

# Energieproducerende Kas

## Zon en warm water, energie voor later

Een samenvatting van de bevindingen in het onderzoek uitgevoerd bij Hydro Huisman in het kader van het Programma Kas als Energiebron



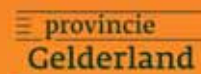
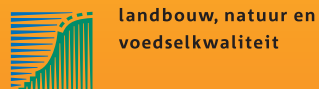


Dit onderzoek is mede gefinancierd door het Programma Kas als Energiebron.

Kas als Energiebron is het innovatie- en actieprogramma voor aanzienlijke vermindering van CO<sub>2</sub>-emissie en sterk verminderde afhankelijkheid van fossiele energie voor de glastuinbouw in 2020.

Kas als Energiebron is een door vele partijen gedragen en ondersteund co-innovatieprogramma. LTO Glaskracht Nederland, het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van LNV zijn initiatiefnemers, trekkers en financiers van het Programma Kas als Energiebron.

De Energieproducerende Kas is mede mogelijk gemaakt door:



## Energieproducerende Kas

Zon en warm water, energie voor later

Een samenvatting van de bevindingen in het onderzoek uitgevoerd bij Hydro Huisman in het kader van het Programma Kas als Energiebron

## Inhoudsopgave

- 3 Woord vooraf
- 5 Inleiding
- 7 Praktijkproef
- 11 Energiebalans
- 15 Kas en gewas
- 17 Economisch perspectief
- 21 Hoe nu verder?
- 23 Samenvatting
- 24 Enkele begrippen
- 24 Meer lezen

*Tussen droom en daad staan wetten in de weg en praktische bezwaren.  
Willem Elsschot (1882-1960)*

## Woord vooraf

Toen in 2001 de Energieproducerende Kas voor het eerst werd genoemd, kon de sector niet vermoeden welke enorme potentie het concept in zich droeg. De potentie om zonlicht als bron van duurzame energie effectief te benutten is door de politieke aandacht voor de klimaatcrisis nog veel belangrijker geworden. De noodzaak om op termijn zonder inzet van fossiele energie jaarrond en economisch rendabel te kunnen telen, is door de ontwikkeling van de olieprijs in 2008 nog eens heel duidelijk geworden. De voordelen op klimaatgebied zijn evident. De potentie om in een beter geconditioneerd kasklimaat een hogere kwaliteit en meer opbrengst te realiseren is een extra mogelijkheid om meerkosten te kunnen terugverdienen.

Het praktijkexperiment Energieproducerende Kas, heeft door anders te gaan telen nu al mooie resultaten opgeleverd zowel op het gebied van energiebesparing als op het gebied van de productieverhoging en kwaliteitsverbetering. Met deze kennis kan elke tuinder direct aan de slag. In de praktijk zie ik al volop spin-off van dit praktijk-experiment. Ook is de metafoor 'kas als energiebron' dankzij dit project echt gaan leven bij politiek en maatschappij.

De resultaten van het onderzoek door Wageningen UR Glastuinbouw zijn waardevol omdat deze tuinders op weg helpt om in een nieuwe technologie te investeren, waarbij de kassen slimmer met energie zullen omgaan. Bovendien heeft het onderzoek ook duidelijk de knelpunten blootgelegd en vervolgvragen voor het onderzoek aangedragen. Het project is een mooi voorbeeld van effectieve samenwerking tussen overheid (LNV) en bedrijfsleven (LTO Glaskracht Nederland en het Productschap Tuinbouw) op het gebied van innovatie en onderzoek.

De Stuurgroep Kas als Energiebron dankt de financiers, de onderzoekers van Wageningen UR en de gastheer van het project Stef Huisman voor dit stukje baanbrekend werk. Ook de leden van Stuurgroep Kas als Energiebron, die aan de basis stonden van het project, hebben met hun input en begeleiding een belangrijke bijdrage geleverd aan dit onderzoek. De resultaten zullen een enorme impuls geven aan de sector om op dit spoor krachtig door te gaan en zo een klimaatneutrale glastuinbouw te realiseren.

Nico van Ruiten,  
Voorzitter Stuurgroep Kas als Energiebron



## Inleiding

De moderne glastuinbouw is sterk afhankelijk van fossiele energie en dit gaat gepaard met een hoge uitstoot van CO<sub>2</sub>. De voorraad fossiele energie is echter eindig en de CO<sub>2</sub>-uitstoot draagt bij aan klimaatverandering. Het is duidelijk dat de glastuinbouw moet werken aan andere manieren van energievoorziening, zowel om de eigen toekomst zeker te stellen als uit milieuoverwegingen. Er is daarom een zoektocht gestart naar duurzame energiebronnen. Een zoektocht die moet leiden tot een kas die meer duurzame energie opwekt dan dat hij zelf aan primaire energie gebruikt.

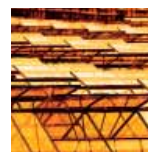
### Zonne-energie

Zonne-energie is één van de duurzame energiebronnen die grote mogelijkheden lijkt te bieden voor de glastuinbouw. Wie in de zomer in een kas loopt, ervaart het direct: de kas is een grote zonnecollector. Het meeste van deze energie gaat echter direct verloren omdat de tuinder de ramen moet openzetten om te voorkomen dat de temperatuur in de kas te hoog oploopt. Slechts twee tot vijf procent van de zonne-energie wordt vastgelegd in biomassa door het bladgroen in de plant. Rond het jaar 2000 ontstond het idee om met nieuwe technologie de zonne-energie die de kas opvangt, te oogsten en op te slaan in de zomer om te kunnen gebruiken in de winter. Het idee van de 'Kas als Energiebron' was geboren. Het ministerie van LNV, het Productschap Tuinbouw en LTO Glaskracht Nederland omarmden het idee. Deskundigen van het InnovatieNetwerk ontwierpen een conceptplan uitgaande van een nieuw type warmtewisselaar en ondergrondse warmteopslag.

