

Het Nieuwe Telen Tulp

Naar energiezuinige teeltconcepten voor de broei van tulpen

Gefinancierd door

Productschap Tuinbouw (PT)
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I)
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Uitgevoerd door

Theo van der Gulik
Maurice Kok
Helma Verberkt

PT - Projectnummer: 14234

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLV Plant. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Plant B.V.. Alle rechten dienaangaande worden voorbehouden. DLV Plant B.V. is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.

**Uw sector investeert
in dit project via het**

Productschap  Tuinbouw



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

DLV Plant

Postbus 7001
6700 CA Wageningen

Agro Business Park 65
6708 PV Wageningen

T 0317 49 15 78

F 0317 46 04 00

E info@dlvplant.nl

www.dlvplant.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Inleiding en doel	7
1.1 Inleiding	7
1.2 Doelstelling	7
1.3 Werkzaamheden, werkwijze(n)	8
1.4 Tijdsplanning	10
1.5 Overleg en samenwerkingsstructuur	10
1.6 Kennisoverdracht	11
2 Omschrijving standaard teeltbedrijf tulp	12
3 Brainstorm	13
3.1 Opzet	13
3.2 Resultaten / Energiebesparende opties uit de brainstorm	13
3.2.1 Opties voor de korte termijn	13
3.2.2 Opties voor de lange termijn	14
3.3 Selectie van energiebesparende opties	14
4 Opties direct toepasbaar (korte termijn)	15
4.1 Teelt in meerdere lagen	15
4.2 Alternatieven voor standaard enkel glas	16
4.2.1 Dubbel glas	16
4.2.2 AR-coatings en diffuus glas	16
4.2.3 Stegdoppel	17
4.3 Mechanische ventilatie met klimaatkasten en luchtslurven	17
4.4 Temperatuurintegratie	18
4.5 Monitoring en besturing	18
4.6 Het telen van snelgroeiende cultivars.	19
5 Opties niet direct toepasbaar (langere termijn)	20

5.1	Teelt in meerdere lagen	20
5.2	Compartimenteren per groeifase	20
5.2.1	Fase 1 beworteling	20
5.2.2	Fase 2 strekking	20
5.2.3	Fase 3 groei: strekking en spreiding	21
5.2.4	Fase 4 buffering / conditionering rond oogst	21
5.3	Het gebruik van LED lampen	21
5.3.1	Achtergronden belichting tulp	21
5.3.2	Invloeden LED -belichting tulp	22
5.3.3	OLED lampen	23
5.3.4	LEC lampen	24
5.4	Belichten op natuurlijke basis met zonnestraling	24
5.5	Verwarming met infraroodlicht	24
5.6	Bewortelingscel onder de grond	25
5.7	Energiebesparing door matraskoeling en condensschermen	25
6	Alternatieve energie	26
6.1	Zonnecollectoren	26
6.2	Biomassa voor energieopwekking	26
6.3	Warmte- en koudeopslag	27
6.4	Gebruik maken van restwarmte	27
7	Berekening opties voor de korte termijn (direct toepasbaar)	28
7.1	Het standaardbedrijf	28
7.2	Het standaardbedrijf met alleen circulatie in de kas.	28
7.3	Het standaardbedrijf met mechanische circulatie en ventilatie.	29
7.4	Het standaardbedrijf met twee in plaats van één scherm	31
7.5	Het inpassen van een tweede teeltlaag	31
7.6	Temperatuurintegratie	32
7.7	Het telen bij een temperatuur, die één of twee graden lager is	32
7.8	Het telen van snellere cultivars	34
8	Conclusies en aanbevelingen	35

Bijlagen

37

Samenvatting

Circa 650 bedrijven broeien jaarlijks ongeveer 1,5 miljard tulpen. Het gasverbruik hierbij is circa 30 miljoen m³. Voor de tuinbouw is het van groot belang om de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verkleinen. In navolging van andere grote teelten onder glas in nu ook voor de tulpen Het Nieuwe Telen opgepakt. Na een brainstormsessie met onder andere broeiers, onderzoekers, installateurs en andere betrokkene zijn door DLV Plant in samenwerking met de begeleidingscommissie Tulp van LTO Groeiservice ideeën op papier gezet en uitgewerkt. Hierbij is onderscheid gemaakt in opties voor de korte en lange termijn.

In overleg met de begeleidingscommissie zijn een aantal direct toepasbare aantal opties verder uitgewerkt. Hierbij is een referentie 'standaardbedrijf' gebruikt met een jaarproductie van 10 miljoen stuks van 5000 m² met een éénlaagssysteem op stilstaand water. Een deel van de ideeën vindt al ingang in de praktijk en wordt op beperkte schaal toegepast, zoals de teelt op meerdere lagen, toepassen van mechanische circulatie met ventilatoren en ventilatie door middel van klimaatkasten met luchtslurven. De energiebesparingsopties, die op korte termijn energie besparen en zijn uitgewerkt staan in de volgende tabel.

	Onderdeel	Energiebesparing
1	Alleen circulatie in de kas	maximaal 10 %
2	Mechanische ventilatie en circulatie	10 tot 15 %
3	Extra scherm	13 %
4	Mechanische circulatie en ventilatie met extra scherm	30 %
5	Teelt in meerdere lagen	30 tot 40 %
6	Temperatuurintegratie	6 à 7 %
7	Gebruik van dubbel glas	25 %
8	Gebruik van snel groeiende cultivars	tot 12 %
9	Het telen bij een lagere temperatuur	geen

Optellen van de verschillende combinaties bij elkaar kan niet zomaar. Vaak zullen de verschillende opties in combinatie ingezet worden, waarbij de uiteindelijke energiebesparing niet één op één gelijk is aan de som van de energiebesparing van de afzonderlijke opties. De principes van Het Nieuwe Telen bieden wel mogelijkheden om 50 % energiebesparing te realiseren met behoud van productie en kwaliteit.

Andere opties voor de korte termijn uit de brainstormsessie zijn: Stegdoppel, AR-coatings en/of diffuus glas, klimaatsturing op dampdrukverschil en betere mogelijkheden om te monitoren en daarmee te sturen met bijvoorbeeld een klimaatcomputer.

De brainstormsessie resulteerde in de volgende opties voor de meer lange termijn: de teelt in meerdere lagen (het totale aantal mogelijke teeltlagen boven elkaar is nog niet duidelijk) en de inzet van LED-verlichting tijdens de trekfase, tulpen hebben geen groeilicht nodig alleen stuurlicht. Verdere ideeën zijn compartimentering van de teelt in verschillende fasen als beworteling, strekking, groei (strekking en spreiding) en (buffering rond) de oogst, OLED-lampen (een lichtbron uit de familie van halfgeleiderbronnen), LEC-lampen op basis van grafeen, slimmer gebruik van natuurlijke zonnestraling, verwarming op basis van infraroodlicht, matraskoeling en condensschermen.

Alternatieve energiebronnen als zonnecollectoren, warmte-/koudeopslag in combinatie met warmtewisselaars, gebruik van restwarmte en de inzet van biomassa voor de energieopwekking bied op termijn ook mogelijkheden. De genoemde opties voor de langere termijn zullen serieus onderzocht moeten worden evenals het inpassen van de genoemde alternatieve energiebronnen.

Inleiding en doel

1.1 Inleiding

Voor de tuinbouw is het van groot belang om minder afhankelijk te zijn van fossiele energie. Gezocht wordt naar nieuwe inzichten en mogelijkheden om te komen tot vermindering van energie. De afgelopen jaren is, onder de noemer 'Het Nieuwe Telen' met succes gewerkt aan nieuwe teeltconcepten om dit te bewerkstelligen. Kenmerken voor "Het Nieuwe Telen" zijn vermindering van de warmtevraag, minimalisering van de inzet van energie en inzet van energiezuinige technieken voor de vochtbeheersing en "telen met de natuur mee".

Per jaar worden er op circa 650 bedrijven in Nederland ongeveer 2 miljard tulpen afgebroeid. Hierbij worden ruwweg 30 miljoen m³ gas verbruikt. Om problemen met fysiologische afwijkingen als 'kiepers' en 'bladkiep' zoveel mogelijk te voorkomen streven tulpenbroeiers naar een actief klimaat in de kas. Hierbij wordt energie verspild. De principes van Het Nieuwe Telen zijn uitermate geschikt om enerzijds deze fysiologische problemen aan te pakken en anderzijds energie te besparen tijdens de broei van tulpen.

1.2 Doelstelling

Ontwerp van een teeltconcept Het Nieuwe Telen voor de teelt (broei) van tulp. De beoogde energiebesparing is 50% met behoud van productie en kwaliteit.

In het concept worden zowel korte termijn als lange termijn aan- en toepassingen verwerkt. Hierdoor wordt de toepasbaarheid van het concept vergroot en wordt een groter draagvlak gecreëerd bij de telers.

Technische doelstellingen

Ontwerp van twee concepten voor de broei van tulpen. Als eerste een korte termijn concept met bestaande technieken en regelingen. Onderdelen zijn gericht op besparing op de warmtebehoefte, toepassing temperatuurintegratie, watergeven en betere klimaatbeheersing (vochtafvoer). Ten tweede een lange termijn concept waarin meer fundamenteel naar het gewas en het teeltsysteem gekeken wordt, dat tot meer radicaal andere systemen zal leiden. Daarbij gedacht aan teelt op water, meerlagen teelt, toepassing van LED voor gewassturing etc. Om te komen tot een bedrijfseconomisch strategisch ontwerp zal een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd worden op de diverse onderdelen die ingepast worden in de concepten.

Energiedoelstellingen

Het eerste teeltconcept beoogt een 35% lagere energiebehoefte van de teelt. Het tweede teeltconcept beoogt een minimaal 50 % lagere energiebehoefte.

Nevendoelstellingen

Het doordenken van de teeltconcepten scherpt de ideeën betreffende Het Nieuwe Telen verder aan. Ook andere gewassen kunnen hiermee hun voordeel doen.

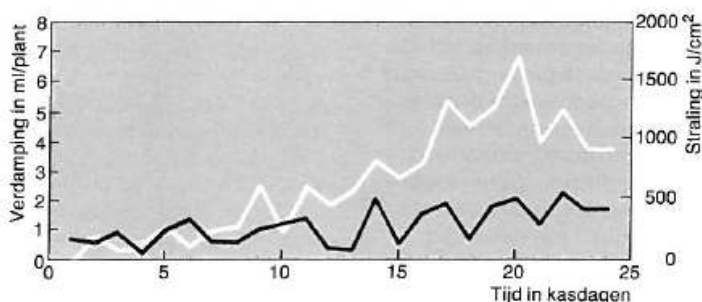
1.3 Werkzaamheden, werkwijze(n)

In het project worden een korte en een lange termijn teeltconcept ontworpen voor 'Het Nieuwe Telen Tulp' (broei). Voor het ontwerp wordt kennis ingebracht door experts op het gebied van tulpenbroei, teelttechniek, (kas)klimaat, techniek en plantenfysiologie. Ook zal kennis uit lopende projecten binnen HNT Glastuinbouw worden ingebracht en zullen toonaangevende tulpenbroeiërs hierbij actief betrokken worden.

Als basis wordt uitgegaan van een (standaard) tulpenbroei bedrijf van 5.000 m² met een productie van 10 miljoen bloemen en een afzetperiode van eind december tot eind april. Om de doelstelling van 50% te kunnen bereiken is het van belang dat vanuit meerdere invalshoeken (teelt, techniek, klimaat etc.) gezocht wordt naar mogelijkheden en combinatie van mogelijkheden. Hierin zullen zowel korte termijn als lange termijn aan- en toepassingen worden verwerkt.

