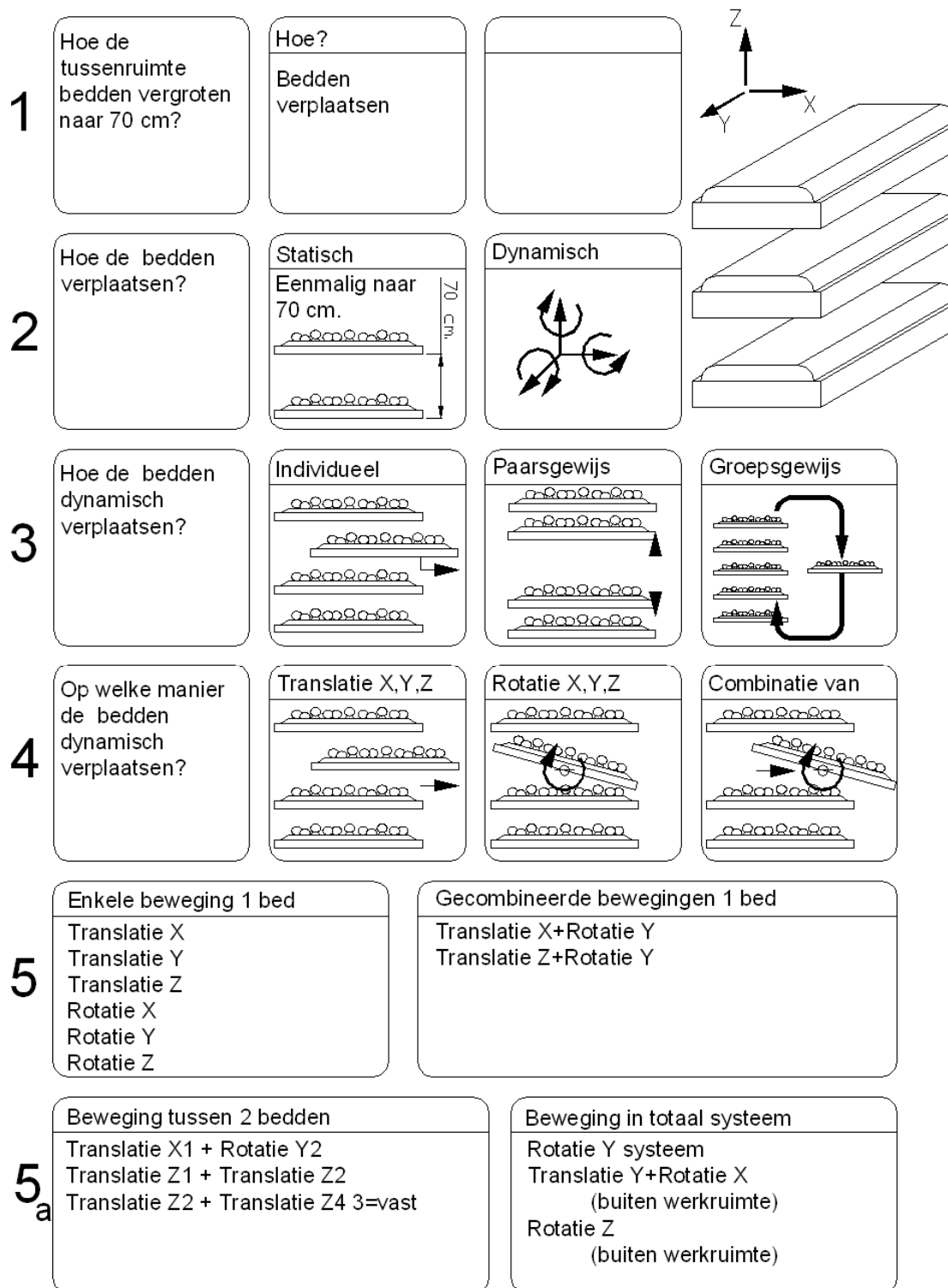
Fig 4. 3D model van een plukker.



3.2.3 morfologische kaart

Het vergroten van de hoogte door een beweging van een teeltbed kan op veel manieren uitgevoerd worden. Dit werd systematisch in beeld gebracht. Ieder teelt bed kan in theorie in 6 bewegingsrichtingen verplaatst worden. Dat zijn translaties in X, Y en Z en rotaties om de X, Y en Z-as. (X = horizontaal van en naar het middenpad, Y = horizontaal in de lengte van het bed en Z = in verticale richting omhoog of omlaag). Daarnaast kan voorgesteld worden om de teeltbedden op te delen in stukken, zodat meerdere bewegingen en rotaties tegelijkertijd plaats kunnen vinden in 1 bed. Om een structuur te kunnen aanbrengen zijn de mogelijkheden uiteengezet in een morfologische kaart. Zoals uit de Fig 5 valt op te maken is het aantal mogelijke combinaties behoorlijk groot. Niet alle theoretisch mogelijke bewegingen kwamen aan bod, alleen de meest kansrijke opties werden uitgewerkt.

Fig 5. Morfologische kaart bij het methodische ontwerp.



De kaart in Fig 5 laat zich als volgt lezen: Bij punt 1 wordt de meest belangrijke vraag gesteld waarop een technisch antwoord wordt gezocht, 'hoe de tussen ruimte te vergroten'. Als de functie daarvan duidelijk is

wordt bij punt 2 de vraag gesteld hoe dit in principe ingevuld kan worden, “door de bedden te verplaatsen”. Punt 3 gaat in op hoe punt 2 uitgevoerd kan worden, “de bedden op een bepaalde manier bewegen”. Punt 4 is weer een stap verder in het ontwerpproces en vertelt meer in detail hoe in principe stap 3 uitgevoerd kan worden, “de bedden langs een voorgeschreven pad bewegen”. Punt 5 en 5a leggen vast welke mogelijkheden er zijn om de functie, het verplaatsen van bedden, in te vullen.

3.2.4 statisch vergroten van de tussenruimte

In een standaard teeltruimte wordt ieder bed vanaf het onderste bed verplaatst van 0.4 tot 0.7 meter hoogte en daar vastgezet. Hierdoor vervalt het bovenste bed, zolang het dak van het bedrijf niet verhoogd wordt. Daarbij zullen de huidige oogstkarren voorzien moeten worden van nieuwe schaarliften om de volledige stellinghoogte te kunnen bereiken. Deze optie is niet verder verkend.

3.2.5 dynamisch vergroten van de tussenruimte, vertikaal beweegbare bedden

Een teeltbed wordt door een hefmechanisme omhoog bewogen, in de Z richting, en stopt op een vaste afstand. De linker figuur in Tabel 1 laat zien dat door het verplaatsen van het middelste bed de plukker voldoende hoofdruimte heeft om onder het bed te komen. Van daaruit is er volledig zicht op het plukgebied, aangegeven door de oranje driehoek. De maximale buiging van de romp is in deze stand 30 graden. Dit zou een grote verbetering zijn ten opzichte van de huidige situatie waar veelvuldig meer dan 60 graden wordt gebogen (Van Roestel et al 2005).

Tabel 1. Systeem met hefmechanisme met wormwielmotoren voor alle vijf individuele bedden.

Benodigde onderdelen	Rechtgeleidingen+bedieningsinrichting
Uitvoering	Hefinrichting, handbediend met PLC motorsturing
Problemen	<ol style="list-style-type: none"> 1: Laden wegen +/- 4,3 ton heffen zonder mechanisch hulpmiddel gaat niet. 2: Een schuivend bed is moeilijk te stoppen bij gevaar. 3: Ieder bed is individueel te transporteren, veel mechanica benodigd. 4: Huidige bedden zijn te slap (mechanisch) om geheven te worden, veel oppik punten langs de stellingen nodig. 5: Als een bed verplaatst is is dat bed niet meer te bereiken.
Voordelen	<ol style="list-style-type: none"> 1: Flexibel, in ruststand kunnen met kleinere tussenruimten meerdere bedden (6) in een standaard stelling geplaatst worden.
Oplossingen: (volgend bij probleem nummer, oplossing 1A hoort bij probleem 1 etc.).	<ol style="list-style-type: none"> 1A: Een hydraulische cilinder toepassen, grote heftkracht in kleine verpakking. 1B: Motoriseren door wormwiel aandrijving. 2: Motoriseren door zelfremmende wormwiel aandrijving. 2A: Voldoende noodstopcircuits. 2B: Lichtsluizen op randen van bedden die bij beweging van het bed onderbroken worden en daardoor de beweging stopzetten. 2C: Rondlopende kabel die bij bediening een noodstop circuit in werking stelt. 3A: Aan ieder bed een (ont-) koppel mechanisme plaatsen wat aanhaakt aan een centraal hefsysteem (wormwiel constructie). 3B: Alleen bed 2 en 4 verplaatsbaar maken in stijgende en dalende richting. 4: Bedden opdelen in kleinere stukken. 4A: Bedden verstijven door meer verbindingen aan te brengen. 4B: Bedden geleiden langs buizen met verende meeloopwielen.

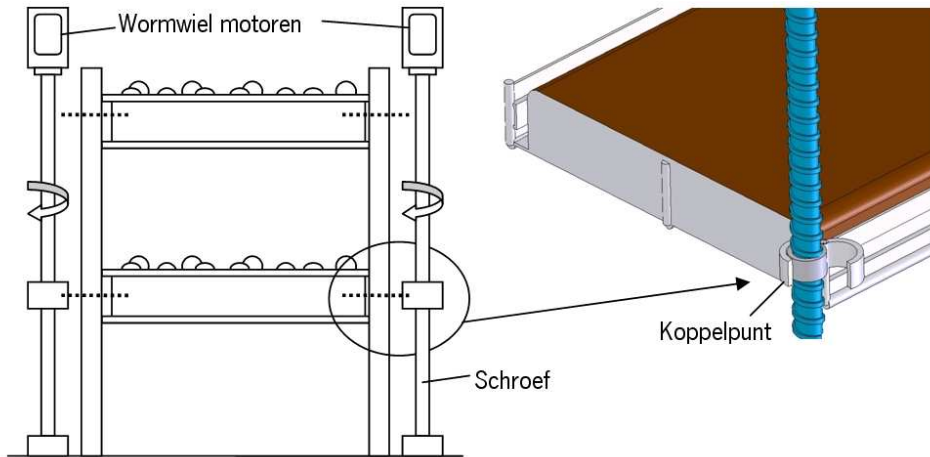
3.2.5.1 technische uitwerking met schroefspindel motoren.

Langs de stelling poten worden boven in de teeltruimte op de vier hoekpunten en op regelmatige afstand langs de teeltbedden wormwielmotoren geplaatst. Een teeltbed is door de 15 meter lengte moeilijk geheel stijf te maken waardoor er meerdere motoren nodig zijn langs het bed. Wormwielmotoren zijn motoren met een zeer grote overbrengverhouding zodat bij een lage snelheid van de uitgaande as een groot koppel opgewekt kan worden. Door de grote overbrengverhouding zijn deze motoren zelfremmend, zodra de stroom uitvalt, stopt de beweging van de motor (Matek 1993) en wordt het bed op zijn plaats gehouden. Elk bed heeft koppelpunten die het bed aansluiten op de schroef van de wormwielmotor. Ieder koppelpunt kan ook ontkoppeld worden zodra het bed in een ruststand staat en geborgd waarna een ander bed in de stelling aangekoppeld en verplaatst kan worden. Ter beveiliging kan rondom het bed een kabelbediend noodstop circuit geplaatst worden zodat bij gevaar de beweging van het bed kan worden stopgezet. Eindschakelaars geven aan of een bed de gewenste positie heeft bereikt. Het uitlezen van sensoren en starten en stoppen van de motoren wordt centraal geregeld door een PLC (Programmable Logic Controller).

