



PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

WAGENINGEN UR

Perspectiefstudie voor (semi-)gesloten kassystemen

Ir. A. de Gelder en ir. J.A. Kipp

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande 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 gefinancierd door:



Projectnummer: 41616095

PT-nummer: 12206

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business Unit Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174-636700
Fax : 0174-636835
E-mail : infoglastuinbouw.PPO@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	4
2	(SEMI-)GESLOTEN KASCONCEPT	5
3	VAN HISTORIE NAAR NU IN VOGELVLUCHT	11
4	ANDERE ONTWIKKELINGEN IN TECHNIEK EN TEELT	13
5	PERSPECTIEFBEPALLENDE ASPECTEN (SEMI-)GESLOTEN KAS.....	16
6	BEOORDELING GEWASGROEPEN VOOR (SEMI-)GESLOTEN KASSEN	23
7	SLOTOPMERKINGEN.....	26

1 Inleiding

Het gesloten en (semi-)gesloten kassysteem, zoals de Kas als Energiebron en de kas bij Themato, is een tot de verbeelding sprekend concept. Het biedt namelijk forse mogelijkheden om energie te besparen en de productie te verhogen. Vooral door het laatste kan dit concept zich verheugen op grote interesse van de sector.

De (semi-)gesloten kasconcept betekent echter ook een forse meerinvestering t.o.v. de traditionele kas. Deze meerinvestering zal zich moeten terugverdienen uit de bereikte energiebesparing en de extra inkomsten uit de productie. Het hangt uiteindelijk erg af van het type gewas en de uitvoering van dit concept of het (semi-)gesloten kasconcept ook een rendabel concept is.

Na een lang voortraject van onderzoek wordt in het demonstratieproject bij Themato praktijkervaring opgedaan. Daar is nu bijna twee jaar geteeld. Het blijkt dat het telen in een gesloten kas geleerd moet worden om alle verwachte voordelen ook daadwerkelijk waar te maken. Dit is dan ook nog onderwerp van onderzoek.

Doel van deze perspectiefstudie is om de sector (tuinders en toeleveranciers) te informeren over de mogelijkheden van het (semi-)gesloten kassysteem, maar ook zeker om aandacht te besteden aan de beperkingen en voorwaarden. Daarnaast dient dit als basisdocument voor discussies over ontwikkelingsrichtingen op dit gebied.

Dit rapport is niet geschreven om aan te geven voor welke teler of welk gewas een gesloten systeem de juiste keuze is. Veel meer wil het helpen om na te denken over alle aspecten die bij de keuze voor een meer gesloten systeem een rol spelen.

Naast de (semi-)gesloten kas zijn er ook andere ontwikkelingen die van invloed zijn op het referentiekader waarin de (semi-)gesloten kas moet worden beschouwd.

In dit rapport is gebruik gemaakt van de onderzoeksresultaten zoals deze tot stand zijn gekomen met financiering van het Productschap Tuinbouw en het ministerie van LNV.

2 (Semi-)gesloten kasconcept

De eerste vragen die beantwoord moeten worden zijn: Wat is een (semi-)gesloten kas? Hoe ziet het eruit en wat betekent het voor het telen? In dit hoofdstuk wordt hierop ingegaan.



Figuur 1: Een huidige kas. Bij een semi-gesloten kas worden de luchtramen minder (ver) geopend

2.1 Definitie

Onder een gesloten kas wordt een kassysteem verstaan dat voor de klimaatbeheersing niet afhankelijk is van natuurlijke ventilatie via luchtramen. Een semi-gesloten kas maakt onder bepaalde omstandigheden nog wel gebruik van natuurlijke ventilatie met luchtramen, waardoor minder hoge eisen worden gesteld aan de technische installatie om de kastemperatuur in de zomer te verlagen.

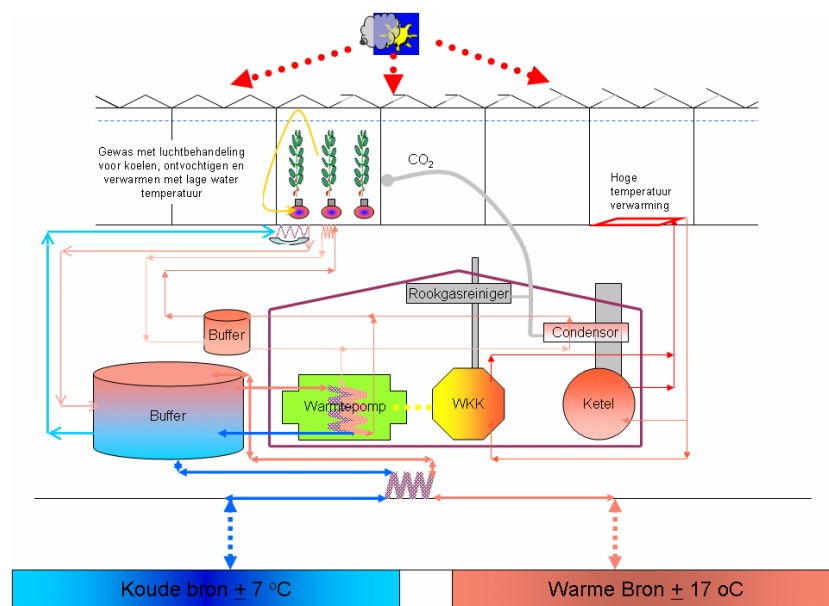
Voor beide systemen geldt dat als gevolg van de constructie er altijd een zekere mate van uitwisseling van lucht met de omgeving overblijft. Een volledige isolatie ten opzichte van de buitenomgeving is niet wenselijk omdat er dan forse maatregelen moeten worden genomen om ongewenste ophoping van gasvormige stoffen zoals ethyleen tegen te kunnen gaan.

Om de kas in de zomer (meer) gesloten te kunnen houden moet de kaslucht worden gekoeld. Dit betekent dat warmte moet worden afgevoerd. Tegelijk is in de winter veel warmte nodig. In het (semi-)gesloten kas concept wordt gebruik gemaakt van seizoensopslag om de warmte uit de zomer te benutten voor verwarming in de winter en de koude uit de winter te benutten voor koeling in de zomer. Voor seizoenopslag wordt daarbij gebruik gemaakt van een aquifer. Een aquifer is een watervoerende zandlaag in de bodem. Om te zorgen dat de warmte en koude een juiste temperatuur hebben wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp.

Het (semi-)gesloten kasconcept heeft op twee manieren effect op de energie-efficiëntie van de productie:

1. In het verder sluiten van de kas zitten grote teelttechnische mogelijkheden waardoor de productie per m² kan stijgen; dit komt deels door het beter kunnen beheersen van het binnenklimaat en deels door het kunnen combineren van een hoog lichtniveau met een hoog CO₂-niveau.
2. Door gebruik te maken van seizoensopslag neemt het primaire energiegebruik per m² af; de warmte die in de zomer is gewonnen is duurzame energie die wordt gebruikt voor het verwarmen in de winter.

2.2 Het systeem



Figuur 2: Schematische weergave van de belangrijkste componenten van kas en energiesysteem voor een semi-gesloten teelt.

In figuur 2 zijn de belangrijkste onderdelen van een kas en energiesysteem van een semi-gesloten kas weergegeven. De onderdelen ketel, condensor en hoge temperatuurnet zijn vertrouwde elementen uit een gewone kas. De warmtepomp, de WKK, de dagbuffer voor koude, de aquifer en ventilatoren in de kas zijn nieuw. Omdat de warmtevoorziening vooral ingevuld moet gaan worden met de energie die in de zomer via koeling aan de kas is onttrokken kan de capaciteit van de vertrouwde elementen een stuk kleiner.

De WKK met rookgasreiniger komt nu vooral voor bij telers met assimilatiebelichting. In een semi-gesloten systeem wordt de geproduceerde elektriciteit ingezet voor de warmtepomp en alle pompen en ventilatoren die voor de koeling, verwarming, luchtcirculatie en warmteopslag nodig zijn.

Zowel de koude die voor koeling nodig is als de warmte die voor verwarming nodig is wordt geleverd door een warmtepomp. Een warmtepomp onttrekt energie aan water van ca 17 °C dat hierdoor afkoelt tot ca 7 °C. De onttrokken warmte wordt via een compressiesysteem overgebracht op water van ca 30 °C dat hierdoor opwarmt tot ca 40 °C. Dit warmere water kan gebruikt worden in een verwarmingssysteem dat met deze lage temperatuur effectief kan verwarmen. Om de capaciteit van de warmtepomp te beperken wordt de piek in de warmtevraag opgevangen met de ketel. Om de benodigde capaciteit van de bronnen te beperken wordt gewerkt met een dagbuffer voor koude.

In plaats van een warmtepomp kan koude ook op andere manieren worden gemaakt, maar de vrijgekomen warmte wordt dan vaak niet nuttig gebruikt, waardoor er geen energie wordt bespaard.

Omdat er grote verschillen zijn in het tijdstip, waarop de koude wordt gemaakt en het tijdstip waarop het nodig is worden op diverse plaatsen in het systeem buffers ingezet. Vooral de dagbuffer voor koude moet van voldoende omvang zijn om gedurende een dag met een piekbelasting tussen 11 uur 's ochtends en 3 uur 's middags een kas goed te kunnen koelen.

Voor energieopslag op langere termijn, enkele maanden, moet gebruik gemaakt worden van een groot opslagsysteem. Voor deze seizoensopslag wordt gebruik gemaakt van een waterhoudende zandlaag (aquifer) waarin voor langere tijd koude en warmte kan worden opgeslagen om later weer te gebruiken.

2.3 Koeling van een semi-gesloten kas

Telers weten dat het verschil tussen kas- en buitentemperatuur een belangrijke factor is voor de hoeveelheid aardgas die nodig is om de kas te verwarmen. Daarnaast zijn factoren als windsnelheid, bewolking en luchtvochtigheid van invloed op het gasverbruik. Het gasverbruik kan worden verlaagd door isolatie, schermen, slimme regelingen enzovoort. De invloed van de zon lijkt gering. Maar een lekker zonnetje in februari zorgt er al snel voor dat de kas vrijwel niet met de ketel hoeft te worden verwarmd. De zon brengt dan al snel meer warmte in de kas dan het verwarmingssysteem zou kunnen doen. Voor verwarming is een maximaal vermogen nodig van ongeveer 200 W/m^2 . Op een zonnige dag kan de maximale instraling oplopen tot ongeveer 950 W/m^2 . Een kas wordt hierdoor fors opgewarmd met een veelvoud van de energie die bij verwarming in een koude winternacht wordt gebruikt. In een normale kas wordt de door straling van de zon ingebrachte energie via ventilatie door de luchtramen afgevoerd. Geregeld wordt daarmee meer dan 700 W/m^2 uit de kas naar de omgeving getransporteerd.

Om een kas gesloten te kunnen houden moet de energie die normaal via ventilatie de kas verlaat via een warmtewisselaar/koelelement worden afgevoerd. De hoeveelheid warmte die moet worden afgevoerd wordt in een gesloten kas vooral bepaald door de hoeveelheid zonnestraling die de kas in komt. Het temperatuurverschil tussen kas- en buitenlucht heeft hierop slechts een geringe invloed.

De zonnestraling leidt tot meer gewasverdamping. Om het vocht af te voeren moet de lucht tot onder het dauwpunt worden afgekoeld. Als dit tot een te lage kastemperatuur leidt moet de lucht weer worden opgewarmd tot het gewenste niveau.

Bij een lage buitentemperatuur zal condens worden afgevoerd via het kasdek. Door de luchtstroming in de (semi-)gesloten kas langs het dek werkt dit systeem efficiënt en wordt op deze manier meer vocht afgevoerd dan in een traditionele kas.

