

Haalbaarheidsstudie meerlagenteelt tulp

Jeroen Wildschut

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Bloembollen
september 2004



© 2004. 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.

Dit project is uitgevoerd in opdracht van en deels gefinancierd door de partijen in de Meerjarenaafpraak energie Bloembollen (KAVB, PT, LNV, SenterNovem en telers).



Dit project wordt inhoudelijk ondersteund door de onderzoeksprogramma's "Systeeminnovaties plantaardige productiesystemen" van Wageningen UR, gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Projectnummer: 331009

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse
: Postbus 85, 2160 AB Lisse
Tel. : 0252 – 46 21 21
Fax : 0252 – 46 21 00
E-mail : infobollen.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INLEIDING | 5 |
| 2 | DOELSTELLINGEN | 5 |
| 3 | WERKWIJZE..... | 6 |
| 4 | SCENARIO'S..... | 6 |
| 5 | LICHT EN WARMTE | 7 |
| 6 | RESULTATEN | 9 |
| 6.1 | Rentabiliteit | 9 |
| 6.2 | Energiebudget..... | 11 |
| 6.3 | Nutriënten en Gewasbeschermingsmiddelen | 12 |
| 7 | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 14 |
| | BIJLAGE 1: Meerlagenteelt onderzoek 2005 (PPO)..... | 16 |
| | BIJLAGE 2: Poster Systeminnovaties in de broeierij: eb/vloed broei in meer lagen..... | 18 |

1 Inleiding

De afgelopen jaren is de toename van de benuttingsgraad van kassen (van ongeveer 65% naar ruim 90% in de modernste kassen) een belangrijke factor geweest waarmee de energie-efficiëntie (MJ/bos) van tulpenbroei verbeterde. Kasverwarming is namelijk verreweg de hoogste energiepost (70%- 80%).

Broeierij in meer lagen (dus een benuttingsgraad tot misschien 300% of meer, in combinatie met belichting) zou een volgende stap in het verbeteren van de energie-efficiëntie kunnen zijn. Achtergrond hierbij is dat de benodigde lichtintensiteit bij de broeierij van gewassen als tulp aanzienlijk lager is dan bij assimilatiebelichting voor gewassen als bv. rozen. Daarmee zijn eventuele warmteoverschotten dus eveneens lager. Omdat bij teelt in meer lagen het verbruik aan middelen en meststoffen per oppervlakte-eenheid kas omhoog gaat, wordt het toepassen van een gesloten systeem (recirculerend water) waarschijnlijk noodzakelijk. Op dit moment zijn er nog geen schattingen bekend van de effecten van zo'n systeem op energiebesparing en energie-efficiëntie, op middelen- en nutriëntenverbruik en op economische haalbaarheid.

In deze haalbaarheidsstudie wordt uitgegaan van het eb/vloed systeem, omdat dit in vergelijking met broei op stilstaand water een aantal extra voordelen heeft:

- Zoals berekend in "Kostprijs en energieverbruik bij tulpenbroei"(van Rijssel en Snoek, 2002), is de kostprijs van een bos tulpen in het eb/vloedsysteem lager dan in de gangbare waterbroei. Ook het energieverbruik/bos is lager.
- Gezien de toename van het teeltoppervlak/ha neemt het nutriëntenverbruik/ha toe, door recirculatie van het water+nutriënten kan het verbruik weer wat teruggedrongen worden.
- Om de tabletten naar boven te transporteren kunnen ze beter even zonder water zijn (een stuk minder zwaar), dit geeft ook de mogelijkheid om het tablet tijdens de trek van plaats te veranderen, afhankelijk van bv. de lichtbehoefte.
- De afbroekwaliteit is op eb/vloed hoger, 't assortiment wat op dit systeem past is groter ('t systeem kan dus breder toegepast worden).
- In de toekomst wordt verwacht dat het steeds meer wordt toegepast.

De mogelijke voordelen van meerlagenteelt zijn:

- Lagere kostprijs per bos.
- Hogere energie-efficiëntie.
- Productieuitbreiding zonder vergroting van het kasoppervlak.
Veel bedrijven met broeierij kunnen hun kasoppervlak niet uitbreiden door grondgebrek, anderen mogen niet uitbreiden door regelgeving ivm. bv. beschermd landschap. Daarnaast betekent voor teler/broeibedrijven dat ze door uitbreiding boven de 2500m² onder het Besluit Glastuinbouw komen te vallen.
- Door een groter aandeel van elektra is een groter aandeel duurzame energie door groene stroom mogelijk.

2 Doelstellingen

Bij deze haalbaarheidsstudie naar meerlagenteelt bij tulpenbroei gaat het erom na te gaan of met behoud of verbetering van rendement (€) de energiedoelstellingen van de MJA-e en de normen van het Besluit Glastuinbouw (de GLAMI-normen) gehaald kunnen worden. Deze zijn in Tabel 1 samengevat. Hoewel het Besluit Glastuinbouw al van kracht is zijn de GLAMI-normen voor broeierijgewassen nog steeds niet definitief. Er wordt in deze studie gerekend met de normen zoals oorspronkelijk opgesteld. De definitieve normen zullen mogelijk minder streng zijn.

Tabel 1: Normen MJA-e en Besluit Glastuinbouw (GLAMI)

| MJA-e | | Besluit Glastuinbouw (GLAMI) mbt. broei van tulpen* | | | | |
|---------------------|-----------|---|-------------------|------------------|-------------------|-----|
| Energie efficiëntie | | Energie verbruik | Stikstof verbruik | Fosfaat verbruik | Middelen verbruik | |
| eenheid | MJ/bos | GJ/ha | N kg/ha | P kg/ha | a.s. kg/ha | |
| referentiejaar | 1995 | 2000 | | | | |
| hoeveelheid | 13.23** | broei | 17216 | 151 | 45 | 221 |
| | | onbeteeld | 379 | 12 | 7 | 1 |
| | | koeling | 476 | | | |
| | | belichting | 2551 | | | |
| | | totaal | 20623 | 163 | 51 | 222 |
| streefjaar | 2005 | 2010 | | | | |
| reductie | 22% | 23% | 27% | 8% | 9% | |
| hoeveelheid | 10.32 | broei | 13266 | 111 | 41 | 201 |
| | | onbeteeld | 123 | 8 | 6 | 1 |
| | | koeling | 408 | | | |
| | | belichting | 1872 | | | |
| | | totaal | 15669 | 119 | 47 | 202 |
| niveau | de sector | individueel bedrijf dat tulpen broeit | | | | |
| bijzonderheden | | geldt niet voor gemengde bedrijven met kasoppervlak < 2500m | | | | |