In het project worden twee teeltconcepten ontworpen en doorgerekend op energiebesparing. Het ontwerpen gebeurt door middel van een brainstormsessie met experts op het gebied van tulpenbroei, teelttechniek, (kas)klimaat, techniek en plantenfysiologie. Voor beide scenario's worden ook bedrijfseconomische berekeningen gemaakt. De broei van tulpen is relatief kort (ca 3,5 tot 4 weken) en wordt periodiek opgezet. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van de periode van (december tot mei) waarbij driemaal per week bakken met opgeplante tulpenbollen in een teeltruimte worden gezet.

Om problemen met fysiologische afwijkingen als 'kiepers' en 'bladkiep' zoveel mogelijk te voorkomen streven tulpenbroeiërs naar een actief klimaat in de kas. Dit vraagt veel energie. Belangrijk om tot de richtinggevende keuzes te komen is kennis betreffende vochtaanvoer en vochtafvoer. In de teelt van tulpen wordt in het algemeen bij de teelt op stilstaand water geteeld bij een luchttemperatuur van 15 tot 17°C. Bij een eb en vloed systeem kan dit 1 tot 2 graden hoger zijn. Bij teelt op potgrond is de luchttemperatuur 17 tot 20°C. De RV wordt beneden de 85% gehouden, maar de voorkeur is om deze tussen 75 en 80% te houden. Binnen HNT is vocht een belangrijk aspect. Een groot deel van het ingebrachte vocht wordt geproduceerd door de gewasverdamping. Ook speelt de verdamping van het teeltmedium een belangrijke rol. Voor een goede vochtbeheersing is balans in vochtinbreng en vochtafvoer van groot belang. In dit laatste gaat immers veel energie in zitten. De verdamping van het gewas is sterk afhankelijk van de straling (zie figuur 1, temperatuur 20°C en RV 80%). Daarbij speelt uiteraard de gewasstand (bladmassa) en de heersende omstandigheden (temperatuur en RV) een rol. Bij het ontwerp van de teeltconcepten zal hier rekening mee moeten worden gehouden.



Figuur 1: Relatie straling en verdamping bij de broei van tulp in de kas.

Hieronder is een lijst van mogelijke onderdelen van de teeltconcepten samengesteld. Deze wordt na de brainstormsessie verder aangevuld en aangescherpt. Van alle onderdelen wordt door middel van expertopinion en modelberekeningen de potentiële bijdrage aan de energiebesparing berekend. Aan de hand hiervan kan gefundeerd aangegeven worden welke onderdelen het meest bijdragen aan een bedrijfseconomisch perspectiefvol concept. Het is ook mogelijk, dat sommige hieronder genoemde onderdelen niet in de uiteindelijke concepten opgenomen worden.

- Meerlagen teelt
- Teeltsysteem (teelt op water onder te verdelen in teelt op stilstaand water of teelt op een eb- en vloed systeem, teelt op potgrond)
- Watergeefstelsel
- Opslag van warmte in de grond
- Cultivar keuze, hierbij met korte trekduur en cultivars, die bij een lagere temperatuur kunnen worden gebroeid
- Betere sortering
- Combi activiteiten met andere industrie of teelt
- Toepassing restwarmte
- Minder uitval door optimaal kasklimaat
- Toepassing horizontale / verticale ventilatieslurven
- Buitenluchtaanzuiging
- Temperatuurintegratie
- Dubbel glas, stegdoppel etc.
- Energie schermen
- Geconditioneerde teeltruimte (cel)
- Voortrekruijme
- Broeien op locatie, concept local for local
- Vochtafvoer/drogen met warmtepompen in plaats van via de luchtramen
- IR verwarming
- Warme lucht bovenin ruimte herleiden naar het gewas
- Gebruik van condensorwarmte van de koelcellen in combinatie met efficiënte warmtewisselaar
- LED verlichting voor gewassturing
- Vernieuwde WKK-technieken met een hogere elektra opbrengst uit een m³ aardgas
- Lage temperatuur van de ketel

De teeltconcepten zullen breed gepresenteerd worden in een workshop en besproken met de betrokken telers. Daarnaast zullen ook andere deskundigen in deze workshop betrokken worden zoals onderzoekers, adviseurs, klimaatcomputerleveranciers en technische toeleveranciers.

1.4 Tijdsplanning

- December 2010 Kick off project i.s.m. deelnemende partijen, telers en opdrachtgevers. Werkafspraken maken en onderling afstemmen.
- Januari - maart 2011 Opstellen teeltprotocollen en doorbereken op energiebesparing en rentabiliteit.
- April 2011 Rapportage
- Mei 2011 Workshop met als doel terugkoppeling resultaten naar de telers.
- 31 mei 2011 Afronding project

1.5 Overleg en samenwerkingsstructuur

De projectleiding wordt verzorgd door DLV Plant. Het project wordt uitgevoerd door team Onderzoek en team Bloembollen van DLV Plant in nauwe samenwerking met de deelnemende partijen en de coördinatoren van LNV en PT. DLV Plant beschikt over een breed netwerk in de bloembollenteelt en heeft specialisten in dienst, zowel op het gebied van klimaat als teelt en energie.

Projectleiding en –communicatie zullen via DLV Plant lopen. Voor het ontwerp wordt kennis ingebracht door experts op het gebied van tulpenbroei, teelttechniek, (kas)klimaat, techniek en plantenfysiologie. Hiervoor worden teelt- en klimaatspecialisten ingezet vanuit DLV Plant en PPO. Daarnaast wordt deskundigheid ingebracht door een computerspecialist. Om de ideeën die voortvloeien uit de brainstorm en de studie direct terug te koppelen met de praktijk wordt voorgesteld om toonaangevende tulpenbroeiërs te betrekken in de begeleidingscommissie. Daarnaast is het aan te bevelen de informatie regelmatig uit te wisselen met de desbetreffende landelijke Tulpencommissie van LTO Groeiservice.

In nauwe samenwerking met de begeleidingscommissie en de deelnemende partijen zullen de invulling van het project, de opzet van de teeltprotocollen en de berekeningen worden besproken. Vanuit kennisinstanties (WUR) zal in overleg expertise worden betrokken bij het project. Dit betreft expertise op het gebied van HNT, de broei van tulpen en het thema energie.

Na afloop van het project zal een rapportage opgesteld worden met daarin de resultaten van deze studie. De teeltprotocollen worden beschreven evenals de energiebesparingsmogelijkheden en effecten op de rentabiliteit. Daarnaast worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

1.6 Kennisoverdracht

Uitvoerder	Activiteit	Specificatie	Doelgroep	Datum of fase realisatie
DLV Plant	Voortgangsrapportages	Website Energiek 2010 Nieuwsbrieven LTO Groeiservice	Onderzoekers, adviseurs, telers, klimaatcomputerleveranciers en technische toeleveranciers	Doorlopend
DLV Plant	Stand tijdens open dag Proeftuin Zwaagdijk	Resultaten van het onderzoek	Onderzoekers, adviseurs, telers, klimaatcomputerleveranciers en technische toeleveranciers	juni 2011
DLV Plant	Artikel in Bloembollenvisie	Resultaten van de studie	Telers en toeleveranciers	juni 2011
DLV Plant	Eindverslag	Resultaten van de studie	Telers en toeleveranciers	mei 2011

2 Omschrijving standaard teeltbedrijf tulp

De teelt van tulpenbloemen gebeurt op dit moment op verschillende teeltwijzen. We onderscheiden hierbij teelt op stilstaand water, teelt op een eb en vloed systeem, teelt op potgrond en teelt in de vollegrond van de kas. De teelt op water is verreweg het belangrijkste. Dit wordt geschat op 80%. Voor de standaardteelt gaan we daarom uit van teelt op water. Het grootste gedeelte hiervan staat op stilstaand water. Dit is wat uitvoering betreft de eenvoudigste methode. Enkele bedrijven hebben teelt op een eb en vloed systeem, waarmede kwaliteit en energievoordelen en cultivarafhankelijk kwaliteitsvoordelen zijn te behalen.

Voor het referentiebedrijf in dit onderzoek is uitgegaan van een standaardteelt bestaande uit teelt op stilstaand water, éénlaagsteelt met een oppervlakte van 5.000 m² en een teelt van ongeveer 10 miljoen stuks op jaarbasis. De teelt vindt plaats op prikbakken, die op rolcontainers worden geplaatst. Bij het oogsten leggen degenen, die oogsten de bloemen op een oogstband, waarna de bloemen naar een ontboller en een boslijn gaan. Het bossen gebeurt handmatig.

Voor het energieverbruik van het referentiebedrijf is gekeken naar het energieverbruik van vergelijkbare bedrijven met een automatisch systeem met rolcontainers.

Het energieverbruik¹ voor 10 miljoen tulpen komt uit op 135.000 m³ gas (incl. verwarming werkruimte) en 230.000 kWh elektra inclusief preparatie en beworteling (gegevens DLV Plant op basis van praktijkgegevens). Het elektraverbruik tijdens de broeiperiode voor het "kasgebeuren" dat wil zeggen verbruik in ketelhuis als pompen, ventilatoren in de kas, werkverlichting en dergelijke schatten we op 30.000 kWh. Hier zit niet de energie voor het automatisch rolcontainersysteem bij.

¹ Gemiddeld gasverbruik volgens Energiemonitor bloembollen (PPO okt. '10) over 2008 en 2009 kwam uit op 15,5 m³ gas en 23,5 kWh elektra per 1000 tulpen. Dit zou betekenen 155.000 m³ gas en 235.000 kWh.

3 Brainstorm

3.1 Opzet

Met de BCO / projectgroep bestaande uit drie telers/ondernemers, waarbij één teler tevens gewasmanager is bij LTO Groeiservice, de projectleider en twee adviseurs van DLV Plant is op 10 december 2010 een voorbespreking gehouden te Zwaagdijk. Hieruit is een programma opgesteld voor een brainstormsessie met als doel te komen tot vernieuwde inzichten met betrekking tot Het Nieuwe Telen van Tulp.

Vervolgens is op 14 januari 2011 een brainstorm “Het Nieuwe Telen Tulp” gehouden te Wervershoof met een relatief grote groep bestaande uit vijf ondernemers, waarbij één teler tevens gewasmanager is bij LTO Groeiservice, één medewerker van het Productschap Tuinbouw, één medewerker van het Ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie (EL&I), de projectleider en twee adviseurs van DLV Plant, twee deskundigen van PPO te Lisse, één deskundige van TNO en vier deskundigen van verschillende technische toeleveringsbedrijven van hardware en software.

Vooraf aan de brainstorm is de doelstelling van het project kort toegelicht door dhr. L. Oprel van het ministerie van EL&I. Het lopende onderzoek van PPO (WUR) is behandeld door dhr. H. Gude en vervolgens zijn diverse vormen van belichting behandeld door dhr. A. Wypkema van TNO. Om te komen tot nieuwe inzichten is door futurist Marcel Bullinga een doorkijk naar de toekomst gepresenteerd. Vooral delen van kennis door de keten en transparantie in de markt en over het product zullen in de toekomst van grote waarde zijn. Hoe wordt de tulp geproduceerd en welke toegevoegde waarde kunnen wij meegeven aan de tulp? Hierna hebben de deelnemers in drie groepen apart gediscussieerd over de mogelijkheden van energiebesparing en/of teeltverandering. Na terugkoppeling van de informatie uit de groepen zijn de volgende punten naar voren gekomen.