In een gesloten kas wordt de kasluchttemperatuur bij koeling liefst zo hoog mogelijk gehouden omdat het vermogen van de warmtewisselaar bepaald wordt door het temperatuurverschil van de kaslucht en het koelmiddel. Normaal is dit water dat met een temperatuur van ongeveer $7 \text{ }^\circ\text{C}$ de warmtewisselaar in gaat. Een groter temperatuurverschil tussen kaslucht en koelwater is gunstig voor het vermogen van de warmtewisselaar. Het verschil tussen de kasluchttemperatuur en de temperatuur van de gekoelde lucht is vervolgens bepalend voor de hoeveelheid lucht die moet worden verplaatst. Omdat geen groot verschil kan worden geaccepteerd zal altijd een forse hoeveelheid lucht moeten worden verplaatst.

Koelen in een semi-gesloten kas is vooral afvoeren van zonnewarmte en het op temperatuur houden van de kaslucht en niet het verlagen van de kasluchttemperatuur. Wanneer de wens bestaat ook de kasluchttemperatuur fors te verlagen moet dit als extra element worden meegenomen omdat dit gevolgen heeft voor de omvang van de installatie. Het moment waarop deze temperatuurverlaging wenselijk is, zal bepalend zijn voor de kosten die hiermee gemoeid zijn.

Om de kas energie-efficiënt te koelen wordt gebruik gemaakt van koude die in de winter tijdens het verwarmen van de kas wordt gemaakt door de warmtepomp. Deze koude wordt opgeslagen in de aquifer. Eén van de voorwaarden om een aquifer te mogen gebruiken is dat deze over een aantal jaren thermisch in balans is. Dus dat de aquifer netto niet wordt opgewarmd of afgekoeld. Omdat in een conventionele tuinbouwkas meer zonnewarmte via ventilatie wordt afgevoerd dan nodig is voor verwarming in de winter is de warmte- en koudevraag per m^2 kasoppervlak niet in balans. Wanneer een warmtekrachtinstallatie wordt gebruikt voor de elektriciteitsbehoefte van de warmtepomp zal ook deze warmte zorgen voor een

warmteoverschot per m². Dit betekent ook dat bij een volledig gesloten kas gezocht moet worden naar een afzetmogelijkheid voor de resterende warmte. Bij de gesloten kas, zoals deze nu bij Themato staat, is om die reden 1,4 ha gesloten gecombineerd met 4 ha conventionele kas. Een alternatief is dat het hele oppervlak semi-gesloten wordt uitgevoerd en dat per m² niet meer wordt gekoeld dan 's winters kan worden ingevangen. Een ander alternatief is dat andere afnemers voor het warmteoverschot worden gevonden.

2.4 Uitvoeringsvormen verwarming en koeling in de (semi-)gesloten kas

Voor het koelen en verwarmen van de kas zijn diverse systemen in ontwikkeling, te weten:

- Kasluchtkoeling en -verwarming. Hierbij wordt de lucht in de kas gekoeld nadat dit is opgewarmd door de zon. Om een kas gesloten te kunnen houden door middel van kaslucht koeling en verwarming moet de energie die normaal via ventilatie de kas verlaat via een warmtewisselaar/koelement worden afgevoerd in een zgn. luchtbehandelingskast. Om dit te bereiken wordt de lucht in de kas in beweging gezet. Varieert de luchtsnelheid in een conventioneel geventileerde kas tussen de 5 en 14 m/s. In de gesloten kas varieert de snelheid tussen 5 en 23 m/s. Dit is een geforceerde luchtbeweging die langs de bladeren van het gewas stroomt. Naast een hoge CO₂-concentratie wordt dit gezien als één van de mogelijke oorzaken voor de hogere productie in de gesloten kas. Het koelvermogen bepaalt uiteindelijk of de kas gesloten of semi-gesloten wordt uitgevoerd. De kas bij Themato en de "Kas als Energiebron" zijn voorbeelden hiervan.
Luchtbeweging kan zorgen voor een homogenere verdeling van vocht en CO₂. Voor de temperatuurverdeling is de uitvoeringsvorm en de snelheid van luchtbeweging bepalend. Bij de aanleg van een koel- en verwarmingssysteem verdient de horizontale en verticale temperatuur verdeling bijzondere aandacht. Als op zonnige dagen koele lucht onder in de kas wordt geblazen is de verticale temperatuur gradiënt groter dan bij een normaal geventileerde kas.
- Grondkoeling gecombineerd met traditionele verwarming. Dit is een o.a. bij fresia's gebruikelijke manier van telen. Het nieuwe zit hier vooral in de combinatie met seizoensopslag in de bodem. Doordat alleen de grond wordt gekoeld zal nog steeds worden gelucht om de kasluchttemperatuur te beheersen. Met enkel grondkoeling kan de kas niet volledig gesloten worden uitgevoerd. Grondkoeling heeft weinig effect op het overige klimaat in de kas.
- Kasdekkkoeling gecombineerd met traditionele verwarming. Bij deze methode wordt de warmte afgevangen voordat het de kas ingekomen is. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van dekbevoeiing – ontwikkeld door A&F- of een fluid-roof systeem, zoals dat bij Klimrek wordt ontwikkeld. Hoewel dit direct ingrijpt op de bron heeft deze methode beperkte mogelijkheden voor de sturing van de teelt. Bij kasdekkkoeling kan de CO₂ verdeling gelijk zijn aan een normale kas. Als de luchtramen meer gesloten blijven is het wel mogelijk een hoger CO₂ gehalte te handhaven. De luchtvochtigheid in de kas kan beïnvloed worden door het koudere kasdek. Dit geeft eerder condensatie. Daarmee een drogere lucht. Het effect zal vrij klein zijn, omdat door minder ventileren er minder vocht wordt afgevoerd. De verticale temperatuurverdeling in de kas wordt minder homogeen omdat koude lucht van het kasdek naar beneden zal bewegen. Dit geeft meer luchtstromingen in de kas.
- Koeling met ventilatorunits boven het gewas. Dit wordt toegepast bij orchidee. Eén teler heeft dit systeem aangelegd voor roos. Een andere ondernemer experimenteert hiermee bij paprika. Luchtbeweging door de koelunit zorgt voor een homogenere verdeling van CO₂. Koelunits met een vrij uitblaas boven het gewas zorgen voor een grotere variatie in horizontale en verticale temperatuur. Het vochtdeficit van de kaslucht kan daardoor ook meer variëren. Bij de aanleg verdienen deze aspecten bijzondere aandacht.

2.5 Telen in een (semi-)gesloten kas

Een belangrijk voordeel van systemen met koeling is een betere beheersing van luchtvochtigheid, temperatuur en CO₂. Sturing van de luchtvochtigheid is in de huidige kassystemen een lastige opgave. In een systeem met actieve ontvochtiging kan dit beter gereguleerd plaatsvinden. Dit is gunstig om natslag en andere aan vochtgerelateerde problemen te voorkomen. De beheersing van de temperatuur is een instrument om de productie iets in de tijd te vervroegen of te verlaten. De beheersing van de temperatuur in combinatie met de luchtvochtigheid kan situaties van stress, door een te hoge verdamping voorkomen. Een hogere CO₂-concentratie leidt tot hogere producties. Door het meer gesloten houden van de kas is hiervoor minder CO₂ nodig.

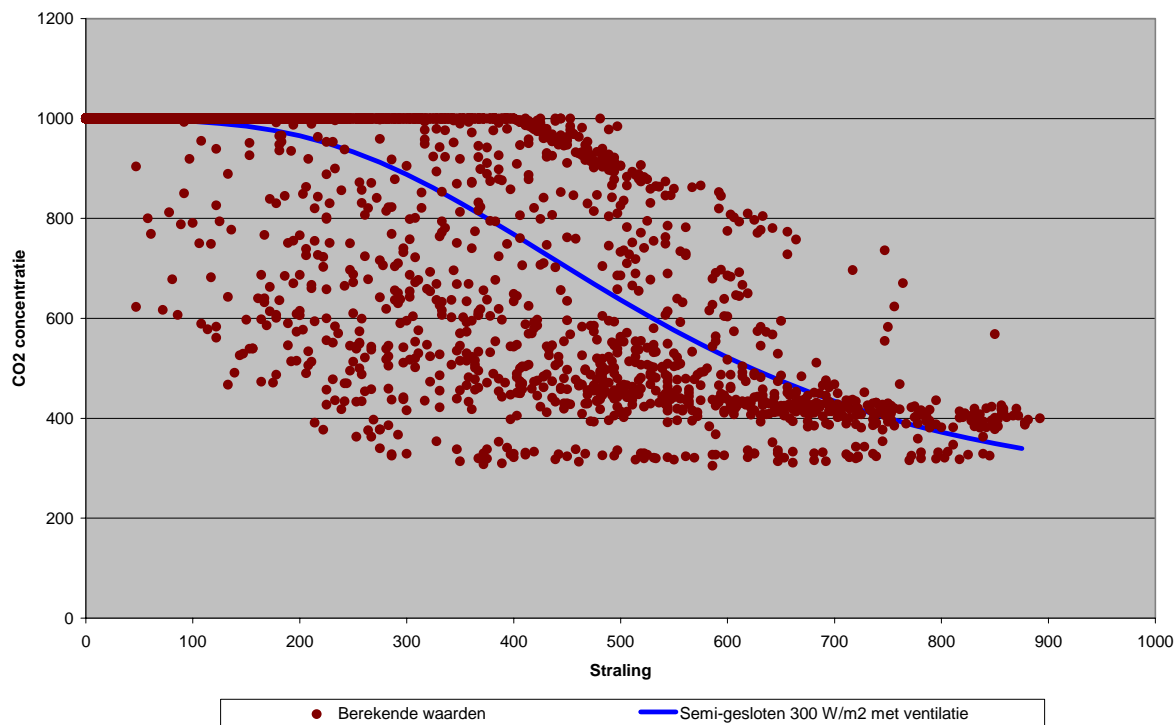
Een indirect effect van beheersing van de teeltomstandigheden is de vermindering van aantasting door ziekten en plagen, waardoor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen kan worden beperkt. Vooral de beheersing van de luchtvochtigheid is een belangrijk wapen in de strijd tegen schimmelaantastingen. Een gesloten systeem heeft daarbij het voordeel dat er minder kans op infectie van buitenaf is.

De door een gewas verdampte hoeveelheid vocht wordt medebepaald door het kasklimaat. Als koele lucht langs het gewas wordt geblazen neemt de verdamping af. Een lagere verdamping bespaart energie, maar een beperking van de verdamping kan nadelig zijn voor de opname van voedingsstoffen. Bij verandering van het teeltsysteem vragen de voedingselementen daarom bijzondere aandacht.

Het telen in een (semi-)gesloten kas biedt op zich vele voordelen. Uit ervaringen bij Themato blijkt echter ook dat het telen in een gesloten kas geleerd moet worden en dat er nog de nodige fysiologische vragen zijn die beantwoord moeten worden, alvorens maximaal gebruik kan worden gemaakt van de voordelen van een (semi-)gesloten kas. Momenteel is er onderzoek gaande om na te gaan hoe optimalisatie doorgevoerd kan worden om de verwachte opbrengstvoorwaarden daadwerkelijk te verkrijgen.

Het koelvermogen (W/m²) is erg bepalend voor de mate waarin het klimaat in de kas kan worden beheerst, maar ook erg bepalend voor de investering per m². Voor een volledig gesloten kas moet het systeem worden uitgelegd op de maximale warmte-input van de kas (ca 700 W/m²). Een semi-gesloten kas, die onder bepaalde omstandigheden gebruik maakt van luchtramen, kan met een lager vermogen toe. Nadeel hiervan is dat de CO₂-concentratie met het openen en sluiten van de ramen zal variëren. De variatie in CO₂-concentratie is een punt van aandacht bij het ontwikkelen van semi-gesloten kassen.