### Eerste stappen

Ook potplantenteler Stef Huisman geloofde in het concept. Hij bood de gelegenheid om bij zijn nieuwe kwekerij in Bergerden een praktijk-experiment op te zetten. Op zijn bedrijf werd in het voorjaar van 2006 de Energieproducerende Kas officieel geopend door oud-premier Ruud Lubbers, voorzitter van de beoordelingscommissie van de Ontwerpwedstrijd Energieproducerende Kas. Met dit initiatief nam de sector de eerste stappen om te zoeken naar baanbrekende oplossingen voor een kas die meer energie oplevert dan zelf gebruikt én waarin duurzaam en economisch rendabel kan worden geteeld. Voor de opening was veel belangstelling van pers en politiek. Ter gelegenheid van deze mijlpaal werd een boek uitgegeven over het bijzondere initiatief van de glastuinbouw.

De afgelopen drie jaar hebben installateurs van de Lek/Habo Groep bv, onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw en de medewerkers van Hydro Huisman zich ingezet om de Energieproducerende Kas tot een succes te maken.





## Praktijkproef

Om het concept van de 'Kas als Energiebron' in een praktijksituatie te beproeven is bij Hydro Huisman een prototype van een Energieproducerende Kas gebouwd. Hydro Huisman is het potplantenbedrijf van Stef Huisman en is gevestigd in het nieuwe glastuinbouwgebied Bergerden.

### Hydro Huisman

In 2005 bouwde Stef Huisman een nieuw bedrijf van 2,6 hectare. In de nieuwe kas is tien procent van de oppervlakte ingericht als Energieproducerende Kas. Een andere tien procent dient als referentie voor de onderzoeksresultaten. Het bedrijf maakt deel uit van de Energiecombinatie Bergerden (ECB). Er is daarom geen eigen WK-installatie op het bedrijf aanwezig is. Tijdens het onderzoek had de ECB te kampen met een aantal organisatorische problemen waardoor de CO<sub>2</sub>-voorziening door ECB tijdelijk heeft stil gelegen. Dit had geen directe gevolgen voor de energiebalans in de kas, maar wel voor de gewasontwikkeling.

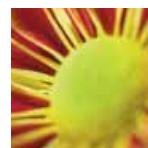
Huisman teelt verschillende potplanten (de belangrijkste zijn Anthurium, Areca, Croton, Dracaena, Ficus en Schefflera) in hydrocultuur op roltafels en op betonvloeren. Onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw hebben metingen uitgevoerd en geanalyseerd. Met deze gegevens konden tijdens het experiment de werking van de kas en de benutting van de kaseigenschappen worden bijgestuurd en verbeterd. Een beoordelingscommissie, die bestond uit potplantentelers, heeft regelmatig het gewas beoordeeld op kwaliteit.

### Innovaties

Een standaardkas lekt energie door de afvoer van warmte via de luchtramen. Voor een zonnecollector moet een dergelijk energielek natuurlijk worden voorkomen en daarom is de Energieproducerende Kas als een 'gesloten kas' uitgevoerd. Daarnaast is het zaak om voor het kasdek een materiaal te kiezen dat het zonlicht zo goed mogelijk binnen laat. Bovendien moet het gewenste kasklimaat met een zo laag mogelijk elektriciteitsverbruik worden gerealiseerd. Om dit te kunnen waarmaken is de Energieproducerende Kas voorzien van drie innovaties:

#### Zigzagkasdek

Het kasdek bestaat uit dubbelwandige kunststof kanaalplaten met een bijzonder zigzagprofiel, het zogenaamde Lexan Zigzag® van General Electric. Dankzij het zigzagprofiel is de lichtdoorlatendheid groter dan bij de meeste vlakke dubbelwandige platen. De zigzagplaat heeft een vergelijkbare warmte-isolatie als andere dubbelwandige platen. De kas laat dus veel zonlicht binnen zonder dat er veel warmte verloren gaat.





### FiWiHEX warmtewisselaar

In de Energieproducerende Kas zijn efficiënte warmtewisselaars geïnstalleerd om warmte uit de lucht te kunnen oogsten. Deze Fine Wire Heat Exchangers (FiWiHEX) zijn zodanig geconstrueerd dat zij met weinig input van elektriciteit veel warmte kunnen overdragen. De FiWiHEX wordt gebruikt voor het oogsten van warmte in de zomer en voor het verwarmen van de kas in de winter.