3.2 Resultaten / Energiebesparende opties uit de brainstorm

Hierbij is onderscheid te maken in opties voor de korte termijn en voor de lange termijn. Een aantal opties is genoemd bij zowel de korte termijn als de lange termijn.

3.2.1 Opties voor de korte termijn

1. Teelt in meerdere lagen. Dit wordt onder tussen in de praktijk wel op een aantal bedrijven toegepast, maar kennis betreffende de juiste belichting, ontvochtiging en het benodigde temperatuurregime ontbreekt. Het aantal lagen is afhankelijk van de teeltmogelijkheden. Teelt in meerdere lagen, te denken valt in twee lagen (eventueel in drie lagen) is daarom een optie voor de korte termijn, maar met meer lagen ook voor de lange termijn.
- 2.1 Dubbel glas en/of energieschermen in combinatie met mechanische ventilatie met klimaatkasten en luchtslurven.
- 2.2 AR coatings en diffuus glas.
3. Mechanische ventilatie met klimaatkasten en luchtslurven.
4. Temperatuurintegratie.
5. Klimaatsturing op dampdrukverschil

6. Zonnecollectoren.
7. Warmte-/koudeopslag in combinatie met warmtewisselaars.
8. Beter monitoren en besturen.
9. Gebruik maken van restwarmte, bijvoorbeeld uit energiecentrale of datacenter.
10. Gebruik biomassa (afvalmateriaal?) voor energie opwekking.

3.2.2 Opties voor de lange termijn

11. Teelt in meerdere lagen. Dit onderdeel staat ook genoemd bij de opties voor de korte termijn. Het aantal lagen is afhankelijk van de teeltmogelijkheden. Daarom staat deze optie ook vermeld bij de lange termijn.
12. Het gebruik van LED lampen. Bij de teelt van tulpenbloemen is in tegenstelling tot andere teelten geen aanvullend licht uit bijvoorbeeld lampen nodig voor de assimilatie. Wel is er stuurlicht nodig. Uit voorlopige bevindingen komt naar voren, dat hierop besparingen mogelijk zijn en de lampen niet constant behoeven te branden. Het effect van onder andere “knipperlicht” dat wil zeggen het kortstondig belichten moet worden onderzocht.
13. Dubbel glas en/of energieschermen in combinatie met mechanische ventilatie met klimaatkasten en luchtslurven.
14. Zonnecollectoren; onderzoek naar gebruik voor lange termijn.
15. Ontvochtigen met hygroscopisch zout.
16. Gebruik maken van restwarmte uit bijvoorbeeld een energiecentrale of datacenter. Dit is alleen mogelijk bij complete nieuwe vestiging van bedrijven.
17. Het compartimenteren vanaf het opplanten per groeifase. Hierbij kan dan de hoeveelheid licht en warmte per groeifase worden aangepast.
18. Belichten door het opvangen van zonlicht en herverdelen bijvoorbeeld met behulp van spiegels.
19. Bewortelingscel onder de grond.
20. Met biogenetisch/infrarood licht verwarmen.
21. Energie terugwinning met condensschermen.
22. Lichtdoorlatende folies, intelligente schermen.
23. Geheel gesloten systeem.

3.3 Selectie van energiebesparende opties

Naar aanleiding van de brainstormsessie zijn in overleg met de BCO / Projectgroep de energiebesparende opties geselecteerd die verder worden uitgewerkt. Deze zijn onderverdeeld in direct toepasbare opties voor de korte termijn en niet direct toepasbare opties voor de langere termijn. Daarnaast worden de opties die geen energie besparen, maar kunnen bijdragen aan een besparing op energiekosten onder ‘alternatieve energie’ in hoofdstuk 6 weergegeven.

4 Opties direct toepasbaar (korte termijn)

In hoofdstuk 4 worden de energiebesparende opties die direct toepasbaar zijn op een bestaand bedrijf beschreven. Enkele berekeningen voor de opties korte termijn staan weergegeven in hoofdstuk 7.

4.1 Teelt in meerdere lagen

Bij een teelt in meerdere lagen is de benuttinggraad hoger en daarmee ook de energie-efficiëntie. Teelt in meerdere lagen wordt onder tusschen in de praktijk op een aantal bedrijven toegepast, maar voldoende kennis betreffende de optimale belichting, ontvochtiging en temperatuurregime ontbreekt. Bij het gebruik van een tweede teeltlaag is in de praktijk al forse energiebesparing te realiseren.

Op enkele praktijkbedrijven is bij het daar toegepaste systeem onderzocht hoeveel energiebesparing er mogelijk is. Dit is gedaan op twee praktijkbedrijven, waar een tweede teeltlaag is toegevoegd en bij één bedrijf waarbij direct is gekozen voor teelt in twee lagen. Op het eerste bedrijf met teelt in twee lagen (ten opzichte van teelt in één laag), waarbij de tweede laag een oppervlakte heeft van 80 % in verhouding tot de onderste laag is een duidelijke energiebesparing in de kas gerealiseerd. Bij een belichting van de onderste laag gedurende 12 uren per dag (1 lamp van 400 Watt/10 m²) is de besparing van het totale energieverbruik in de kas 30 % en bij een belichtingsduur van 8 uren per etmaal is de energiebesparing 37 %.

Het energieverbruik in de kas komt over twee jaren gerekend gemiddeld op 3,89 MJ per 10 stuks bloemen t.o.v. 6,15 MJ gemiddeld in de drie jaren daarvoor met één teeltlaag. De afstand tussen de twee lagen is 1,30 m. Met een ventilator wordt lucht boven de bovenste laag weggezogen en via slurven over de onderste laag verdeeld. De broei vindt plaats op stilstaand water.

Bij een tweede praktijkbedrijf met een eb- en vloedsysteem komt het gemiddelde energieverbruik in de kas bij teelt in twee lagen, waarbij de bovenste laag een bedekkinggraad heeft van 55 % van de onderste laag op 3,93 MJ per 10 stuks. Hierbij zijn 18.000.000 miljoen stuks gebroeid van december t/m mei in 2009 / 2010. Op dit bedrijf is minder belicht, dan op het eerste bedrijf. De geïnstalleerde capaciteit op de onderste teeltlaag is 1 lamp van 400 Watt per 15 m². Dit is minder dan op het eerste bedrijf. De belichtingsduur per etmaal is 3 uren geweest. Wanneer dit bedrijf op volle capaciteit gaat broeien (dit betekent een toename van 67 % in stuks tot 30 miljoen) is de verwachting, dat het energieverbruik zal dalen naar 2,38 MJ per 10 stuks. De ruimte tussen de twee lagen is ongeveer 2 m.

Bron: Meerlagenteelt in de praktijk door J. Wildschut (WUR/PPO), J.B. Campen (WUR/Glastuinbouw).

4.2 Alternatieven voor standaard enkel glas

Momenteel wordt 99% van de tulpen gebroeid onder enkel glas. Daarnaast zijn er enkele bedrijven die broeien onder kunstlicht in een schuur, cel of zelfs een oude stal. De luchtvochtigheid tijdens de broei van tulp is vaak een reden dat er veel wordt gelucht. Hierbij gaat veel warmte verloren. Door het toepassen van een verbeterd kasdek met behulp van dubbel glas en/of coatings kan energie worden bespaard, doordat de isolatiewaarde wordt verhoogd en/of doordat er meer instraling plaatsvindt. Indien de kas wordt voorzien van horizontale ventilatie met mogelijkheid tot ontvochtiging zal het rendement van dubbel glas toenemen.

4.2.1 Dubbel glas

Tijdens de energiecrisis in de jaren '80 is er al geëxperimenteerd met dubbel glas in de glastuinbouw. Het dubbel glas van toen liet echter te weinig licht door, waardoor de opbrengst verslechterde. Sinds enkele jaren is er een nieuw type dubbel glas ontwikkeld met een goede lichttransmissie.

Voordelen:

- energiebesparing (isolatiewaarden mogelijk: $U = 1,3 \text{ WK/m}^2$ tot $U = 3,0 \text{ WK/m}^2$).
- geen condensatie tegen het glas.
- grotere glasvlakken zijn mogelijk.

Nadelen:

- hoger gewicht dan enkel glas.
- hogere vochtigheid in de kas - ontvochtiging nodig.
- rijst.
- bij grotere glasoppervlakten een moeilijkere plaatsing.
- sneeuwproblematiek: sneeuw smelt niet standaard af.

Dubbel glas is momenteel beschikbaar met een lichttransmissie (PAR) van 89% en 92%. Met deze waarden heeft dubbelglas geen verlies aan licht meer ten opzicht van standaard enkel glas.

Of het glas op eenzelfde kasdek als voor enkel glas kan, hangt af van de sterkte van de constructie en de maximale dikte dat het glas mag hebben.

Bron: Sven Castro, BU manager, gedelegeerd bestuurder, Scheuten Glas Diest NV.

4.2.2 AR-coatings en diffuus glas

Door het voorzien van een Anti Reflecteer (AR)-coating op standaard enkel glas kan de lichttransmissie met 10% toenemen. Diffuus glas heeft veelal dezelfde lichttransmissie als enkel glas, maar verstrooit het licht in de kas waardoor het beter wordt verdeeld op het gewas. In bijvoorbeeld komkommer kan diffuusglas leiden tot 10% productieverhoging. Dit komt vooral door meer indringing van licht in het gewas en een lage temperatuur op de kop van de plant en hierdoor een hogere RV. Of diffuus glas voordeel heeft in de broei van tulp is niet bekend. Aangezien de broei van tulpen voor een groot gedeelte plaatsvindt in de wintermaanden, waarbij er door de lage stand van de zon meer diffuus licht is, mag verwacht worden, dat de invloed voor de tulpenbroei niet groot is.

Door het toepassen van onder andere AR-coatings kan verbeterd dubbel glas in een proefopstelling in komkommer al tot 50% op energie besparen. Door de hogere luchtvochtigheid in de kas was ontvochtiging nodig om problemen met kwaliteit te voorkomen. Naar inschatting van de heer Kempkes kan dubbel glas voor de broei van tulpen 25 tot 30% aan energie besparen.

Bron: Wageningen UR Glastuinbouw, o.a. dhr. Frank Kempkes.

Bij het Innovatie en Demo Centrum van WUR Glastuinbouw in Bleiswijk worden nieuwe kassen en dekmaterialen getest. Een voorbeeld hiervan is de Venlow Energy kas. De Venlow Energy kas is gebouwd met een nieuw type isolatieglas dat bestaat uit twee lagen glas met per kant een AR-, AR- NIR- en een AR-coating. Dit kasdek combineert zo een hoge isolatiewaarde met een grote transmissie. Het glas is drie millimeter dik en gehard zodat er extra grote glasmaten (3,5 x 1,6 m) kunnen worden gebruikt. De goot is gecombineerd met het spant om de zwaardere platen veilig te kunnen installeren. In deze geheel nieuwe kas is in de herfst van 2010 een proef geweest met een zgn. herfstteelt van komkommers. In deze kas was het gasverbruik 5 m³ per m² tegen 11 à 12 m³ voor een "gewone" kas. Dit is een besparing van 55 à 60 %. Ervaringen in andere teelten zijn nog niet beschikbaar.

4.2.3 Stegdoppel

Naast glas is stegdoppel een mogelijke toepassing om de kas te bedekken. Stegdoppel heeft een hogere isolerende waarde ($U = 2,8 \text{ WK/m}^2$ tot $3,5 \text{ WK/m}^2$) dan standaard glas ($U = 5,8 \text{ WK/m}^2$) en zorgt voor meer diffuus licht in de kas. Stegdoppel is er in verschillende uitvoeringen van polycarbonaat en polyacrylaat. De laatste heeft als eigenschap dat het na verloop van tijd onder invloed van zonlicht kan verkleuren en dan iets minder lichtdoorlatend wordt.