* normen geldend voor een broeiperiode van 23 weken

** schatting op basis van gegevens EBP-enquete DLV/WLTO, n=38, CV= 17.8%.

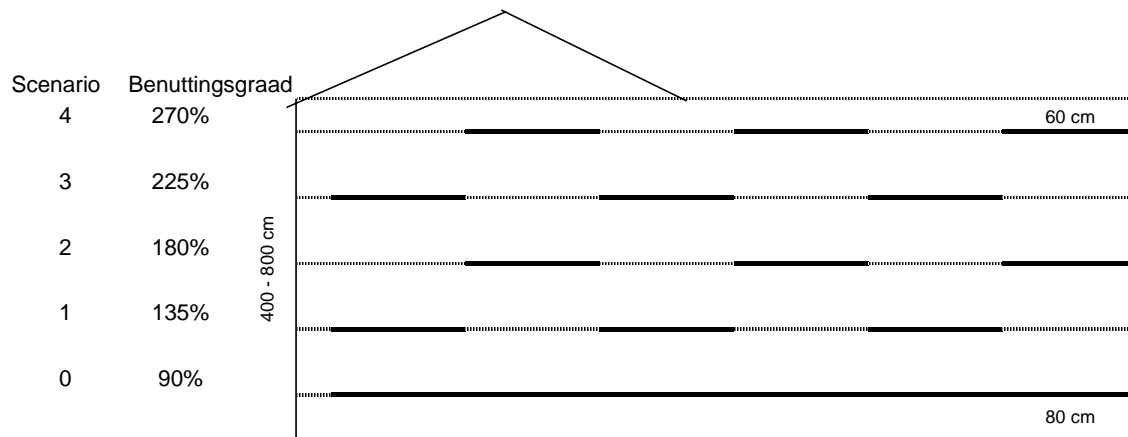
3 Werkwijze

Voor het inschatten van de bedrijfseconomische haalbaarheid wordt gebruik gemaakt van het rekenmodel en de uitgangspunten in "Kostprijs en energieverbruik bij tulpenbroei". Ook voor de berekening van de energiebudgetten wordt, met enkele kleine wijzigingen, hierop aangesloten.

De meerlagen-scenario's (zie § 4) worden vergeleken met het eb/vloed scenario met een kasbenutting van 90%, waarbij de eventuele ruimte in jaarkosten wordt berekend die ontstaat als gevolg van een lagere kostprijs per bos tulpen bij het meerlagenscenario. Om na te gaan wat de ruimte in jaarkosten is om bij een lagere kostprijs dan gangbaar uit te komen, wordt deze ook berekend bij een 2,5% lagere kostprijs (een ander percentage tussen 1% en 10% kan hier ook berekend worden). Dit geeft een indicatie van de aantrekkelijkheid van de investering. De aldus berekende bedragen geven aan wat de extra jaarkosten van een meerlagen systeem maximaal mogen zijn om rentabiliteit te behouden, respectievelijk te verhogen. Hieruit valt dan af te leiden wat de investeringsruimte is bij een terugverdientijd van bv. 5 of 10 jaar. Daarnaast wordt doorberekend wat het effect van de meerlagenscenario's is op de energie-efficiëntie (MJ/bos) en hoe deze uitpakken mbt. de GLAMI-normen.

4 Scenario's

In totaal zijn er 6 meerlagenscenario's tot een benuttingsgraad van 360% doorberekend, voor een klein bedrijf (bruto kasoppervlak van 1000 m²) en voor een groot bedrijf (4000 m²), en voor verschillende schattingen van lichtbehoefte (zie § 5). De opstelling van de tabletten voor eb/vloed broei waarin de tray's met tulpenbollen zijn geplaatst, is voor de eerste 4 scenario's schematisch weergegeven in Figuur 1. De onderste laag (90% bedekking) is op 80cm hoogte gesteld, de bovenste op minimaal 60 cm van de dakgoothoogte. De bovenlagen hebben elk een bedekkingsgraad van 45%.

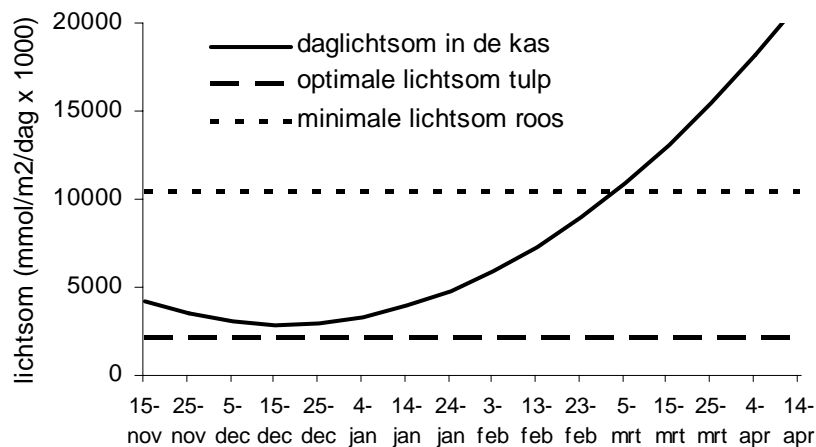


Figuur 1: Schematische voorstelling van Meerlagenscenario's

Scenario's 1 en 2 kunnen waarschijnlijk in een bestaande kas worden gerealiseerd, voor de andere scenario's zal nieuwbouw geschikter zijn omdat de hoogte vermoedelijk boven de 4 meter moet zijn. De kas zou dan eventueel en aantal meters in de grond mogen zakken.

5 Licht en warmte

De benodigde lighthoeveelheid voor een goede kwaliteit tulpen is maximaal 2,16 mol/m²/dag, wat gerealiseerd wordt door per m² te belichten gedurende 20 uur met 2 TL-buizen à 36 watt op 50 cm hoogte ("Onderzoek naar de energiebesparing bij de broei van bolgewassen onder kunstlicht", H. Gude et al, 1996). Dat komt overeen met een lichtsterkte van 25 µmol/m²/sec, wat vergeleken met de lichtbehoefte van bijvoorbeeld rozen in de winter (60-90 µmol/m²/sec plus daglicht) laag is, zie figuur 2.



Figuur 2: lichtsommen in de periode week 46 t/m 16

In deze figuur is ook de hoeveelheid daglicht weergegeven die bij een transmissie van 80% de kas in komt (gebaseerd op meteogegevens over een periode van 30 jaar). In de donkerste periode in december is dat net voldoende voor tulpenbroei, eind januari is dat al 2x de lichtbehoefte, eind februari ruim 4 x, midden maart al 6 x en mid april bijna 10 x de lichtbehoefte van tulp. De meerlagenscenario's zoals in figuur 1 weergegeven zijn zo opgesteld dat licht in zekere mate tot aan de onderste laag zou kunnen doordringen.

De verdeling van het licht naar de onderliggende lagen toe ligt tussen twee extremen in:

- 1) Licht is optimaal verdeelbaar, zodat per laag al het teveel aan licht over de lagen eronder verdeeld wordt.
- 2) Licht is volkomen onverdeelbaar en komt dus niet verder dan de bovenste twee lagen. De lagen eronder moeten dan de gehele periode (23 weken=16 decaden) 100% bijgelicht worden, met twee 36 watt's TL-buizen per m² beteeld, gedurende 20 uur/dag.