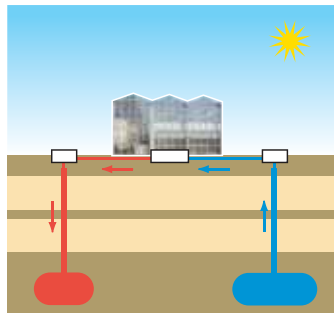


### Aquifer

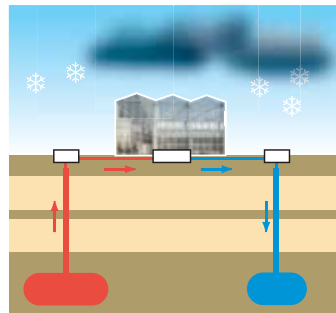
Voor de lange termijnopslag van warm en koud water wordt gebruik gemaakt van ondergrondse watervoerende zandlagen in een zogenaamde aquifer. Hiervoor zijn twee putten geboord, die dienst doen als warmte en koude bron. De aquifer is de duurste component vanwege de hoge kosten voor de aanleg. Het gebruik van aquifers voor warmte- en koudeopslag is trouwens niet uniek voor de glastuinbouw; ze worden steeds vaker gebruikt voor de energievoorziening, onder andere bij kantoorcomplexen.

### Opslag van warmte en koude in de bodem

Kas in de zomer



Kas in de winter



Bij semi-gesloten kassen wordt in de zomer het te veel aan zonnewarmte opgevangen en opgeslagen in aquifers voor verwarming van kassen in de winter. Opgeslagen winterse kou wordt in de zomer gebruikt voor koeling.

### Technische installatie

Om de zomerse warmte te kunnen verzamelen en opslaan en deze te kunnen hergebruiken in de winter, waren er een aantal extra technische aanpassingen nodig:

#### Warmtepomp

Het zomerse warmteoverschot is vastgelegd in water van ongeveer 18°C. Daarmee kan een kas echter bij lange na niet op 20°C worden verwarmd. Er is daarvoor een warmtepomp noodzakelijk. Dit is ook noodzakelijk omdat het water dat naar de koude bron wordt gebracht naar een temperatuur die onder de natuurlijke bodemtemperatuur ligt moet worden uitgekoeld. Dit is een voorwaarde die de vergunningverlener stelt omdat het bronnensysteem thermisch in balans moet zijn.

### Regelsysteem TCS

Voor de aansturing van alle componenten die de warmte oogst, -opslag en -teruglevering moesten realiseren, is het besturingssysteem TCS (Total Control System) van Lek/Habo Groep geïnstalleerd. Dit systeem kan door elke kasklimaatcomputer worden aangestuurd.

### Virtuele WK-installatie

De FiWiHEX en de warmtepomp gebruiken elektriciteit. Deze elektriciteit kan van het net worden betrokken, maar het is energetisch (en financieel) efficiënter om deze zelf met een warmtekrachtinstallatie (WK-installatie) op te wekken. Op het bedrijf van Hydro Huisman was deze echter vanwege de schaal van het experiment niet aanwezig. Op de kwekerij en in de onderzoekskas wordt gebruik gemaakt van elektra en CO<sub>2</sub> van de collectieve WK-installatie in Bergerden. Bij toepassing van het concept op praktijkschaal zou in verband met de behoefte aan elektriciteit en CO<sub>2</sub> een eigen WK-installatie wel wenselijk zijn. Er is daarom met een model, dat de aanwezigheid van een ketelhuis met WK-installatie simuleert, berekend hoe de energiebalans van de Energieproducerende Kas in dat geval zou zijn uitgevallen. Het elektrisch vermogen van deze virtuele WK-installatie is 160 kW per hectare Energieproducerende Kas. Dit is klein ten opzichte van de gebruikelijke WK-installaties in de tuinbouw van 300 tot 600 kW per hectare. Bij 160 kW per hectare is de balans tussen in- en verkoop van stroom door de Energieproducerende Kas neutraal.

Met andere woorden, in de simulatie is het zomerse elektriciteitsoverschot van de WK-installatie dat aan het net wordt geleverd even groot als de stroom die in de winter wordt bijgekocht.

### Kasruimte

De planten staan bij Hydro Huisman op roltafels. Dat heeft niet alleen teeltkundige en bedrijfsmatige voordelen. Als de tafels netjes tegen elkaar worden geschoven, kan een efficiënte luchtstroom ontstaan tijdens het koelen en verwarmen. De kaslucht wordt in het middenpad aangezogen en onder de goot weer naar boven geblazen.

Ter hoogte van de goot is een horizontaal scherm gemonteerd dat dienst doet als energiescherm en als schaduwdoek. Het doek wordt gesloten bij een te hoge instraling. Tijdens het onderzoek is het stralingscriterium opgevoerd. In het eerste jaar werd het scherm gesloten bij een globale straling hoger dan 350 W/m<sup>2</sup>, in het tweede jaar was dit het geval bij een instraling tussen de 400 en 450 W/m<sup>2</sup> en in het laatste jaar 550 W/m<sup>2</sup>.





## Energiebalans

Met de FiWiHEX is het technisch mogelijk om zonne-energie te oogsten en om hiermee het kasklimaat te regelen. De lichtdoorlatendheid van het zigzagkasdek viel tegen. Er kwam daardoor minder energie in de kas dan verwacht. Daarnaast is er intensiever geschermd dan oorspronkelijk gepland. De minimale stooktemperatuur is op 20°C gehouden, terwijl de eerste opzet uitging van een stooktemperatuur van 17°C. De energiehuishouding in de experimentele kas bij Hydro Huisman is daardoor minder gunstig uitgevallen dan in theorie was berekend.