Principe schets van elektromotor aangedreven schroefspindel constructie

In Fig 6 is een principe schets gegeven van de constructie zoals hierboven besproken.

Fig 6: Principe schets van een wormwiel aangedreven hefinrichting met koppelpunten aan het teeltbed.



Voor en nadelen van een schroefspindel aangedreven hijsinrichting

Met deze constructie kan door het koppel- of klemmechanisme vanuit een teeltbed naar de schroef ieder bed verplaatst worden met gebruik van één centrale aandrijving. Het nadeel is dat de klemmen bij iedere verplaatsing gekoppeld dan wel ontkoppeld moeten worden. De spindels moeten gelijkmatig en gelijktijdig lopen om schranken van het teelt bed te voorkomen. De koppeling vanuit het bed naar de spindel moet iets flexibel zijn om vastlopen te voorkomen omdat het teelt bed door zijn grote massa en lengte moeilijk over de gehele lengte stijf te maken is.

Kostprijs van een schroefspindel aangedreven hijsinrichting

De volgende tabel geeft een optelsom van de totale kosten per stelling weer voor het verplaatsbaar maken van 5 bedden.

Tabel 2: Kosten van een hefsysteem aangedreven door wormwielmotoren; per stelling a 15 strekkende meter (105 m² teeltoppervlakte).

onderdelen en werkzaamheden	eenheid	aantal	kosten, €		aanvullende gegevens				jaarkosten, €				
			prijs per eenheid	totaal	rest-waarde	levens-duur, j	onder-houd, %	lopende kosten, %	afschrij-ving	rente (basis 3,5 %)	onder-houd	lopende kosten	totaal
wormwiel elektromotor	stuk	8	1500	12000	2000	10	5	2	1000	420	600	240	2260
sensor, industrieel	stuk	30	250	7500	0	8	1	0	938	263	75	0	1275
PLC	stuk	1	4500	4500	0	8	4	1	563	158	180	45	945
kabel (motoren en sensoren)	meter	200	10	2000	100	8	2	0	238	70	40	0	348
staal koker	meter	150	4	600	100	12	1	0	42	21	6	0	69
zagen per balk/koker	stuk	50	4	200	0	12	1	0	17	7	2	0	26
lassen (85% arbeid 15% uur materiaal)	4	40	160	0	12	1	0	13	6	1.6	0	21	
boutverbinding	stuk	50	10	500	0	12	1	0	42	18	5	0	64
maken/monteren													
totale kosten, €				27460									5007

Prijzen volgens 'Kwalitatieve informatie voor de glastuinbouw' (2003) en via internet.

Toelichting bij Tabel 2.

- per bed zijn er 2 noodstopsensoren en 4 eindstop sensoren benodigd dat maakt $(2+4) \times 5 = 30$ in totaal
- om de bedden te verstijven worden 2 stalen koker aangebracht over 15 m lengte dat maakt per bed 30

meter koker x 5 bedden is 150 m koker

- overige werkzaamheden zoals lassen en monteren zijn een inschatting
- de restwaarde is een inschatting van de waarde van de grondstoffen, zoals de koper of staal prijs van kabels en stalen balken, of de waarde op de tweedehands markt
- de onderhoudskosten zijn kosten die direct betrekking hebben op bijvoorbeeld het voortijdig vervangen van slijtage onderdelen
- lopende kosten zijn kosten die continue gemaakt worden om een onderdeel werkend te houden zoals elektriciteit voor de wormwielmotoren en de PLC

3.2.5.2 technische uitwerking met hijsbanden

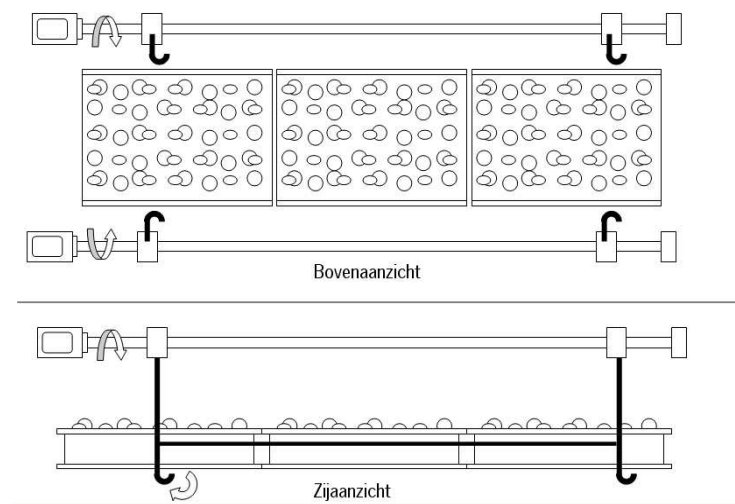
Het hefsysteem met schroefspindels zoals in voorgaande paragrafen is beschreven is mechanisch lastig uit te voeren. Door de mechanische starheid moeten verschillende onderdelen netjes op elkaar passen en er zijn aanpassingen aan het teeltbed nodig.

Met gebruik van een slappe constructie is de vormvrijheid veel groter waardoor er geen nauwkeurige onderdelen met kleine inbouwtoleranties gebruikt hoeven te worden. Een dergelijk slap hefsysteem is een constructie met hijsbanden. Door de slappe hijsband is de precieze locatie van de aandrijving niet meer van een groot belang en de plaats waar de haken aan het bed worden gekoppeld kan min of meer willekeurig zijn. Dit geeft een grote vormvrijheid.

Principe schets van een hijsband aangedreven constructie

Boven ieder rek met teeltbedden worden 2 elektromotoren geplaatst met een lange centrale as geplaatst in de lengte van de teeltbedden. De hijsbanden worden aan het te verplaatsen bed gehaakt en vanuit een centrale bedieningskast kan het bewegen gestart en gestopt worden (Fig 7).

Fig 7. Hefinrichting met hijsbanden.



Voor en nadelen van een hijsband aangedreven hijsinrichting

- de motoren en centrale as zijn via een dragende stalen balk verbonden aan de plafond- of wandconstructie van een teelt ruimte deze moet berekend zijn op de te dragen last
- voor hijsconstructies bestaan speciale machine richtlijnen die dienen gecontroleerd te worden door een derde externe partij op veiligheid en degelijkheid van de constructie
- de hijsinstallatie is niet zelfremmend, als een band breekt of losschiet is er een groot probleem
- het aankoppelen van de haken moet eenduidig en robuust uitgevoerd worden en er moeten duidelijke werkinstructies komen om ongelukken te voorkomen

Kostprijs van een hijsband aangedreven hijsinrichting

In Tabel 3 worden de kosten weergegeven voor het verplaatsbaar maken van 5 bedden.

Tabel 3. Kosten van een hefsysteem aangedreven door hijsbanden; per stelling a 15 strekkende meter (105 m² teeltoppervlakte).

onderdelen en werkzaamheden	eenheid	aantal	kosten, €		aanvullende gegevens				jaarkosten, €				
			prijs per eenheid	totaal	rest-waarde	levens-duur, j	onder-houd, %	lopende kosten, %	afschrijving	rente (basis 3,5 %)	onder-houd	lopende kosten	totaal
elektromotor	stuk	2	1500	3000	500	10	5	2	250	105	150	60	565
sensor industrieel	stuk	8	250	2000	0	8	1	0	250	70	20	0	340
PLC	stuk	1	4500	4500	0	8	4	1	563	158	180	45	945
kabel (motoren en sensoren)	meter	200	10	2000	100	8	2	0	238	70	40	0	348
stalen koker	meter	150	4	600	100	12	1	0	42	21	6	0	69
stalen balk	meter	30	85	2550	425	15	2	0	142	89	51	0	282
centrale as	meter	30	20	600	100	10	4	0	50	21	24	0	95
hijsbanden	meter	35	15	525	0	4	10	5	131	18	53	26	228
zagen per balk/koker	stuk	50	4	200	0	12	1	0	17	7	2	0	26
lassen (85% arbeid 15% uur materiaal)	uur	4	40	160	0	12	1	0	13	6	2	0	21
boutverbinding maken/ monteren	stuk	50	10	500	0	12	1	0	42	18	5	0	64
totale kosten, €			16635						2982				

3.2.5.3 hijsbanden voor alleen teeltbedden 2 en 4

Vanuit de begeleidingscommissie werd aangegeven dat er een voordeel te behalen is als niet alle, maar slechts 2 bedden verplaats worden. Dit zou mogelijkwijs leiden tot minder onderdelen en dus een lagere kostprijs per stelling.

Door het omhoog en omlaag kunnen verplaatsen van bed 2 en 4 kan er ruimte gemaakt worden boven de overige bedden. De rechter figuur in Tabel 4 geeft dit weer. Door bed 4 omhoog te verplaatsen wordt de ruimte boven bed 3 vergroot, door bed 4 omlaag te verplaatsen wordt de ruimte boven bed 4 vergroot. Hetzelfde kan met bed 2 gedaan worden.

Werking van het systeem

Bedden 2 en 4 zijn in hoogte te verstellen door een hefmechanisme. Langs de stellingpoten worden op de vier hoekpunten en op regelmatige afstand langs de teeltbedden hydraulische hefcilinders geplaatst. Rondom ieder bed is een kabelbediend noodstop circuit aanwezig zodat bij gevaar de beweging van het bed kan worden stopgezet. Eindschakelaars geven aan of een bed de gewenste positie heeft bereikt. Het uitlezen van sensoren en starten en stoppen van de cilinders wordt centraal geregeld door een PLC (Programmable Logic Controller). Zie Tabel 4.

Tabel 4. Systeem met hefmechanisme met hijsbanden voor bedden 2 en 4.

Benodigde onderdelen	Rechtgeleidingen met hydraulische hefcilinders
Uitvoering	Hefinrichting, handbediend
Problemen	<p>1: Laden wegen +/- 4,3 ton heffen zonder mechanisch hulpmiddel gaat niet.</p> <p>2: Een schuivend bed is moeilijk te stoppen bij gevaar.</p> <p>3: Huidige bedden zijn te slap (mechanisch) om geheven te worden, veel oppik punten nodig.</p>
Voordelen	1: Minder mechanica benodigd dan een systeem met individueel verplaatsbare bedden?
Oplossingen	<p>1A: Een hydraulische cilinder toepassen</p> <p>1B: Motoriseren door wormwiel aandrijving</p> <p>2: Motoriseren door zelfremmende wormwiel aandrijving</p> <p>2A: Voldoende noodstopcircuits</p> <p>2B: Lichtsluizen op randen van bedden die bij beweging van het bed onderbroken worden en daardoor de beweging stopzetten.</p> <p>2C: Rondlopende kabel die bij bediening een noodstop circuit in werking stelt</p> <p>3: Bedden opdelen in kleinere stukken</p> <p>3A: Bedden verstijven door meer verbindingen aan te brengen</p> <p>3B: Bedden geleiden langs buizen met verende meeloopwielen</p>

Kostprijs hijsbanden voor teeltbedden 2 en 4

De kosten per stelling voor het verplaatsbaar maken van bed 2 en 4 worden weergegeven in Tabel 5. Uit de kosten blijkt dat het heffen van bed 2 en 4 in vergelijking met een systeem waarin bedden individueel te verplaatsen zijn lager uitvallen in aanschaf- en onderhoudskosten (Tabel 3).

Tabel 5: totale kosten van een hefsysteem voor bed 2 en 4 per stelling a 15 strekkende meter (105 m² teeltoppervlakte).