Een verdeling hier tussenin is bijvoorbeeld "per laag gehalveerd": de bovenste laag ontvangt de volle 100% daglichtsterkte, de laag eronder 50%, daaronder 25%, enz. (dit is het geval als de afstand tussen de lagen maar groot genoeg is).

Per MLT-scenario en per lichtverdeling is per decade berekend wat de extra lichtbehoefte per m² is, uitgedrukt in het aantal TL-buizen van 36 watt. De decade met de hoogste lichtbehoefte bepaalt het minimum aantal te installeren TL-buizen/m², Tabel 2. In de kostprijsberekeningen zijn deze aantallen op eenheden naar boven toe afgerond.

Tabel 2: Minimaal aantal te installeren TL-lampen (a 36 W) per m2

| Lichtverdeling | benuttingsgraad kas (% van bruto oppervlak) | | | | | | |
|------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 90% | 135% | 180% | 225% | 270% | 315% | 360% |
| 1) optimaal verdeeld | 0.0 | 0.6 | 1.6 | 2.6 | 3.6 | 4.6 | 5.6 |
| 2) gehalveerd | 0.0 | 0.8 | 1.6 | 2.3 | 3.0 | 3.8 | 4.8 |
| 3) volkomen onverdeeld | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |

Vervolgens is de totale extra lichtbehoefte per m² gedurende het gehele seizoen berekend en uitgedrukt in de gemiddelde *TL-waarde*: het aantal TL-buizen per m² kasoppervlak dat gemiddeld gedurende de gehele teeltperiode (16 decaden) 20 uur/dag moet belichten om aan die lichtbehoefte te voldoen. Voorbeeld: wanneer 1 TL-buis/m² gedurende 4 decaden 20 uur per dag moet belichten, is de TL-waarde $4/16 = 0.25$. De uitkomsten zijn in Tabel 3 samengevat. In deze tabel is ook de lichtbehoefte bij twee extra mogelijke lichtverdelingen meegenomen, nl. tussen "gehalveerd" en "volkomen onverdeeld" in, en "1,5 x gehalveerd", waarbij de laatste vermoedelijk het meest realistisch is en daarom bij de verdere doorberekeningen als uitgangspunt heeft gediend.

Tabel 3: TL-waarde (x 36 W) per m2 bruto kasoppervlak x 90%

| Lichtverdeling | benuttingsgraad kas (% van bruto oppervlak) | | | | | | |
|------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 90% | 135% | 180% | 225% | 270% | 315% | 360% |
| 1) optimaal verdeeld | 0 | 0.06 | 0.39 | 0.89 | 1.42 | 2.00 | 2.63 |
| 2) gehalveerd | 0 | 0.19 | 0.71 | 1.32 | 2.09 | 2.84 | 3.67 |
| 3) volkomen onverdeeld | 0 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 |
| 4) tussen 2 en 3 in | 0 | 0.60 | 1.35 | 2.16 | 3.04 | 3.92 | 4.84 |
| 5) 1,5 X gehalveerd | 0 | 0.29 | 1.06 | 1.98 | 3.13 | 4.26 | 5.51 |

Daarnaast zijn er nog lichtverdelingen denkbaar waarbij de lichtbehoefte tijdens de trek gedifferentieerd is naar de groeifase van het gewas. Dit wordt buiten beschouwing gelaten omdat hier geen onderzoeksgegevens van beschikbaar zijn.

TL-buizen produceren licht en warmte. In een goed geïsoleerde cel zou de energie verbruikt door TL-buizen uiteindelijk voor bijna 100% in warmte worden omgezet. In een kas zal een deel van het licht naar buiten stralen. Als uitgangspunt is daarom genomen dat 95% van de 36 watt van een TL-buis omgezet wordt in warmte. Rekenregels voor energieverbruik en warmteproductie van TL-buizen en gas stoken zijn samengevat in box 1:

Box1: Per m² bruto kasoppervlak (90%), per decade:

- 1 TL-buis à 36 watt gedurende 20 uur/dag verbruikt : 58.3 MJ (primaire energie)
- levert: 22.2 MJ aan warmte
- Met een ketelrendement van 75% is om deze 22.2 MJ te leveren 0.84 m³ gas nodig
- Maximaal gasverbruik in januari (3,5 m³ gas/dec) = 4,12 TL-buizen (20 uur/dag)

Het gasverbruik voor de gehele teeltperiode wordt geschat op $\pm 47 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (variërend van $3,46 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per decade in januari tot $2.14 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per decade in april) in grotere moderne kassen, tot $51 \text{ m}^3/\text{m}^2$ in kleinere kassen (modellen gebruikt in van Rijssel en Snoek, 2002). Hierbij is uitgegaan van een ketelrendement van 75%.

Warmteoverschot als gevolg van belichting ontstaat wanneer in januari meer dan ongeveer 4 TL-buizen/m² branden, later in het seizoen bij minder TL-buizen. Warmte en behoefte aan aanvullend licht lopen echter parallel: in de donkerste periode is het ook het koudst. Er kunnen twee soorten warmteoverschot ontstaan:

1. Tijdelijk voor een korte periode, wat meer dan gecompenseerd wordt in een latere periode, (netto dus geen overschot per teeltseizoen).
2. Een overschot wat niet gecompenseerd wordt in een latere periode.

In het eerste geval kunnen bijvoorbeeld temperatuurintegratie en tijdelijke warmteopslag in water een oplossing bieden. In het tweede geval heeft warmteopslag voor gebruik in de zomer weinig zin. Het warmteoverschot zal direct elders (bv. in een naburige kas waar een ander gewas geteeld wordt) gebruikt moeten worden.

Bij het doorberekenen van energiebudgetten zullen beide situaties worden weergegeven: als het warmteoverschot elders direct benut kan worden wordt het niet gebudgetteerd, anders wel.