In de normale uitvoering heeft stegdoppel (nieuw) een lichtdoorlatendheid die circa 10% lager ligt dan dat van glas. Specifiek ten behoeve van de glastuinbouw bestaan er ook platen waarbij de lichtdoorlatendheid vrijwel gelijk is aan dat van glas. Een groot nadeel van stegdoppel is de brandbaarheid. Met 1 m per seconde is deze erg groot. Verdere nadelen zijn de kortere levensduur 15 jaar ten opzichte van 25 jaar voor standaard glas en de hogere aanschafwaarde (2 tot 4 maal zo hoog).

Bron: o.a. Kassen en tunnels, De Boomkwekerij. www.hetbrandweerforum.nl.

4.3 Mechanische ventilatie met klimaatkasten en luchtslurven

Het handhaven van de relatieve luchtvochtigheid (RV) is bij de teelt een belangrijk aspect. De meest gebruikte methode is luchten door het openen van de ramen. Om de luchtbeweging in de kas te verbeteren kunnen ventilatoren met luchtslurven worden gebruikt. Als deze alleen interne lucht circuleren is een combinatie met raamluchting mogelijk. Om de luchtvochtigheid beter te kunnen regelen is het toepassen van klimaatkasten met luchtslurven een goede optie.

Hierbij kan gekozen worden voor een interne luchtbeweging, gecombineerd met uitwisseling met buitenlucht.

4.4 Temperatuurintegratie

Het toepassen van temperatuurintegratie wil zeggen dat er een gemiddelde kasttemperatuur wordt ingesteld met een bandbreedte van maximaal 6 graden. Hiervan kan nuttig gebruik gemaakt worden door de kasttemperatuur wat op te laten lopen als de zon schijnt en de temperatuur iets te laten zakken als er minder instraling is (bijvoorbeeld 's nachts). Door het toepassen van temperatuurintegratie kan zonder kwaliteitsverlies* tot meer dan 5% op energie worden bespaard.

*Bij gevoelige cultivars, o.a. 'Leen van de Mark', 'Monte Carlo' sports en 'Strong Gold' kunnen door verhoogde temperatuur en RV eerder problemen ontstaan met 'kiepers' en "bladkiep". *Bron: Energiebesparing bij de broeierij van bolbloemen, door temperatuurintegratie, door Henk Gude en Marga Dijkema, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Sector Bloembollen, PPO nr. 330844, maart 2006*

4.5 Monitoring en besturing

Indien er betere gegevens beschikbaar zijn waarop de groeiomstandigheden gestuurd moeten worden, kan hierop worden ingespeeld door energie zuinige concepten toe te passen. Voor de instelling van de klimaatcomputer zouden door de leveranciers al standaard 'default'-instellingen voor de broei van tulpen moeten worden ontwikkeld. De telers, die nog verder willen gaan kunnen dan op basis van deze instellingen veranderingen aanbrengen en hoeven dan niet zoals nu alles zelf in te regelen.

Een voorbeeld van monitoring en besturing kan het sturen op dampdrukverschil zijn.

Vooraf in een periode met weinig licht en relatief hoge buitentemperaturen komen veel problemen voor als "kiepen en bladkiepen". Dit betekent dat in de maanden december, januari en februari de meest gevoelige periode is.

Kiepen en bladkiepen worden veroorzaakt doordat de plant veel vocht uit de cellen perst bij een te lage verdamping. Hierdoor beschadigen de plantencellen. In de praktijk proberen telers deze problemen te voorkomen door ruim te luchten, een minimum buistemperatuur in te stellen en de EC in het proceswater of potgrond te verhogen. De resultaten van deze maatregelen zijn sterk wisselend. Er blijkt wel een invloed te zijn van de maatregelen, maar deze is onvoldoende.

Met behulp van onder andere gewastemperatuurmeters is onderzocht of door te sturen op dampdrukverschil problemen met bladkiepen kunnen worden voorkomen en/of hiermee energie kan worden bespaard. Er zijn proeven uitgevoerd op de Proeftuin Zwaagdijk, waarbij is gestuurd op dampdrukverschil. Door het klimaat te regelen op dampdrukverschil, waarbij de registratie plaatsvindt met behulp van een gewastemperatuurmeter worden slechte klimaatomstandigheden tijdig gesignaleerd, waarna de computer snel aanpassingen kan doen. Als het dampdrukverschil klein is zal er weinig verdamping plaatsvinden.

Uit deze proeven is gebleken, dat de planttemperatuur bij tulpen tijdens de nacht en op donkere dagen bijna altijd 1 à 2 graden lager is dan de temperatuur van de kaslucht. De planttemperatuur kwam in deze proeven nooit hoger uit dan 1 graad boven de kastemperatuur. De proeven zijn uitgevoerd om te bepalen of een regeling op dampdruk het probleem van bladkiepen kan verminderen.

In andere gewassen wordt wel een dampdrukverschil van 300 Pascal aangehouden. In de proeven op de Proeftuin Zwaagdijk is met een hoger dampdrukverschil gewerkt. In de proeven is eerst met een ingesteld dampdrukverschil gewerkt van 350 Pascal. Omdat dit niet het gewenste resultaat gaf is daarna gewerkt met een ingestelde waarde tussen 400 en 500 Pascal. Ook deze ingestelde waarde gaf niet de gewenste resultaten.

Gebleken is wel, dat de meest kritieke periode (de periode met het kleinste dampdrukverschil), de namiddag was. Tevens kwam uit de proeven naar voren, dat het tulpengewas weinig energie-inhoud heeft. De plant volgt zeer snel de luchttemperatuur. Het verschil tussen lucht- en planttemperatuur bleef zodoende bijna gelijk en schommelde tussen de 1 à 2 graden. Regeltechnisch is het instellen van een dampdruk uit te voeren, maar de zichtbare resultaten waren beperkt. Dit kwam mede door de heersende weersomstandigheden tijdens de proef met, voor de tijd van het jaar, lage temperaturen.

Ondanks het sturen op dampdruk bleek dat vooral de grootste maten van gevoelige cultivars een veel te hoog percentage uitval hadden. Er kon in deze proeven (nog) geen energiebesparing worden aangetoond.

Bron: (aug. 2009) verslag kwaliteitsverbetering bij de broei van tulpen d.m.v. klimaatsturing, i.o.v. Productschap Tuinbouw, uitgevoerd op Proeftuin Zwaagdijk.

4.6 Het telen van snelgroeiende cultivars.

Dit kan op de korte termijn, door gebruik te maken van bestaande cultivars en op de lange termijn door het winnen van nieuwe cultivars.

5 Opties niet direct toepasbaar (langere termijn)

In hoofdstuk 5 worden de energiebesparende opties die niet direct toepasbaar zijn op een bestaand bedrijf beschreven. Voor deze opties liggen nog onderzoeksvragen open.

5.1 Teelt in meerdere lagen

In hoofdstuk 4 zijn de mogelijkheden voor de teelt in twee en eventueel drie lagen op de korte termijn beschreven. Voor de lange termijn moet worden bekeken in hoeverre de teelt in nog meer lagen kan worden uitgevoerd. Meerlagenteelt voor de lange termijn is te definiëren als een compartimentering/segmentering van het productieproces van beworteling tot en met de oogstfase, waarbij bij elke fase gevarieerd wordt in ruimte tussen de lagen, temperatuur en licht.

5.2 Compartimenteren per groeifase

5.2.1 Fase 1 beworteling

Dit compartimenteren kan worden gedaan door het telen in verschillende lagen.

Allereerst is er de noodzaak van een goede beworteling. In dit compartiment zal de temperatuur gehandhaafd moeten kunnen worden in een traject tussen 2 en 7 °C.

De ruimte tussen de lagen is zeer beperkt, in feite is bepalend, dat de top van de spruit niet tegen de bovenliggende laag aan komt.

5.2.2 Fase 2 strekking

Na de bewortelingsfase volgt een periode voor de verdere ontwikkeling van de tulp.

Hierbij wordt ervan uitgegaan, dat de tulp in de verschillende stadia zich goed kan ontwikkelen met verschillen in hoeveelheid licht, temperatuur en RV. Bij de tulp is geen assimilatie licht nodig, maar wel stuurlicht. Direct na de beworteling kan de tulp zich bij een hogere temperatuur gedurende een aantal dagen ontwikkelen bij nauwelijks licht. Op dit moment blijkt uit proeven, dat een ontwikkeling gedurende de eerste vijf dagen bij geen of nauwelijks licht niet nadelig hoeft te zijn.

In deze fase kan de ruimte per laag beperkt zijn, er is geen of weinig licht nodig en doordat er weinig verdamping is, is de noodzaak van een goede RV regeling minder noodzakelijk dan bij de volgende lagen in de stadia van ontwikkeling tot oogstfase.

Wat de ruimte moet zijn voor dit compartiment t.o.v. de bovenliggende compartimenten is niet exact bekend. Wel moet er minimaal zoveel ruimte zijn, dat de plant zich goed kan ontwikkelen en niet tegen de bovenstaande laag groeit.

5.2.3 Fase 3 groei: strekking en spreiding

In het volgende compartiment vindt de verdere uitgroei plaats. In deze fase volgt verdere ontwikkeling van de plant tot het bijna oogststadium. Hierbij is wel licht nodig. Tot nu toe wordt bij meerlagenteelt gebruik gemaakt van TI-licht of kwiklampen. Over het gebruik van LED-verlichting is nog niet voldoende bekend. Waarschijnlijk zal het een combinatie worden van blauw en rood LED-licht (zie paragraaf 5.3.). Het voordeel van LED is dat er in tegenstelling tot de andere lampen, nauwelijks warmteafgifte is door de lamp. Bovendien is LED beter gespreid aan te brengen, waardoor de hoogte tussen de lagen beperkt kan blijven.

Tot nu toe is bij meerlagenteelt gewerkt met tussenruimten tussen de lagen waar verlichting moet worden aangebracht, variërend tussen 1,30 en 2 m.

Onderzocht moet worden, wat de werkelijk benodigde afstand bij de verschillende compartimenten moet zijn voor een optimale ontwikkeling van de tulpen.

5.2.4 Fase 4 buffering / conditionering rond oogst

Om de oogst goed te kunnen plannen en bijvoorbeeld op zondag minder oogstbare bloemen te hebben is een compartiment waarin de bloemen tegen de oogstfase gebufferd kan worden noodzakelijk. In deze afdeling kan de teler de temperatuur bijvoorbeeld terugbrengen tot 13 °C (of lager) en een lage lichtintensiteit aanhouden waardoor de ontwikkeling van de tulpen sterk geremd wordt.

De onderzoeksvragen m.b.t. dit onderwerp zijn: optimale afstand tussen de lagen in de verschillende fasen, het optimale lichtregime per fase, de optimale temperatuur per fase, de optimale RV per fase.

5.3 Het gebruik van LED lampen

Bij de teelt van tulpenbloemen zijn in tegenstelling tot andere teelten geen aanvullend licht c.q. lampen nodig voor de assimilatie. Wel is er stuurlicht nodig. Uit proeven blijkt dat 20-25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ gedurende 20 tot 24 uren per dag voldoende is. Uit voorlopige bevindingen komt naar voren, dat hierop besparingen mogelijk zijn en de lampen niet constant behoeven te branden. Het effect van “knipperlicht” dat wil zeggen het kortstondig belichten moet worden onderzocht. In proeven, uitgevoerd door PPO komt naar voren, dat 1 minuut per uur belichten in de eerste week na het inhalen al een zeer positieve invloed heeft.