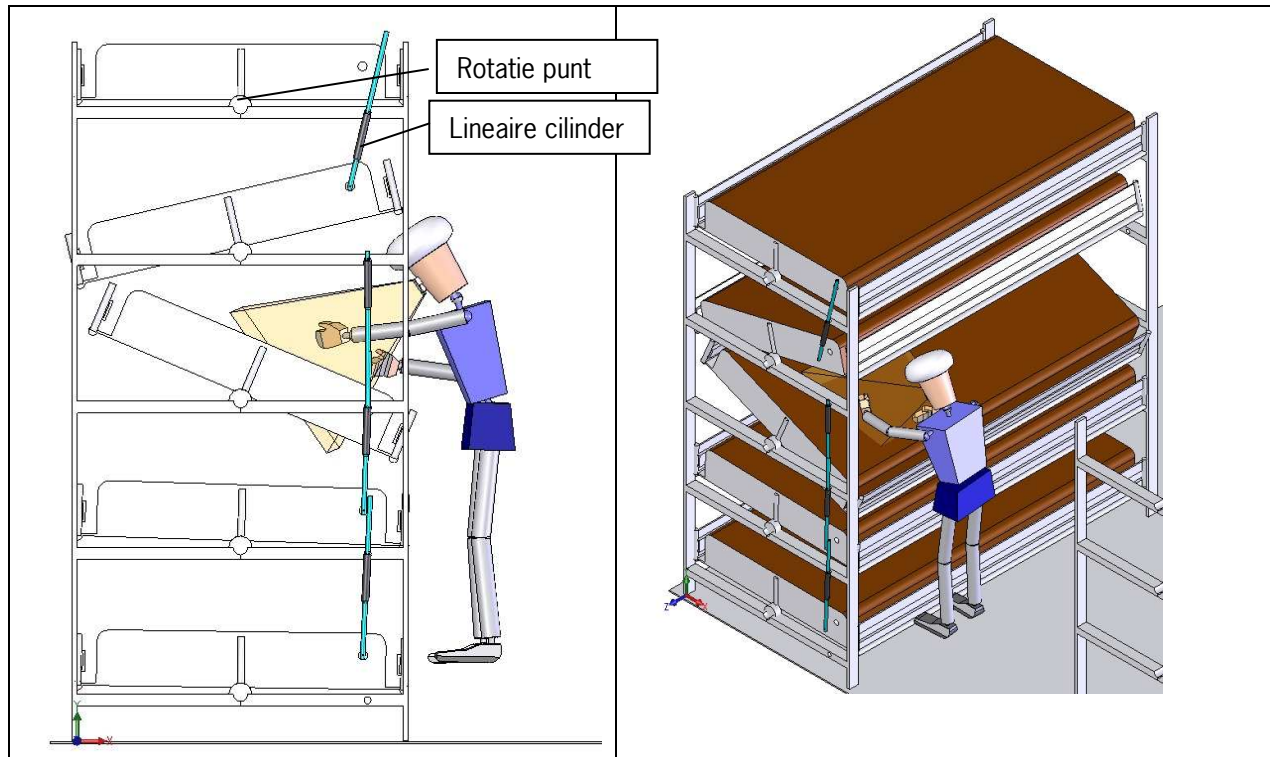
onderdelen en werkzaamheden			kosten, €		aanvullende gegevens				jaarkosten, €				
eenheid	aantal		prijs per eenheid	totaal	rest-waarde	levens-duur, j	onder-houd, %	lopende kosten, %	afschrijving	rente (basis 3,5 %)	onder-houd	lopende kosten	totaal
hydraulische cilinder	stuk	16	400	6400	1000	10	5	0	540	224	320	0	1084
sensor industrieel	stuk	8	250	2000	0	8	1	0	250	70	20	0	340
PLC	stuk	1	4500	4500	0	8	4	1	563	158	180	45	945
hydraulisch aggregaat	stuk	1	2500	2500	250	8	5	5	281	88	125	125	619
hydraulische leiding	meter	100	25	2500	0	10	1	0	250	88	25	0	363
staal koker	meter	150	4	600	100	12	1	0	42	21	6	0	69
zagen per balk/koker	stuk	50	4	200	0	12	1	0	17	7	2	0	26
lassen (85% arbeid 15% uur materiaal)	4	40	160	0	12	1	0	13	6	2	0	21	
boutverbinding maken/ monteren	stuk	50	10	500	0	12	1	0	42	18	5	0	64
totale kosten, €				19360									3529

3.2.6 kantelbare teeltbedden

Met een rotatie om de Y as in de lengte richting van een teelt bed kan de ruimte tussen de bedden vergroot worden en het blik op het plukgebied verbeterd.

Een teeltbed wordt in het midden langs de lengte as voorzien van meerdere scharnierpunten. Een lineaire cilinder duwt of trekt tegen de zijkant van het bed zodat het roteert om het middelpunt.

Fig 8. Rotatie om Y van een individueel bed.



Benodigde onderdelen	Roterende bedden bewogen door lineaire cilinders.
Uitvoering	Handbediend
Problemen	<ol style="list-style-type: none"> 1: Er kan niet gelijktijdig aan beide zijden van het bed geogst worden. 2: Een roterend bed is moeilijk te stoppen bij gevaar. 3: De dekaarde kan gaan schuiven als de hoek van het bed te groot wordt, dit is nog onbekend?
Voordelen	<ol style="list-style-type: none"> 1: Minder mechanica benodigd dan een systeem met individueel verplaatsbare bedden. 2: Het roteren heeft door de eindige slag van de cilinder een automatische eindstop en is veiliger dan transleren.
Oplossingen	<ol style="list-style-type: none"> 1A: Een andere werkvolgorde door de teelt cel aanhouden. 2: Hoek sensoren geven de snelheid aan en stoppen het systeem bij een overschrijding 2A: Voldoende noodstopcircuits 2B: Lichtsluizen op randen van bedden die bij beweging van het bed onderbroken worden en daardoor de beweging stopzetten. 2C: Rondlopende kabel die bij bediening een noodstop circuit in werking stelt

Het voordeel van dit systeem is dat het technisch eenvoudig is te realiseren. De huidige teeltbedden zouden ook in dit geval verstijfd moeten worden zodat ze kunnen rusten op het rotatiepunt in het midden van het bed en een rotatie toelaten.

In Tabel 6 worden de kosten per stelling voor het roteren van 5 bedden gegeven.

Tabel 6. Kosten van individueel kantelende bedden; per stelling a 15 strekkende meter (105 m² teeltoppervlakte).

onderdelen en werkzaamheden	eenheid	aantal	kosten, €		aanvullende gegevens				jaarkosten, €				
			prijs per eenheid	totaal	rest-waarde	levens-duur, j	onder-houd, %	lopende kosten, %	afschrij-ving	rente (basis 3,5 %)	onder-houd	lopende kosten	totaal
hydraulische cilinder	stuk	10	200	2000	300	10	5	0	170	70	100	0	340
sensor industrieel	stuk	8	250	2000	0	8	1	0	250	70	20	0	340
PLC	stuk	1	4500	4500	0	8	4	1	563	158	180	45	945
hydraulisch aggregaat	stuk	1	2500	2500	250	8	5	5	281	88	125	125	619
hydraulische leiding	meter	100	25	2500	0	10	1	0	250	88	25	0	363
staal koker	meter	150	4	600	100	12	1	0	42	21	6	0	69
zagen per balk/koker	stuk	50	4	200	0	12	1	0	17	7	2	0	26
lassen (85% arbeid 15% uur materiaal)		4	40	160	0	12	1	0	13	6	2	0	21
boutverbinding maken/monteren	stuk	50	10	500	0	12	1	0	42	18	5	0	64
totale kosten, €				14960					2785				

Voor en nadelen van een roterend teeltbed

Door de bedden in het midden te scharnieren is er weinig kracht nodig om de rotatie te laten verlopen. Het is nog onbekend of de dekaarde gaat schuiven door het bed schuin te stellen, dit kan ondervangen worden door op regelmatige afstand haken in de dekaarde te plaatsen die op hun beurt weer verankerd zitten aan het teeltbed.

3.3 bedrijfsopzet en vaste kosten

De extra kosten om bedden beweegbaar te maken kunnen eventueel terugverdiend worden door meer bedden dan het huidige aantal van 5 in een stelling onder te brengen. Om de consequenties te bepalen werd het rekenmodel van Van Roestel (2002) gebruikt. Dit is gedaan op basis van de stichtingskosten voor een bedrijf met acht cellen à 280 m² teeltoppervlakte (twee stellingen met vijf bedden à 20 m x 1.40 m). Het totale investeringsbedrag is € 708 716 (Van Roestel & Van Keulen 1998; omgerekend van gulden naar euro's). Voor het schatten van de afschrijvingspercentages is gebruik gemaakt van de Landelijke landbouwnormen 2005 van de Belastingdienst (2006). De restwaarde aan het einde van de afschrijvingsperiode is in het afschrijvingspercentage meegenomen. De jaarkosten voor afschrijving, rente en onderhoud bedragen per 100 m² teeltoppervlak respectievelijk 2670, 1063 en 1184 €.

Tabel 7. Vaste kosten voor een bedrijf met acht cellen à 280 m² teeltoppervlak (effectief gerekend met de helft van het rente percentage).

	cel, erf en ontsluiting	stellingen	installaties, machines, hulpmiddelen en gereedschappen	totaal
investeringsbedrag, €	376138	74565	305342	756045
afschrijving, %	6	9	10	
rente, %	6	6	6	
onderhoud, %	2	5	5	
jaarkosten, € per 2 240 m ²	41375	12676	54962	109013
jaarkosten, € per 100 m ²	1847	566	2454	4867

De bedragen in Tabel 7 zijn te combineren met bedragen uit Tabellen 2 en 3 om de jaarkosten te berekenen voor bedrijfsopzetten met verschillende manieren om bedden beweegbaar en eventueel het normale aantal van 5 bedden uit te breiden tot een aantal van 7 bedden (Tabel 8). Als 7 bedden in plaats

van 5 bedden worden gebruikt neemt het teeltoppervlak in de cel toe met een factor 7/5. De stellingen worden duurder, maar de kosten voor het beweegbaar maken nemen met een geringere factor dan 7/5 toe omdat er kostenposten zijn die enkel dienen voor de aanpassing van de stelling, onafhankelijk van het aantal bedden daarin (bijvoorbeeld de noodzakelijke motoren). Volgens Van Roestel & Van Keulen (1998) nemen de investeringen in machines en apparatuur met 50% toe als de bedrijfsomvang met 100% toeneemt. Omdat er in dit geval 40% meer teeltoppervlakte is, is aangenomen dat de kosten voor installaties met 20% toenemen.

Tabel 8. Jaarkosten voor bedrijfsopzetten met verschillende manieren om bedden beweegbaar te maken of met het normale aantal van 5 bedden of met een hoger aantal van 7 bedden.

bedrijfsopzet	teeltoppervlak, m ²	jaarkosten op bedrijfsniveau					jaarkosten per 100 m ² teeltoppervlak				
		cel, erf, ontsluiting	stellingen	installaties	algemene kosten	totaal	cel, erf, ontsluiting	stellingen	installaties	algemene kosten	totaal
8 cellen a 280 m ²	2240	41375	12676	54962	20160	129173	1847	566	2454	900	5767
bedden met wormwielmotoren	2240	41375	94522	54962	20160	211019	1847	4220	2454	900	9420
idem, + 2 extra bedden per stelling	3136	41375	110539	65954	28224	246092	1319	3525	2103	900	7847
bedden met hijsbanden	2240	41375	66422	54962	20160	182918	1847	2965	2454	900	8166
idem, + 2 extra bedden per stelling	3136	41375	81150	65954	28224	216703	1319	2588	2103	900	6910

Tabel 8 toont dat het vervangen van vaste bedden door beweegbare bedden leidt tot verhoging van de vaste kosten per 100 m² teeltoppervlak van tenminste 20%.