6 Resultaten

6.1 Rentabiliteit

De uitgangspunten en instellingen waarmee de verschillende scenario's zijn doorberekend, maar die afwijken van die bij van Rijssel en Snoek, 2002, zijn samengevat in Box 2.

| parameter | eenheid | instelling | opmerking |
|-------------------------|---|--------------|--|
| trekken/jaar | aantal | 7.0 | was resp. 5.9 en 6.2 bij kleine en grote bedrijven * |
| bruto kasgrootte | m ² | 1000 en 4000 | was 5250 voor grote bedrijven* |
| uitval | % | 5% | was 10% * |
| preparatie-verwarm. | m ³ /1000 | 2.65 | |
| preparatie-vent. | kWh/1000 | 2.45 | Door invoer van reductiefactoren behorend bij de |
| bewaring 2 / -0,5°C | kWh/m ³ /seizoen | 35.00 | betreffende energiebesparingsmaatregelen kunnen |
| beworteling 5-9°C | kWh/m ³ /seizoen | 20.00 | de effecten hiervan ook doorberekend worden |
| kas verwarming 21=>16°C | m ³ /m ² /seizoen | 47.12 | |

* bij de uitgangspunten en instellingen bij van Rijssel en Snoek, 2002

Achtergrond van deze afwijkende instellingen is dat de ervaringen uit de praktijk laten zien dat er bij het eb/vloed systeem met een hoger aantal trekken per jaar, en met een lager uitvalspercentage gerekend kan worden. Het bruto kasoppervlak van 5250 m² is vervangen door 4000 m² omdat bij 360% kasbenutting de broeiproductie te extreem wordt (bijna 60 miljoen stuks). Een andere reden is dat het totale betaalde oppervlak bij een kas van 1000 m² en een benuttingsgraad van 360% gelijk is aan het totale betaalde oppervlak bij een kas van 4000 m² en een benuttingsgraad van 90%. Het is dan enigszins mogelijk om voor een kas van 1000 m² een vergelijking te maken tussen uitbreiden “omhoog”, of in de “breedte”. Daarnaast zijn er inmiddels op veel bedrijven één of meerdere energiebesparingsmaatregelen doorgevoerd. In die gevallen kan het effect op onderdelen ook worden doorberekend.

Het productievolume en de berekende kostprijs per bos, *exclusief* de extra kosten voor het meerlagen systeem (alles wat met het 3-dimensionale aspect van het transportsysteem te maken heeft, zoals een lift voor tabletten, eventueel een hogere kas, etc.), maar *inclusief* alle kosten evenredig met de toegenomen productie (bv. meer tray's en tabletten, een groter oppervlak voor het transportsysteem, meer energie voor koelen, machines met grotere capaciteit, enz.) *plus* licht en lampen, zijn voor de verschillende scenario's en de twee bedrijfsgroottes samengevat in Tabel 4. Hierbij is gerekend met TL-waarden uit Tabel 3.

Tabel 4: Kostprijs (exclusief jaarkosten MLT-systeem) en productie per meerlagenscenario

| Bedrijfsgrootte | Benuttingsgraad | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| | 90% | 135% | 180% | 225% | 270% | 315% | 360% |
| 1000m ² | | | | | | | |
| kostprijs (€/bos)* | 1.34 | 1.28 | 1.26 | 1.25 | 1.24 | 1.24 | 1.22 |
| productie (miljoen stuks) | 2.7 | 4.1 | 5.5 | 6.9 | 8.2 | 9.6 | 11.0 |
| 4000m ² | | | | | | | |
| kostprijs (€/bos)* | 1.24 | 1.19 | 1.17 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.16 |
| productie (miljoen stuks) | 11.0 | 16.5 | 21.9 | 27.4 | 32.9 | 38.4 | 43.9 |

* exclusief MLT jaarkosten

De maximale ruimte aan jaarkosten waaruit de extra investeringen gefinancierd kunnen worden die nodig zijn voor het realiseren van het meerlagensysteem, wordt berekend door het verschil tussen de kostprijs per bos bij het meerlagenscenario en de kostprijs bij het zg. 0-scenario (90% benutting) te vermenigvuldigen met het aantal in het meerlagenscenario geproduceerde bossen. De resultaten zijn samengevat in Tabel 5.

Tabel 5: Ruimte voor jaarkosten (€) van een meerlagensysteem, bij lichtverdeling type 5).

| | Benuttingsgraad | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 90% | 135% | 180% | 225% | 270% | 315% | 360% |
| Kas 1000m ² | | | | | | | |
| bij gelijke kostprijs | 0 | 23,105 | 43,214 | 62,428 | 80,270 | 97,105 | 132,419 |
| bij kostprijs 2,5% lager | nvt | 9,328 | 24,844 | 39,465 | 52,714 | 64,957 | 95,679 |
| Kas 4000m ² | | | | | | | |
| bij gelijke kostprijs | 0 | 83,990 | 151,437 | 215,305 | 273,685 | 325,144 | 369,234 |
| bij kostprijs 2,5% lager | nvt | 32,992 | 83,440 | 130,309 | 171,690 | 206,149 | 233,240 |

In Tabel 6 zijn de jaarkosten omgerekend naar totale investeringsruimte (uitgaande van 17% afschrijving en onderhoud en 6% rente, waardoor de terugverdientijd 5 jaar is), excl. mogelijke subsidies.

Tabel 6: Totale investeringsruimte (€) voor een meerlagensysteem. Afschrijving + onderhoud = 17%, rente = 6%

| | Benuttingsgraad | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 90% | 135% | 180% | 225% | 270% | 315% | 360% |
| Kas 1000m ² | | | | | | | |
| bij gelijke kostprijs | 0 | 115,526 | 216,070 | 312,139 | 401,348 | 485,525 | 662,096 |
| bij kostprijs 2,5% lager | nvt | 46,638 | 124,219 | 197,325 | 263,572 | 324,786 | 478,394 |
| Kas 4000m ² | | | | | | | |
| bij gelijke kostprijs | 0 | 419,950 | 757,187 | 1,076,527 | 1,368,426 | 1,625,721 | 1,846,171 |
| bij kostprijs 2,5% lager | nvt | 164,961 | 417,202 | 651,546 | 858,448 | 1,030,746 | 1,166,200 |

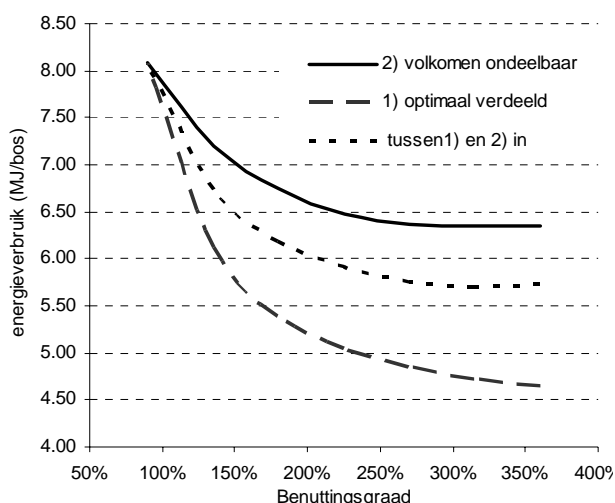
Tabel 6 laat zien dat de investeringsruimte bij hogere benuttingsgraad toeneemt, tot ruim boven de investeringskosten voor bv. een gangbaar transportsysteem (ongeveer €50.000,- voor een klein bedrijf tot €200.000,- bij een groot bedrijf). Dit is ook het geval bij een kleinere investeringsruimte ingeval men op een 2,5% lagere kostprijs wil uitkomen.

- Een meerlagen systeem lijkt ruimschoots uit de meeropbrengst gefinancierd te kunnen worden.