5.3.1 Achtergronden belichting tulp

De werkgroep ‘Fotomorfogenese van Sierteeltgewassen’, bestaande uit onderzoekers van het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CAB), het Proefstation voor de Bloemisterij en het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek (LBO) is in 1987 gestart en heeft in 1989 de resultaten gepubliceerd. Het doel van de werkgroep was het verbeteren van de kwaliteit van sierteeltgewassen met behulp van stuurlicht. Hierbij is gekeken naar de achtergronden en bruikbaarheid van “stuurlicht” bij onder meer bol- en knolgewassen. De tulp is een bolgewas, dat voor de aanmaak van een bloeiende plant bij het planten over voldoende energie en bouwstoffen beschikt in de vorm van reservevoedsel in de bol. De tulp is in staat om in een volledig donkere omgeving een complete plant te produceren, maar wel met een ongewenst uiterlijk. De tulp heeft geen assimilatielicht nodig voor de aanmaak van

suikers ten behoeve van de levering van energie en bouwstenen. Dit blijkt ook wel uit het feit, dat de tulp, nadat er (in de kas) een bloem is gevormd, dus na het zogenaamde afbroeien, nog veel reservevoedsel in de bol over heeft. De tulp produceert onder donkere omstandigheden een plant met een ongewenst uiterlijk: lang, slap en bleek. Voor een normale ontwikkeling heeft een tulp wel licht nodig. Het gaat hierbij wel om lage intensiteiten van licht. In de genoemde werkgroep kwam naar voren dat de tulp stuurlicht nodig heeft van een specifieke kleur, voornamelijk rood, donkerrood, blauw en ultraviolet. Planten bevatten pigmenten, die de lichtkleuren opvangen. De pigmenten worden zo geactiveerd dat ze de plant aanzetten tot bepaalde veranderingen. Rood en verrood licht wordt waargenomen door het pigment fytochroom, waarbij rood licht dit activeert en verrood licht dit inactiveert. Voor het waarnemen van blauw en UV-licht bevat de plant het pigment cryptochroom. Daglicht en wit kunstlicht bestaan uit een mengstel van lichtkleuren. Zeer bepalend voor de vorm van de plant is de verhouding tussen de hoeveelheden rood en donkerrood licht. Deze verhouding bepaalt ook bij hoge lichtintensiteiten hoe de plant eruit gaat zien.

Eén van de onderzoekthema's van de werkgroep is het mechanisme achter de sturing van de suikerverdeling binnen de plant. Voor de teelt van bolbloemen, zoals de tulpen betekent dit, dat gezocht wordt naar een methode om zoveel mogelijk suikers van de fotoassimilatie in het blad en vanuit de bol in de richting van zich ontwikkelende bloemknoppen te sturen en zo min mogelijk te gebruiken voor de bolontwikkeling. Bij de tulp, die geen assimilatielicht nodig heeft lijkt het mogelijk om onder volledige kunstlichtomstandigheden deze processen te sturen. Belichting onder alleen rood (TL) licht blijkt slecht te zijn voor de ontwikkeling van de tulp. Het gewas wordt zeer slap met veel "kiepers". Hierbij wordt het gedeelte van de stengel, dat het snelste groeit glazig en kiept. Vaak is de oorzaak een tekort aan calcium door snelle groei (hogere temperatuur) en een hoge RV (te weinig verdamping). Bovendien is het gewas onder rood licht bleek en de bloemen blijven te klein, te groen en te flets. Onder blauw (TL) licht waren de resultaten beter dan onder het tot dan toe geadviseerde witte (TL) licht. Onder blauw (TL) licht ontwikkelt zich een forser gewas met vooral een betere bloemkleur. Wel is de groeiperiode iets langer.

(Bron: Resultaten van de werkgroep 'Fotomorfogenese van Sierteeltgewassen', Onderzoekers van het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CAB), het Proefstation voor de Bloemisterij en het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek (LBO) 1989).

5.3.2 Invloeden LED -belichting tulp

Er is een andere reactie van de kleur licht van LED in vergelijking met TI-licht. Bij LED-licht is een kleur in een bepaald spectrum ook werkelijk de kleur, bij TI-licht blijkt er altijd een "vervuiling" te zijn. Bij blauw LED licht gaan de planten kokeren en worden lang en zwaar, dit in tegenstelling tot teelt bij blauw TI-licht waarbij het blad gaat spreiden en er een betere blad- en bloemkleur ontstaat. Teelt onder rood LED-licht geeft een snelle spreiding van het blad, en een kortere plant. Bij rood TI-licht kokert de tulp, heeft bleek blad en een slechte bloemkleur. LED-lampen geven minder warmtestraling, waardoor de teeltlagen dichter op elkaar geplaatst kunnen worden, waarmede de ruimtebenutting beter is. LED is in vele golflengtes en meer specifiek beschikbaar. Stuurlicht voor tulp kan in een lage lichtintensiteit van 20-25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ voldoende zijn.

Deze lichtintensiteit is ook met LED-verlichting te verkrijgen. LED is dimbaar, omdat de tulp weinig licht nodig heeft zou de eerste 30 % van de groei van de tulpenbloem kunnen plaatsvinden "in het donker". Mogelijk kan dit zelfs nog wat langer want uit proeven is

gebleken, dat 1 minuut per halfuur belichten al een zeer positief effect heeft op de kleur en ontwikkeling. Alle effecten van de belichting zijn afhankelijk van de cultivar.

In een oriënterende praktijkproef blijkt dat zelfs wanneer slechts gedurende vier dagen met blauwe LED-verlichting is belicht, de planten zwaarder worden. Ze blijven zwaarder in het gehele groeitraject. Bij veel blauw licht gedurende lange tijd blijft de plant kokerig en het bovenste blad langer. Het blad is wel lichter van kleur. Als wordt geteeld onder blauw LED-licht en er is een kleine bron van rood LED-licht, groeien de bloemen naar het rode licht.

(Bron: presentatie Brainstormsessie H. Gude 2011).

In de wintermaanden van 2011 zijn op de Proeftuin te Zwaagdijk enkele proeven uitgevoerd met belichting van tulpen. Hoewel de gegevens op dit moment nog niet volledig zijn uitgewerkt zijn uit deze proeven wel enkele resultaten te halen. Benadrukt wordt, dat het oriënterende proeven zijn in verband met vragen uit de praktijk om één of meerdere teeltlagen extra in een kas te maken voor de productie van tulpenbloemen. Proef, gedurende de eerste tien dagen van de teelt met wit ($25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) en blauw TL licht ($34 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), gecombineerd met ($8 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) van blauw, rood of wit licht afkomstig van LED verlichting.

Onder rood licht bleven de tulpen het kortste. De spreiding van het blad was in alle gevallen minder dan bij teelt onder daglicht. Bovendien werden de tulpen na 10 dagen onder deze kunstlichtsamenstelling te lang. (Bron: Proeftuin Zwaagdijk).

Licht bestaat uit fotonen. Een foton blauw licht bevat meer energie dan een foton rood licht. Dat heeft gevolgen voor de bladtemperatuur. Wellicht zorgt de energie-input voor meer effect dan de lichtkleur. (Bron: Energie in licht, adviseur Marcel Kers van Plantlab).

5.3.3 OLED lampen

De OLED (Organic Light Emitting Diode) is een lichtbron in de familie van de halfgeleiderlichtbronnen. Terwijl een led een felle puntbron is, is een OLED juist een grote-vlakkenstraler. De emitterende laag van een OLED bestaat uit een speciaal type polymeer of kleine moleculen, op basis van koolwaterstofverbindingen. Deze emitterende laag wordt tussen een anode en kathode geplaatst en afgesloten voor lucht en water. De laag licht op wanneer er een spanning over de kathode en anode gelegd wordt. Wanneer een OLED niet onder spanning staat kan deze een lichttransmissie hebben van 75%.

Rendement ten opzichte van de gloeilamp

Van LEDs en OLEDs wordt verwacht dat zij een zeer grote bijdrage aan energiebesparing kunnen leveren. Commercieel verkrijgbare witte LEDs hebben een rendement van ca. 50 lm/W. Witte OLEDs hebben in de laboratoria thans een spaarlamprendement (ongeveer 50lm/W). Daarmee is het rendement van de gloeilamp (ca. 12 lm/W) en de halogeenlamp (ca. 20 lm/W) met OLED-lichtbronnen al ruimschoots gepasseerd. In 2010 kwamen de eerste verlichting-OLEDs op de markt. Ongeveer 60% van de lichtopbrengst gaat verloren in de organische laag van de OLED door terugkaatsing in het transparante omhulsel. Onderzoekers van de universiteit van Michigan zijn er in geslaagd het rendement te verhogen tot ongeveer 78 lumen per Watt. Verwacht wordt dat de lichtopbrengst binnen afzienbare tijd kan worden verdubbeld tot ruim 150 lumen per watt.

Levensduur

OLEDs degraderen na verloop van tijd, zoals dit overigens bij de meeste lichtbronnen het geval is. Hierdoor neemt de lichtintensiteit af. De levensduur van een LED en een OLED

wordt meestal uitgedrukt in de tijd, waarna de lichtintensiteit afgenomen is tot 50% van de oorspronkelijke uitgangsimpulsintensiteit. Thans worden levensduren van meer dan 1.000 uur (voor witte polymeren OLEDs) en meer dan 10.000 uur (voor witte kleine moleculen OLEDs) gerapporteerd. Voor de tuinbouw zijn OLEDs met een groter oppervlakte op basis van polymeren nodig. Deze hebben momenteel nog een levensduur van 1.000 uur. De komende jaren zal de productiecapaciteit van OLEDs toenemen, waardoor de prijzen gaan zakken. Of OLED-technologie binnen 10 jaar interessant kan zijn voor de tulpenbroeierij valt te betwijfelen.

Bron: Wikipedia. GTT, 3^{de} jaargang, augustus 2008.

5.3.4 LEC lampen

Wetenschappers uit Zweden en de VS hebben een nieuwe vorm van transparante verlichtingstechnologie ontwikkeld op basis van grafeen. Zij geven aan dat productie op basis van grafeen goedkoper is dan de huidige OLED technologie, volledig recyclebaar is en wellicht een goed alternatief is voor de huidige OLED verlichtingstechnologie. De nieuwe ontwikkeling is een "Organic Light-Emitting Electrochemical" cel, of LEC genoemd. Het grafeen wordt hierin gebruikt als elektrode. LEC's kunnen geproduceerd worden op basis van het zogenaamde "roll-to-roll" proces, omdat alle componenten gemaakt worden op basis van vloeibare, dus flexibele grondstoffen.

Bron: Persbericht 8-02-2010 www.lichtnet.net.

5.4 Belichten op natuurlijke basis met zonnestraling

De straling van de zon is in de broeiperiode van tulp niet erg groot. De tulp heeft relatief weinig licht nodig en de zon schijnt voor niets. Het (bij)belichten door het opvangen van zonlicht en herverdeling bijvoorbeeld met behulp van spiegels c.q. lichtstraten biedt wellicht perspectief. Volgens gegevens van TNO is het verlies per spiegelreflectie ongeveer 10%. Ook met behulp van optische vezels van glas of kunststof kan licht worden getransporteerd. Hiermee kan grotere afstanden met minder verlies worden gerealiseerd. Helaas is hier momenteel weinig van bekend.