### Installaties

Voor de beoordeling van de efficiëntie van de verschillende technische componenten is gewerkt met de Coefficient Of Performance (COP). De COP is een maat voor de hoeveelheid elektrische energie die nodig is om een bepaalde hoeveelheid verwarming of koeling te realiseren. Hoe hoger de COP, hoe meer verwarming of koeling er per eenheid energie wordt voortgebracht en hoe efficiënter het systeem. De COP voor de warmteverzameling met de FiWiHEX is relatief groot. Met een COP van 30 doet de FiWiHEX het een stuk beter dan gangbare koelinstallaties die meestal op een effectieve COP van 15 tot 20 komen.

De COP voor verwarmen in de Energieproducerende Kas is natuurlijk een stuk lager omdat er relatief veel elektriciteit nodig is voor de warmtepomp die het verwarmingswater in deze kas op 35°C moet brengen. Het water dat naar de koude bron gaat, moet op een temperatuur rond de 8°C worden teruggebracht. In de experimentele kas gebeurt verwarmen met een 'overall' COP die gemiddeld uitkwam op 4,2. Bij de berekening van deze COP is niet alleen gekeken naar het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp, maar ook naar het verbruik van pompen en ventilatoren.

Met de FiWiHEX is het in principe mogelijk om de kaslucht te ontvochtigen met warmteterugwinning door condensatie op het eerste blok in de warmtewisselaar. In het eerste stadium van het onderzoek is dit gedaan om te voldoen aan het principe van de gesloten kas. Uit berekeningen bleek echter dat hierdoor weliswaar de warmtelevering van de Energieproducerende Kas toeneemt maar dat het financieel rendement erdoor verslechtert. Dit komt omdat er voor ontvochtigen-met-warmteterugwinning veel elektriciteit nodig is. Deze elektriciteit kost meer in euro's dan het aan warmteverlies zou besparen. Deze constatering heeft ertoe geleid dat de FiWiHEX inmiddels niet meer met dubbele blokken wordt gefabriceerd.

## Kasdek

De 'overall' lichtdoorlaat van het zigzagkasdek valt tegen. Dit komt deels door eigenschappen van de plaat zelf die iets onder de specificaties lagen. Daarnaast wordt de lichtdoorlatendheid ook beperkt door de zware constructie waarin de zigzagplaten zijn gemonteerd. Er moesten brede gordingen worden gebruikt om de aansluitingen van drie platen per dakhelft te realiseren. Zigzagplaten kunnen nog niet in een voldoende lengte worden geleverd om in één keer van goot naar nok te komen.

De lichtdoorlatendheid van de kas is op gemiddeld 56 procent vastgesteld. Dit is beduidend lager dan de 68 procent waar de oorspronkelijke berekeningen van uitgingen. Een lichttransmissie van 56 procent is echter nog steeds fors hoger dan de 46 procent lichtdoorlaat die is gemeten in de standaard kasafdelingen, waar een driedubbele polycarbonaat plaat ligt.

Een ander groot probleem van het nieuwe materiaal bleek tijdens de teelt van de hydroplanten waarbij een hoge luchtvochtigheid gewenst is. De zigzagplaten zijn behandeld met een coating waardoor het condenswater in een film van het dek af moet stromen. Het water verzamelt zich echter aan de onderrand van de plaat, waardoor er veel water op het gewas drupt. De isolerende waarde van het dubbeldeksplaatmateriaal is aanzienlijk groter dan van het traditioneel tuindersglas. Gecombineerd met het feit dat er 's nachts ook bijna altijd geschermd wordt heeft de Energieproducerende Kas een hoge isolatiegraad (tussen de 3 en 4 W/(m<sup>2</sup> K)).

## Energiebalans

Uit berekeningen van de energiehuishouding in de kas van Hydro Huisman blijkt dat de hoeveelheid energie die wordt gewonnen door warmtelevering groter is dan de energie die nodig was in de vorm van elektriciteit om de FiWiHEX, de circulatiepompen en de warmtepomp te laten draaien (zie tabel). Voor de opwekking van elektriciteit is echter meer primaire energie nodig dan er aan elektrische energie beschikbaar komt. Als dit conversieverlies in de berekeningen wordt meegenomen dan blijkt er sprake te zijn van een energietekort. Dit blijkt uit het negatieve saldo van 315 MJ/m<sup>2</sup> in de onderstaande tabel.

Tabel: Energiebalans			
	Energie nodig voor systeem	Energie opgeleverd	Saldo
EPK	432 MJ/m <sup>2</sup>	685 MJ/m <sup>2</sup>	235 MJ/m <sup>2</sup>
· met correctie extra energie uit aquifer 170 MJ/m <sup>2</sup>	432 MJ/m <sup>2</sup>	515 MJ/m <sup>2</sup>	90 MJ/m <sup>2</sup>
· met correctie energieverlies opwekking in centrale	1000 MJ/m <sup>2</sup>	685 MJ/m <sup>2</sup>	- 315 MJ/m <sup>2</sup>
EPK met virtuele WKK (geen warmte uit aquifer)	850 MJ/m <sup>2</sup>	685 MJ/m <sup>2</sup>	- 165 MJ/m <sup>2</sup>
· met correctie extra energie uit aquifer 64 MJ/m <sup>2</sup>	850 MJ/m <sup>2</sup>	749 MJ/m <sup>2</sup>	- 101 MJ/m <sup>2</sup>