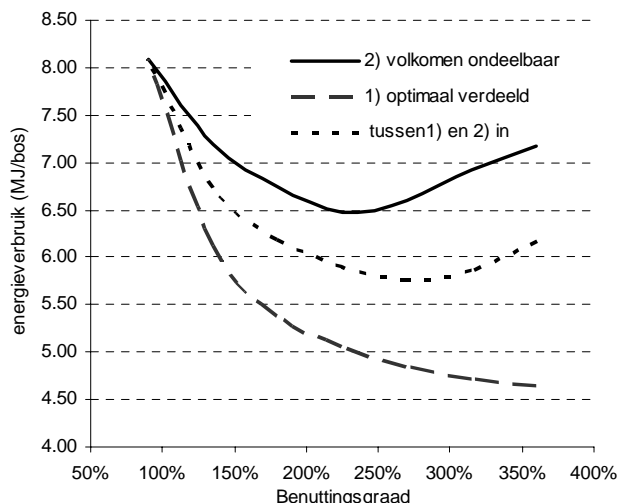
Om een vergelijking te maken tussen uitbreiden van 1000m² op 90% naar 360% of naar 4000 m² op 90%: De kostprijsschatting exclusief de jaarkosten van het MLT-systeem die met het 3-dimensionale aspect van het transportsysteem te maken hebben, zoals een lift voor tabletten, eventueel een hogere kas, etc., bij 1000 m² op 360% (Tabel 4, laatste kolom) zijn lager dan de kostprijsschatting bij 4000 m² op 90% (€1.22 versus €1.24). Het verschil is klein en wordt onzuiverder geschat dan verschillen in benuttingsgraad bij eenzelfde kasgrootte. De berekende ruimte in jaarkosten zou dan uitkomen op ongeveer €25.000. Het is pas na gedetailleerde berekeningen tijdens de ontwerpfase duidelijk of dit voldoende is om, indien voldoende grondoppervlak en wetgeving uitbreiding in de breedte toestaan, toch voor uitbreiding omhoog te kiezen. Het is echter ook mogelijk dat een drie-dimensionaal mobiel systeem met een teeltoppervlak van 4000 m² x 90% op een grondoppervlak van 1000 m² goedkoper is dan een twee-dimensionaal systeem van 4000 m² x 90% op een grondoppervlak van 4000 m². Lokale grondprijzen en de kaskosten spelen hierbij een grote rol.

6.2 Energiebudget

Bij de twee extreme lichtverdelingen (zie pagina 3) en een verdeling er tussen in (voor ingestelde TL-waarden zie Tabel 3, lichtverdeling 4) zijn de gevolgen van de meerlagenscenario's op de energie-efficiënte bij een bedrijf van 4000m² samengevat in Figuur 3. Hierbij is uitgegaan van de situatie dat eventuele warmteoverschotten direct elders benut kunnen worden en dus niet bij het energieverbruik per bos opgeteld hoeven te worden. In Figuur 4 worden de warmteoverschotten *we*/bij het energieverbruik opgeteld.



Figuur 3: Energie per bos bij verschillende lichtverdelingen, indien het warmte overschot elders benut wordt



Figuur 4: Energie per bos bij verschillende lichtverdelingen, indien het warmteoverschot niet elders benut kan worden.

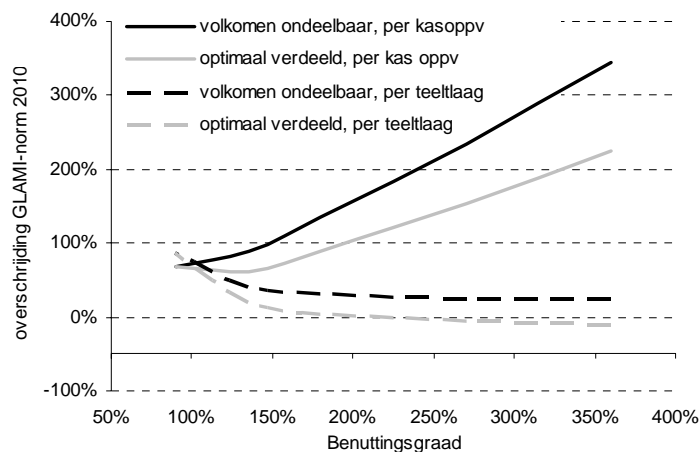
De figuren laten zien dat het energieverbruik per bos sterk afneemt bij meerlagenteelt. In het ongunstigste geval (lichtverdeling "volkomen ondeelbaar") ontstaat een netto warmteoverschot pas bij scenario's > 225%. Bij kleine bedrijven is dit slechts iets minder gunstig. Het energieverbruik per bos bij een kas van

1000m² op 225% is 6.02 MJ/bos en op 360% is dat met 6.67 MJ/bos een stuk gunstiger dan bij een kas van 4000m² op 90%.

- Meerlagenteelt reduceert het energieverbruik per bos (in het ongunstigste geval bij de extreme lichtverdeling “volkomen ondeelbaar” met maximaal 20%, bij een meer realistische “tussen verdeling” tot 30%)

Het energieverbruik per oppervlak kas neemt echter fors toe en de GLAMI-norm energie voor 2010 wordt ruim overschreden, ook in het gunstigste geval, Figuur 5. Per teeltlaag, dus per beteeld oppervlak, neemt de overschrijding van de norm echter af tov. het 0-scenario. In het gunstigste geval blijft het energieverbruik bij scenario's met een benuttingsgraad boven de 225% iets onder de norm.

- Bij meerlagenteelt neemt het energieverbruik per kasoppervlak fors toe, per beteeld oppervlak af.



Figuur 5: Overschrijding GLAMI-norm energie per kasoppervlak en per teeltlaag, bij twee extreme lichtverdelingen

6.3 Nutriënten en Gewasbeschermingsmiddelen

Het nutriëntenverbruik per bos tulpen in waterbroei op stilstaand bleek onder praktijkomstandigheden gemiddeld 142 mg N/bos, 18 mg P/bos (maar slechts 20% van deze broeiers bemest met fosfaat) en 322 mg Ca/bos, Tabel 7. De variatie is echter vrij groot: > 40%.

De verwachting was dat bij recirculatie het verbruik per bos minder zou zijn, daar recirculatie van water in het algemeen een reductie van 25-38% van het verbruik oplevert. De cijfers van een eb/vloed broeier liggen echter voor N en P flink boven het gemiddelde verbruik van broeiers op stilstaand water.

- Zin en onzin van de huidige bemestingspraktijken in de waterbroei zou nader onderzocht moeten worden.