3.4 klimaat teeltruimte

Beweegbare teeltbedden zouden het in principe mogelijk maken om een of meer bedden extra in de teeltruimte onder te brengen. Als er niet geogst wordt, de langste tijd in de teeltruimte, komen de bedden dicht op elkaar. Dit is relevant voor het (micro)klimaat waarin de champignons groeien en daarmee van directe betekenis voor de groei van de champignons. De groei hangt samen met afbraak van organische stof in de compost in het bed. Daarbij wordt warmte geproduceerd. Een warmte-overschot moet worden afgevoerd en dat kan door verdamping. Waarschijnlijk dat champignons, door hun ontwikkelingsproces, zelf ook warmte produceren door de afbraak van organische stof die ze aangevoerd krijgen van een stroom voedingsstoffen vanuit de compost. In ieder geval verdampt er gemakkelijk water uit champignons. Het verdampte water moet worden afgevoerd in de lucht die over (en onder) de bedden stroomt. De stromingsrichting staat dwars op de bedlengte. Een volume lucht met bepaalde eigenschappen (temperatuur en vochtgehalte) kan slechts een bepaalde hoeveelheid vocht bevatten. Is de ruimte tussen de bedden klein en dient er veel vocht door verdamping te worden afgevoerd, dan dient de stroomsnelheid relatief hoog zijn. Arkenbout (1972) meldt: '... kregen wij de indruk dat snelheden groter dan 30 cm/sec niet acceptabel meer zijn, zelfs niet bij een luchtvochtigheid van 95%'. Daarnaast kan van betekenis zijn dat de lucht die dwars over het bed stroomt gaandeweg van samenstelling verandert door de opname en relatieve ophoping van vocht. Het is denkbaar dat de variatie in de luchteigenschappen te groot wordt om alle champignons optimaal te laten groeien. De literatuur over het klimaat voor champignons (Arkenbout & Koendring 1976, Arkenbout 1987a 1987b, van den Boomen 1988, Loeffen 1992) bevat geen gegevens of conclusies met betrekking tot de minimale afstand tussen teeltbedden in een stelling. In Tabel 9 worden de resultaten van een schattende berekening gegeven.

Tabel 9. Schatting van de luchtsnelheid boven een teeltbed in verband met vochtafvoer door verdamping.

parameter	eenheid	A
temperatuur	°C	20
in: absoluut vocht gehalte (RV 90%) ^a	g/m ³ lucht	15.60
uit: absoluut vocht gehalte (RV 100%) ^a		17.33
vochtafvoer	g/m ³ lucht	1.73
vochtafvoer oogstperiode ^b	kg per ton compost in 5 dagen	89
vochtafvoer oogstperiode ^c	g per m bedlengte per seconde	0.029
noodzakelijke ventilatie, 90->100% RV	m ³ /s	0.017
hoogte luchtkolom boven bed	m	0.4
luchtsnelheid	cm/s	4.2

^a<http://www.linric.com/webpsysi.htm>

^bGielen (2004) en Amsing & Straatsma (2004); beiden in Straatsma & Amsing (2005)

^cuitgaande van vulgewicht 100 kg/m² en bedbreedte van 1.4 m

De schatting van de luchtsnelheid komt in orde van grootte in de buurt van de maximaal toelaatbare waarde die Arkenbout (1972) aangaf; 4.2 en 30 cm/s respectievelijk. De uitgangspunten in de schatting laten een variatie in het vochtgehalte bij 20 °C toe tussen 90 en 100 % RV. Die variatie is veel te groot voor een gelijkmatig klimaat. De genoemde vochtafvoer is een gemiddelde over 5 dagen. De afvoer van vocht zal niet constant in de tijd zijn, maar eerst gering en vervolgens flink stijgend door de koppeling van de verdamping aan de afbraakprocessen in de compost en de uitgroei van champignons. De schatting geeft aan dat de mogelijkheid om een goed klimaat te realiseren bij de vermindering van de ruimte tussen teeltbedden niet groot is. Champignonkwekers hechten veel waarde aan een 'rustig klimaat' en hebben grote bedenkingen bij relatief hoge luchtsnelheden over champignons. De mogelijkheden voor een rustig klimaat in een eenlaagsysteem met een positief effect op uitgroei en kwaliteit van champignons spreekt kwekers tot de verbeelding.

3.5 opfrissen en (her)analyse bestaande kennis

3.5.1 arbeidskundig onderzoek jaren 70

In de jaren 70 is er in Nederland uitgebreid arbeidskundig onderzoek uitgevoerd (Van Lookeren Campagne 1971-1979). In andere belangrijke champignonproducerende landen is nauwelijks gepubliceerd over dit onderwerp; eraan raken Ganney (1973) en Lomax (1989). Aan het werk van Van Lookeren Campagne gingen vooraf: Van Boetzelaar / Everaert (1967) en Van Gils & Van de Vrie (1969).

Tijden en prestaties slaan alleen op de plukcyclus, bestaande uit de handelingen 'plukken', 'afsnijden van voetjes' en 'wegleggen', niet op handelingen daaropvolgend met lorries, fust en/of pauzes.

Stellingsysteem

De tijd die nodig is voor het plukken van een champignon is vrijwel onafhankelijk van de grootte van de champignon en van het aantal champignons dat in een cyclus wordt geplukt.

De grootte van champignons kan op verschillende manieren worden uitgedrukt:

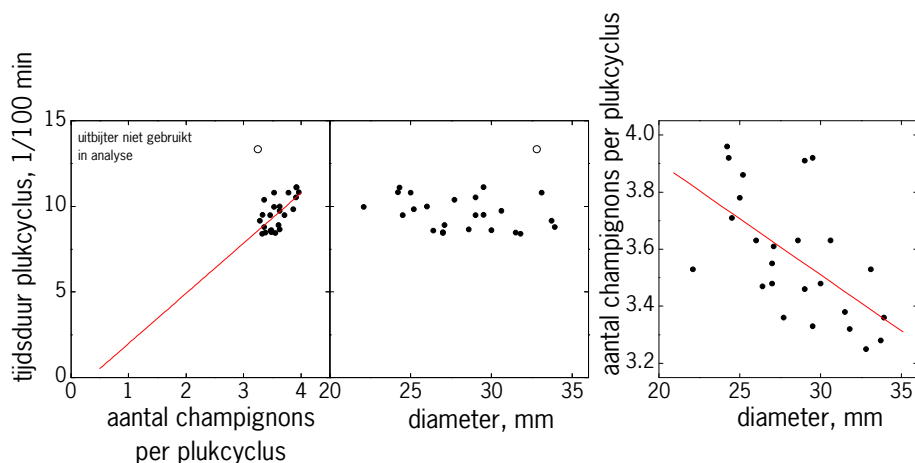
- het aantal champignons per kg
- het gemiddelde gewicht per stuk
- de gemiddelde diameter per stuk.

Van Lookeren Campagne gebruikte de eerste parameter. Hier wordt de derde parameter, de diameter, gebruikt, omdat deze parameter aansluit bij de beoordeling op het bed tijdens het plukken en bij de sortering van geoogst product. De drie parameters zijn naar elkaar om te rekenen. Voor parameters 1 en 2 is dat vanzelfsprekend. Parameter 3 hangt samen met parameter 2: de diameter van een champignon in cm's in het kwadraat is gelijk aan het gewicht in grammen (Straatsma ongepubliceerd; spreadsheet analyses gesloten en gevlesde champignons).

Als het aantal champignons in een plukcyclus toeneemt, neemt de tijdsduur van de plukcyclus toe. Door de door Van Lookeren Campagne gegeven punten kan een rechte lijn worden gefit; deze lijn gaat vrijwel door de 'oorsprong' van de grafiek (Fig 9); de gegeven punten van Van Lookeren Campagne hebben betrekking op een onbekend aantal metingen waarvan de primaire gegevens niet in zijn rapporten worden vermeld. In de data set zit een uitbijter, de gegeven parameters bij dit ene punt zijn niet volledig met elkaar in overeenstemming (in Van Lookeren Campagne 1971, tijdstudie nr 1). Volgens Van Lookeren Campagne duurt de plukcyclus uitgedrukt per champignon 0.027 minuut (de zogenaamde 'elementtijd'; in seconden uitgedrukt komt de elementtijd uit op iets meer dan 1.5 seconden, dit wil zeggen dat er 2300 champignons per uur geplukt kunnen worden).

Deze relatie lijkt onafhankelijk van de sortering. Van Lookeren Campagne heeft gewerkt met een sortering die in het verleden misschien gangbaar was, tussen 25 en 35 mm, maar die we nu 'fijn' vinden. Van Roestel et al 2005 komen ook op 2300 champignons per uur uit met bijna 10 mm grotere champignons (ongeveer 45 mm).

Fig 9. Relaties tussen de tijdsduur van de plukcyclus en het aantal champignons per cyclus ($y = -0.94 + 2.93 * x$, $R=0.66$, $p<0.001$), tussen de tijdsduur van de plukcyclus en de diameter van de geplukte champignons en tussen het aantal champignons in een plukcyclus en de diameter van deze champignons ($y = 4.69 - 0.0039 * x$, $R=-0.59$, $p=0.002$).



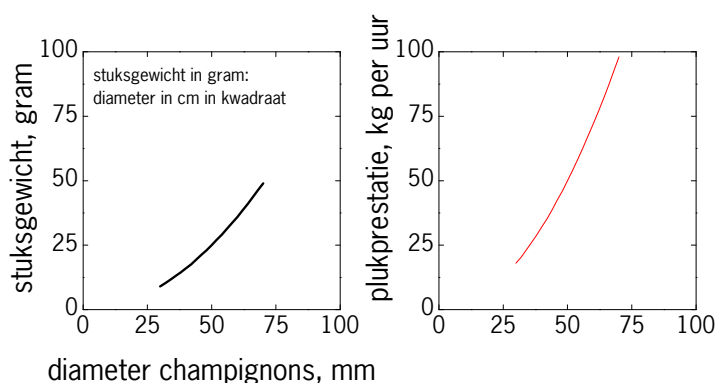
Hoewel het aantal geplukte champignons in een plukcyclus afnam als de champignons een grotere diameter hadden, had dit geen effect op de elementtijd, de duur van de plukcyclus uitgedrukt per champignon.

De waarnemingen en analyse betekenen dat het bewegen van de plukarm naar en van het teeltoppervlakte niet erg relevant lijkt voor de pluktijd. Relatief gezien is de tijd die gaat zitten in het selecteren, plukken en het afsnijden van het voetje lang.

Uit het werk van Van Lookeren Campagne komt naar voren dat bij het plukken van de toen grootste sortering (35 mm) bijna 40% van de totale tijd rond de oogsthandelingen in de oogstruimte zit in verplaatsingen van oogsthulpmiddelen en oogstpersoneel zelf en in fusthandelingen. Dit aandeel daalt tot 30% als er (nog) fijnere champignons geoogst worden (25 mm). Omgekeerd zal het aandeel van de bijkomende handelingen relatief stijgen als er nog grotere champignons worden geplukt. Er zijn dan relatief veel verplaatsingen van het plukpersoneel zelf in de teeltruimte nodig en er is ook relatief veel fust nodig (beide zaken gaan in eerste instantie over gewichten, minder over aantallen).

De waarnemingen maken duidelijk dat de plukprestatie, uitgedrukt in kg champignons per uur, het hoogst is bij het plukken van grote champignons (zie ook Fig 10).