Als voorbeeld wordt de spreiding in de berekende uur-concentraties van CO₂ en het aantal uren per (gemiddeld) jaar weergegeven voor een semi-gesloten situatie met 300 W/m² koelvermogen en ventilatie (Figuur 3).



Figuur 3: Spreiding in berekende uurwaarden voor CO₂ uitgezet tegen de straling per uur en een gefitte lijn voor de gemiddelde waarden bij 300 W koeling per m² met ventilatie.

Samenvattend:

1. door meer gesloten te telen is naar verwachting een hogere productie te behalen doordat minder stress voorkomt en bij veel licht een hogere CO₂-concentratie aangehouden kan worden
2. het koelen van de kas vraagt veel koude, die onafhankelijk is van het gewas (slechts de instraling van de zon is bepalend). De kas(omhulling) zelf is wel bepalend voor de koellast. Omdat de koelbehoefte slechts een aantal uren hoog is, is een dagbuffer nodig om te voorkomen dat de gehele installatie op de piek gedimensioneerd moet worden.
3. De in de zomer ingevangen warmte kan in de winter gebruikt worden voor verwarming. Deze energie is duurzaam. De behoefte aan winterwarmte is afhankelijk van het gewas en vele malen kleiner dan de hoeveelheid die in de zomer ingevangen wordt. Naarmate een oppervlakte meer gesloten is, zal meer oppervlak open nodig zijn om de aquifer thermisch in balans te houden.
4. Er zijn verschillende uitvoeringsvormen van kaskoeling, waarbij de effecten op gewasniveau kunnen verschillen.
5. Door meer gesloten te telen kan de ziektedruk voor met name vochtafhankelijke schimmels beperkt worden.
6. In een (semi)gesloten kas is de verdamping anders en daardoor wordt de nutriëntenopname beïnvloed.
7. Er zijn nog de nodige (fysiologische) vraagstukken. Het telen in (semi)gesloten kassen zal geleerd moeten worden.

3 Van Historie naar Nu in vogelvlucht

De gedachte over (semi-)gesloten kasconcepten is al jaren oud. Het is een logische ontwikkeling vanuit de stap van open naar bedekte teelten. De historie van de tuinbouw wordt beschreven in het boek 100 jaar praktijkonderzoek Glastuinbouw. Muurkassen en platglas waren al een eerste stap van open grondteelt naar gesloten kassen.

In de ontwikkeling van het denken over (semi-)gesloten kassen is vanuit beleid en onderzoek de oorspronkelijke invalshoek geweest de vermindering van de belasting met fungiciden en insecticiden in de jaren rond 1990. Van 1984 tot 1992 is onderzoek gedaan naar (semi-)gesloten systemen. De resultaten waren in die tijd zodanig dat de ontwikkeling is gestopt. De belangrijkste reden was dat koeling op basis van verdamping van vocht de luchtvochtigheid in de kas te veel verhoogt. Dit geldt ook voor de in Amerika veel gebruikte pad-fan systemen. In gebieden met lage vochtigheid van de buitenlucht kan een dergelijk systeem wel effectief bijdragen aan de klimaatbeheersing. In Nederland is de luchtvochtigheid buiten zo hoog dat extra water in de lucht samen met de verdamping van de plant een te hoge luchtvochtigheid in de kas oplevert. Dit vocht moet via ventilatie worden afgevoerd. In een systeem met koeling op basis van verdamping van water is het bovendien moeilijker om een hoog CO₂ niveau te handhaven in de kas, omdat er meer gelucht moet worden.

Een nieuwe impuls kreeg de ontwikkeling van gesloten kassen door het initiatief om als sector de Kas van de Toekomst te realiseren op Floriade van 2002. Voor de Kas van de Toekomst was de doelstelling terugdringen van het energiegebruik.

Dit heeft geleid tot het ontwikkelen van nieuwe concepten. Op de Floriade werden vooral de toen al haalbare opties om een hogere lichttransmissie te bereiken getoond. Daarnaast werden de gedachten voor een gesloten kas getoond, nadat in voorafgaande jaren uit onderzoek de mogelijkheden voor aquifertoepassing waren gebleken. Het concept van ECOFYS werd in dat jaar in samenwerking met het Proefstation in Naaldwijk (nu PPO-Glastuinbouw) en met financiële steun van de GLAMI-partijen (LNV en PT) gerealiseerd. In dat jaar werden ook studies naar een Kas als Energiebron van de Stichting Innovatie Glastuinbouw Nederland gepresenteerd. In het kader van het Glami-energieonderzoek heeft A&F een systeem van dekkkoeling met dakbevoeiing ontwikkeld.

Bij Themato in Berkel en Rodenrijs is in 2004, met financiële steun in het kader van de LNV/EU/PT-regeling kennisoverdracht en demonstratiesubsidies, de eerste bedrijfsmatige kas gerealiseerd volgens het principe van Innogrow (een dochteronderneming van Ecofys). In het eerste jaar was de productiestijging 10 % ten opzichte van het niet gesloten deel van het bedrijf. Over de energiebesparing kon nog weinig worden gezegd omdat de installaties pas na de winter in bedrijf konden worden genomen. In de gesloten kas was de verdamping geringer evenals de nutriëntenopname per kg drogestof. Het condenswater bleek geschikt voor hergebruik en de CO₂ behoefte was 65 % lager in de gesloten kas.

De productietoename van 10% blijft achter bij de prognose. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn onder andere een te lage LAI (Leaf Area Index = Bladoppervlak/m²) in de zomer, een onregelmatige plantbalans in het najaar en een te lage worteltemperatuur. In vervolgonderzoek wordt getracht een beter inzicht te krijgen in de oorzaken van de achtergebleven meerproductie.

Voor “de Kas als Energiebron” wordt gestreefd naar praktijkdemonstratie in het glastuinbouwgebied Bergerden. Hiervoor wordt nu gewerkt aan het praktijkrijp maken van een efficiënte warmtewisselaar, waardoor de noodzaak van een warmtepomp in het systeem wordt beperkt.

Naast deze ontwikkelingen zijn ook andere vormen van gekoelde teeltsystemen in opkomst.

Grondkoeling is al jaren gangbaar bij onder andere Freesia, Amaryllis en Alstroemeria, In combinatie met warmtepomp en aquifer loopt hiervoor een demonstratieproject bij CVC- Luttelgeest .

Sinds de proeven met een gesloten kas voor de tomatenteelt door PPO en Ecofys, is de interesse voor kasluchtkoeling gestegen. Kasluchtkoeling kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. Zo is er een koelingsysteem ontwikkeld bij Phalaenopsis (Demonstratieproject bij Sion plant). Bij roos heeft Berg Roses in Delfgauw eveneens een systeem van koeling geïnstalleerd. En verder is er sprake op een aantal bedrijven

van varianten op de bestaande systemen.

Onder de naam Klimrek is een ontwikkelingsproject gestart, waarin een nieuw kasconcept integraal worden beproefd. Het concept bestaat uit een reeks van componenten waarvan de belangrijkste in relatie tot de energiehuishouding zijn: fluid-roof systeem voor het invangen van NIR straling, korte termijn warmtebuffer onder de kasvloer, aangepaste constructie en kasdek materiaal voor hoge lichttransmissie, aangepaste regeling. De kaslucht kan worden gekoeld en eventueel herverwarmd met behulp van warmtewisselaars en ventilatoren, of alleen gekoeld via het kasdek door koud water over het dek te laten stromen. Kaslucht- en dekkkoeling zijn ontwikkeld als systeem voor warmteoogst.

Concepten voor (semi)gesloten systemen en optimaliseringen daarvan zijn nog volop in ontwikkeling.

4 Andere ontwikkelingen in techniek en teelt

De (semi-)gesloten kas kan niet geïsoleerd worden beschouwd. Er zijn andere teeltontwikkelingen die de teler meer grip geven op de productie en die productiestijging en/of energiebesparing tot doel hebben. Ontwikkelingen die ingrijpen op de warmte cq. koudevraag zijn van invloed op de (semi-)gesloten kas. Een kleinere koudevraag betekent over het algemeen een verruiming van de mogelijkheden voor (semi-)gesloten, terwijl een afname van de warmtevraag eerder zal leiden tot beperkingen of noodzaken tot het vinden van afzetmogelijkheden voor het extra warmteoverschot. De ontwikkelingen die ingrijpen op de warmtevraag en/of de productie zijn van invloed op de referentiesituatie waar de (semi-)gesloten kas tegen afgezet moet worden.

4.1 Belichten

Bij veel gewassen behoort assimilatiebelichting tot de standaardbedrijfsmiddelen. De productie van elektriciteit voor belichting met behulp van een WKK-installatie levert gelijktijdig warmte op. Deze warmte kan worden gebruikt om de kas te verwarmen. De vraag naar licht en warmte loopt daarbij redelijk parallel door het jaar. Dit is gunstig omdat geen lange termijn energieopslag nodig is. Bij een hoog geïnstalleerd vermogen voor de assimilatiebelichting en veel belichtingsuren is de warmteproductie zo groot dat een warmteoverschot ontstaat. De warmte van de lampen en de warmtekrachtinstallatie beperkt de inzetbaarheid van warmte uit andere periodes, zodat vanuit energieoogpunt een (semi-)gesloten systeem minder interessant wordt. In dit geval moet zowel voor het warmteoverschot dat ontstaat door het sluiten van de kas, als het potentiële warmteoverschot van de belichting een afnemer worden gezocht. Efficiëntere lampen en efficiëntere warmtekrachtinstallaties zullen het warmteoverschot in de toekomst verlagen. Om de potentiële lichthinder in de omgeving te beperken zullen in de toekomst tijdens de belichtingsuren schermen moeten worden toegepast om de lichtuitstoot te beperken. Hierdoor zal de mogelijkheid voor de inzet van warmte uit andere periodes alleen maar geringer worden. In het algemeen kan gesteld worden dat vanwege de grote warmteproductie, belichting moeilijk met koeling te combineren is



Figuur 4 Belichting is vanwege de grote warmte productie moeilijk met koeling te combineren

4.2 Isoleren

Om kassen beter te isoleren worden schermen toegepast. Schermen zijn een essentieel onderdeel van de bedrijfsuitrusting in de hedendaagse glastuinbouw. Uit recent onderzoek blijkt dat in de sector 5-12% energie kan worden bespaard zonder productieverlies, wanneer schermen intensiever worden gebruikt. Schermen voor vermindering van de warmtevraag in de winter zal in (semi-)gesloten systemen een plaats blijven behouden, zeker omdat daarmee de piekvraag naar warmte beperkt wordt. De warmtevraag invullen met een warmtepomp is gunstig voor productie van koude, daarom kan het aantal schermuren afnemen. Afhankelijk van de waarde van de koude die gelijktijdig met de inzet van warmte wordt geproduceerd zal dit vaker toegepast worden, vooral op momenten dat de kas zonder een scherm met de laagwaardige warmte van de warmtepomp op temperatuur kan worden gehouden,.

In een aantal teelten, onder andere komkommer, wordt de luchtvochtigheid verhoogd door toepassing van folie of scherm. In (semi-)gesloten kassen kan door toepassing van bevochtiging de luchtvochtigheid zodanig op een hoger niveau gebracht worden. Vooral in de winter, met een koud kasdek waar gemakkelijk condensatie op plaatsvindt, is handhaving van de luchtvochtigheid op een voldoende niveau een aandachtspunt. (Semi-)gesloten systemen zijn dan niet direct in het voordeel omdat de extra luchtbeweging langs het kasdek mogelijk leidt tot een hogere condensatie. Er is meer warmtegeleiding van het dek. Dit vraagt om een aangepaste luchtcirculatie waarin toepassing van schermen een aanvullende functie kan hebben. Een andere methode van isoleren is het Lexan-Zigzag kasdek. Hierdoor is in de winter minder warmte nodig om de kas op temperatuur te houden. Dit vermindert de inzet van warmtepompen en daarmee de mogelijkheid om in de zomer de kas te koelen. De hoge isolatiewaarde heeft als nadeel dat meer vocht via ventilatie moet worden afgevoerd. Hierbij kan juist luchtbehandeling met een koelsysteem gunstig zijn, hoewel dit wel extra energie kost.