Tabel 7: N, P en Ca-verbruik per bos tulpen bij waterbroeiers (stilstaand water) vergeleken met een eb/vloed broeier (gegevens uit het vergelijkend bedrijfsonderzoek, project Systeeminnovaties, 2003)

| Broeier | N (mg/bos) | P (mg/bos) | Ca (mg/bos) | gebruikte meststoffen |
|------------------|------------|------------|-------------|---|
| 1 | 48 | 0 | 219 | Calciumchloride, calciumnitraat |
| 2 | 94 | 0 | 324 | Calciumnitraat, calcium chloride |
| 3 | 130 | 0 | 360 | Kalisalpeter, calciumchloride |
| 4 | 156 | 0 | 535 | Calciumnitraat, calciumchloride, borax |
| 5 | 246 | 0 | 292 | Calciumnitraat |
| 6 | 146 | 0 | 315 | Kalisalpeter, calciumchloride |
| 7 | 151 | 0 | 440 | Kalisalpeter, calciumchloride |
| 8 | 108 | 113 | | Tulipamix |
| 9 | 219 | 0 | 358 | Calciumnitraat, calciumchloride |
| 10 | 119 | 64 | 57 | Polyfeed, calciumchloride, kalisalpeter |
| gemiddeld | 142 | 18 | 322 | |
| min | 48 | 0 | 57 | |
| max | 246 | 113 | 535 | |
| std | 58 | | 134 | |
| CV% | 41% | | 42% | |
| n | 10 | | 9 | |
| eb/vloed | 438 | 148 | 471 | Vnl. salpeterzuur 38%, calciumnitraat, Peters 6 - 18 - 36 - 3, CalciumChloride, fertigro. |

Omgerekend per hectare kas is het gemiddelde verbruik van broeiers op stilstaand water bij een kasbenutting van 90% reeds ver boven de GLAMI-norm van 2010 voor stikstof. Zelfs de zuinigste broeier overschrijdt de norm. Voor fosfor is dit aanmerkelijk gunstiger, Tabel 8. Met hier bovenop een geschatte reductie in verbruik van 38% door recirculatie wordt de GLAMI-norm voor stikstof toch al bij een bedekkingsgraad van 135% overschreden en de norm voor fosfor bij 180%. Gerekend per oppervlak teeltlaag blijft het fosforverbruik echter ruim onder de norm (28%), het stikstofverbruik van de zuinigste broeier blijft 24% onder de norm. Maar het gemiddelde stikstofverbruik blijft ook per teeltlaag gerekend ver boven de norm. Omdat het bij eb/vloed in principe om een gesloten systeem gaat, en dus emissievrij, is het Besluit Glastuinbouw waarschijnlijk niet van toepassing.

- In meerlagenteelt met recirculatie van water overschrijdt het gemiddelde stikstofverbruik per ha kas en per ha teeltlaag ruimschoots de huidige GLAMI-norm. Voor het fosfaatverbruik ligt de situatie aanmerkelijk gunstiger.

Tabel 8: N- en P-verbruik (kg/ha) scenario's in meerlagenteelt, inclusief een reductie door recirculatie en een vergelijking met de GLAMI-normen.

| | Benuttingsgraad | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| | 90% | 135% | 180% | 225% | 270% | 315% | 360% |
| kg N/ha (gemiddelde broeier) | 389 | 583 | 777 | 972 | 1166 | 1360 | 1555 |
| kg N/ha (zuinigste broeier) | 132 | 197 | 263 | 329 | 395 | 461 | 526 |
| met 38% reductie | 82 | 122 | 163 | 204 | 245 | 286 | 326 |
| kg/P/ha (gemiddelde broeier) | 49 | 73 | 97 | 121 | 146 | 170 | 194 |
| met 38% reductie | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 |

Vergelijking met de GLAMI-normen:

| | gemiddeld per laag | met 38% reductie | GLAMI-norm (kg/ha/broeiseizoen) |
|---------------------------------|--------------------|------------------|---------------------------------|
| N kg/ha gemiddeld per teeltlaag | 432 | 268 | 119 |
| idem, zuinigste broeier | 146 | 91 | |
| P kg/ha gemiddeld per teeltlaag | 54 | 33 | 47 |

Gewasbeschermingsmiddelen worden in de waterbroei niet gebruikt. In potgrondbroei worden middelen gebruikt om bol en grond te ontsmetten, dit is in de waterbroei niet nodig. In eb/vloed broei wordt het water met UV-licht ontsmet. Om de trays en tabletten te ontsmetten wordt peroxide met water gebruikt Ook dit water wordt weer hergebruikt. Verbruik en emissie zijn dus minimaal.

- Verbruik en emissie van gewasbeschermingsmiddelen in eb/vloed broei zijn minimaal.

7 Conclusies en aanbevelingen

De belangrijkste conclusies en aanbevelingen zijn:

- Meerlagenteelt is bedrijfseconomisch haalbaar en rendabel. De meeropbrengst neemt door de verhoogde kasbenutting sterker toe dan de kosten. Hierdoor loopt bij een kasoppervlak van 1000 m² de maximale ruimte in de *jaarkosten* voor het 3-dimensionele aspect van een meerlagen systeem op van ongeveer € 23.000,- bij een benuttingsgraad van 135% tot € 130.000,- bij een benuttingsgraad van 360%. Bij een kasoppervlak van 4000 m² is dit respectievelijk € 83.000,- en € 365.000.
- Meerlagenteelt is energetisch gunstig: in het ongunstigste geval wordt ongeveer 20% energie bespaard per bos. Afhankelijk van o.a. het type lichtverdeling kan dit oplopen tot meer dan 40%. Achterliggend principe hierbij is dat bij meerlagenteelt de productie/m² sterker stijgt dan het energieverbruik/m².
- Er is nog onderzoek nodig naar:
 - a- Lichtverdeling in de kas bij verschillende tabletopstellingen in meer lagen:
De lichtverdeling in de kas bepaalt in hoge mate welke toename in energie-efficiëntie realiseerbaar is (minimaal 20% tot > 40%, zie figuur 4). Uitgaande van de bestaande tray-maat van 40 x 60 cm, zijn tabletbreedtes realiseerbaar van 40, 60, 80, 100 tot de gangbare 120 cm. Met lichtmetingen bij de verschillende opstellingen wordt duidelijk waar de energie-efficiëntie tussen de twee extremen in figuur 4 uitkomt.
 - b- Structuren / opstellingen die de lichtverdeling kunnen optimaliseren:
Met reflectoren naast en tussen tabletten is de lichtverdeling wellicht beter te sturen en te optimaliseren.
 - c- Teelttechnisch onderzoek naar lichtbehoefte (kwaliteit ((kleur) en kwantiteit) x groeifase (van belang voor o.a. mogelijk verminderde lichtbehoefte bij pennen tot 10-15 cm, of lichtbehoefte in de plukhal), zie Bijlage 1: Meerlagenteelt onderzoek 2005 (PPO).
 - d- Gevolgen hogere plantdichtheid voor de luchtvochtigheid in de kas.
Wanneer bovenstaand onderzoek voldoende informatie heeft opgeleverd kan een volledig meerlagensysteem in de kas worden uitgetest en o.a. zaken als luchtvochtigheid en warmteoverschot worden gemonitord.