Fig 10. Relatie tussen de diameter van champignons en het stuksgewicht (links) en de relatie tussen de diameter en de plukprestatie (rechts; uitsluitend gebaseerd op de tijd voor plukcyclus)



Enlaagsysteem, schuifladen

Geurts & Klaver (1975) stelden vast dat de elementtijd, de duur van de plukcyclus uitgedrukt per champignon, bij een 'schuiflade' niet lager was dan bij een bed in een stelling ['Tijdstudies bij eenzelfde plukster hebben geen verschil in pluktijd per champignon aangetoond voor wat betreft de pluk vanaf de pluklorrie (=stellingsysteem g.s.) en bij de lade. Wel is een wat hogere pluktijd nodig voor de pluk vanaf de onderste twee bedden in een standaardcel met een plukrek'].

3.5.2 lichamelijke belasting plukarbeid

Plukpersoneel kan lichamelijke klachten krijgen: - pijn en stijfheid in de nek en de schouder van de plukarm, - elleboog klachten, - lage rugklachten (Van Haaren 1987, Sprenger 1991). Het zijn niet zozeer de werkhoudingen als wel de 'kort-cyclisch repeterende aard' van de werkhandelingen die gekoppeld zijn met klachten (Oude Vrielink et al 1994, Van Dulleman et al 1995). Wel speelt de werkhouding mee bij lage rugklachten (Roelofs et al 2003). Een direct causaal verband is nog niet vastgesteld. Het optreden van klachten is ook gekoppeld met persoonskenmerken van het plukpersoneel en heeft ook een bedrijfsspecifieke kant. De kort-cyclische repeterende aard van de werkhandelingen is kwantitatief vastgesteld (Oude Vrielink et al 1994, Van Roestel et al 2005).

De 'beleving' van het werk is belangrijk voor plukpersoneel. Relevant zijn daarom de ervaringen in de praktijk met 'automatische pluklorries' dat ze de plukarbeid overzichtelijker en prettiger maken.

Instructie en scholing kunnen waarschijnlijk helpen om klachten te voorkomen. Sprenger (1991) adviseert: 'tijdens het plukken doorlopend opletten dat de opgetrokken schouder na iedere plukhandeling weer volledig uitzakt tot in ruststand', etc. Van Lieshout (2001) wijst op het (voorkomen van) krampachtig vasthouden van het plukmesje. Het nut/effect van scholing is kwantitatief moeilijk vast te stellen.

3.5.3 proefteelten PPO-Paddestoelen

In het verleden is voor het project 'Kwaliteit arbeid', 620113, onderzoek uitgevoerd naar de lichamelijke belasting en plukprestatie. Er waren nog deels onbewerkte data beschikbaar die nu worden gepresenteerd: De onderzochte parameters rond de plukprestatie in twee proefteelten bij PPO-Paddestoelen waren:

- tijd nodig voor een plukcyclus in 1/100 minuut
- aantal champignons per handeling
- plukprestatie in kg per uur
- plukprestatie in aantal per uur

Voorts werd de opbrengst bepaald in kg en in aantal.

De metingen aan de plukprestatie hebben alleen te maken met de handelingen van de plukster aan het teeltbed. Bij eenhandig plukken zijn dat het zoeken en plukken van champignons, het afsnijden van voetjes en het wegleggen in verzamelvust. Bij tweehandig plukken zijn dat het zoeken en plukken met twee handen en het wegzetten van de champignons in een hulpmiddel met uitsparingen voor individuele champignons (gedacht is aan een aansluitend mechanisch systeem om voetjes af te snijden en te sorteren); het afsnijden van de voetjes is bij tweehandig plukken buiten beschouwing gebleven.

Tijden en prestaties slaan alleen op de plukcyclus, niet op handelingen daaropvolgend met lorries, fust

en/of pauzes.

Als de twee proefteelten bij PPO-Paddestoelen gezamenlijk worden bekeken zouden ze opgevat kunnen worden als een enkele proef met verschillende factoren:

'handigheid'; een- of tweehandig plukken; 2 niveaus

'hoogte'; normale stelling of stelling waaruit het bed boven het teeltbed is verwijderd; 2 niveaus

'breedte'; vanaf de kantplank gerekend een gebied van 40, 50, 60 of 70 cm breed; 4 niveaus

'oogstdag/herhaling/plukster' (drie pluksters, plukster 1 oogstte een vlucht in teeltproef 1, plukster 2 en 3 oogsten in teeltproef 2 respectievelijk de 1^e en de 2^e vlucht; er werd op telkens verschillende dagen, al dan niet in herhalingen geoogst); 21 niveaus.

Analyse van gegevens

De 'gezamenlijke proefteelt' omvatte in beginsel $2 * 2 * 4 * 21 = 336$ behandelingen, maar was in werkelijkheid ongebalanceerd. Voor de analyse van de resultaten betekent dit dat een krachtige variantie-analyse (Anova), die het effect van de verschillende factoren/niveaus in beeld zou kunnen brengen, niet bruikbaar is. Wel zit er voldoende structuur in de verkregen gegevens zodat er 'gepaarde t-toetsen' kunnen worden uitgevoerd om de effecten van de niveaus binnen factoren in beeld te brengen. Dat wordt hieronder uitgewerkt. Voordat hiermee begonnen wordt een aantal opmerkingen over de laatste factor met 21 niveaus. Er is op een groot aantal verschillende dagen geoogst. De hoeveelheid op het oogsttijdstip te plukken champignons per oppervlakte eenheid (de 'dichtheid') zal daardoor hebben gevarieerd. Deze variatie en de effecten daarvan worden als eerste in beeld gebracht (hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen een- en tweehandig plukken; vooruitlopend op de verdere analyse).

Dichtheid

Uit de metingen blijkt dat de 'dichtheid', de hoeveelheid champignons die geplukt gaat worden op het oogsttijdstip, effect heeft op:

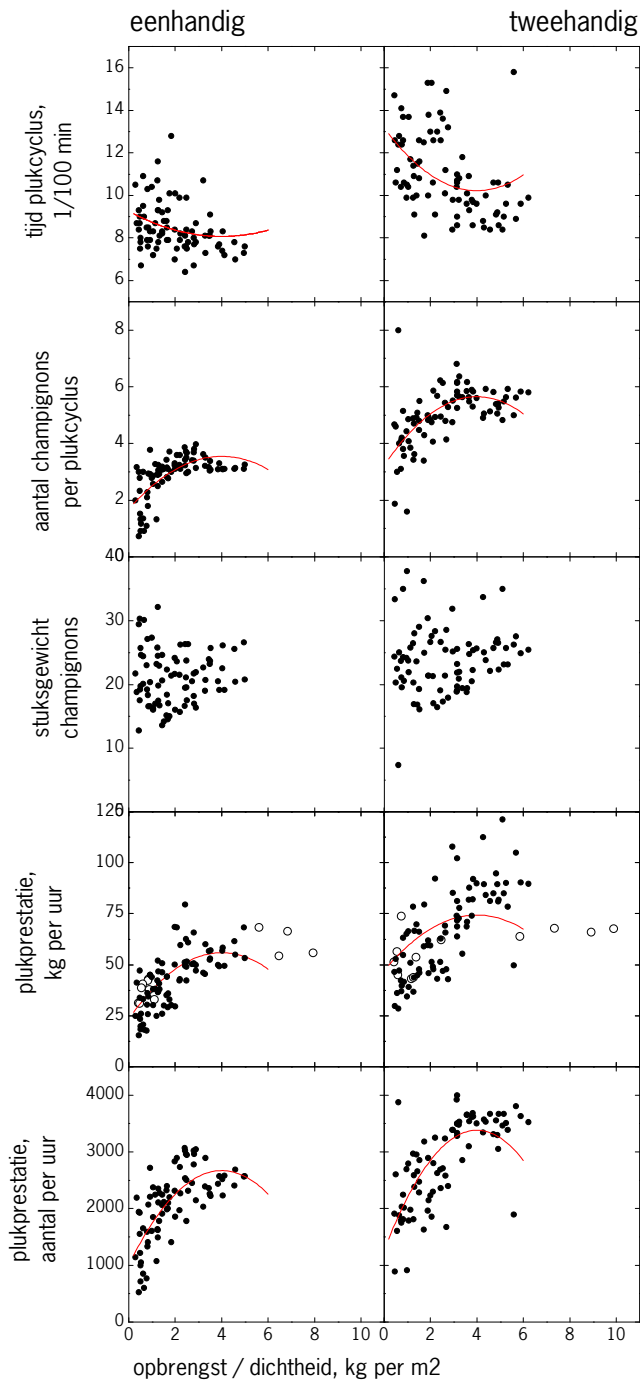
- de duur van een plukcyclus
- het aantal champignons dat in een cyclus geplukt wordt
- de plukprestatie in kg per uur en in aantal per uur

Het stuksgewicht van champignons die geoogst worden (gemiddeld over een 'behandeling') varieert sterk, het sterkst bij een lage dichtheid. Gemiddeld over alle gegevens is het stuksgewicht 22.2 g (geschatte diameter: 45-50 mm).

Bij een lage dichtheid is het aantal champignons per plukcyclus gering (Fig 11, rij 2) en lijkt de tijd voor de cyclus lang (Fig 11, rij 1). Dit lijkt een uitdrukking te zijn van het 'zoeken' naar champignons door de plukster. Het effect hiervan is dat bij lage dichtheden de plukprestatie, uitgedrukt in kg per uur of in aantal per uur, laag is. Bij eenhandig plukken bij 'voldoende dichtheid' ligt het aantal champignons per cyclus iets boven de drie stuks; de duur van de cyclus ergens rond de zeven centiminuut. Per uur zouden ongeveer 850 plukcycli kunnen worden uitgevoerd waarbij in totaal ongeveer 2600 champignons geplukt zouden worden (zie ook Fig 11, rij 5; data sluiten goed aan bij die van Van Lookeren Campagne 1971).

De dichtheid is een belangrijke factor bij de interpretatie van gegevens over de plukprestatie. Of en hoe de 'zoektijd' kan worden verlaagd is niet direct duidelijk.

Fig 11. Relaties van meerdere parameters met de dichtheid van champignons, de te plukken hoeveelheid in kg per m², bij een- en tweehandig plukken. Ter illustratie zijn gedeeltelijke parabolen met een buigpunt bij x = 4 gefit (arbitrair gekozen).



Ruimte boven het teeltoppervlakte

Als er veel ruimte boven het te oogsten oppervlak aanwezig was, ('dubbel', circa 110 cm in plaats van 40 cm) door de volledige verwijdering van het bovenliggende teeltbed, werden zwaardere champignons geoogst (Tabel 10 rij 3). Het leek er enigszins op dat er in totaal minder champignons werden geoogst (Tabel 10 rij 1) en het aantal plukhandelingen per m² was laag (Tabel 10 rij 2, boven de significantiegrens). De plukprestatie uitgedrukt in kg per uur was hoog, maar voor het aantal dat per uur geoogst werd was dit

minder duidelijk (Tabel 10 rijen 4 en 5). Deze gegevens zijn interpreteerbaar als kwalitatief goed plukken als er veel ruimte is boven het te oogsten oppervlakte; er werden minder kleine champignons geplukt in relatief weinig handelingen. Het is makkelijker om kwalitatief goed te plukken. Het is niet direct duidelijk of kwalitatief goed plukken ook op andere manieren te realiseren is dan door het vergroten van de ruimte boven het te oogsten oppervlakte.

Tabel 10. Het effect van de ruimte boven het teeltbed op de plukprestatie.

	ruimte boven te oogsten oppervlakte			oogstwijze	normaal	dubbel
	normaal	dubbel	p-waarde			
opbrengst / dichtheid, kg/m ²	2.87	2.15	0.10	eenhandig	2.30	1.56
				twee	3.45	2.74
aantal plukcycli, per m ²	33.2	22.2	0.013	een	37.0	23.1
				twee	29.3	21.3
stuksgewicht	20.3	23.2	0.004	een	18.5	21.8
				twee	22.2	24.6
plukprestatie, kg/uur	51.1	59.5	0.001	een	40.3	46.8
				twee	61.8	72.3
plukprestatie, aantal/uur	2480	2607	0.16	een	2071	2193
				twee	2889	3021

Breedte

De breedte van het te oogsten oppervlakte had geen weinig effecten op de gemeten parameters. Het aantal champignons per plukcyclus is iets groter bij toename van de breedte (Tabel 11 rij 4; in een Anova met 'breedte' x blok heeft 'breedte' een effect met een p-waarde van 0.048).