4.3 Selectief invangen zonne-energie

Niet alle zonne-energie wordt optimaal gebruikt of is altijd wenselijk in de kas. Dit is aanleiding voor nieuwe schermen en andere kasdekmaterialen. Zo wordt gewerkt aan:

- ❖ kasdekmaterialen en schermen die van invloed zijn op de productie in de kas:
 - diamantglas en toepassing van antireflectie coating zorgen voor een hogere transmissie
 - diffuse kasdekmaterialen zorgen voor een betere doordringing van het licht in het gewas en vermindering van schaduwplekken
- ❖ kasdekmaterialen en schermen die van invloed zijn op de koudevraag in de kas:
 - selectief doorlaten van het lichtspectrum; bijvoorbeeld door een lagere transmissie van Nabij Infra Rood, waardoor minder warmte de kas inkomt. Het voor de planten nodig Par-licht komt wel binnen.
 - afvangen van warmte middels een fluid-roof systeem. Hierdoor komt de warmte niet in de kas. De afgevangen warmte moet wel in de winter worden ingezet voor verwarming.
 - zonnenscherm; deze beperkt de directe straling en helpt daardoor in de zomer de gewastemperatuur te verlagen, waardoor een hogere kasluchttemperatuur kan worden geaccepteerd.

Al deze ontwikkelingen bieden ook voor de (semi-)gesloten kas interessante mogelijkheden tot een verdere optimalisatie.

4.4 Teeltbeheersing

Binnen de verschillende teelten is er een forse spreiding in het energiegebruik per kg product en de productie per m². Hoewel dit deels kan worden verklaard uit lokale omstandigheden, raskeuze en het verschil in aanwezige voorzieningen, mag worden verwacht dat bij de gemiddelde tuinder een optimalisatie in energiegebruik en productie tot de mogelijkheden behoort.

Voor elke teelt is een homogener kasklimaat ideaal. Een volledig homogeen klimaat zal echter nooit worden bereikt omdat er altijd transportprocessen van waterdamp, CO₂ en zuurstofgas plaatsvinden. Voor de teelt zijn homogeniteit van temperatuur en vochtverdeling het belangrijkste omdat in-homogeniteit leidt tot plaatselijke risico's van natslag van plantendelen. Natte plantendelen zijn de belangrijkste risicofactor voor het optreden van botrytis. Van een systeem waarin door middel van de geforceerde luchtbeweging de homogeniteit van het klimaat beter wordt, mag daarom een positief effect voor de teelt worden verwacht. Bovendien stelt dit de teler in staat om dichterbij kritische grenzen voor vocht te gaan telen. De risico's voor ziekten zijn gelijk of worden kleiner. Door luchtbeweging wordt echter de ziekteverspreiding op zich geactiveerd. Koeling met geforceerde luchtbeweging kan leiden tot een grotere verticale temperatuurgradiënt in de kas.

De effecten van luchtbeweging op de groei van planten is onderwerp van een lopende studie. In een kasexperiment wordt nagegaan of luchtbeweging in combinatie met CO₂ de groei van een gewas stimuleert. Theoretisch gezien moet deze hypothese kloppen en in een experiment in klimaatcellen zijn er aanwijzingen voor meerproductie gevonden. Mocht de toepassing van luchtbeweging daadwerkelijk tot meerproductie leiden dan zal dit ook in een normale kas toegepast kunnen worden.

Bij de teelt laat de teler zich door meer informatie leiden dan wat hij met het oog aan het gewas ziet. Informatie uit plantsensoren, berekeningen over verwachte groei en aflevertijdstip en bedrijfsregistratie gegevens vormen de basis voor de beslissingen van de ondernemer. Daarbij neemt de automatisering van de informatieverwerking een centrale plaats in. Beslissingsondersteunende systemen leveren inzicht in de stuurmogelijkheden van de teelt en bieden zonder hoge investeringen potentie voor productietoename en verlaging van het energiegebruik. Deze systemen zullen bij (semi-)gesloten kassen ook toegepast worden. In een (semi-)gesloten kas zullen de mogelijkheden om met beslissingsondersteunende systemen de teelt en het energiegebruik te sturen alleen maar groter zijn. Hoewel het niet uitgesloten is dat zich nieuwe vraagstukken aandienen, waar een optimalisatie voor gezocht zal moeten gaan worden.

Samenvattend:

1. bij belichting is er over het algemeen al een warmteoverschot, waardoor de behoefte aan duurzame warmte in de winter beperkter is en de oppervlakte open kas verhoudingsgewijs groter moet zijn. Intensieve belichting in (semi-)gesloten kassen lijkt vooralsnog geen reële optie.
2. Isoleren van kassen verlaagt de warmtevraag. De warmtevraag is vele malen kleiner dan de ingevangen zomerwarmte, waardoor kasisolatie de behoefte aan meer open kassen vergroot om de aquifer thermisch in balans te houden.
3. Het selectief invangen van licht en dan met name de verlaging van de koellast (warmtestraling buiten de kas houden) kan op termijn van grote betekenis zijn voor een bredere toepassing van (semi-)gesloten telen.
4. Met luchtbeweging kan een homogener klimaat bewerkstelligd worden. Dit kan voordelen hebben op ziektegebied (RV) en mogelijk ook productie. De invloed van luchtbeweging op productie wordt momenteel onderzocht.

5 Perspectiefbepalende aspecten (semi-)gesloten kas

Het gesloten en (semi-)gesloten kassysteem is een tot de verbeelding sprekend concept, omdat het de mogelijkheid biedt energiebesparing te combineren met productieverhoging. Vooral door het laatste kan dit concept zich verheugen op grote interesse van de sector.

Productieverhoging wordt mogelijk door een betere beheersing van het klimaat in de kas, waardoor stress situaties kunnen worden voorkomen en (vaker) een hoog lichtniveau kan worden gecombineerd met een hoog CO₂-niveau.

Omdat niet in alle situaties een (semi-)gesloten kas haalbaar zal zijn, geven wij hier een overzicht van de aspecten die bij de keuze voor een meer gesloten systeem een rol spelen. Uiteindelijk zal de keuze voor een (semi-)gesloten kas immers vooral, gebaseerd zijn op economische gronden. Is het mogelijk om met de nieuwe technieken voldoende voordeel in productie, productkwaliteit, teeltsturing en energiebesparing te behalen en zo duurzaam te ondernemen.

Het beoordelen van de haalbaarheid moet gezien worden tegen de huidige stand van de (teelt)techniek, de productie en de mogelijke alternatieven; het referentiekader. Een standaardbedrijf heeft een kas met enkeldek en energiescherm, een rookgascondensor en een warmtebuffer.

De haalbaarheid van een (semi-)gesloten kas wordt beïnvloed door:

- **economische aspecten**; investering en financierbaarheid tegenover de toename van de inkomsten door een betere productie in kwantiteit en kwaliteit en de afname van de kosten door energiebesparing; de referentie is zeer bepalend voor het economisch perspectief.
- **teeltkundige en -technische aspecten**; geeft de combinatie hoog licht met hoge CO₂-concentratie en vermindering van stress voldoende meerproductie en is klimaatbeheersing met beperkte of zonder natuurlijke ventilatie via luchtramen praktisch uitvoerbaar in combinatie met het teeltsysteem. Daarbij is de sturing van temperatuur, waterhuishouding en voeding van de plant een terrein dat opnieuw moet worden onderzocht om het optimale rendement te bereiken.
- **technische aspecten**; momenteel is de uitvoering van de systemen nog volop in ontwikkeling. Het is nog niet te overzien welke invloeden die ontwikkelingen op de toepasbaarheid en haalbaarheid hebben.
- **energietechnische en milieutechnische aspecten**; is de warmtevraag in balans met de koudevraag. Maar ook, is de ondergrond geschikt om te gebruiken voor seizoensopslag van warmte en koude.
- **marktaspecten**; resulteert de meerproductie ook daadwerkelijk in hogere inkomsten; wat zijn de effecten van meerdere aanbieders die gebruik maken van (semi-)gesloten kas.
- **overig**; hoe belangrijk is maatschappelijk verantwoord ondernemen.

5.1 Economische aspecten

Omdat de referentiesituatie een voor de glastuinbouw haalbaar concept is, gaat het hier om de meerinvestering die nodig is om de kas (semi-)gesloten te kunnen maken. Hierbij wordt uitgegaan van de momenteel bekende systemen.

De meerinvestering in een (semi-)gesloten systeem is de investering bovenop de investering in de kas en het teeltsysteem. Deze meerinvestering wordt vooral bepaald door het luchtbehandelingsysteem (inclusief warmtewisselaars), de warmtepomp in combinatie met WKK en de aquifer. Om 1 ha kas volledig te kunnen sluiten bedraagt de meerinvestering 60 – 100 €/m². Dezelfde meerinvestering kan echter ook worden gebruikt om ca. 3,5 ha semi-gesloten uit te voeren. Het koelvermogen per m² is dan kleiner en er zal vaker gebruik moeten worden gemaakt van natuurlijke ventilatie.

De meerinvestering wordt vooral bepaald door het koelvermogen en de diepte van de aquifer. Hierbij is het koelvermogen erg afhankelijk van de specifieke wensen van de teler en daarmee ook teeltspecifiek. De diepte van de aquifer is locatiespecifiek.

De meerinvestering moet zich terugverdienen door een betere productie en door het besparen van energie. De mate waarin de benodigde extra inkomsten door een betere productie kunnen worden gegenereerd is afhankelijk van de teelt. Dat wil zeggen enerzijds de mogelijkheid om fysiek meer te produceren en anderzijds het financiële effect van deze meerproductie.

Voor de economische evaluatie is het belangrijk te weten in hoeverre de voordelen van de combinatie van hoog licht met hoge CO₂-concentratie daadwerkelijk worden omgezet in een hogere productie. Niet alle gewassen reageren even sterk op een toename in de CO₂-concentratie. Een procentuele toename in de opbrengst in € per m² is iets anders dan een absolute stijging. Een productiestijging van 20% bij een opbrengst van 45 €/m² biedt meer investeringsruimte dan dezelfde procentuele stijging bij een opbrengst van 35 €/m². Bovendien kan, als de productiestijging gepaard gaat met een hoge kostenstijging door bijvoorbeeld meer behoefte aan arbeid en plantmateriaal, het voordeel van opbrengstverhoging deels teniet worden gedaan.

Zoals eerder aangegeven is de warmtevraag teelt- en kasafhankelijk en is de ingevangen warmte (= koudevraag) vooral van het type kas en de mate van geslotenheid afhankelijk. Dit betekent dat de hoeveelheid ingevangen warmte, waarvoor dus minder gas ingekocht hoeft te worden, bij de verschillende gewassen vrijwel gelijk zal zijn. Minder gas, omdat nog altijd gas nodig is voor de WKK en warmtepomp. In het economisch plaatje is dan vooral het nuttig gebruik van deze warmte en een efficiënte WKK en warmtepomp belangrijk.

Bij het "standaard" bedrijf kan per m² een hoeveelheid warmte worden ingevangen die overeenkomt met ca. 64 m³ gas. Uitgaande van een gasprijs van 0,15 €/m³¹⁾ heeft dit een economische waarde van 9,6 €/m². Wanneer de koudevraag wordt verlaagd neemt dit bedrag samen met de investering proportioneel af.