De punten a- en b- worden in het project Systeeminnovaties in de broeierij in 2005 ingepland. Punt c is een projectvoorstel in het kader van de MJA-e voor 2005. Punt d- kan in 2006 gerealiseerd worden, bij voorkeur in samenwerking met broeiers.

- Bedrijfseconomische haalbaarheid en energie-efficiëntie van meerlagenteelt kunnen ook doorberekend worden voor andere omstandigheden, zoals in combinatie met energiebesparingsmaatregelen en lampen met een hoger fotonrendement per watt (LED's in de toekomst, zie ook Bijlage 1).

Dit punt wordt verder uitgewerkt in het project Systeeminnovaties.

- In samenwerking met mechanisatiebedrijven, PPO (Bloembollen en Glastuinbouw) en kennisinstututen van WUR moeten technologieontwikkeltrajecten opgezet worden om meerlagenteelt snel toepasbaar te maken.
 - a. ontwerp meerlagentransportsysteem, nader onderzoek constructiekosten.

- b. ventilatie en luchtontvochtiging.
- c. toepassing efficiëntere lichtbronnen, zoals mogelijk de LED's van de nabije toekomst (zie ook Bijlage 1).
- Ook de toepassing van plant- en omgevingssensoren, mechatronica, e.d. zou hier bij betrokken moeten worden.
 - d. Belichting doseren op basis van beschikbaar daglicht.
 - e. controle bovenste teeltlagen .

Punten a. t/m e. zijn ingepland in het project Systeeminnovatie.

- Vraag is ook: wat kunnen broeiers op korte termijn al doen?
Broeiers worden gevraagd mee te denken in onderzoeksaanpak en – uitvoering. In het nu lopende demonstratieproject Energie-efficiëntie van eb/vloed broei bij de Fa. Gebr. Smak, Wervershoof, wordt hier ook aandacht aan besteed, zie de poster “Systeeminnovaties in de broeierij: eb/vloed broei in meer lagen”, Bijlage 2.
- Het aandeel elektra in het totale energieverbruik/bedrijf (in termen van GJ) neemt toe van 13% bij het gangbare scenario tot 70-80% in scenario's tot 360% benuttingsgraad. Omschakelen op groene stroom heeft dan op sectorniveau een sterker effect op het verhogen van het aandeel duurzame energie.
- De meest optimale bemestingsstrategie voor tulpen in een eb/vloed systeem is nog niet uitontwikkeld. Nader onderzoek zou moeten uitwijzen hoeveel er door recirculatie op verbruik van stikstof en fosfaat bespaard kan worden.
- Verbruik en emissie van gewasbeschermingsmiddelen in eb/vloed broei zijn minimaal.
- Overzicht ontwikkeltrajecten (onderdeel voor het project Systeeminnovaties):

| | Bestaande kas | Verhoogde kas | Verdiepte kas | Ondergrondse schuurkas | Cel |
|---|---------------|---------------|---------------|------------------------|----------------|
| Hoogte kas | tot 4 m | tot 8 m | tot - 4 m | tot - 8 m | > 8 tot <- 8 m |
| Benuttingsgraad | 180% - 225% | tot 360% | tot 360% | tot 360% | >360% |
| Warmte overschot bij TL-lampen | geen | vanaf 225% | vanaf 225% | vanaf < 225% | vanaf <225% |
| Relevante teelttechnische onderzoeksthema's | | | | | |
| Verticale zonlichtverdeling | ++ | + | + | + | - |
| kleur x intensiteit x groeifase | + | ++ | ++ | ++ | +++ |
| Efficiëntere lichtbronnen w.o.LED's | - | + | + | ++ | +++ |
| RV | + | ++ | ++ | ++ | +++ |
| Timing realiseerbaarheid | 0 tot 3 jaar | 1 tot 3 jaar | 1 tot 3 jaar | 2 tot 5 jaar | 2 tot 5 jaar |
| Relevante systeemtechnische innovaties | | | | | |
| Ontwikkeling 3-dimensionaal mobiel teeltsysteem | + | + | + | + | + |
| benutting warmteoverschot | - | + | + | ++ | ++ |
| Vision-systems | - | + | + | ++ | ++ |
| Omgeving- en plantsensoren | - | + | + | ++ | ++ |
| Plant & Oogstrobots | + | + | + | + | + |
| | inpasbaar | -----> | | | futuristisch |

BIJLAGE 1

Meerlagenteelt onderzoek 2005 (PPO)

Het project 'Bolbloementeelt met minimaal energieverbruik door meerlagenteelt op recirculerend water' is bedoeld om in de (verwachte) nieuwe MJA-E (2006) de meerlagenteelt teelttechnisch te realiseren. In het genoemde project wordt vooral het teelttechnische knelpunt van de lichtbehoefte van bolbloemen (lichthoeveelheid, lichtkleur en daglengte) in verschillende fasen van de broeierij onderzocht. In 2005 wordt al gewerkt aan het systeemtechnische onderdeel van de meerlagenteelt:

In het onderzoeksprogramma Systeem Innovaties bedekte teelten van Wageningen UR, gefinancierd door LNV, is in het projectonderdeel Toekomstverkenningen gewerkt aan zg. Toekomstbeelden van de bedekte geïntegreerde en biologische teelten. De resultaten zijn samengevat in het rapport "Innovatie voor Intensivering".

In een toekomstbeeld van de broei van bolgewassen worden tulpen op water in een eb/vloed systeem in meerdere teeltlagen gebroeid. Het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen is hierbij nihil en het energieverbruik per bos tulpen wordt sterk teruggebracht. Door recirculatie van water wordt het verbruik van meststoffen beperkt en emissie van meststoffen voorkomen. De teelt is volledig geautomatiseerd, dwz.: mobiel en met plant- en omgevingssensoren gecontroleerd.

Licht is in meerlagenteelt een cruciale factor. Gewassen als tulp hebben, vergeleken met bv. een gewas als roos of chrysaant, een lage lichtbehoefte. Door deze eigenschap zou tulp een van de eerste gewassen kunnen zijn dat in een mlt-systeem geteelt kan worden. Op grond hiervan is een haalbaarheidsstudie gestart in het kader van de mja-e.

Uit de haalbaarheidsstudie Meerlagenteelt kwam naar voren dat waterbroei van tulpen in een eb/vloed systeem in meer teeltlagen economisch haalbaar is, waarschijnlijk zelfs al op kortere termijn.

Gezien de samenhang met het programma Systeem Innovaties en de positieve conclusies uit de haalbaarheidsstudie is het wenselijk om in 2005 ook al te beginnen met het teelttechnische onderzoek, waarin de lichtcondities in meer lagen in de kas onderzocht worden. Door synergie van beide projecten zal het al in 2006 mogelijk zijn om de voordelen van het meerlagenteelt-systeem in de kas te demonstreren. Het onderzoek zal zich o.a. richten op het onderzoek naar LED-verlichting in verschillende fasen van de teelt.