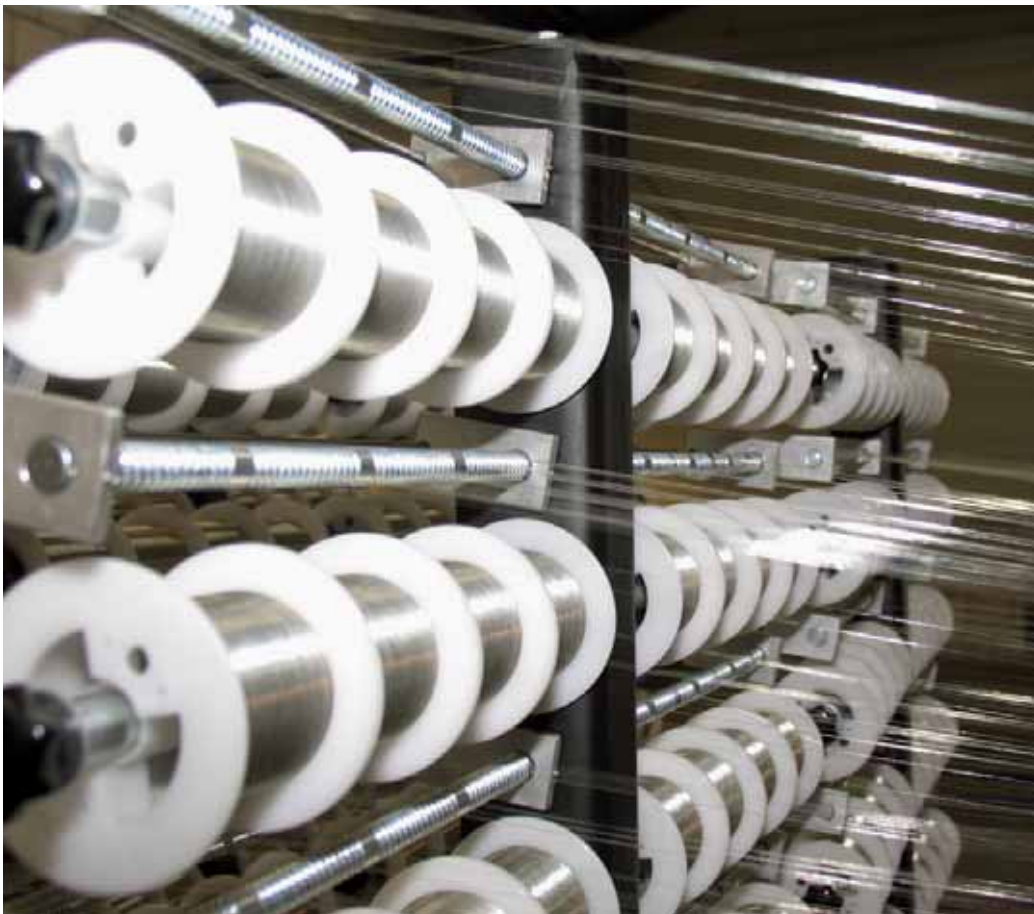
Als op het bedrijf zelf elektriciteit wordt opgewekt met een WK-installatie ontstaat een veel gunstiger plaatje. Het is dan echter nog steeds zo dat met de klimaat- en scherminstellingen die bij Hydro Huisman worden gehanteerd, de energetische waarde van de warmtelevering vanuit de Energieleverende Kas aan overige kasafdelingen voor verwarming van de betonvloeren iets minder is dan energetische waarde van het gas dat de WK-installatie gebruikt (het saldo blijft met -101 MJ/m<sup>2</sup> negatief).

Met gebruik van een WK-installatie consumeert de Energieproducerende Kas 26 m<sup>3</sup> aardgas per m<sup>2</sup> per jaar en levert de kas 23 m<sup>3</sup> aardgasequivalenten aan warmte aan de betonvloer van de naastgelegen afdelingen. Het netto energieverbruik van de Energieproducerende Kas is in dat geval dus 26 - 23 = 3 m<sup>3</sup> aardgas per m<sup>2</sup> per jaar. Men moet hierbij echter wel bedenken dat de input van de WK-installatie echte kubieke meters aardgas zijn, terwijl de levering van warmte aan de betonvloer een hoeveelheid aardgas equivalenten is in de vorm van water van 35°C. De geleverde warmte heeft daarmee een andere financiële waarde dan het ingekochte gas.

De energiebalans valt ongunstiger uit dan vooraf was berekend. Om netto energieproducerend te zijn moet het eigen energieverbruik naar beneden, bijvoorbeeld van 26 naar 20 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> per jaar, en/of de warmteverzameling en levering aan de betonvloer moet omhoog, bijvoorbeeld van 685 MJ per m<sup>2</sup> per jaar naar 800 MJ/m<sup>2</sup> per jaar. Modelberekeningen laten zien dat dit had kunnen worden gerealiseerd als ofwel de stooklijn op de oorspronkelijk bedoelde 17°C zou hebben gelegen, ofwel het schaduw scherm minder zou zijn gebruikt (zie figuur).







## Kas en gewas

In de Energieproducerende Kas was het goed mogelijk om potplanten te telen. Het klimaat bleek prima regelbaar. De kwaliteit van de meest potplanten was voldoende tot goed. Er waren wel kwaliteitsverschillen die samen hingen met de lichtintensiteit in de kas. In de Energieproducerende Kas is een productieversnelling gerealiseerd.