Tabel 11. Het effect van bedbreedte op de plukprestatie.

	breedte, cm			
	40	50	60	70
opbrengst dichtheid, kg per m ²	2.05	2.14	1.97	2.12
stuksgewicht	20.6	21.3	21.4	21.1
tijdsduur plukcyclus, 1/100 min	8.5	8.8	8.7	8.9
aantal per handeling	2.8	2.9	2.9	3.0
plukprestatie, kg per uur	42.2	43.9	42.7	44.8
plukprestatie, aantal per uur	2100	2079	2058	2116

Plukken met een of twee handen

De effecten van het een- en tweehandig plukken op de gemeten parameters zijn niet direct te vergelijken doordat in het eerste geval de voetjes wel en in het tweede geval ze niet zijn afgesneden. Bij tweehandig plukken lijken de hogere opbrengst per m² en het hogere stuksgewicht met elkaar in tegenspraak: als zwaardere champignons geplukt worden blijven kleinere staan en kan de opbrengst niet hoog zijn. Bij tweehandig plukken is het stuksgewicht een factor 1.13 hoger (Tabel 12 rij 5). Dit komt overeen met de verhouding van champignons inclusief voetjes en champignons zonder voetjes die bepaald werd als 1.14 (88 bepalingen). De opbrengst per m² is een factor 1.35 hoger. Dit wijst erop dat er misschien juist wel iets meer kleine champignons geplukt zijn waardoor de totale opbrengst stijgt. Inderdaad is het geplukte aantal per m² bij tweehandig plukken hoger (Tabel 12 rij 2). Dit duidt op een achteruitgang in kwalitatief goed plukken. Bij tweehandig plukken is het aantal champignons per plukcyclus hoger, maar duurt de cyclus langer (Tabel 12 rijen 4 en 3). Het geoogste aantal per uur is hoger (Tabel 12 rij 7). Tweehandig plukken sluit het afsnijden van individuele voetjes met een handmesje in de handeling uit. Dit spaart tijd. De elementtijd, de duur van de plukcyclus uitgedrukt per champignon, neemt nauwelijks af door tweehandig plukken. Dat een verkorting niet optreedt, heeft wellicht te maken met het 'zoeken naar' of 'selecteren van' door de plukster en de coördinatie met de handbeweging. Misschien gaat dat voor twee handen en verschillende 'werkgebiedjes' niet gelijktijdig, alleen achter elkaar of eventueel afwisselend. De gemaakte video-opnamen maken de indruk dat bij het tweehandig plukken beide plukhanden tegelijk naar het teeltoppervlakte worden bewogen, maar dat daarna overgegaan wordt tot het 'vol' plukken van de ene hand, gevolgd door de andere hand: de handen plukken na elkaar en niet tegelijk/onafhankelijk van elkaar.

Tabel 12. Het effect van een- en tweehandig plukken op de plukprestatie.

	plukmethode		p-waarde
	eenhandig	tweehandig	
opbrengst dichtheid, kg per m ²	2.07	2.79	0.000
opbrengst, aantal per m ²	96	115	0.000
tijdsduur plukcyclus, 1/100 min	8.7	11.1	0.000
aantal per plukcyclus	2.90	5.02	0.000
stuksgewicht	21.1	23.9	0.000
plukprestatie, kg per uur	43.4	65.5	0.000
plukprestatie, aantal per uur	2088	2832	0.000

De metingen laten een stijging zien van het aantal geplukte champignons per uur tot bijna 3000 stuks. Bij dit tweehandig plukken werden de champignons, met het voetje eraan, weggezet in een tray (alsof het voetje later, mechanisch, afgesneden zou worden). Inclusief het voetjes afsnijden zal het geplukte aantal per uur (sterk) dalen. De tijdmetingen in het uitgevoerde onderzoek waren niet uitgesplitst naar 'plukken' en 'lorrie verplaatsen'. De proefvakken waren van beperkte grootte en de tijd nodig voor verplaatsing was heel beperkt.

Waarnemingen bij praktijkbedrijven

Er werden waarnemingen bij 6 bedrijven gedaan; een bedrijf gebruikte HSP's, high speed pickers, een ander bedrijf gebruikte een een-laag systeem. Per bedrijf werden waarnemingen gedaan aan meerdere bedden op verschillende hoogten, met eventueel verschillende hulpmiddelen, of werden waarnemingen gedaan aan het plukken van verschillende medewerkers. In totaal ging het om 28 waarnemingssessies. Helaas werd het geogste product alleen gewogen per sortering; aantallen champignons werden niet geteld.

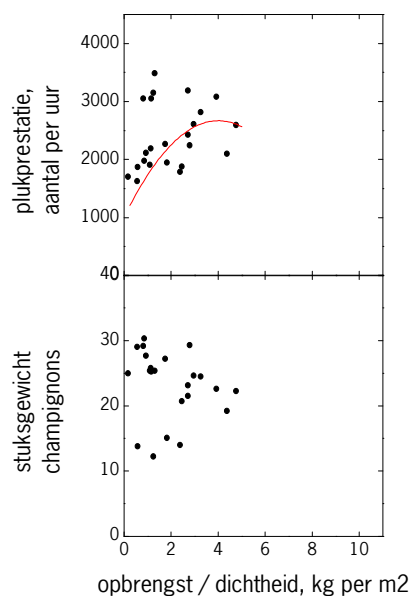
Op basis van de opbrengstgegevens en de totaal gewichten per sortering werden de aantallen champignons die het moet hebben betroffen geschat m.b.v. Tabel 13.

Tabel 13. Hulptabel om opbrengstgegevens in kg's per sortering om te rekenen, via stuksgewicht, naar aantallen champignons.

sortering	diameter	stuks- gewicht
fijn	35	12.3
middel	50	25.0
reus	65	42.3
industrie	65	42.3

De variatie in plukprestaties en stuksgewichten was groot. Er bestonden geen duidelijke verbanden met de geogste hoeveelheden; het is niet uitgesloten dat eenzelfde relatie tussen de plukprestatie en de dichtheid bestond als in de waarnemingen in de proefteelten bij PPO-Paddestoelen (in Fig 12 rij 1 is dezelfde curve getrokken als in de figuur in het vorige hoofdstukje in rij 5).

Fig 12. Relaties van plukprestaties met de opbrengst / dichtheid van champignons. Ter illustratie is een gedeeltelijke parabool met een buigpunt bij $x = 4$ gefit (zoals in Fig 11; arbitrair gekozen).



Er zijn significante verschillen tussen de bedrijven m.b.t. de parameters, maar hieruit zijn geen duidelijk conclusies te trekken (Tabel 14 geeft in onderste regel de 'kleinst betrouwbare verschillen'; zijn verschillen tussen bedrijven groter dan de opgegeven waarde dan is er een significant verschil). Het een-laag systeem komt er niet positief uit, eventueel samenhangend met de lage dichtheid van champignons op het moment van plukken. Het gebruik van een HSP lijkt een positief effect te hebben, maar de gevonden plukprestatie kan erg geflatteerd zijn (in de praktijk maakt dit hulpmiddel geen furore).

Tabel 14. Effect van 'bedrijf' op de plukprestatie.

bedrijf	opbrengst / dichtheid, kg/m ²	stuks- gewicht	aandeel middel	plukprestatie aantal per uur	
g	0.98	28.67	0.69	2211	
m	1.59	14.30	0.28	1872	
v	2.36	21.47	0.81	2694	
b	3.71	21.86	0.78	2522	
h	0.80	25.39	0.96	1937	een-laag
t	2.61	23.79	0.71	2813	hsp
totaal	1.99	23.10	0.71	2399	
kbv (~)	1.62	5.50	0.19	791	

In een bedrijfsreportage meldde Gottschall (2000) dat tweehandig plukken in combinatie met een HSP nauwelijks tot een verbetering plukprestatie leidt.

4 Discussie

In de afgelopen jaren is een daling opgetreden van het arbeidsverzuim. Gelijktijdig deden zich de volgende ontwikkelingen voor:

- meer directe verantwoordelijkheden voor werknemers en werkgevers rond het ziekteverzuim
- verbetering van communicatie: ARBO - werkgever - werknemer
- aandacht voor instructies, taakduur en taakwisseling
- toenemende 'vraag' naar flexibiliteit (zich vertalend in werkdruk)
- verschuiving naar het plukken van grotere champignons

Het is niet duidelijk welke oorzakelijke verbanden bestaan tussen de genoemde factoren en de daling in het verzuim. Het is duidelijk dat verbeteringen bereikt zijn en het is waarschijnlijk dat de veranderingen zich verder zullen ontwikkelen.

4.1 technisch ontwerp

De methodische ontwerpmethodode is in een verkorte versie gebruikt, een uitgebreider onderzoek kan leiden tot een meer geïntegreerd ontwerp van het probleem. De eisen en wensen zijn alleen betrokken op de technische invulling van het verplaatsbaar maken van het bed. In een wat langer methodisch ontwerptraject zou meer aandacht uitmoeten gaan naar de integratie van de logistiek van en naar het teeltbed, de bedrijfsvoering en de inzet van de beschikbare arbeid gekoppeld aan het verplaatsen van het teeltbed. De kostprijs berekeningen zijn tijdens het project voorgelegd aan Mart Cristiaens van de werkgroep die terecht opmerkte dat in de praktijk de kostprijs veel lager uit zal vallen door de betere onderhandelingspositie van het bedrijfsleven ten opzicht van hun toeleveranciers en hun kunde om producten voor een zeer scherpe prijs in de markt te zetten. De kostprijs berekeningen geven in dit rapport dan ook niet precies aan wat het systeem zal gaan kosten maar zijn meer ter indicatie en een middel om de systemen onderling te kunnen vergelijken.

Uiteindelijk zijn maar een aantal mogelijke verplaatsingen technisch uitgewerkt. Deze systemen zijn allen technisch te realiseren maar voor een toepassing in de praktijk nog niet volwassen genoeg. Door het methodisch ontwerpen is een morfologische kaart gemaakt waarmee systematisch andere manieren van het verplaatsen van teeltbedden uitgewerkt kan worden. Op die manier kunnen systemen met elkaar worden vergeleken, de prestaties en werkwijze van te voren worden geschat en virtueel ingepast worden in een bestaand bedrijf. Het risico dat een bepaalde technische oplossing na het bouwen niet voldoet wordt hiermee verkleind waardoor de kans van slagen toeneemt.

De investeringskosten voor de systemen, die uitgaan van de aanwezigheid van (onderdelen voor) het huidige type stelling variëren tussen de 15 000 en 28 000 € per 15 meter stelling (Tabellen 6 en 2 respectievelijk). Dergelijke stellingen hebben een teeltoppervlakte van ongeveer 105 m². Per m² teeltoppervlakte gaat het om extrakosten van 140 tot 260 €. Dit is een veelvoud van de investering voor het huidige stellingtype van ongeveer 40 € per m². Zelfs als de investeringen, door optimale keuze voor onderdelen etc, maar de helft zijn van de genoemde bedragen zijn deze kosten niet acceptabel zonder een sterke stijging van de plukprestatie. Ook berekeningen over het onderbrengen van 7 bedden in een stelling in plaats van 5 (Tabellen 7 en 8) laten nog kostenstijgingen zien.