Op basis van het KEMA-rapport en gesprekken met LED-fabrikanten wordt allereerst de haalbaarheid van de toepassing van LEDs in de bolbloementeelt onderzocht.

In proeven zal de lichtbehoefte in verschillende fasen van de bolbloementeelt op water onderzocht worden. In het voorbeeldgewas tulp zal in de eerste week na 'inhalen' alleen met verschillende intensiteiten blauw LED-licht belicht worden. Uit eerder onderzoek is bekend dat in die periode met kleine hoeveelheden blauw licht de spruit het snelst op kleur komt en het blad gaat spreiden. Het spreiden van het blad en de daarmee gepaard gaande transpiratie zijn erg belangrijk voor de uiteindelijke kwaliteit. In de tweede en derde week zal onderzocht worden of de blauwe LEDs aangevuld moeten worden met rode (geeft samen wit licht) om een kwalitatief goede bloem te produceren. Voor pothyacinten is naar verwachting belichting met uitsluitend blauwe LEDs gedurende enkele dagen voldoende. Energieverbruik, lichtopbrengst en warmteproductie worden gemonitord.

Dit aspecten-onderzoek zal in het eerste jaar in klimaatkasten plaatsvinden, met het accent op tulp. In het tweede jaar zullen eveneens nog proeven in klimaatkasten nodig zijn en zullen ook hyacint en narcis in het onderzoek opgenomen worden. Daarnaast zullen in het tweede jaar de bevindingen uit het eerste jaar in kassen getest en gedemonstreerd worden, omdat het realiseren van meerlagenteelt in kassen met sterk verminderd energieverbruik snel daarna al mogelijk is, en economisch interessant.

NB: Als blijkt dat toepassing van LEDs niet binnen enkele jaren haalbaar is, zal het onderzoek zich richten

op de minimale lichtbehoefte met behulp van TL-licht, omdat is aangetoond dat meerlagenteelt ook met TL-licht energiebesparend en efficiëntieverhogend is in vergelijking met de gangbare teelt en omdat het eerder genoemde lichtonderzoek tussen 1992 en 1996 is uitgevoerd met tulpen op potgrond. Over de exacte lichtbehoefte van tulpen op water is onvoldoende bekend. Op water gedraagt de tulp zich anders qua trekduur en lengtegroei. Opzet en fasering van het onderzoek blijven in dat geval gelijk.



Systeeminnovaties in de broeierij: eb/vloed broei in meer lagen

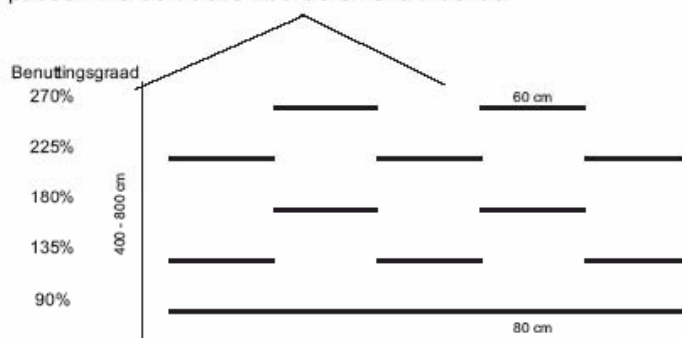
Jeroen Wildschut
jeroen.wildschut@wur.nl

Inleiding

Eb/vloed broei is een fraai voorbeeld van een Systeeminnovatie:

- Lagere kostprijs
- Geen verbruik van gewasbeschermingsmiddelen
- Door recirculatie geen emissie van meststoffen
- Lager energieverbruik
- Sterk verbeterde arbeidsomstandigheden

Door het eb/vloed systeem in meerdere lagen toe te passen worden deze voordelen extra benut.



Schematische voorstelling van Meerlagenopstelling

Licht

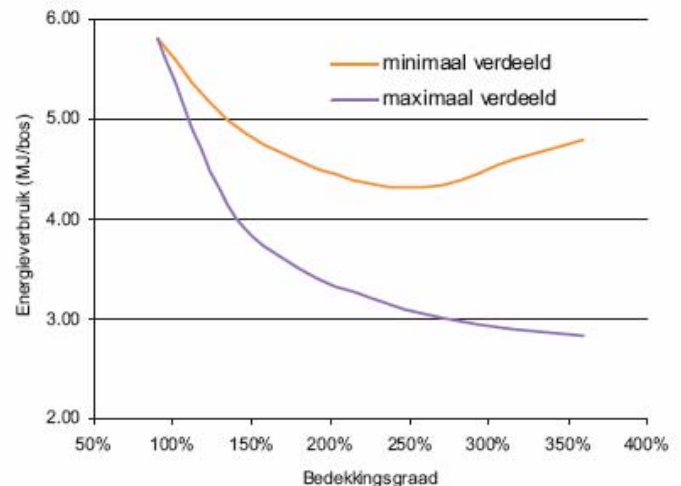
Tulp is zeer geschikt voor meerlagenteelt omdat de lichtbehoefte laag is:

- In december is de hoeveelheid licht al voldoende.
- Later in het seizoen is er een flinke overmaat aan licht.
- Afhankelijk van lichtverdeling en aantal lagen zullen de onderste lagen extra licht nodig hebben.
- TL-lampen zijn momenteel het gunstigst.
- LED's zijn misschien al over 5 jaar gunstiger.

Modelberekeningen

Het energieverbruik en kostprijs zijn uitgerekend bij een toenemend aantal lagen, uitgaande van twee extremen in lichtverdeling:

1. **Maximale lichtverdeling:** al het voor een laag overtollig licht wordt door de lagen eronder benut, naar behoefte aangevuld met TL-licht.
2. **Minimale lichtverdeling:** alleen de bovenste lagen (90% bedekking) profiteren van natuurlijk licht, lagen eronder moeten volledig met TL-licht worden bijgelicht.



- Het werkelijke energieverbruik ligt ergens tussen de twee extremen.
- Door de toegenomen productie wordt de kostprijs sterk verlaagd, waardoor de investeringen terugbetaald kunnen worden.

Conclusies

- Het energieverbruik per bos neemt sterk af, terwijl de productie evenredig stijgt met de bedekkingsgraad.
- Hoe meer er bijgelicht moet worden, hoe eerder er een warmteoverschot ontstaat.
- Meerlagenteelt is economisch haalbaar.

Meer onderzoek nodig

Onbekend is nog:

- Lichtbehoefte (kleur en hoeveelheid) per groeifase.
- Werkelijke lichtverdeling bij verschillende opstellingen in meer lagen.
- De mogelijkheden om met reflectoren lichtverdeling te optimaliseren.
- De gevolgen van meerlagenteelt op het kasklimaat (luchtvochtigheid, temperatuurschommeling, etc.).

Goed idee !!!

Meerlagenteelt biedt potentiële voordelen. Als u wilt meedenken in onderzoeksaanpak en -uitvoering, neem dan contact op Jeroen Wildschut, PPO (0252-462 114).