Uitgaande van een meerinvestering van 80 €/m², een afschrijvingstermijn van 10 jaar, 3,8% rente en 2,2% van de investering voor onderhoud en beheer moeten de inkomsten met 11,5 €/m² toenemen. Samen met de waarde van de ingevangen warmte betekent dat bij de gestelde gasprijs van 0,15 €/m³, minimaal 1,9 €/m² moet worden gedekt uit de toegenomen productie, om op hetzelfde saldo uit te komen dan bij de traditionele kas.

In onderstaande tabellen is de gevoeligheid van de benodigde productietoename voor de investering, koelbehoefte en de mate waarin de ingevangen warmte te gelde kan worden gemaakt, weergegeven. De berekende productietoename resulteert in een economisch saldo dat gelijk is aan de productie in de traditionele kas.

¹ De gasprijs is in 2005 fors gestegen dit beïnvloed de uitkomsten van de economische berekeningen.

benodigde productietoename		verlaging investering		
	5,5%	-20%	0%	20%
teelt opbrengst [€/m]	20	21,2%	9,6%	-1,9%
	30	14,1%	6,4%	-1,3%
	40	10,6%	4,8%	-0,9%
	50	8,5%	3,9%	-0,8%
investering [€/m2]		96	80	64

benodigde productietoename		verlaging koelbehoefte		
	5,0%	0%	20%	40%
teelt opbrengst [€/m]	20	9,6%	7,7%	5,8%
	30	6,4%	5,1%	3,9%
	40	4,8%	3,9%	2,9%
	50	3,9%	3,1%	2,3%
ingevangen warmte [Aeq/m2]		64	51	38
investering [€/m2]		80	64	48

benodigde productietoename		inkomsten uit warmteafzet [% van vermeden gasinkoop]		
	5,5%	60%	80%	100%
teelt opbrengst [€/m]	20	28,8%	19,2%	9,6%
	30	19,2%	12,8%	6,4%
	40	14,4%	9,6%	4,8%
	50	11,5%	7,7%	3,9%
warmte inkomsten [€/m2]		5,8	7,7	9,6

Hieruit blijkt dat duidelijk minder hoge eisen aan de meeropbrengst hoeven te worden gesteld wanneer het een teelt betreft met een hoge opbrengst per m² en/of wanneer de investering afneemt. In bovenstaande tabel staat het effect van een lagere koelbehoefte op de benodigde investering. Onder aan deze tabel is deze lagere koelbehoefte uitgedrukt in ingevangen warmte en is het effect op de investering te zien. Bij de investering is ervan uitgegaan dat deze recht evenredig met de koelbehoefte afneemt. In de praktijk zal deze verhouding iets anders kunnen liggen.

Het verlagen van de koelbehoefte is mogelijk door een ander kasdek of door de kas semi-gesloten uit te voeren. Hierbij heeft het gebruik van een kasdek die minder van het Nabij Infra Rode straling binnen laat en wel alle voor de fotosynthese belangrijke PAR straling doorlaat minimaal effect op de productie. Materialen die zowel minder PAR als NIR doorlaten of een semi-gesloten uitvoering zullen t.o.v. de volledig gesloten uitvoering resulteren in een verlaging van de productie per m².

Deze tabellen geven het effect op jaarbasis weer. Vooral teelten waarvan de prijs in de zomer hoog is zullen voordeel hebben bij het telen in een (semi-)gesloten kas.

5.2 Teeltkundige en -technische aspecten

Kortweg kan een (semi-)gesloten kas teelttechnisch de volgende voordelen bieden:

- Het CO₂-niveau kan hoog gehouden worden omdat minder of niet wordt geventileerd.
- De RV kan, indien gewenst, lager of hoger worden gehouden
- Als het gewas in de zomer de verdamping niet aan kan helpt een (semi-)gesloten kas stresssituaties voorkomen doordat het de gewaskoeling ondersteunt.
- Teeltsturing (ook bloei-inductie) is beter mogelijk omdat de temperatuur beter in de hand kan worden gehouden.
- In een gesloten kas kunnen schimmelsporen en vliegende insecten (beter) buiten worden gehouden.

Het effect van deze voordelen is erg afhankelijk van het gewas. Zo zal de invloed op de RV afhangen van de gewasopbouw en kan de koeling onder in het gewas positieve maar ook negatieve gevolgen hebben voor de productie.

In zijn algemeenheid zullen vooral gewassen die een hoge CO₂-concentratie omzetten in een hogere productie renderen in een gesloten kas.

Voor elk gewas is in de loop van de jaren een eigen teeltsysteem ontwikkeld. De gewassen kunnen daarbij ingedeeld worden naar technische uitrusting

- teelt op goten
 - hangende gewassen
 - staande gewassen
 - verplaatsbare gewassen
- teelt op tabletten
 - vast
 - mobiel
- teelt op betonvloeren met eb-vloed
- teelt op gronddoek
- teelt in de vollegrond



Figuur 5 Onder hangende goten is ruimte voor koeling en verwarming met luchtbeveging

Voor (semi-)gesloten systemen, waarin luchtkoeling ondersteund door geforceerde ventilatie wordt toegepast, is inpasbaarheid niet voor alle teeltsystemen uitvoerbaar. Licht is de primaire voorwaarde voor groei. Daarom moet een luchtcirculatiesysteem zo min mogelijk lichtverlies geven. De afweging moet echter worden gemaakt tussen opbrengstderiving als gevolg van lichtverlies en besparing op installatiekosten als een luchtbehandelingsysteem boven het gewas wordt gemonteerd. Bij voorkeur zal het onder het gewas of onder in het gewas moeten worden aangebracht.

Als de inpassing leidt tot een andere opzet van het totale teeltsysteem zal dit gevolgen hebben voor de arbeidsbehoefte. Wordt gebruik gemaakt van grondkoeling of kasdekkoeling dan is de inpasbaarheid vaak eenvoudiger.

Het teeltsysteem is dus een belangrijke randvoorwaarde voor de technische mogelijkheid om koeling toe te passen.

5.3 Energietechnische aspecten

Het energiegebruik van de (semi-)gesloten kas wordt bepaald door het energiegebruik van de warmtepomp, de grondwaterpompen en ventilatoren.

Wanneer gebruik wordt gemaakt van kasluchtkoeling en -verwarming is elektriciteit nodig voor het in beweging houden van de lucht. Bij Themato wordt per uur 20 x het kasvolume rondgepompt. Ook dit vraagt dus de nodige energie en is mede bepalend voor de omvang van de warmtekrachtinstallatie en de hoeveelheid warmte die daarmee wordt geproduceerd.

Om de duurzaamheid van het concept te maximaliseren dient het energiegebruik tot een minimum te worden teruggebracht. Dit kan door een efficiënte warmtepomp (met een hoge COP = coëfficiënt of performance) te gebruiken, een warmtekrachtinstallatie te gebruiken met een hoog rendement en een efficiënte methode voor de geforceerde luchtbeweging toe te passen, de (intensiteit van de) luchtbeweging te optimaliseren en koeling alleen dan toe te passen wanneer het voor het gewas nuttig is.

Om gebruik te kunnen maken van een aquifer moet de energiebalans voor koude en warmte op jaarbasis neutraal zijn. Dat wil zeggen:

- alle geogoste zonnearmte moet nuttig kunnen worden ingezet voor verwarming van de kas of worden afgezet bij derden
- alle geproduceerde koude moet zijn gebruikt voor koeling.

Dit laatste zal vrijwel altijd kunnen omdat er in de zomer een groot warmteoverschot en dus koudevraag is. De verzamelde warmte nuttig aanwenden in de winter is de beperkende factor. De warmtevraag is namelijk kleiner dan de koudevraag en daarnaast zijn er andere warmtebronnen die de warmtevraag van de kas verder verlagen, zoals de WKK, de piekkel en inzet van gas voor CO₂ productie.

In onderstaande tabel staan voor een aantal situaties weergegeven welk oppervlak aan traditionele kas moet worden gecombineerd met 1 ha gesloten kas om de totale hoeveelheid ingevangen warmte en de met andere bronnen geproduceerde warmte kwijt te kunnen.

	warmtevraag openteelt [m ³ /m ²]			
	25	35	45	55
open/gesloten	10,2	7,0	5,2	4,1

Hieruit blijkt dat een gesloten kas bij intensieve teelten eerder praktisch uitvoerbaar is. De warmte kan uiteraard ook bij derden worden afgezet. Echter door het temperatuurniveau waarop de warmte beschikbaar komt ($\pm 40^{\circ}\text{C}$) zal dit niet altijd praktisch uitvoerbaar zijn.

Omdat er nog geen andere mogelijkheden beschikbaar zijn voor lange termijn energieopslag van de omvang waarvan hier sprake is, is uiteindelijk de aanwezigheid van een geschikte aquifer bepalend voor het succes van een (semi-)gesloten kas. Belangrijke aspecten die een rol kunnen spelen zijn bijvoorbeeld:

- Het zoet/brakwater-grensvlak:
Een watervoerende laag met een zoet/brakwater-grensvlak is in het algemeen niet toepasbaar, omdat energieopslag (met filters deels boven en deels onder het grensvlak) zal leiden tot menging van beide waterkwaliteiten en verdere verzilting van die laag, die in veel provincies niet is toegestaan.
- De redoxgrens:
Energieopslag in een watervoerende laag met een redoxgrens (zuurstofhoudend water aan één kant en ijzerhoudend water aan de andere kant) leidt bij menging van die twee soorten water tot vlokvorming van ijzeroxide, waardoor de bronnen verstopt kunnen raken.
- Gashoudend grondwater:
Bij gashoudend grondwater (met bijvoorbeeld opgelost methaan) kunnen problemen ontstaan met ontgassing van het grondwater. De druk in het grondwatercircuit moet zodanig hoog zijn dat de gassen in oplossing blijven. Een te hoge injectiedruk kan echter, vooral bij ondiepe aquifers, leiden tot het opbarsten van de bodem rond de bronnen.
- De doorlaatbaarheid van de bodem:
De doorlaatbaarheid van het watervoerende pakket dient niet te laag te zijn (minimaal 5 tot 10 m/dag) omdat dit anders te veel pompenergie vraagt.
- De stroomsnelheid van het water:
De stroomsnelheid dient niet te hoog te zijn omdat anders een deel van de opgeslagen warmte en koude niet meer uit de bodem kan worden teruggewonnen. De acceptabele snelheid hangt af van de cirkel die de koud- en warmwaterbel inneemt.

Vervolgens is het belangrijk tijdig bij de provincie vergunning aan te vragen in het kader van de Grondwaterwet (doorlooptijd circa 7,5 maand). Het toepassen van een ondergronds energieopslagsysteem gaat in het algemeen gepaard met een registratieplicht (wat jaarlijkse kosten met zich mee brengt).

5.4 Marktaspecten

Resulteert de meerproductie ook daadwerkelijk in hogere inkomsten. Meerproductie in een periode met lage prijzen draagt minder bij aan een goed economisch rendement. Tegelijk kan een betere productkwaliteit zich vertalen in een betere prijs.

Hoe de balans hiervan uitpakt zal erg afhangen van de specifieke teelt. Voor de financiële onderbouwing van een (semi-)geslotenkasproject is enig inzicht hierin wenselijk. Als op termijn een groot aantal telers gesloten telen zal het prijsvoordeel op basis van kwaliteit te niet gedaan worden.



Naast een beter product en een hogere productie biedt de beheerste teelt in de (semi-)gesloten kas in principe de mogelijkheid de teelt meer in de tijd te sturen. Dit geeft de mogelijkheid in te spelen op ontwikkelingen in de markt en de beschikbare arbeid. Alvorens van dit voordeel volop gebruik te maken, zal meer inzicht moeten worden verkregen in het lange termijn effect van deze ingrepen en de investering die dit met zich meebrengt.