Om op natuurlijke basis te belichten is een minimaal gelijk lichtinvangend oppervlak nodig als de laag zelf. Dit betekent dat bijvoorbeeld langs de kas een lichtinvangend oppervlak gecreëerd moet worden gelijk aan het oppervlak van de te belichten laag. De kosten voor de bouw van een dergelijk systeem worden erg hoog in vergelijking met installatie van lampen.

Bron: Ing. J.F.L. Diepens, Hoofdlaboratorium, Fac. Bouwkunde, Unit Building Physics & Systems, TU/e.

5.5 Verwarming met infraroodlicht

We spreken hier over infrarood licht als biogenetisch licht, dat wordt uitgestraald bij een temperatuur tussen 80 en 150 °C. De golflengte van het licht is 4 tot 20 micronmeter.

Bij verwarming met infrarood licht, waarbij de verwarming geheel elektrisch is, is wellicht een energiebesparing te behalen. Verdere gegevens met betrekking tot het energieverbruik uit onderstaande proef worden eind 2011 gepubliceerd.

Er is een proef opgestart op Proeftuin Zwaagdijk bij een éénlaagsteelt. De uitkomsten van deze proef geven aan, dat door het gebruik van infraroodverwarming de gewastemperatuur 1 à 2 graden hoger is dan bij de gebruikelijke manieren van verwarmen. Een bijkomend voordeel, behalve energiebesparing is dat het percentage

tulpen met bladkiep daalt doordat de verdamping gestimuleerd wordt. Daarmede is het percentage uitval lager. De proef is in eerste instantie uitgevoerd met infraroodplaten. Het energieverbruik in deze proef is nog niet berekend. We moeten wel in aanmerking nemen, dat we hier geheel praten over elektrisch verwarmen. Dit zal waarschijnlijk duurder zijn dan verwarming door middel van gas.

Er zijn ook infrarood spiralen in smalle monturen, die minder buitenlicht wegnemen. Mogelijk zijn combinaties te bedenken tussen deze infrarood spiralen en verwarming door de gebruikelijke pijpen met water. Een koppeling met een meter, die de plantactiviteit meet en de infraroodspiraal aanstuurt als “bijverwarming” c.q. stimulering van de plantactiviteit voor kwaliteitsverbetering, is te onderzoeken.

5.6 Bewortelingscel onder de grond

Uit gegevens is bekend, dat dit onder andere in Zweden, vooral in het verleden wel heeft plaatsgevonden. In de brainstorm is deze mogelijkheid genoemd. We gaan er echter vanuit, dat wanneer het compartimenteren zou worden doorgevoerd met teelt in meerdere lagen deze mogelijkheid niet uitgevoerd zal gaan worden. Het is dan bouwtechnisch moeilijker, dit betekent meer kosten.

5.7 Energiebesparing door matraskoeling en condensschermen

De bekendste vorm van aanvullende verdampingskoeling is waarschijnlijk het pad en fansysteem of matraskoeling. Veel toegepast in zuidelijke landen waar de luchtvochtigheid buiten vaak laag is. Het biedt een effectieve koeling, omdat het vocht wordt toegevoegd aan de buitenlucht (met lage energie-inhoud) voordat het de kas in wordt gebracht. Het grootste nadeel van dit systeem is de temperatuurgradiënt die optreedt tussen de matras aan de ene gevel en ventilator aan de andere gevel.

Tijdens de brainstormsessie is ook het gebruik van condensschermen als optie genoemd. Er is in 2010 een “Consultancyonderzoek naar de haalbaarheid van een klimrekscherm” uitgevoerd.

Het klimrekscherm bevat een folie dat van goot naar nok loopt, dat oprolbaar is en dus op afroep beschikbaar is. Door daar een diffuus scherm (met hoge hazefactor) in te doen kan de lichttoetreding dus op afroep diffuus worden gemaakt. Nadeel van folie in een kas is dat er condens optreedt aan de onderzijde. Door anticondensfolie (AC) te gebruiken ontstaat na verloop van tijd verkleuring, wat niet is gewenst. Daarom is de wens om te onderzoeken of door een waterfilm over het folie te laten lopen (aan onderzijde) ook het condens kan worden weggenomen zonder dat er lichtverlies optreedt.

Er is gekeken naar de haalbaarheid van een dergelijk scherm in enkele teelten als komkommer, tomaat en ficus.

Hieruit blijkt, dat in de zomer een laagwaardige warmteproductie uit dit scherm gehaald kan worden. Er is in dit onderzoek alleen gekeken naar grootschalige projecten van 4 ha. Het economisch perspectief is, dat het alleen voor teelten als komkommer en ficus bij een gasprijs van meer dan € 0,35 een rendabele investering kan zijn. Uit de berekening voor tomaat blijkt dat de investering pas rendabel is bij een gasprijs van meer dan € 0,55 per m³. Op basis van de gegevens bij deze teelten is het de vraag of een condensscherm interessant kan zijn bij broei van tulpen.

Bron: “Consultancy haalbaarheid klimrekscherm” door Jan Paul van der Kolk (DLV Plant), Arjan van Antwerpen (DLV Glas en Energie), Feije de Zwart (WUR Glastuinbouw en Sjaak van Dijk (Klimrek BV).

6 Alternatieve energie

6.1 Zonnecollectoren

Een zonnecollector absorbeert de stralingswarmte van de zon en draagt deze over aan het water in de installatie. Dit warme water kan tijdelijk worden opgeslagen in een boiler tot het wordt gebruikt (deze combinatie is bekend als de zonneboiler). Indien continue warm water wordt gebruikt is kostbare opslag niet noodzakelijk, desnoods kan het water met een Cv-ketel op het gewenste temperatuurniveau worden gebracht. Zonnecollectoren leveren een zichtbaar bewijs van het gebruik van duurzame energie en zorgen voor een besparing van fossiele brandstoffen. Het betreft een bewezen technologie. Over het algemeen kan worden aangenomen dat ongeveer 30 tot 50% van het gasgebruik voor een teelt- en broeibedrijf kan worden teruggedrongen met zonnecollectoren. De zonnecollectoren leveren in de zomer de meeste energie. Bij de trek van tulpen is echter de meeste energie nodig in de winterperiode. Veelal staan de daken van het bedrijf niet optimaal ten opzichte van de zon. De terugverdientijd van een teelt –en broeibedrijf is helaas doorgaans meer dan 10 jaar. Voor alleen een broeibedrijf zal de terugverdientijd langer zijn.

6.2 Biomassa voor energieopwekking

Gebruik maken van een energieconcept dat is gebaseerd op het gebruiken van biomassa zoals houtpellets, houtsnippers, bio-olie en ander organisch afval voor energieopwekking, waarbij in eerste instantie de warmtevoorziening centraal staat, maar ook elektriciteitopwekking steeds belangrijker wordt.

Door inzet van de op biomassa gestookte verwarmingssystemen kan er een besparing gerealiseerd worden, waarbij het percentage afhankelijk is van het energieverbruik. Het is een compleet modulair geïnstalleerd systeem en wordt bedrijfsklaar geleverd en aangesloten op de bestaande installatie van het bedrijf.

Het zou ook mogelijk zijn om met warmtekrachtkoppeling, de zogenaamde WKK, via het vergassen van biobrandstof elektriciteit en warmte op te wekken door middel van extra aangesloten modulaire systemen. De emissieuitstoot wordt gereinigd. De brandstof bestaat uit verkleinde houtsnippers – houtpellets of ander biomateriaal zoals kwekerij afval, de toevoer is mechanisch, de asafvoer is automatisch.

6.3 Warmte- en koudeopslag

Warmtepompen met energieopslag van warmte en koude zijn een essentiële stap naar hoogwaardige kassen en cellen. Deze kassen en cellen vragen naast warmte en/of licht soms ook koude en luchtontvochtiging. Bij klimaatbeheersing wordt een kas in de winter verwarmd door middel van een warmtepomp met als warmte-/koudebron eventueel een aquifer (= een waterhoudende bodemlaag). Een aquifer is te vergelijken met een accu waarin in de zomer warmte wordt opgeslagen en in de winter warmte aan wordt onttrokken. Op jaarbasis dient het gebruik energieneutraal te zijn om thermische bodemvervuiling te voorkomen. Aquifers worden vooral toegepast bij grote gebouwen zoals ziekenhuizen en grote kantoorgebouwen. In de agrarische sector wordt deze combinatie steeds vaker toegepast bij warmtepompen in gesloten systemen (veelal kunststof leidingen op enkele meters diepte gelegd in het grondwater onder nieuwbouw) of naast een gebouw.

Een warmtepompsysteem bestaat uit drie hoofdonderdelen: een bron (bijvoorbeeld een aquifer), een omzettingssysteem (verschillende soorten warmtepompen) en een afgiftesysteem (bijvoorbeeld vloerverwarming). Het warmtepompsysteem zorgt daarbij voor de basislast en de gasketel schakelt zo nodig bij als dat nodig is. Voor een zo hoog mogelijk rendement is het doel om de warmtepomp zoveel mogelijk draaiuren te laten maken. Bij situaties met ook koelbehoefte (zoals in cellen/plukhallen) zal een warmtepomp daarom eerder renderend zijn dan zonder koelbehoefte.

Hieronder volgen enkele aspecten bij het gebruik van warmteopslag in de grond. Er zijn twee bedrijven, die nu telen in kassen met een betonnen vloer, waarbij het warmteoverschot in de zomer in de grond wordt opgeslagen. Hierbij wordt dan de kas gekoeld. In de winter wordt deze warmte weer gebruikt om de kas te verwarmen. Een indicatie over de benutting is de volgende: per 1,0 MJ warmte kost dat 0,23 MJ aan elektra (de COP is dan 4,3).

6.4 Gebruik maken van restwarmte

Vooraf energiecentrales en datacentra hebben overschotten aan warmte. Benutting hiervan kan in principe plaatsvinden. Nu is vaak is de afstand tot de bedrijven, die warmte vragen een belemmering. Deze optie staat ook genoemd bij de opties voor de korte termijn, in de meeste gevallen zal het om opties op lange termijn gaan, omdat het benutten gepaard gaat met nieuw vestiging van bedrijven.

7 Berekening opties voor de korte termijn (direct toepasbaar)

7.1 Het standaardbedrijf

Voor het referentiebedrijf in dit onderzoek is uitgegaan van een standaardteelt bestaande uit teelt op stilstaand water, éénlaagsteelt met een oppervlakte van 5.000 m² en een teelt van ongeveer 10 miljoen stuks op jaarbasis. De teelt vindt plaats op prikbakken, die op rolcontainers worden geplaatst. Bij het oogsten leggen degenen, die oogsten de bloemen op een oogstband, waarna de bloemen naar een ontboller en een boslijn gaan. Het bossen gebeurt handmatig.

Voor het energieverbruik van het referentiebedrijf is gekeken naar het energieverbruik van vergelijkbare bedrijven met een automatisch systeem met rolcontainers.

Het energieverbruik² voor 10 miljoen tulpen komt uit op 135.000 m³ gas (incl. verwarming werkruimte) en 230.000 kWh elektra, inclusief preparatie en beworteling (gegevens DLV Plant op basis van praktijkgegevens). Het elektraverbruik tijdens de broeiperiode voor het “kasgebeuren” dat wil zeggen het verbruik in het ketelhuis, pompen, ventilatoren in de kas, werkverlichting en dergelijke schatten we op 30.000 kWh. Hierbij laten we de energie voor het automatisch rolcontainersysteem buiten beschouwing.