4.2 opfrissen en (her)analyse bestaande kennis

Uit de verrichte arbeidsmetingen onder verschillende omstandigheden (in de jaren 70 onder andere stellingensysteem en schuiflade systeem; in het recente verleden onder proefomstandigheden) in het verleden kan geen oogststelsel worden geïdentificeerd waarin de oogstprestatie hoger is dan in het stellingensysteem. De kosten van de aanpassing van het oogststelsel, tot een van de 'systemen' uit de besproken onderzoeken, om de risico's van de 'kort-cyclisch repeterende aard' van het oogstwerk te verminderen zullen zichzelf niet kunnen terugverdienen uit een stijging van de plukprestatie. Bij de

ontwikkeling van een nieuw oogststelsysteem is arbeidskundig onderzoek, tijdmetingen en analyse, belangrijk. Eventuele verbeteringen die optreden kunnen directe, maar ook indirecte effecten zijn. In het laatste geval zijn waarschijnlijk ook andere oplossingen, eventueel nog betere, mogelijk.

De 'trend' naar het handmatige oogsten van grote champignons, 'reuzen', heeft tot gevolg dat er relatief gezien meer handelingen met fust nodig zijn per geoogst aantal champignons (het fust is meer op het totale gewicht van de champignons 'gericht' dan op het aantal). Hierdoor zal er minder nadruk komen te liggen op de directe plukhandeling. Het effect van dit aspect op de arbeidsomstandigheden is nog niet onderzocht.

De 'trend' meermaals plukken per dag heeft tot gevolg dat de 'dichtheid' van oogstrijpe champignons heel laag kan zijn. Als het bijvoorbeeld over een totale productie gaat van 6 kg per m² per dag in 6 plukbeurten, gaat het in een enkele plukbeurt om een dichtheid van 1 kg per m², overeenkomend met ongeveer 20 stuks per m². Bij deze lage dichtheid zou de maximale prestatie van boven de 2000 stuks per uur lang niet gehaald worden. In de praktijk bestaat de overtuiging dat een geringe dichtheid een 'psychologisch' effect heeft op het plukpersoneel; het personeel ziet dat er weinig geoogst hoeft te worden en leidt daaruit (onbewust?) af dat er rustig aan gedaan kan worden. Om dit te voorkomen wordt in de praktijk weinig plukpersoneel ingezet in een teeltruimte met een lage te oogsten dichtheid. Het personeel 'ziet' dat er per persoon toch veel werk te doen is. Ook is uit opmerkingen uit de praktijk op te maken dat de automatische pluklorrie, ingesteld op de juiste snelheid, improductief 'zoekgedrag' helpt te vermijden.

Men verwacht dat het ontwikkelen van lichamelijke klachten in relatie met plukarbeid door instructie en scholing beperkt kan worden (Sprenger 1991, Maas 1998). Het is interessant dat er positieve effecten op de plukprestatie gemeld worden van wat als 'instructie' kan worden opgevat: het gebruik van automatisch bewegende pluklorries en een beperking van het aantal medewerkers in een oogstploeg in de teeltruimte. Ook wordt gemeld dat het 'overzicht' van degene die de oogstarbeid coördineert belangrijk is voor de plukprestatie. Een en ander lijkt aan te geven dat 'zachte' factoren van groot belang zijn voor de plukarbeid. Hierover is geen formele kennis beschikbaar. Meer inzicht in het effect van deze zachte factoren zou kunnen helpen om zowel de ontwikkeling van lichamelijke klachten te verminderen als de arbeidsproductiviteit te verhogen. Al jarenlang worden nieuwe 'harde' teelt- en oogstsystemen ontwikkeld (zie Inleiding, 2^e alinea). Weinig hiervan wordt op grote schaal geïmplementeerd.

De verschuiving in de oogst van relatief kleine naar relatief grote champignons heeft de oogstarbeid sterk veranderd. Het aantal handelingen met fust is waarschijnlijk nauwelijks veranderd, het aantal handelingen rond het plukken, plukcycli, is sterk gereduceerd. Het aandeel handelingen met fust is vergroot. Dit maakt het risico op het ontwikkelen van lichamelijke klachten kleiner.

Het gebruik van automatische pluklorries heeft ook tot minder 'duwen', 'trekken' en 'tillen' van pluklorries geleid.

Onvoldoend overzicht over de staat waarin de teelt zich bevindt en over de effectiviteit waarmee de oogstinstructie wordt toegepast leiden tot achterblijvende financiële resultaten. Oogstinstructie en effectiviteit waarmee die uitgevoerd wordt zijn potentiële knelpunten. Dit wijst mogelijk op een moeilijk te hanteren 'aandacht'-probleem bij oogstpersoneel. In verband met 'aandacht' (coördinatie van kijken, beslissen, plukken en leren; zie ook: Land et al 1999, Henriques et al 2003, Diedrichsen et al 2004, Sailer et al 2005, Millslagle et al 2005) wordt nauwelijks of niet (meer) geloofd in verbetering van de plukprestatie door eventueel 'twee handig' plukken.

5 Conclusies

- Nog altijd bestaat er geen eenduidig oorzakelijk verband tussen de lichamelijke belasting bij het plukken, de ontwikkeling van klachten en ziekte. De afgelopen jaren is de aandacht voor de kwaliteit van de oogstarbeid in de champignonteelt toegenomen. Het ziekteverzuim van oogstpersoneel is afgenomen.
- De oogstarbeid in de champignonteelt is de afgelopen jaren veranderd. Er worden grotere champignons geteeld, geoogst en vermarkt. Bij een gelijkblijvende kg-opbrengst betekent dit dat er tot 50% minder champignons geoogst worden. Bij een gelijkblijvend aantal fusthandelingen betekent dit een hoger aandeel fusthandelingen in de arbeid van het oogstpersoneel. De lichamelijke belasting van het plukken is lager geworden; de arbeid is meer afwisselend.
- Bij de oogst van champignons worden automatische pluklorries ingezet. Dit vermindert het duwen, trekken en tillen van pluklorries. De automatische lorries 'sturen' de oogstarbeid die overzichtelijker, eenvoudiger en prettiger is geworden.
- De technische ontwerpen voor het aanpassen van het stellingensysteem in bestaande teeltruimten leiden tot minimaal het verdubbelen van de kosten van de stellingen. Het eventueel aanbrengen van extra bedden in de stellingen leidt nog altijd tot kostenverhoging per eenheid teeltoppervlak. Om bedrijfseconomische redenen zullen de bekeken aanpassingen niet gerealiseerd worden. Er staan nauwelijks meeropbrengsten tegenover; een verhoging van de plukprestatie is niet aannemelijk en het effect op de verbetering van de kwaliteit van de oogstarbeid is niet eenduidig te voorspellen.
- Een belangrijke parameter voor de oogstarbeid is het aantal champignons dat per persoon per uur geoogst kan worden. Dat aantal ligt ergens boven de 2 000. Dit aantal is grotendeels onafhankelijk van de grootte van de champignons die geoogst worden, van het aantal champignons dat in een handeling wordt geplukt en of er met een of met twee handen wordt geplukt. Het aantal lijkt gevoelig voor de het aantal oogstrijpe champignons per eenheid teeltoppervlakte. Een laag aantal oogstrijpe champignons kan tot een lage geoogst aantal per uur leiden. Het is aannemelijk dat met een juiste oogstinstructie en een op het oogstrijp aantal ingestelde snelheid van een automatische pluklorrie, de plukprestatie toch op peil blijft.
- De mogelijkheden voor het verbeteren van zowel lichaamshouding en plukhandelingen als van de plukprestatie door instructie en begeleiding zijn niet goed in kaart gebracht. Arbeidskundig onderzoek zou tot gestructureerde voorstellen voor verbeteringen kunnen leiden, bijvoorbeeld met betrekking tot 'visualisatie' en 'oog-hand coordinatie'.

6 Referenties

Internetadressen

www.staalprijzen.nl

www.bouwenmetstaal.nl

www.lokring.com (las info)

www.nil.nl (las info)

folders en berichten

Anon. 1989. Komach floating floor system. Komach.

Anon. Rotabed. Equipment Engineering Holland, IJsselstein.

Anon. Transportketting Farmer Automatic in ijskast.

Anon. Pleunis automatiseert oogst bij kistensysteem. Agrarisch Dagblad. [fingerpicker, Agrisystems; zie ook Leendertse 1992]

Anon. 1993(?) Oogstmachine type MHE-93. Muncko, Sevenum; Doorbraak in mechanische pluk champignons voor verse markt. Reilen en Veilen, oktober 1993, 23. [zie ook Roos 1994]

Anon. 1994. Champibox plukhulpen. Champibox. [zie ook Roos 1994]

Anon. Oogsthulpmiddel voor champignons. Dofra. [zie ook Roos 1994]

Anon. 2001. Arbodeskundigen willen oplossingen in praktijk toetsen. Paddestoelen 14 juni 2001.

Anon. 2002. HSP genomineerd voor de Arbo-prijs. Paddestoelen 18 juli 2002.

Anon. 2002. Oogststoel voorkomt rugklachten. Paddestoelen 27 juni 2002.

Anon. 2003. Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw.

Anon. 2003. MPU, mobile processing unit Axis systems. [automatische plukhulp, zie ook Van der Sterren 2004] <http://www.axissystems.co.uk/index.htm>

Anon. Hydraulische pluklift. Christiaens Group.

http://www.agroarbo.nl/74,arbeidsvriendelijke_producten/598,paddenstoelenteelt.html)

Amsing JGM & Straatsma G. 2004. Relatie tussen warmte- vocht- en CO₂-afgifte tijdens de teelt van champignons met groei en kwaliteit. PPO-Paddestoelen rapport 2004-17.

Arkenbout, J.. 1972. Ontwikkelingen bij de klimaatbeheersing in de champignonteelt in Nederland. De Champignoncultuur 16, 121-127.

Arkenbout J & Koenderink JB. 1976. De invloed van het luchtverdeelkanaal op de luchtbeweging boven de teeltbedden. De Champignoncultuur 20, 51-53.

Arkenbout J. 1987a. Luchtbehandeling als technisch instrument. In: de teelt van champignons, vGriensven, 147-180.

Arkenbout J. 1987b. Luchtbehandeling in de champignonteelt. In: de teelt van champignons, vGriensven, 181-214.

AWEC (The Agricultural Working Environment Committee), 2002. Guidelines for Work on Mushroom Farms, Danmark.

Badler NI, Erignac CA & Liu Y. 2002. Virtual humans for Validating Maintenance Procedures. Communications of the ACM 45, 57-63.

Belastingdienst. 2006. Landelijke landbouwnormen 2005. <http://www.belastingdienst.nl/>

Ben-Gal I & Bukchin J. 2002. The ergonomic design of workstations using virtual manufacturing and response surface methodology. IIE Transactions 34, 375-391.

Boumans JRC. 1991. Een pilot-studie naar de fysieke belasting bij het plukken van champignons. Stageverslag KU-Nijmegen.

Chaffin DB. 2005. Improving digital human modelling for proactive ergonomics in design. Ergonomics 48, 478-491.