### Klimaat

Het klimaat is goed te regelen met FiWiHex die een luchtstroom vanuit het middenpad aanzuigt en deze na koelen of verwarmen tussen de rolltafels weer naar boven blaast. De temperatuurverdeling in de kas voldoet aan de eisen van groenlabel-certificering, namelijk dat het verschil tussen de warmste en de koudste plek in de kas niet meer mag zijn dan 2°C ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ).

Ten opzichte van de oorspronkelijke plannen zijn er twee wijzigingen aangebracht in de klimaatregeling. De stooklijn is hoger ingesteld, deze varieerde tussen de 19 en 20°C in plaats van de oorspronkelijk geplande 17°C. Daarnaast is het schaduwdoek vaker gebruikt om te veel licht op het gewas te voorkomen. In het tweede jaar van het onderzoek is het schermregime bijgesteld en is er minder geschermd, maar nog steeds hield het schaduw scherm veel licht, dus energie, weg uit de kas. In een gesloten kas kan de CO<sub>2</sub>-concentratie hoger zijn dan in een kas met open ramen. Door problemen bij de collectieve energievoorziening is er tijdelijk minder aanvoer van CO<sub>2</sub> geweest. Dit voordeel is daardoor niet geheel uit de verf gekomen.

De relatieve luchtvochtigheid (RV) was in de Energieproducerende Kas gemiddeld genomen gelijk aan die in de referentiekas. Echter de etmaalschommelingen in RV waren in de Energieproducerende Kas kleiner dan in de referentiekas. Hierdoor konden de voor het gewas schadelijke periodes met een te lage RV worden voorkomen.

### Gewas

De kwaliteit van de potplanten uit de Energieproducerende Kas was in veel gevallen gelijk en soms beter dan in de referentiekas. Over het algemeen is meer groei geconstateerd dankzij de gunstige klimaatomstandigheden. In de tweede helft van het onderzoek is onder veel lichtrijkere omstandigheden geteeld dan in de referentiekas, waar volgens de gebruikelijk methode is geschermd. Er is daarbij extra verneveling ingezet. Het bleek dat deze lichtere teeltomstandigheden een teeltversnelling opleverden in de onderzoekskas. De teeltversnelling wordt geschat op vier weken en dit komt overeen met een productie-toename van acht procent per jaar.



**Tabel**  
Gewasreactie in Energieproducerende Kas,  
gemiddeld over drie seizoenen (2006 – 2008)

**Anthurium** Meestal niet meer lengtegroei, wel meer bladoppervlak, vers- en drooggewicht. Meer bloemen en meestal een betere kwalitatieve beoordeling, meestal op lengte/ breedteverhouding.

**Areca** De groei was gelijk of beter, maar de kwaliteitsbeoordeling was altijd minder goed door een minder goede bladkleur. Afkweek in een donkere afdeling heft dit nadeel op.

**Croton** De groei was over het algemeen beter, behalve als de cv. 'Petra' in bloei kwam. De kwaliteitbeoordeling hing meestal samen met de kleurintensiteit en was meestal beter in de Energieproducerende Kas.

**Dracaena** De groei en beoordeling van Dracaena 'Song of India' was altijd beter. De groei van Dracaena 'Surprise' is niet zo snel en de verschillen meestal niet groot. De kwaliteitsbeoordeling was meestal in het voordeel van de Energieproducerende Kas dankzij de mooiere bonte kleur bij veel licht.

**Ficus** De groei was beter, maar de kwaliteitsbeoordeling altijd minder vanwege de lichtere bladkleur.

**Schefflera** De groei was meestal beter. De kwaliteitsbeoordeling was echter niet eenduidig, omdat er steeds andere cultivars zijn beoordeeld.



## Economisch perspectief

De investeringen in de technische installatie van de Energieproducerende Kas zijn hoog. Deze kosten moeten worden terugverdiend door lagere inkoopkosten van energie voor het eigen gebruik, de verkoop van het overschot aan zonne-energie aan derden en door de verhoging van de productiviteit. In de praktijk blijkt echter dat de terugverdientijd van het systeem nu nog te lang is in vergelijking tot investeringen zoals bijvoorbeeld een WK-installatie.

### Terugverdientijd

Uit een economische berekening (zie kader) blijkt dat de jaarlijkse financiële meeropbrengst van de Energieproducerende Kas € 6,15 per m<sup>2</sup> bedraagt. De investeringskosten in de technische installaties zijn bij een reële schaalgrootte € 85,- per m<sup>2</sup>. Dit betekent dat de terugverdientijd veertien jaar bedraagt.

Twee opmerkingen zijn daarbij op hun plaats:

- Investeringskosten zullen afnemen als de systemen op meer tuinbouwbedrijven worden geïnstalleerd.
- Bij stijgende energieprijzen en bij kleiner verschil tussen de prijs voor geleverde elektriciteit en ingekocht gas (een kleinere spark spread) zal het systeem zichzelf eerder terugverdienen.

### Berekening terugverdientijd

#### Uitgangspunten (status 2008):

Warmte kost € 9,- per GJ

Elektriciteit kost 8,5 cent per kWh

#### Dan:

Opgeleverde warmte (685 MJ per m<sup>2</sup>) heeft een waarde van  $685 \times 0,009 = € 6,17$

Er is 120 kWh nodig aan elektriciteit om deze energie op te wekken, dit kost  $120 \times 0,085 = € 10,20$

De netto kosten voor de Energieproducerende Kas zijn  $€ 10,20 - € 6,17 = € 4,03$  per m<sup>2</sup>

Warmtevraag van de Energieproducerende Kas was 626 MJ per m<sup>2</sup>.