7.2 Het standaardbedrijf met alleen circulatie in de kas.

Dit gebeurt door met behulp van ventilatoren de lucht van boven in de kas naar beneden te brengen met behulp van ventilatoren en (soms) luchtslurven.

Hiervan is vooral een betere luchtverdeling te verwachten, een beter klimaat rond de tulpenbloemen, maar een beperkte daling van het energieverbruik. Op basis van gegevens uit andere teelt wordt geschat wordt dat op deze wijze een energiebesparing is te bereiken van maximaal 10 %. Er zijn geen gegevens voorradig van proeven waarbij alleen een besparing door circulatie in de kas is opgenomen.

Bij het gebruik van Nivolatoren (ventilatoren, die bovenin de kas hangen en de lucht van boven naar beneden blazen) bij de teelt van gerbera (Het nieuwe telen Gerbera) blijkt, dat deze ventilatoren zorgen voor circulatie van de binnenlucht. Ze geven wel luchtbeweging boven het gewas, maar geen luchtbeweging in/door of onder het gewas.

Aparte berekeningen hiervan zijn niet beschikbaar, omdat in proeven deze ventilatoren steeds in combinatie met buitenluchtaanzuiging en het meer gesloten houden van één of twee schermen zijn genomen.

² Gemiddeld gasverbruik volgens Energiemonitor bloembollen (PPO okt. 2010) over 2008 + 2009 kwam uit op 15,5 m³ gas en 23,5 kWh elektra per 1000 tulpen. Dit zou betekenen 155.000 m³ gas en 235.000 kWh.

7.3 Het standaardbedrijf met mechanische circulatie en ventilatie.

Dit gebeurt door gebruik te maken van klimaatkasten plus luchtslurven. Door het inbrengen van buitenlucht kan de RV in de kas beter worden geregeld. Buitenlucht bevat altijd minder vocht dan kaslucht, ook op het moment, dat het regent of mistig is. De absolute luchtvochtigheid is kleiner voor buitenlucht waardoor luchtuitwisseling met kaslucht altijd zorgt voor een netto vochtafvoer. Traditioneel gebeurt de vochtafvoer door ventilatie met de ramen. De methode heeft echter twee nadelen:

- 1) De controleerbaarheid is niet goed aangezien de hoeveelheid lucht die wordt uitgewisseld niet precies te regelen is.
- 2) De verdeling van de buitenlucht die binnenkomt, is niet gelijk qua temperatuur en vocht. Hierdoor ontstaat een ongelijkmatig en wisselvallig kasklimaat.

Met gecontroleerde vochtafvoer waarbij buitenlucht door middel van een ventilator en luchtslangen in de kas wordt gedistribueerd worden deze nadelen weggenomen. De vochtige kaslucht verlaat de kas door de kieren in de kas die er meestal voldoende aanwezig zijn. Bij voorkeur wordt de buitenlucht voorverwarmd zodat lokale klimaatverschillen worden vermeden.

De hoeveel lucht die wordt ingeblazen is afhankelijk van de hoeveelheid vocht die moet worden afgevoerd en het absoluut vochtverschil tussen buiten en binnen.

$$\text{Ventilatie (m}^3/\text{s)} = \text{Verdamping (l/s)} / \text{AV (kas)} - \text{AV (buiten) (l/m}^3\text{)}$$

De hoeveelheid vocht die moet worden afgevoerd hangt af van de verdamping van het gewas en de verdamping van vrij water in de kas.

Uit berekeningen blijkt, dat door aanzuiging van buitenlucht de luchtvochtigheid in de kas goed is te regelen. De exacte verdamping van het gewas en van het vrije water is een onzekere factor in de bepaling van de benodigde capaciteit. Op basis van de berekeningen zou 5 m³ buitenlucht/m² kasoppervlakte voldoende zijn. Overwogen kan worden om een frequentie geregelde klimaatkast met een capaciteit van 8 m³ buitenlucht/m² kasoppervlakte te installeren. Er is in koudeperioden wel een extra verwarmingscapaciteit nodig bij de luchtbehandelingskast. De te verwachten energiebesparing is 10 tot 15 %.

Bron: "mechanische vochtafvoer met buitenlucht" van J.C. Campen, WUR glastuinbouw.

Voor deze optie is een bedrijfseconomische berekening gemaakt. Ook in andere bronnen onder andere 'Energiebesparing in de bioglasteelten' van Arie de Gelder, Peter van Weel en Elly Nederhof van Wageningen UR Glastuinbouw wordt 5 m³ buitenlucht/m² kasoppervlakte bij tomaat genoemd.

De investeringen bedragen € 7, - per m² (bron: Th. van der Gulik DLV Plant). Let op! Deze capaciteit is onvoldoende om de kas te verwarmen, de kasverwarming gebeurt in deze opzet door buisverwarming. Bij een afschrijving in 14 jaren, 2 % onderhoudskosten en een gemiddelde rente van 2,5 % (rentevoet 5 %) bedragen de jaarkosten € 0,82 per m². De energie besparing per m² is 12,5 %, dit is 3,75 m³/m² kasoppervlakte.

De besparing per m² is bij verschillende gasprijzen als volgt:

Gasprijs	besparing per m ² kas	besparing minus jaarkosten per m ² kas
€ 0,20	€ 0,75	- € 0,07
€ 0,25	€ 0,94	€ 0,12
€ 0,30	€ 1,13	€ 0,31
€ 0,35	€ 1,31	€ 0,49

N.B. bij deze optie is er zonder meer een positief effect te verwachten van een betere luchtverdeling c.q. verdamping van het gewas.

Op een praktijkbedrijf is onlangs een systeem met luchtbehandelingskasten met luchtslurven voor de ventilatie en circulatie geïnstalleerd. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De geïnstalleerde capaciteit voor de circulatie is 12 tot 25 m³/m²/uur. Een en ander is sterk afhankelijk van de teeltfase, de nagestreefde RV en de temperatuur. Maximale flexibiliteit is vereist. Daarnaast is de uitblaasttemperatuur aan een maximum gebonden waardoor de circulatiecapaciteit hierdoor mede bepaald wordt. De kasverwarming geschiedt voor verreweg het grootste gedeelte door de opwarming van de lucht in de luchtbehandelingskasten.
- Alle luchtbehandelingskasten zijn voorzien van frequentieregelaars.
- De ventilatiecapaciteit kan maximaal de circulatiecapaciteit van de ventilatoren zijn. De verdamping wordt bepaald door dampdruk deficit, LAI en instraling.
- De luchtslurven zijn gedimensioneerd op maximale luchtsnelheid en minimale ongelijkheid tussen het debiet voor – en achter en de benodigde luchtsnelheid ten behoeve van indringing in gewas. Dit is een optimalisatievraagstuk. Mogelijke temperatuur ongelijkheid als gevolg van warmteafgifte is berekend als laatste check.
- De eerste metingen geven een verschil tussen voor en achter en links en rechts in de kas van maximaal 0,7 °C.
- De investeringen zijn circa 35% tot 70% hoger dan bij hijsverwarming. Gemiddeld is 50% aan te houden. De hogere waarden gelden in het geval dat de luchtbehandelingskasten zijn ontworpen voor gebruik als watergekoeld blok (bijvoorbeeld in combinatie met warmtepomp).
- Het energieverbruik op basis van maximale circulatie is circa 120 kWh/1000 m²/dag. De ervaring tot nu toe is dat maximale circulatie maar beperkt nodig is. Het gemiddelde energieverbruik ligt in de orde grootte van 25 kWh/1000 m²/dag.
- Betreffende het gasverbruik zijn geen gegevens voorhanden.

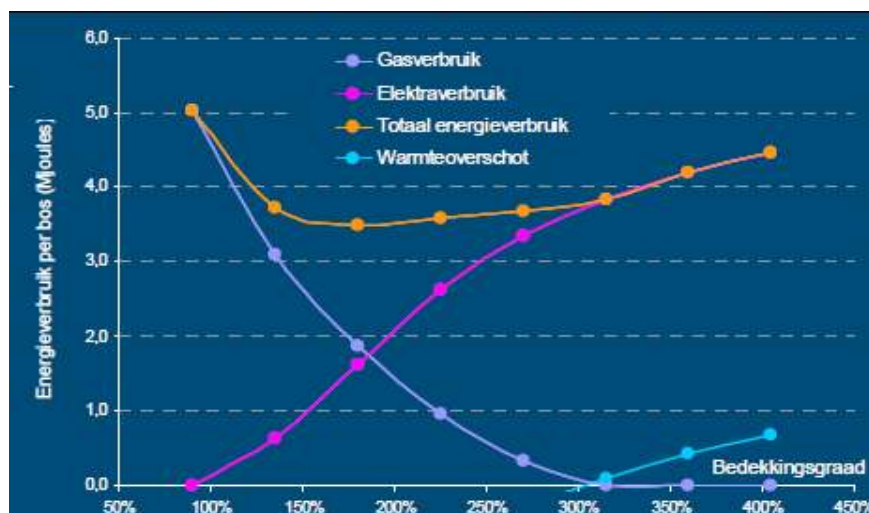
Bron: J. Nijssen, AgroFocus.

7.4 Het standaardbedrijf met twee in plaats van één scherm

Er zijn gegevens bekend uit andere teelten in het kader van het nieuwe telen. Indien deze gegevens van teelten met vergelijkbare temperaturen en vochtproductie worden vergeleken met de teelt van tulpenbloemen dan blijkt dat met het gebruik van twee in plaats van één scherm een besparing van 10 tot 15 % mogelijk moet zijn. In de teelt van tomaten is een proef geweest met een hoogisolerend scherm. De besparing was 4,4 m³ aardgas op jaarbasis. Volgens KWIN is het verbruik normaal 34,3 m³/m². De besparing komt daarmee op bijna 13 %.

7.5 Het inpassen van een tweede teeltlaag

Bij het inpassen van een tweede teeltlaag is energiebesparing per geproduceerde tulpenbloem mogelijk. In de praktijk bestaat hiervoor al een grote interesse. Bij het inpassen van een tweede teeltlaag is belichting van de onderste teeltlaag nodig. Dit gebeurt in de praktijk door TL verlichting of door HPI-T lampen. In een praktijkonderzoek is belicht met 1 HPI-T lamp van 400 Watt per 10 m² op de onderste teeltlaag gedurende 8 uren per dag. Uit berekeningen op dit praktijkbedrijf blijkt, dat er een besparing op het energieverbruik in de kas mogelijk is van 37 %. Het energieverbruik van deze verlichting is omstreeks 20 % van de totale energiebehoefte in de kas. Indien de belichting toeneemt tot 12 uren per dag resteert een energiebesparing van 30 %.



Grafiek 1: Verband energieverbruik en bezettingsgraad

In grafiek 1 staat het verband tussen het energieverbruik en de bezettingsgraad weergegeven. Tot 180% bezettingsgraad neemt het energieverbruik per bos af, waarna dit verder langzaam oploopt. Bij meerlagenteelt moet er worden bijgelicht. In het model is 20 uur met 30 $\mu\text{mol/s/m}^2$ aangehouden. HPI-T of TL- lampen vragen veel energie en produceren veel warmte waardoor het elektraverbruik toeneemt en het gasverbruik afneemt. Als bekend is hoeveel "LED"- licht in welke samenstelling er minimaal nodig is, kan het totale energieverbruik bij een hogere bezettingsgraad verder afnemen.

Bron: Meerlagenteelt in de praktijk van J. Wildschut (WUR/PPO), J.B. Campen (WUR/Glastuinbouw).