Doordat er meer aanbieders komen met varianten en aangepaste (goedkopere) concepten, zal door marktwerking de investeringsomvang in de komende tijd dalen wat leidt tot het eerder rendabel worden. Daarbij is het gezien de complexiteit van het systeem aan te raden vooraf duidelijke afspraken te maken over de prestaties van het totale systeem.

5.5 Overig

Onder overige vallen afwegingen die minder invloed hebben op de keuze van de ondernemer voor een (semi-)gesloten teeltsysteem.

Het areaal met (semi)gesloten teeltsystemen. Dit heeft twee facetten.

- Zijn er mogelijk collega-ondernemers die ook (semi)gesloten telen. Dan kun je van elkaar leren. Dat geldt zeker voor ingrijpende veranderingen, zoals (semi)gesloten telen, waarbij de eerste resultaten wijzen op noodzakelijke leereffecten
- Een groter areaal maakt de ontwikkeling van gewasspecifieke onderdelen eerder rendabel.

Stimuleren telers van een gewas elkaar op het terrein van innovatie, dan bevordert dit de keuze voor een innovatieve techniek.

Maatschappelijk verantwoord ondernemen is duurzaam ondernemen. Dat komt tot uiting door het zicht willen houden op GLAMI- en Kyoto- afspraken. Het wordt door ondernemers als marketinginstrument gehanteerd, maar is voor de keuze om meer gesloten te gaan telen niet van invloed.

Een technisch voordeel is dat door ontvochtiging water kan worden gewonnen. Hierdoor heeft de ondernemer minder water nodig. Dit is een nevenvoordeel maar meestal niet doorslaggevend.

Voor koeling wordt de koude onttrokken aan een aquifer. Dit is een continu proces. Voor de pieklast in koeling moet daarom de koude in een dagbuffer worden opgeslagen. Voor de dagbuffers is ruimte naast de kas nodig. Deze buffers hebben een forse omvang.

Het laatste aandachtspunt is het beperken van risico's. Daarbij staat de vraag centraal: welk risico is er als er niet geventileerd kan worden? Daarbij valt te denken aan ophoping van (tot nu toe onbekende) schadelijke stoffen. De kans daarop is relatief klein, omdat het nooit een volledig luchtdichte kas is. Er zal altijd enige uitwisseling met de buitenlucht zijn. Een permanente lage concentratie van een stof kan echter ook al

schadelijk zijn. Hierop moet de ondernemer bedacht zijn. Hier is echter nog geen onderzoek naar gedaan. Kassen die worden gesloten zijn bij voorkeur niet 100% dicht. De opbouw van giftige stoffen maakt dat een zekere mate van verversing wenselijk blijft. De huidige Venlo-kas zorgt door lekverliezen voor voldoende verversing. Wanneer voor dichtere kassystemen wordt gekozen zal tevens voor een geforceerde luchtverversing moeten worden gezorgd. Een tweede belangrijk risico is de kans op uitvallen van de installatie. Gewaarborgd moet zijn dat er geen te hoge temperaturen of andere schadelijke situaties in de kas ontstaan. Dit kan door handhaving van een deel van de luchtingcapaciteit van de huidige kassen.

Samenvattend:

1. (semi)gesloten kasconcepten vragen hoge meerinvesteringen, waarvan de jaarkosten moeten worden terugverdiend door besparing op verwarming (gas) en meeropbrengsten. Voor een situatie met een gesloten en open deel (1 op 3) is grofweg een minimale meerproductie van 20% in het gesloten deel in combinatie met een minimale energiebesparing van 10% over het gehele bedrijf nodig om quitte te spelen.
2. In meer gesloten situaties kan het CO₂ -niveau hoger worden gehouden, kan de RV beter beheerst worden (minder kans op schimmelziekten en minder stress) en kan de teeltsturing beter zijn (bloei-inductie).
3. Energietechnisch is het benutten van de warmte het grootste probleem. Voor de pieklast zal altijd een ketel gebruikt blijven worden.
4. Bij een groter aandeel (semi)gesloten kassen kunnen de meeropbrengsten (prijzdruk) afnemen, maar kunnen de leerervaringen toenemen.
5. Voor de aquifer spelen lokale omstandigheden een grote rol.
6. Meer gebruik van duurzame warmte leidt tot een verlaging van de CO₂ -emissie en past daarmee in het streven om de CO₂ -emissies te beperken.

6 Beoordeling gewasgroepen voor (semi-)gesloten kassen

6.1 Ideaal gewas

Het ideale gewas voor een (semi-)gesloten systeem heeft een vrij open gewasopbouw en wordt geteeld in een teeltsysteem, waaronder de luchtbehandeling kan worden aangebracht. Alle planten zijn in eenzelfde stadium van ontwikkeling waarbij fotosynthese maximaal moet zijn. Het gewaspakket heeft een dikte van maximaal 1 meter zodat er een uniform klimaat in het gewas kan worden gerealiseerd. De opbrengst wordt vooral bepaald door de hoeveelheid droge stof per m². De behoefte van het gewas aan CO₂ is hoog en de gevoeligheid voor hogere temperaturen beperkt en de warmtevraag in de winter is tamelijk hoog. Verder heeft het gewas een hoge opbrengst en een hoge meerproductie bij hogere CO₂-niveau's. Dit ideale gewas wordt geteeld in een kas waar (in de zomer een groot deel van) de warmtestraling of op andere wijze weggenomen kan worden. Dit ideale gewas bestaat niet. Veeleer is het verstandig de techniek aan te passen aan de specifieke mogelijkheden van gewassen. In dit hoofdstuk worden de verschillende aspecten tegen het licht gehouden en in paragraaf 6.4 wordt een grove indeling van mogelijke gewassen gegeven waar gesloten telen perspectieven biedt.

6.2 Blokkerende situaties

De (semi-)gesloten kas zal lang niet voor alle gewassen en bedrijfssituaties een rendabele investering zijn. Een lage toegevoegde waarde van een meerproductie per m² is reden om niet in (semi-)gesloten te investeren.

Een overschot aan warmte, die niet nuttig kan worden ingezet, en daarom geld kost om af te voeren is een blokkade. Dit geldt vooral als assimilatiebelichting, die elektrisch gevoed wordt met een eigen WKK, wordt toegepast.

Als in de bodem een goede aquifer ontbreekt, is het niet mogelijk om warmte voor langere tijd op te slaan en is (semi-)gesloten niet haalbaar.

6.3 Algemene benadering

Algemeen kan gesteld worden dat een (semi-)gesloten kas de regelbaarheid van het klimaat (temperatuur, luchtvochtigheid, CO₂ niveau) vergroot, maar de temperatuur kan ondanks de koeling op zonnige, zomerse dagen nog oplopen tot hoge waarden bij ongeschermd situaties. Daarom zijn er voor alle gewassen voordelen te behalen uit het gebruik van een (semi)gesloten kas. Het is echter onmiskenbaar dat voordelen voor het ene gewas aanmerkelijk groter zijn (lees: meer waarde hebben) dan voor het andere gewas. Het is dus heel aannemelijk dat de economische haalbaarheid voor het ene gewas eerder onder handbereik ligt, terwijl deze voor het andere gewas zeer onwaarschijnlijk is.

Productie
Productie in kg/stuks
Prijsvorming
Productkwaliteit
Energie
Energiegebruik
Toepassing van laag waardige warmte
Belichting
Schermen
Teeltkwaliteit
Beheersing luchtvochtigheid
Teeltsturing door temperatuur, opbouw van het gewas
Aantasting door schimmelziekten en plagen
Verdamping
Water en Nutriënten opname, wortel activiteit
Systeem en arbeid
Teeltsysteem
Arbeid
Overige
Kennis/leerervaringen/investeringskosten
Innovatie
Duurzaamheid
Water besparing
Risico beperking

De afweging van de voor- en nadelen van een gesloten systeem is geen simpele optelsom. Het aantal aspecten in de afweging is groot. Daaronder zijn er die doorslaggevend zijn, terwijl andere aspecten een aanvullende motivatie vormen.

In het kader is als een checklist een opsomming gegeven van aandachtspunten die in de teeltkundige overweging voor een (semi-)gesloten kas belangrijk zijn. Hiervan zijn productie en energie zwaarwegende argumenten. De andere drie categorieën – teeltkwaliteit, systeem en arbeid en overige - zijn minder zwaarwegend, maar kunnen wel, al dan niet in combinatie, de haalbaarheid bepalen. In de checklist zijn geen aspecten opgenomen die met de locatie van een bedrijf te maken hebben, zoals geschiktheid van de bodem voor langetermijn energieopslag (zie 6.2).

6.4 Gewasgroepen

De perspectieven van semi-gesloten systemen zijn voor een aantal gewasgroepen in de volgende paragrafen gekenschetst. In bijlage 1 is de geschiktheid van een aantal specifieke gewassen besproken. Dit overzicht is in samenspraak met gewasdeskundigen gemaakt en beschrijft de positieve en negatieve aspecten van een (semi-)gesloten kas voor betreffend gewas.

6.4.1 Grondgebonden teelten

In grondgebonden teelten zal koeling van de kaslucht alleen kunnen via centraal opgestelde units of boven het gewas aangebrachte units. Een luchtdistributiesysteem onder het gewas is lastig te realiseren. Voor de meeste grondgebonden gewassen is daarbij de teelttemperatuur vrij laag en is de opbrengst per m² laag. Voorbeelden hiervan zijn gewassen als sla, andijvie, radijs, Anemoon, diverse zomerbloemen.

Door de grondgebondenheid zal de koeling boven het gewas komen. Het gevolg is een grotere mate van lichtverlies, vergeleken bij systemen die onder het gewas geplaatst kunnen worden.

Bij de meeste gewassen is de warmtevraag gering en de opbrengst per m² eveneens. Een uitzondering hierop is chrysant. Hierbij is echter sprake van veel assimilatie belichting, die de warmtevraag eveneens reduceert. Algemeen is er dus weinig perspectief.

6.4.2 Groene planten

Bij groene planten, waarvan vooral de ontwikkeling van bladeren belangrijk is, heeft toepassing van hoog CO₂ een duidelijk voordeel. Semi-gesloten biedt bij deze gewassen zeker mogelijkheden, omdat hiermee de teeltduur kan worden verkort. Een betere planning van de productie door beheersing van de temperatuur is eveneens voordelig.

Voor groene planten is het opbrengst niveau redelijk en is er normale warmtevraag. Bij teelt op tabletten is een koelsysteem goed aan te brengen. In de zomer wordt regelmatig geschermd, wat de koellast vermindert. Bij deze gewassen loont het zeker om de haalbaarheid van semi-gesloten kassen te onderzoeken.

6.4.3 Bloeiende planten

Bij bloeiende planten moet een onderscheid gemaakt worden tussen de sturing van de ontwikkeling en de duur van de verschillende teeltfasen. De vegetatieve periode is te versnellen, de uitgroei van de bloemen in de generatieve periode is met gesloten systemen minder te beïnvloeden. Daarbij komt dat de meerproductie vooral in de zomer optreedt, een periode die minder gewenst is, omdat de afzet van bloeiende planten dan niet makkelijk is. Bij bloeiende gewassen met een lange vegetatieve periode zoals orchideeën heeft het sneller laten ontwikkelen van de plant door meer CO₂ wel voordelen.

Gewassen waarbij de ontwikkeling vooral door temperatuur wordt gestuurd bieden wel perspectieven, omdat de betere beheersing van het klimaat ook voordelen heeft voor de beheersing van de temperatuur. Gewassen, die in de zomer geschermd worden, profiteren met een kleinere koelcapaciteit al behoorlijk van koeling. Als in de winter belicht wordt is de warmtevraag die met warmte uit de zomer kan worden ingevuld gering. De gehele groep bloeiende planten is divers. Daarom zijn de perspectieven heel wisselend.