Bij inkoop zou dit  $626 \times 0,009 = € 5,63$  hebben gekost.

Het economische voordeel van de Energieproducerende kas is dus  $€ 5,63 - € 4,03 = € 1,60$  per m<sup>2</sup>

#### Daarnaast:

Productieverhoging van 8% bij omzetwaarde van € 60,- per m<sup>2</sup> levert € 4,80 op

Geschatte kosten extra arbeid bij hogere productie is € 0,25 per m<sup>2</sup>

Reële productiewinst is  $€ 4,80 - € 0,25 = € 4,55$  per m<sup>2</sup>

#### Totaal voordeel:

$€ 1,60 + € 4,55 = € 6,15$  per m<sup>2</sup>

Daarnaast staan extra investeringen van € 85,- per m<sup>2</sup>

De terugverdientijd is  $€ 85,- : € 6,15 = 14$  jaar

## Teler Stef Huisman: "Energieverlies in gangbare kassen zit me niet lekker"

*"Het zat me eigenlijk nooit lekker. In de zomer investeer je fors om de overtollige warmte kwijt te raken en in de winter ben je veel geld kwijt aan aardgas om je kas te verwarmen. Het idee om daaraan wat te doen, sprak me enorm aan. Ik ben daarom blij dat we dit project van de grond hebben kunnen krijgen.*

*We hebben veel geleerd van dit experiment. En tja, dat het aantal nieuwe glastuinbouwprojecten dat de nieuwe technologie overneemt nog niet groot is, is op zich niet zo gek. Een teler moet immers het individuele ondernemersbelang voorop stellen en kiezen voor de best renderende investering. De huidige gas- en elektra prijzen zijn momenteel zodanig dat WK-installaties vaak economisch gunstiger uitvallen dan het systeem van de Energieproducerende Kas. Het is erg belangrijk voor een tuinder dat hij meer productie weet te realiseren als hij in deze technologie investeert. Ik ben ervan overtuigd dat er twintig procent groeivoordeel te halen is. Gelukkig heeft de hele benadering van telen in semi-gesloten kassen al veel waardevolle, nieuwe plantkundige kennis opgeleverd die leidt tot kwaliteitsverbetering en productieverhoging in de tuinbouw. De energiecomponent is niet het enige voordeel van deze nieuwe manier van telen, maar ook de toename in productie en kwaliteit."*

## Huidige situatie

Onder de huidige marktomstandigheden kunnen de investeringen in het systeem van de Energieproducerende Kas niet concurreren met WK-installaties. De waarde van de elektriciteit die met een WK-installatie op een glastuinbouwbedrijf wordt geproduceerd ten opzichte van de inkoopprijs van gas, is op dit moment zodanig dat tuinders door gebruik van een WK-installatie met relatief weinig kosten de kas op temperatuur kunnen houden. De gaskosten worden grotendeels terugverdiend door de verkochte stroom. Een investering in een WK-installatie is aanzienlijk minder dan die in het systeem van de Energieproducerende Kas en leidt tot een groter rendement per geïnvesteerde euro. Dit zal pas veranderen als de opbrengsten uit elektriciteitslevering aan het net niet langer opwegen tegen de kosten van het gas en/of als de investering in het systeem voor een Energieproducerende Kas fors afneemt. Deze kostenverlaging zal vooral moeten komen uit een verlaging van de kosten voor de warmte-koude opslag. De aquifer is op dit moment de duurste component.

Als de verzameling van zonnewarmte economisch interessant wordt, ligt de benutting daarvan voorlopig alleen binnen de tuinbouwsector zelf. Andere potentiële gebruikers van deze laagwaardige warmte kunnen dit over het algemeen tegen lagere kosten en zeker bij een lagere energie-input zelf realiseren, bijvoorbeeld met zonnecollectoren op het eigen dak.



*Links anthuriumplanten uit de Energieproducerende Kas, rechts uit de referentieafdeling*

## Innovatieadviseur Theo Eeuwes: "Innovatie kost tijd"

*"De Energieproducerende Kas is het begin van een innovatief traject in de glastuinbouw. We hebben al heel veel geleerd en we zullen in de komende tijd nog veel meer ontdekken over de potentie van het systeem. Zo is tijdens het onderzoek gebleken dat verschillende potplanten meer licht kunnen verdragen dan gedacht. We moeten niet ongeduldig zijn. Innovatie kost gewoon heel veel tijd. Denk bijvoorbeeld aan de computer. Hoeveel is die niet verbeterd sinds de zeventiger jaren?*

*In de praktijkproef bij Hydro Huisman valt het energieoverschot wat tegen omdat het stook- en het schermregime zijn afgestemd op wat nu gebruikelijk is in de potplantenteelt. Als al het licht in de kas was toegelaten en de temperatuur was lager geweest, dan zou er zeker een gunstig beeld zijn ontstaan.*

*Vanuit vier overwegingen is het belangrijk om door te gaan op de ingeslagen weg. De teeltomstandigheden in een semi-gesloten kas maken productie- en kwaliteitsverhoging mogelijk. In verband met duurzaamheid, verantwoord omgaan met CO<sub>2</sub>, is minder verbruik fossiele brandstoffen noodzaak. Energieprijzen zullen stijgen en de betrouwbaarheid van leveranciers is niet altijd groot. Tot slot, het is een gegeven dat de beschikbaarheid van fossiele brandstoffen eindig is. Kortom, we moeten deze innovatie doorzetten."*



## Hoe nu verder?

Het onderzoek heeft veel opgeleverd. De kennis van de energiebalans in de kas is vergroot, teeltkundige inzichten zijn aangescherpt en de techniek van energiezuinige warmtewisselaars is verbeterd. Hiermee zijn nieuwe gereedschappen ontwikkeld waarmee de tuinbouw haar toekomst zeker kan stellen in een wereld met toenemende energieschaarste en navenant hogere energieprijzen.