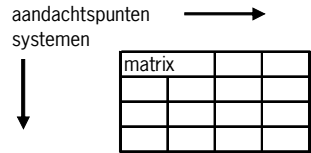
Creemers MMM, de Rooij AACJ, Oude Vrielink HHE, Roelofs PFMM, Klein Hesselink J & van Schie J. 2003. Nulmeting en onderzoek stand der techniek fysieke en psychische belasting arboconvenant

- agrarische sectoren; eindrapportage. Ministerie SZW, Den Haag.
- De Rooij A & van der Zwan AL. 2000. Arbo-branchprofiel: paddestoelenteelt.
- Diedrichsen J, Nambisan R, Kennerley SW & Ivry RB. 2004. Independent on-line control of the two hands during bimanual reaching. *European Journal of Neuroscience* 19, 1643-1652.
- Dreve R. 2001. Champignons plukken zo simpel mogelijk maken: arbeid. *Paddestoelen* (2001,3), 13.
- Dreve R. 2001. Strijd tegen ziekteverzuim als continu proces: arbeid. *Paddestoelen* (2001,3), 12.
- Dreve R. 2002. Arbeidsomstandigheden: nieuwe rem beperkt valgevaar. *Paddestoelen* (2002,12), 10-11.
- Everaert J. 1967. Doelmatig plukken van champignons. *Champignoncultuur* 11, 273-278 en 306-308.
- Ganney GW. 1973. Economic aspects of mushroom harvesting. *MushroomJournal* (1973, 5), 208-228.
- Geurts MHA & Klaver JS. 1975. Interimrapport over het schuifladensysteem. SPC Horst.
- Gielen JH. 2004. Relatie warmte-, vocht- en CO₂-afgifte champignonenteelt met groei en kwaliteit. Rapport C point, Horst.
- Gottschall J. 2000. Met HSP geld besparen. *Groenten en fruit, Vakdeel paddestoelen* (2000,42), 14.
- Henriques DYP, Medendorp WP, Gielen CCAM & Crawford JD. 2003. Geometric computations underlying eye-hand coordination: orientations of the two eyes and the head. *Experimental Brain Research* 152, 70-78.
- Hilkens J. 2000. Eenpootstelling terug van weggeweest. *Groenten en fruit, Vakdeel paddestoelen* 4, 8-9.
- Hilkens J. 1999. Gootje vermindert ziekteverzuim. *Groenten en fruit, Vakdeel paddestoelen* 20, 16-17.
- Klein Hesselink DJ & van Schie JPM. 2003. Psychische belasting in de agrarische sector; overzicht van oorzaken en oplossingsrichting. zie M.M.M. Creemers et al., 2003, Ministerie SZW, Den Haag.
- Kummeling JWM. 1992. Ontwikkeling van een oogstmachine: robot selecteert champignons op grootte. *PT Polytechnisch tijdschrift*, 1993, 9, 23-26.
- Land M, Mennie N & Rusted J. 1999. The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception* 28, 1311-1328.
- Leendertse KDK. 1992. Komt de industriële champignonenteelt dan toch dichterbij? *Champignonkrant* 3(17).
- Loeffen H. 1992. Air distribution in mushroom growing rooms. *Mushroom Journal* 505, 13-15.
- Lomax KM. 1989. Industrial engineering principles applied to mushroom harvesting. *Mushroom News* 37(7), 28-29.
- Maas M. 1998. Goede arbeidsomstandigheden voorkomen ziekteverzuim. *Groenten en fruit, Vakdeel paddestoelen* (1998,10), 7.
- Maas MJJ. 2000. Personnel management: working conditions: the perception of labor. *Mushroom Science* 15, 879-881
- Matek W. 1993. Roloff/Matek machine-onderdelen; Normering, berekening, vormgeving [vertaling W. Klingenberg et al.]. Academic Service, wetenschap en techniek; Schoonhoven.
- Millsagle D, De la Rosby A & Von Bank S. 2005. Incremental exercise in dynamic visual acuity. *Perceptual and Motor Skills* 101, 657-664.
- Murmans T, de Rooij A, Habraken W & Aarts J. 1993. Praktijkproef bedrijfsgezondheidszorg champignonenteelt. *Stigas / Champignoncultuur* 37, 293-303.
- Oude Vrielink HHE, van Dullemen E & van Dieën JH. 1994. Arbeidsomstandigheden tijdens de oogst van champignons. *IMAG-DLO Nota P 94-73*, oktober 1994.
- Oude Vrielink H, Drost H & Hartman E. Repetitive strain injuries (rsi) in agriculture: physical risk factors dominate in female workers. <http://www.jbt.slu.se/NMAOH/Abstract%20PDF/2A,3.pdf>
- Pugh S. 1996. Creating innovative products.
- Renders PJJ & Rooda JE. 2005. Methodisch ontwerpen van fabricagesystemen. TU Eindhoven. http://se.wtb.tue.nl/documentation/lecnotes/movis/DICT4T400_2005.pdf.
- Roelofs PFMM, Looije AAJ, Hendrix ATM & Oude Vrielink HHE. 2003. Eindrapportage onderzoek Arboconvenant agrarische sectoren; onderzoek naar 'Stand der techniek' met betrekking tot de fysieke belasting in de agrarische sector. zie Creemers et al., 2003, Ministerie SZW, Den Haag.
- Roos T. 1994. Plukhulpen brengen kwart hogere prestatie. *Agrarisch Dagblad* 26 februari, 11.
- Roozenburg NFM & Eekels J. 1995. Produktontwerpen, structuur en methoden.
- Sailer U, Flanagan JR & Johansson RS. 2005. Eye-hand coordination during learning of a novel visuomotor task. *Journal of Neuroscience* 25, 8833-8842.
- Scholtens B. 1993. De champignonrobot plukt nu al tachtig procent. *Volkskrant (wetenschap)*, 17 april, 15.
- Sprenger FH. 1991. Een instructie voor champignonplukkers over de opstelling en lichaamshouding.

- Champignoncultuur 35, 309-311.
- Straatsma G & Amsing JGM. 2005. Literatuurstudie vocht in compost, dekaarde en champignons. PPO-Paddestoelen, 2005-17.
- Van Boetzelaar GJ. 196-. Plukken van champignons. ITT.
- Van den Boomen AJWM. 1988. Luchtbeweging in champignoncellen. De Champignoncultuur 32, 219-241.
- Van den Kroonenberg HH & Siers FJ. 1999. Methodisch ontwerpen.
- Van den Oord P. 1992. Vullen en afdekken; een tijdstudie in de champignonteelt. IKC-Champignonteelt.
- Van der Schilden M, Hendrix ATM, Van Lookeren Campagne P, Migchels A, Roelofs PFMM, Van den Top M & Vink A. 1992. Professiogrammen Agrarische bedrijven. Gemeenschappelijke Medische Dienst, Amsterdam (gerefereerd in Oude Vrielink et al 1994, in Van Lieshout 2001(?))
- Van der Sterren M. Arbeid: 'Plukken moet makkelijk zijn'. Groenten en fruit. Vakdeel paddestoelen (1999,42), 16-17
- Van der Sterren M. 2001. Arbeid besparen met champignons in kas. Paddestoelen (2001,9), 12-13.
- Van der Sterren M. 2004. Plukken zonder pluksters. VPN Nieuws 9.
- Van Dieën JH. 1989. Preventie aandoeningen bewegingsapparaat in de land- en tuinbouw. Ergonomische analyse agrarische sectoren. IMAG-DLO 447. (gerefereerd in Oude Vrielink et al 1994)
- Van Dijck P. 1998. Werk in de champignons is niet alleen maar 'saai'. Groenten en fruit. Vakdeel paddestoelen (1998,19), 6-7.
- Van Dulleman E, van Dieën JH & Oude Vrielink HHE. 1995. Lichamelijke klachten bij de pluk van champignons: het werk, de plukster en het bedrijf zijn bepalend. Champignoncultuur 39, 15-21.
- Van Gerwen H & Hilken J. 2004. Oogstmechanisatie: oogst schiet de hoogte in. Paddestoelen (2004,6), 14-16.
- Van Gils JJ & Van de Vrie C. 1969. Over plukprestaties gesproken. . . . Champignoncultuur 13, 156-9.
- Van Haaren JPM. 1987. Bereopsaandoeningen. In van Griensven, pp 491-501. (§2.2 aandoeningen van spieren en gewrichten; §4 aandoeningen door werkhoudingen).
- Van Horen LGJ. 1993. Arbeidsomstandigheden verdienen alle aandacht. Groenten en Fruit, Paddestoelen 3(5): 6-7.
- Van Lieshout M. 2000. Sector paddestoelen: nieuwbouw in de toekomst; onderzoek naar de mogelijkheden om de oogstkosten op champignonkwekerijen met handmatige oogst en gericht op de versmarkt te verlagen. HAS Den Bosch.
- Van Lieshout M. 2001. Arbeidsomstandigheden in de paddestoelenteelt; een literatuurstudie naar mogelijkheden om arbeidsomstandigheden in de paddestoelenteelt te verbeteren. HAS Den Bosch.
- Van Lookeren Campagne P. 197-. Taaktijden voor de champignonteelt in standaardcellen. IMAG.
- Van Lookeren Campagne P. 197-. Normbladen voor de champignonteelt (eenzonesysteem). IMAG.
- Van Lookeren Campagne P. 1971. Arbeidskundig onderzoek in de champignonteelt. ITT-36.
- Van Lookeren Campagne P. 1972. Arbeidskundig onderzoek in de champignonteelt (II). ITT-59.
- Van Lookeren Campagne P & Achten J. 1973. Het optimale plukmoment van champignons. ITT-87.
- Van Lookeren Campagne P. 1979. Tien jaar arbeidskundig onderzoek in de champignonteelt in Nederland. Landbouwkundig Tijdschrift 91 (6), 148-153.
- Van Roestel AJJ & Van Keulen H. 1998. KWIN 1998; kwantitatieve informatie champignonteelt, vierde druk. Proefstation voor de Champignoncultuur, Horst.
- Van Roestel AJJ. 2002. Een rekenmodel voor champignonteeltbedrijven. PPO-Paddestoelen 2002-22.
- Van Roestel AJJ & Van Megen T. 2002. Mogelijkheden voor verlaging oogstkosten. Paddestoelen (2002,14), 12-13.
- Van Roestel AJJ & Looije AAJ. 2003. Ergonomisch plukken met aangepaste stellingen. Paddestoelen (2003,14), 4-5.
- Van Roestel AJJ. 2004. Investing in vaker plukken kan lonen. Paddestoelen (2004,4),
- Van Roestel AJJ, Roelofs PFMM & Looije AAJ. 2005. Vermindering van fysieke belasting tijdens de oogst van champignons; een vergelijking van oogstmethoden. PPO-Paddestoelen 2005-6.
- Van Tuijl BAJ & Van Henten EJ. 2004. An information based systematic design method for robotics in greenhouses. Proceedings Greensys 2004.

Bijlage

Matrix van aandachtspunten voor denkbare nieuwe systemen.



	concrete vragen vooraf van werkgroep	criteria		oogstprestatie plukken (kg/uur)	voetje snijden, wegleggen	fushandling 1 op oogstplek	verplaatsing naar oogstplek	fushandling 2 vanaf oogstplek	fushandling 3 weegruimte	afzetklaar maken	efficiency (verliezen) logistiek, organisatie	ergonomie kritische factoren				teelt systeem en sturing kritische factoren		kostprijs vaste kosten	teeltkosten	oogstkosten	saldo per kg product	per m2 teeltopp	
		markt en oogststrategie geoogst product	grootte									oogst frequentie	reikwijdte	vertical fussenruimte	houding & positie	cyclus frequentie	lengte werkdag						wijde ruimte 25 cm (klimaat)
1	eenhandig flexibele stellingen verticaal verplaatsbaar	1																					
2	kantelen bed bed schuin	2a																					
3	half vanuit midden	2b																					
4	horizontale verplaatsing	3																					
5	eenlaagsysteem, automatische afvoer	4																					
6	tweehandig flexibele stellingen verticaal verplaatsbaar																						
7	kantelen bed bed schuin																						
8	half vanuit midden																						
9	horizontale verplaatsing																						
10	eenlaagsysteem, automatische afvoer																						
11	hulpmiddelen tweehandig plukken voetje snijden; handmatig verpakken techniek mesje, snaarje	5a																					
12	inrichting werkplek	5b																					