6.4.4 Zwaar belichte gewassen

Voor zwaar belichte gewassen zoals Roos heeft semi-gesloten een beperkte toegevoegde waarde, door het overschot aan warmte als gevolg van de belichting. Bij roos is echter kwaliteit en prijs van zo groot belang dat een betere klimaatbeheersing toch rendabel kan zijn. Sturing van de productie naar de juiste piekmomenten door temperatuur beheersing is bij roos zeer belangrijk. Alleen vallen belangrijke momenten als Kerst en Valentijn in een periode dat de temperatuur door luchten zeer goed in de hand is te houden. Voor kwaliteit zal vooral de beheersing van de knoptemperatuur belangrijk zijn. Bovendien is een lange steel gewenst, welke moeilijk te realiseren is bij hoge temperaturen. Voor de energiebalans is in alle situaties het gebruik van de warmte door derden noodzakelijk, wat niet altijd mogelijk is en meerinvesteringen met zich brengt.

Hoewel zwaar belichte gewassen profiteren van extra CO₂ als de kasgesloten blijft, is het warmte overschot de belemmerende factor. Als hiervoor geen oplossing komt is het perspectief voor semi-gesloten telen slecht.

6.4.5 Overige snijbloemen

Gerbera wordt op goten geteeld. Bij dit gewas is vooral het voorkomen van botrytis door een betere klimaatbeheersing een gewenst effect van semi-gesloten telen. Productiestijging moet gerealiseerd worden door een zwaardere ontwikkeling van het gewas na het planten. Anthurium zal vooral profiteren van hogere luchtvochtigheid en meer CO₂. Het luchtverdeelsysteem zal per gewas specifiek moeten zijn aangepast om optimaal effect te krijgen. De toepasbaarheid van (semi-)gesloten systemen voor deze categorie is nog onduidelijk. Bij alle snijbloemen heeft hoger CO₂ gehalte een positief effect. De opbrengsten in de zomer zijn echter niet hoog. In voorjaar en najaar kan wel van een goede prijsvorming worden geprofiteerd. Als extra groei in de zomer kan worden omgezet in meer productie in het najaar dan is er perspectief.

6.4.6 Hangende groente gewassen

De hangende groentegewassen, tomaat, komkommer, paprika zijn de gewassen met de hoogste potentie om semi-gesloten te telen. Het gaat hier om gewassen met een vrij open gewasopbouw die jaarrond productie moeten realiseren, van constante kwaliteit. Belichting is daarbij een hulpmiddel, maar zomerproductie is van minstens zo groot belang als de winterproductie. Dit heeft te maken met het vlakke prijsverloop door het jaar en de concurrentie positie van de import.

De gewassen reageren gunstig op CO₂, luchtvochtigheid en een lagere temperatuur in de zomer. In de winter is er een behoorlijke warmtevraag ook als schermen worden gebruikt.

6.4.7 Biologische teelt

In de biologische teelt moet een semi-gesloten systeem voldoen aan de eis van een grondgebonden teelt. Als aan deze voorwaarde kan worden voldaan met een systeem dat teelt en techniek combineert dan zijn er bij de vruchtgroentegewassen redelijke perspectieven (Raaphorst et al. 2005).

7 Slotopmerkingen

Voor (semi-)gesloten systemen bestaan zeker perspectieven, maar zijn er ook nog de nodige vragen. Het (semi-)gesloten kassysteem is dan ook zeker nog niet uitontwikkeld. Naast een verduurzaming van de energievoorziening zal het de tuinder uiteindelijk gaan om een verlaging van de productieprijs van het eindproduct. Dit kan o.a. door een hogere productie, een lager energiegebruik en/of een kleinere investering.

Om het beeld van de (semi-)gesloten kas volledig waar te maken zijn nog (teelt)technische ontwikkelingen nodig die zich richten op:

- Optimalisatie van de teelt in een (semi-) gesloten kas.
Productieverhoging is een belangrijke voorwaarde voor semi-gesloten systemen. De veranderde klimaatomstandigheden in de kas, veel licht, luchtbeweging en hogere CO₂ niveau's hebben invloed op de groei en ontwikkeling van gewassen. De kennis hierover moet voor de gesloten en semi-gesloten kas verder ontwikkeld worden. Dit blijkt uit de eerste praktijktesten die nog geen optimaal rendement kennen. Telers staan pas aan het begin van de ontwikkeling van de teelttechniek. Daarbij moet vooral gekeken worden naar de mogelijkheden van een gewas om optimaal van de gewijzigde klimaatbeheersing, die afgestemd is op de voor het gewas optimale situatie, te profiteren. Maar ook de achterliggende fysiologische processen moeten worden ontrafeld om tot een meer algemene toepassing te kunnen komen. Hierbij is samenwerking tussen onderzoeksinstituten, telers en adviseurs en toeleverende bedrijven noodzakelijk. Voor de geïnteresseerde teler is het volgen van de ontwikkelingen een uitdaging om optimaal de kansen te benutten.
- Aanpassen van de warmte/koudebilans door het verlagen van de koelbehoefte. Hierdoor wordt het makkelijker om de kas gesloten te houden. Dit kan door:
 - Het wegvangen van het deel van de warmtestraling in de zomer die schadelijke of beperkende gevolgen heeft voor de groei en productie van de plant.
 - Verlagen van de elektriciteitsvraag, waardoor minder restwarmte wordt geproduceerd met de WKK. Dit kan door ontwikkeling van verwarmingssystemen die met lagere temperaturen de kas effectief kunnen verwarmen en door energiezuinige luchtcirculatiesystemen en minimalisering van de luchtcirculatie.
- Voor gebieden waar geen geschikte aquifer beschikbaar is, moet worden gezocht naar een alternatief voor seizoensopslag

Een goede economische evaluatie is voor het doen van de investering in semi-gesloten systemen een harde voorwaarde. Het feit dat voor meerproductie hierbij aannames moeten worden gedaan op basis van nog weinig informatie maakt de noodzaak van het vergaren van deze kennis alleen maar groter.

Omstandigheden veranderen. Een daling in afzetprijzen, verhoging van de gasprijs, een technische doorbraak op voor de teelt belangrijk gebied of nieuwe kasconcepten kunnen de situatie voor de ontwikkeling semi-gesloten systemen op basis van de huidige Venlo-kas en breedkapper volledig veranderen. In het oordeel over het potentieel van een (semi-)gesloten kas zullen ook deze ontwikkelingen steeds een plaats moeten hebben. De wereld staat niet stil, zeker niet voor een (semi-)gesloten kas.

Literatuur

- Andel, E van, 2002
Concept voor een energieproducerende kas. Stichting Innovatie Glastuinbouw. Rapport 02.02.015
- Arnold, D. 2005
Glastuinbouw van de toekomst, nu. Van mogelijkheid naar werkelijkheid. Technisch voorontwerp.
Knowhouse, Horst.
- Bakker, J.C., 1992
Kas met gesloten dek (semi-gesloten kas) PTG. Eindrapport.
- Geus, C. de, 2005
Nieuwe ronde, nieuwe kassen. Energieproducerende kas komt steeds dichterbij. Oogst,
18(11):16,17,19
- Raaphorst, M. 2005
Optimale teelt in de gesloten kas. Teeltkundig verslag van de gesloten kas bij Themato in 2004. PPO
verslag project 41414038, 58pp.
- Raaphorst, M, F. Kempes, J. Campen en E. Heuvelink, 2005
Biologische en overige grondgebonden teelten in een (semi) gesloten kas. PPO verslag 41414073 28
pp.
- Ruijter, J.A.F. de, 2005
Technisch-economische evaluatie van de praktijktoepassing van een warmtepomp met ondergrondse
warmteopslag in combinatie met een WKK in de energievoorziening van een tomatenteelt. Fase 1:
projecthistorie en systeembeoordeling. KEMA-Arnhem
- Schoonderbeek, G.G., A. de Gelder, E.M.B. Heller en J.J.G. Opdam, 2003
Telen in een gesloten tuinbouwkas. Praktijkexperiment. ECOFYS-Utrecht E48031.
- Zwart, H.F. de; E.G.O.N. Janssen; H. Loeffen, 2004
Kaskoeling en aquiferlading door middel van een dakbevoeiingssysteem A&F Report nr. 082

Bijlage 1: Beoordeling van gewassen

	<i>Groenten</i>					<i>Snijbloemen</i>										<i>Potplanten</i>												
	Aubergine	Courgette	Komkommer	Paprika	Tomaat	Alstroemeria	Amaryllis	Anjer	Anthurium	Celosia	Chrysant	Cymbidium	Freesia	Gerbera	Lysianthus	Roos	Bromelia	Cyclamen	Ficus	Kalanchoë	Maranta (o.a. Calathea)	Palmen (Chamaedorea, Areca)	Potroos	Phalaenopsis	Saintpaulia	Spathiphyllum	Overige potplanten	Opkweekbedrijven en perkplanten
CO ₂			+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+			+					-		+		+
Stress			+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+		-		+			+		+		+
Teeltsturing	+	+	+	+	+				+		+			+		+				+				+		+	+	+
Opbrengst	+	-	+	+	+		+	+			+				-	+	+		+					+	-		-	+
Insecten	+		+						+	+				+									+		+			
Ziekten (RV)			+	+					+		+		+					+							+		+	
Warmte	+	+	+	+	+	-	-	-	+				-	-	-	-		+	+		+	+		+		+		
Teelthoogte					+				+		-	+	-	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Bloeïnductie						+	+					+												+		+		
Innovativiteit		-		+	+				+		+				+	+	+											

Gewassen die op het eerste gezicht het meest kunnen profiteren van de voordelen van een gekoelde of gesloten kas zijn: Tomaat, Paprika, Komkommer, Anthurium, Cymbidium en Gerbera.

De tabel is de samenvatting gesprekken met onderzoekers en telers over de mogelijkheden per gewas, zoals hierna opgenomen.

Aubergine

Plus:

- Mucor is een groot probleem. Dit wordt overgebracht door insecten en ontstaat door te veel worteldruk. Een lage RV kan het probleem verminderen.
- Prijsvorming in zomer en najaar redelijk
- Met teeltsturing kan plantbalans beter in de hand worden gehouden.
- Gasverbruik is hoog

Min:

- CO₂-verbruik is minder hoog dan bijvoorbeeld bij paprika of tomaat vanwege bladvergeling.
- Nu ook hoge temperatuur en hoge luchtvochtigheid mogelijk
- Meer arbeid te verwachten met teelt op hoge goten.
- Kleine teelt

Courgette

Plus:

- Beïnvloeding van de temperatuur is belangrijk in verband met teeltsturing.
- Min:
- Weinig ziekten
- Zomerproductie moet soms concurreren met vollegrondsteelt.
- Klein gewas met minder inventieve telers
- 1 meter hoge teelt is moeilijk.

Komkommer

Plus:

- Productieverbetering verwacht door meer CO₂, beheersbare RV en temperatuur. Bij de standaard komkommerteelt aborteren veel vruchten door stress of assimilatiekort.
- Ook kwaliteitsverbetering verwacht.
- Extra zomerproductie is interessant
- Mycosphaerella en Meeldauw zijn grote problemen. Tot 30% uitval mogelijk door Mycosphaerella. Daarnaast komt ook Botrytis en valse meeldauw voor.

Min:

- Combinatie met hogedraadsysteem of beweegbaardraadsysteem nodig om zo hoog te kunnen telen.

Paprika

Plus:

- CO₂ geeft groeiverbetering
- Een hoge RV in de zomer geeft groeiverbetering
- Soms moet worden geschermd om stress te voorkomen.
- Het nat slaan van het gewas en de vruchten is een probleem.
- Fusarium binnenrot is een groot probleem. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een te hoge RV.
- Paprikateelt is een belangrijk gewas waarvan de laatste jaren de productie niet meer stijgt. Nieuwe impuls is zeer welkom.