7.6 Temperatuurintegratie

Voorals bolbloemen beschikken over een grote tolerantie betreffende schommelingen van temperatuur. Van deze eigenschap kan gebruik worden gemaakt om energie te besparen. Zelfs bij een bandbreedte van 12 °C, dat wil zeggen + 6° overdag en – 6° graden 's nachts ten aanzien van de ingestelde temperatuur hoeft de tulp niets aan kwaliteit prijs te geven. Soms werd zelfs een positief effect verkregen met betrekking tot gewicht of lengte. De tulp leent zich daarom prima om voor energiebesparing door 24-uurs temperatuurintegratie.

In de maanden december en januari zijn de mogelijkheden beperkt. Gemiddeld over een proefperiode van 3 jaren werd een besparing van 1 respectievelijk 3 % verkregen. Dit is echter wel een besparing in de maanden, dat het meeste gas wordt verbruikt. De besparing hangt voornamelijk af van het aantal zonnige dagen. Dit aantal is beperkt in deze twee maanden.

In de volgende maanden neemt het aantal zonnige dagen toe. De energiebesparing in de maanden februari, maart en april bedraagt respectievelijk 6, 12 en 29 %. Natuurlijk wordt ook de input van energie door (gas)verwarming in deze maanden steeds minder. Gemiddeld over een geheel broeiseizoen van december tot en met april bedraagt de besparing 6 à 7 %. Afhankelijk van het aantal zonnige dagen kan dit hoger of lager uitvallen.

Bron: "energiebesparing bij de broeierij van bolbloemen door temperatuurintegratie" maart 2006 door Henk Gude en Marga Dijkema, PPO.

7.7 Het telen bij een temperatuur, die één of twee graden lager is

Het telen van tulpen op water geschiedt bij een wat lagere temperatuur dan bij de teelt op potgrond. Met een gemiddelde temperatuur van ongeveer 17 °C (2 °C lager) is de gemiddelde trekduur vaak iets korter dan bij de trek op potgrond. Tulpen telen op water kost dus minder energie in de kas dan telen op potgrond. Vanuit het verleden zijn er wel enkele proeven uitgevoerd bij verschillende kastemperaturen in de grond. Het is niet bekend in hoeverre deze proeven representatief zijn voor teelt op water. Grofweg kwam het verschil bij 1 °C lagere of hogere kastemperatuur uit op 8% invloed op de trekduur. Als we dit vertalen naar de trekduur bij de broei op water hebben we bij een gemiddelde kastemperatuur van 16 °C een trekduur die gemiddeld 2 dagen langer is. Bij een gemiddelde temperatuur van 15 °C neemt de trekduur naar verwachting met ongeveer 4 dagen per trek toe.

Bij het standaardbedrijf telen we van 20 november tot eind april. Eerst wordt een gedeelte van de kas gevuld. Om dit te ondervangen kunnen we rekenen van 1 december tot 20 april. De periode 1 december tot 10 januari gaan we uit van een luchttemperatuur van 18°C, de periode 10 januari tot maart van 17 °C en daarna van 16 °C.

Hierbij gaat de kas ongeveer 5,5 x vol. Bij dezelfde hoeveelheid tulpen zou het broeiseizoen bij gemiddeld 1 °C lager in dit geval $5,5 \times 2 = 11$ dagen langer duren. Indien we hetzelfde teeltseizoen aanhouden kunnen we ongeveer 7,5 % minder tulpen broeien. Met betrekking tot het energieverbruik zal dit per steel met 7,5 % toenemen.

Het verlagen van de kastemperatuur zorgt dus voor een vertraging van de teelt, maar hoe groot is invloed op het gasverbruik als we de kastemperatuur gaan verlagen?

Gasverbruik / m ² afhankelijk van energiescherm en temperatuursverschil				
Kas 5.120 m ²				
Week	kastemp	zonder scherm	met scherm	
	°C	gas/m ²	gas/m ²	
Normaal				
48 t/m 1	18	13,4	10,5	
2 t/m 9	17	15,3	11,5	
9 t/m 16	16	5,7	4,6	
totaal		34,4	26,6	
1 graad lager				
48 t/m 1	17	12,6	10	
2 t/m 9	16	14,2	10,7	
9 t/m 16	15	5	4,1	
totaal		31,9	24,8	
Verschied		2,5	1,8	
Verschied %		7,3%	6,8%	
Bron: PPO, Jeroen Wildschut				

Tabel 1: Gasverbruik per m². Normaal ten opzichte van 1 graad lager telen.

In tabel 1 staat het gasverbruik per m² kas aangegeven bij handhaving van een temperatuur van 18 C vanaf week 48 tot 16 graden vanaf week 9. In totaal wordt er over deze periode 26,6 m³ gas per m² kas verbruikt. Indien er gedurende het teeltseizoen een graad lager wordt gestookt, komt het gasverbruik uit op 24,8 m³ per m² kas. Het verschil bij een 2 °C lagere kastemperatuur is zowel voor de trekduur als de besparing evenredig. Er kan door een graadje lager te stoken dus 6,8% aan energie worden bespaard. Aangezien het aantal kasdagen toeneemt met ongeveer 7,5 % of er 7,5 % minder tulpen te broeien zijn in dezelfde periode, zorgt het verlagen van de kastemperatuur niet voor een energiebesparing per steel!

7.8 Het telen van snellere cultivars

Een ondernemer kan ook op eenvoudige wijze energie besparen door cultivars te telen met een korte trekduur.

	Toe / Afname	Kasdagen	Energiebesparing
Toename	3	27	-12,5%
	2	26	-8,3%
	1	25	-4,2%
Normaal	0	24	0,0%
	1	23	4,2%
	2	22	8,3%
Afname	3	21	12,5%

Tabel 2 energiebesparing bij meer of minder kasdagen.

In tabel 2 staat de energiebesparing of toename weergegeven indien een teler cultivars gaat broeien met een kortere of langere trekduur. Door bijvoorbeeld cultivars te telen die drie dagen sneller zijn kan grofweg 12% aan energie worden bespaard.

8 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

De energie in de kas kan worden teruggedrongen door verschillende opties uit te voeren. In dit verslag is onderscheid gemaakt in opties voor de korte termijn ofwel direct uit te voeren opties en opties voor de lange termijn ofwel opties, die nog niet direct zijn uit te voeren en waarvoor nog verder onderzoek nodig is.

Op de korte termijn kunnen al de volgende energiebesparende opties worden uitgevoerd:

	Onderdeel	Energiebesparing
1	Alleen circulatie in de kas	maximaal 10 %
2	Mechanische ventilatie en circulatie	10 tot 15 %
3	Extra scherm	13 %
4	Mechanische ventilatie en circulatie i.c.m. extra scherm	30 %
5	Teelt in meerdere lagen	30 tot 40 %
6	Gebruik van dubbel glas	25 %
7	Temperatuurintegratie	6 à 7 %
8	Het telen van snelgroeiende cultivars	tot 12 %

N.B. Deze percentages mogen niet worden opgeteld. Vaak zullen de verschillende opties in combinatie gebruikt worden

Het telen bij een temperatuur, die twee graden lager is, geeft bij gelijkblijvende fysieke productie geen energiebesparing. De energiebesparing door de lagere temperatuur geeft na verrekening met de langere groeitijd geen energiebesparing per geproduceerde tulp. Wel mag een positief kwaliteitseffect worden verwacht.

Bij de (nog) niet direct toepasbare opties (opties voor de langere termijn) is een verdere besparing te verwachten. Vooral op het gebied van compartimentering en "LED"-belichting valt waarschijnlijk nog veel winst te behalen. Onderzoek van de verschillende opties zal moeten aangeven wat de mogelijkheden zijn.

De gestelde besparing van 50 % is ook volgens het oordeel van de begeleidingscommissie met de huidige bekende opties haalbaar. Met nieuwe opties c.q. nieuwe onderzoeken moet een verdere besparing mogelijk zijn.

Aanbevelingen

Met de nu bekende opties is een grote besparing op energie mogelijk. Bij verschillende opties zijn de optimale teeltomstandigheden echter nog niet bekend. Bij het toepassen van de verschillende opties zal steeds als eis moeten worden gesteld, dat de kwaliteit van de geproduceerde tulpenbloemen tenminste gelijk moet blijven aan wat zonder deze opties gerealiseerd wordt. Een energiebesparingoptie, waarbij wordt toegeven aan kwaliteit van de tulpenbloemen is in de praktijk niet acceptabel.

Vooral het inpassen van verschillende opties tegelijkertijd zal verder moeten worden onderzocht.

Een grote besparing is te verkrijgen door de teelt in meerdere lagen. Verder onderzoek naar de optimale teeltomstandigheden c.q. afstand tussen de lagen is nodig om het aantal mogelijke lagen te bepalen.

Het lijkt ook zinvol om bij een klimaatcomputer 'default'-instellingen te hebben waarmee de teler de instellingen gemakkelijk kan aanpassen. Tevens lijkt het van belang om een datamanagementsysteem te hebben om per cultivar de juiste wijze van telen te kunnen benaderen. Hierbij zal het nodig zijn, dat er een datamanagementsysteem aan de klimaatcomputer wordt gekoppeld.

Verdere teelttechnische vragen die een oplossing nodig hebben, betreffen de benodigde hoeveelheid licht voor de verschillende lagen, de lichtsoort (frequentie), de optimale luchtcirculatie en ventilatie, het toepassen van een extra scherm en gebruik van andere kasdekken.

De genoemde opties voor de langere termijn zullen serieus onderzocht moeten worden evenals het inpassen van de genoemde alternatieve energiebronnen.

Bijlagen

- Bijlage 1: Deelnemers brainstormsessie en geraadpleegde deskundigen.
- Bijlage 2: Artikel Het Nieuwe Tulp in BloembollenVisie dd 30 juni 2011.
- Bijlage 3: Publicatie in nieuwsbrief LTO Groeiservice Tulp, juli 2011.
- Bijlage 4: Poster telen bij lagere temperatuur.
- Bijlage 5: Poster mechanische ventilatie en circulatie.
- Bijlage 6: Poster energiebesparende opties.

Bijlage 1:

Deelnemers brainstormsessie

Leo Oprel (Ministerie EL&I)
Dennis Medema (PT)
Jan Mantel (LTO Groeiservice)
John Boon (teler)
Marcel Burger (teler)
Niels Kreuk (teler)
Bert Karel (teler)
Helma Verberkt (DLV Plant)
Theo van der Gulik (DLV Plant)
Maurice Kok (DLV Plant)
Aike Wypkema (TNO)
John Bakker (Sercom)
Rob van Buiten (Polytechniek)
Joni Groot (Polytechniek)
Jeroen Wildschut (PPO)
Henk Gude (PPO)
Gerard Peek (Van Zaal)

Geraadpleegde deskundigen

Helma Verberkt (DLV Plant)
Theo van der Gulik (DLV Plant)
Maurice Kok (DLV Plant)
Henk Gude (PPO Bloembollen)
Jeroen Wildschut (PPO Bloembollen)
Martin van Dam (PPO Bloembollen)
Frank Kempkes (Wageningen UR Glastuinbouw)
Frank Kreuk (Proeftuin Zwaagdijk)
Jan-Paul van der Kolk (DLV Plant)
Johan Nijssen (AgroFocus)
Aat Dijkshoorn (PT)

Begeleidingscommissie

Jan Mantel (LTO Groeiservice)
John Boon (teler)
Marcel Burger (teler)
Niels Kreuk (teler)
Bert Karel (teler)