Min:

- Uitstel van de oogst is minder interessant dan vervroeging van de oogst.
- Hoge goten kosten meer arbeid en vergen een hoge kas.

Tomaat

Plus:

- Productieverbetering door meer CO₂, beheersbare RV en temperatuur.
- Ook kwaliteitsverbetering mogelijk.
- Extra zomerproductie is interessant
- Meeldauw en Botrytis zijn grote problemen.

- Veel bedrijven schermen niet en hebben veel warmte nodig.
- Teelt op hoge goten goed mogelijk.

Snijbloemen

Alstroemeria

Plus:

- De wortels worden al gekoeld (14-16°C) tbv bloei-inductie
- Meerjarig gewas. Extra productie kost niet meer uitgangsmateriaal.
- CO₂ geeft aanzienlijk meer productie

Min:

- Korte uitgroeitijd (50 dagen). Extra productie alleen in de goedkope zomer- en najaarsperiode
- Er zijn geen noemenswaardige vochtproblemen.
- Koude teelt (Max. stooktemperatuur is 18°C)
- Belichting van 4000-8000 lux gedurende 15 uur per etmaal komen al in de praktijk voor.
- De meeste plagen kunnen vrijwel biologisch worden bestreden.
- Klein gewas (100 hectare)

Amaryllis

Plus:

- Grond wordt steeds vaker gekoeld (12-13°C) om bloei-inductie te krijgen.
- Productie in de winter.

Min:

- Effecten van CO₂ op productie zijn niet eenvoudig te bepalen

Anjer

Plus:

- Door teeltversnelling kan in plaats van twee sneeën per jaar naar drie sneeën per jaar worden gegaan, zodat de pieken van andere bedrijven worden gemeden.

Min:

- Anjer is moeilijk rendabel te telen in Nederland. Productie verschuift naar het buitenland.
- In de winter wordt het gewas koud gehouden omdat het dan te weinig licht heeft voor voldoende kwaliteit.

Anthurium

Plus:

- Lange teeltduur per tak (80 dagen)
- Innovatieve telers
- Uitstellen van de oogst kan voordelig zijn.
- Anthurium wordt vochtig geteeld, wat minder ontvochtiging vraagt en dus energiezuiniger is.

Min:

- Vooral aaltjes en bacteriën zijn een plaag voor de teelt. Deze zijn niet te voorkomen in een gesloten kas.
- Er wordt geschermd om verbranding te voorkomen. Uitgezocht moet nog worden of in een gekoelde kas minder hoeft te worden geschermd.

Celosia cristata

Plus:

- Problemen met een wisselende RV
- Problemen met sclerotinia
- Problemen met zwarte bonenluis
- Kan op water worden geteeld

Chrysant

Plus:

- Veel snellere groei met CO₂
- Weggroei op warme dagen is door te droog klimaat onvoldoende
- Teeltsturing kan leiden tot een betere takopbouw
- Roest is een (niet onoverkomelijk) probleem
- Trips, luis en mineervlieg kunnen grote problemen zijn.
- 's Avonds moet scherm gesloten worden. Het is dan vaak nog lang te warm.
- Warmtebehoefte is redelijk hoog (stooktemperatuur 18-20°C)
- 50% van de warmtevoorziening is momenteel met onderverwarming (max 38°C)
- Een koude kas geeft een betere kleur aan de roze cultivars.

Min:

- Teelt in de grond
- Onbekend wat invloed van luchtbeweging en beheersing RV op ontwikkeling spint is.
- Teeltversnelling in de zomer wordt niet betaald
- Penetratiegraad groeilicht stijgt.

Cymbidium

Plus:

- CO₂ geeft productieverbetering
- Meerjarig gewas. Productie vooral in de winter. Telers willen steeds vroeger kunnen aanvoeren.
- Trips zijn lastig te bestrijden.
- Bij te hoge bladtemperatuur sluiten de huidmondjes en stagneert de assimilatie.
- Luchtvochtigheid is in de zomer vaak te laag.
- In het najaar is Botrytis een probleem in de bloemen (pokken).
- Vooruitstrevende BCO.

Min:

- Gasverbruik vrij laag (± 32 m³/m²)
- Slakken en schildluis in gesloten kas niet te voorkomen.

Fresia

Plus:

- De grond wordt al gekoeld voor bloei-inductie
- CO₂ geeft productieverbetering
- Wordt geschermd tegen stress

Min:

- Gasverbruik is laag

Gerbera

Plus:

- Botrytis is een groot probleem in de gerberateelt, dat goed te verhelpen is door het beheersen van de luchtvochtigheid. De kosten van Botrytis op de veiling is 0,26% van de omzet, maar op het teeltbedrijf zullen de kosten een veelvoud hiervan zijn.
- Suikerrot is een ander groot probleem, verspreid door fruitvliegjes. Indien de ramen gesloten kunnen blijven zijn de fruitvliegjes buiten de kas te houden. Mocht af en toe een enkel fruitvliegje naar binnen sluipen, dan zijn hier speciale vallen voor.
- Rupsen zijn een probleem die met een gesloten kas buiten kunnen worden gehouden. (Dit is wel een duur alternatief voor insectengaas).
- Gerbera wordt geschermd bij veel instraling. In een gesloten kas kan de temperatuur laag genoeg worden gehouden zonder scherm en kan de instraling beter worden benut.

Min:

- Extra assimilaten worden binnen 6 weken geoogst. Een meerproductie in de zomer zal niet veel meer opbrengst leveren.
- Bij Gerbera wordt nu 117 ha ($\pm 50\%$) overdag belicht met 1500 (mobiel) tot 8000 lux en wordt

jaarlijks slechts 40 m³/m² verstoekt. Het zal dus moeilijk zijn om de geogste warmte te benutten.

Lysianthus

Plus:

- Botrytis is een groot probleem
- Warme teelt (±20°C)
- Teeltsystemen los van de ondergrond (op water) komen al in de praktijk voor
- Wordt in de zomer geschermd om stress te voorkomen

Min:

- Korte teeltduur. Extra productie alleen in de goedkope zomer- en najaarsperiode
- Eenmalig gewas. Extra productie kost extra uitgangsmateriaal.
- Belichting tot 8000 lux komt al in de praktijk voor, dus warmtevraag is dan betrekkelijk laag.
- Onbekend of ook gevolgen van Fusarium en Myrothecium door gesloten kas kunnen worden verkleind.

Roos

Plus:

- Lange stengel wordt verkregen door een lage temperatuur. Deze kan nu vaak niet worden verkregen in de zomer.
- Zomerproductie is heel licht van kwaliteit, vanwege dezelfde hoge temperatuur.
- Botrytis is een groot probleem
- Insecten (trips, wittevlug) buiten houden. (wittevlug is groeiend probleem)
- CO₂ geeft productieverbetering
- Koelere kas = minder kans op spint-explosies
- Koeling lijkt een voorwaarde te zijn om fasegestuurde teelt te bewerkstelligen. Bij te hoge temperatuur meer kans op asynchroniteit.

Min:

- Probleem is dat door de belichting de warmte niet gebruikt kan worden in de eigen teelt.

Potplanten

Bromelia

Plus:

- Innovatieve telers
- Lange teeltduur

Min:

- Schaduwplant (geschermd tegen te veel zonlicht)
- CO₂-effect nog niet helemaal bekend.

Cyclamen

Plus:

- Botrytis is een groot probleem. Ontvochtigen is zeer belangrijk.
- Er wordt nu veel gelucht, wat ook veel energie kost.

Min:

- Weinig jaarrondteelt. Veelal oppotten in de zomer en afleveren in januari. Hierdoor zijn de bedrijfstypen divers. Het hangt van de voorjaarsteelt af of een gesloten kas kan worden toegepast.

Ficus

Plus:

- Lange teelt, dus de in de zomer gemaakte assimilaten kunnen wellicht in de winter worden verkocht. Hier is echter wel onderzoek voor nodig.

Min:

- Kan veel warmte verdragen
- Teelt meestal op de grond (betonvloer).

Kalanchoë

Plus:

- Zoals met veel bloeiende potplanten kan met verkoopacties worden gewerkt. Hiervoor is het leveren op het juiste tijdstip door teeltsturing van belang.

Min:

- Onduidelijk is het effect van meer CO₂ op de groei van het gewas. Kalanchoë is een facultatieve CAM-plant.
- Meer assimilaten leiden niet tot een snellere teelt. Wel kan de kwaliteit verhoogd worden, maar in de zomer is de kwaliteit al goed genoeg.
- Ziekten en plagen zijn voor Kalanchoë geen groot probleem.

Maranta (o.a. Calathea)

Plus:

- Schaduwplanten (snel last van stress)
- In het voorjaar kan men wellicht met minder schermen toe
- Teelt op tafels

Min:

- Kortdurende teelten
- Nog weinig bekend over invloed CO₂

Palmen (Chamaedorea, Areca)

Plus:

- Teelt op tafels
- Niet belicht
- Hoge RV noodzakelijk
- Hoge stooktemperatuur (21 resp. 19°C)
- Trips kunnen probleem zijn.

Min:

- Teeltsturing niet van belang
- Onbekend wat invloed van luchtbeweging en beheersing RV op ontwikkeling spint is.

Potroos

Plus:

- Luis e.d. kan een probleem zijn.

Min:

- Er zijn maar enkele grote bedrijven die jaarrond potrozen telen.

Phalaenopsis

Plus:

- Voor bloei-inductie is 18-20°C nodig
- Bij de verdere teelt is 27°C nodig.

Min:

- Phalaenopsis is een CAM-plant
- Er wordt heel veel geschermd (boven 10000 lux kan verbranding ontstaan)
- Weinig ziekten en plagen (vooral sciara en mijten)

Saintpaulia

Plus:

- Botrytis en Trips zijn problemen

Min:

- Kortdurende teelt. Zomerproductie niet interessant.

Spathiphyllum

Plus:

- Het is van belang dat de temperatuur niet boven de 25°C komt. Anders treedt een bloeivertraging op.

Min:

- Vochtbeheersing is niet zo belangrijk. Ook plagen komen weinig voor.
- Er wordt al vroeg in het voorjaar geschermd om verbranding te voorkomen.

Overige potplanten

Plus:

- Door een mobiel teeltsysteem zijn per seizoen de voordelen van een gesloten kas ieder seizoen voor een ander gewas te optimaliseren. Bijvoorbeeld in het voorjaar om plagen te voorkomen, in de zomer om de productie te verhogen of de teelttemperatuur laag te houden en in het najaar om het vochniveau in de hand te houden.
- Teeltsturing kan interessant zijn voor verkoopacties
- Zenecio en Gloxinia zijn ook botrytisgevoelige gewassen en zullen baat hebben bij ontvochtiging.

Min:

- Extra productie in de zomer wordt niet altijd betaald of geeft een te grote arbeidspiek.

Gewassen die op het eerste gezicht het meest kunnen profiteren van de voordelen van een gekoelde of gesloten kas zijn: Tomaat, Paprika, Komkommer, Anthurium, Cymbidium en Gerbera. Aangezien Cymbidium niet snel reageert op teeltmaatregelen is dit gewas minder geschikt om te onderzoeken wat de invloed is van de teelt in een gekoelde kas op de groei. Het gewas tomaat is al meerdere malen getest in een gesloten kas en wordt bovendien in de praktijk al gevolgd. Hiermee blijven Paprika, Komkommer, Anthurium en Gerbera de meest geschikte gewassen voor teeltproeven op het gebied van gesloten kassen. Telers van deze gewassen worden geïnterviewd, waarbij hen een vergelijking wordt gevraagd van hun eigen gewas in relatie tot de andere gewassen.