### Wat is er geleerd?

Het project de Energieproducerende Kas bij Hydro Huisman heeft de volgende inzichten opgeleverd:

- Het is technisch gezien goed mogelijk om met een kas meer energie te verzamelen dan de kas zelf nodig heeft. Het overschot aan energie zou beschikbaar kunnen worden gesteld aan 'derden'.
- Of het systeem rendabel is, hangt echter af van:
  - De eigen warmtevraag, of anders gezegd, de teelttemperatuur.
  - De hoeveelheid licht die in de kas wordt toegelaten. Als er intensief op zonlicht wordt geschermd kan er weinig zonne-energie worden verzameld.
  - De vraag of er een 'derde' partij is met een voldoende warmtevraag. Is deze partij er niet, of is deze zelf actief bezig om zijn warmtebehoefte te beperken dan kan de Energieproducerende Kas zijn overschot niet kwijt en vervalt de mogelijkheid om netto energie producerend te zijn.
- Het onderzoek laat zien dat de Energieproducerende Kas uit economisch oogpunt op dit moment minder aantrekkelijk is dan het gebruik van de state-of-the-art WK-technologie. Dit kan in de toekomst veranderen als de elektriciteit goedkoper wordt door ontwikkeling van alternatieve energiebronnen en de kosten van brandstof voor WK-installaties sneller oploopt dan de waarde van elektriciteit.
- De technische beoordeling van verwarmingsinstallaties en warmteverzamelingsinstallaties kan uitstekend plaatsvinden door te kijken naar de gerealiseerde COP. Deze benadering geeft duidelijk aan hoeveel hoogwaardige energie nodig is voor de verwarming en warmteverzameling van de kas. Hoe hoger de COP, hoe efficiënter de installatie.
- ZigZagkasdek voldoet onvoldoende aan de eisen van de moderne glastuinbouw. Dat heeft te maken met:
  - Beperkingen in de maatvoering waardoor de platen slecht in te passen zijn op breedkappers. De extra gordingen die dan nodig zijn, geven veel onnodig lichtverlies.

- De drup van condens die ondanks de anti-condens coatings optreedt bij telen met hoge RV's.
- Het gebruik van de FiWiHEX in de Energieproducerende Kas heeft een flinke impuls gegeven aan de verdere optimalisatie van deze energiezuinige warmtewisselaar. Dat heeft geleid tot een nieuwe generatie FiWiHEX met een fors lager elektriciteitsgebruik dan die bij Hydro Huisman zijn geïnstalleerd. Bovendien is de productietechniek verbeterd waardoor de prijs van de nieuwe FiWiHEX een stuk lager is.
- Het inzicht dat sommige potplanten gemakkelijk meer licht verdragen dan tot nog toe gedacht. Bij Hydro Huisman waren dit Anthurium, Croton, Dracaena en Schefflera. Het schaduwdoek kan minder vaak dicht en dat betekent dat er meer energie kan worden geoogst. Het grootste deel van de waargenomen teeltversnelling van acht procent moet aan de grotere lichttoetreding worden toegekend. Een belangrijke voorwaarde is wel dat er een vernevelingsinstallatie aanwezig is om, indien nodig, de luchtvochtigheid te verhogen bij de hogere lichtintensiteit. Areca en Ficus benjamina komen slecht op kleur bij een te hoge lichtintensiteit en moeten daarom in een donkerder regime worden afgeteeld.
- Duizenden geïnteresseerden hebben door middel van excursies, lezingen en publicaties kennis genomen van de Energieproducerende Kas van Hydro Huisman. Dat waren niet alleen ondernemers uit de tuinbouwsector, ook veel andere belangstellenden hebben zich georiënteerd op het perspectief van het systeem. In de tuinbouw is een intensieve discussie over kaskoeling en duurzame energie op gang gebracht. De grote belangstelling van buiten de sector heeft bijgedragen aan een positiever beeld over de glastuinbouw.

### Hoe verder met de Energieproducerende Kas?

Het onderzoek bij Hydro Huisman is afgerond maar de zoektocht naar steeds zuinigere kassen zal moeten worden voortgezet. Het is immers een feit dat fossiele brandstoffen steeds schaarser zullen worden en uiteindelijk zelfs uitgeput zullen raken.

Een aantal inzichten uit het afgeronde onderzoek moeten worden doorontwikkeld. Het Innovatie- en Democentrum (IDC), dat in april 2009 in Bleiswijk wordt geopend, biedt daarvoor een prima mogelijkheid. De drie proefkassen hebben verschillende invalshoeken zodat verschillende technologieën worden belicht.

Met behulp van de nieuwe kennis die het IDC gaat opleveren, zal de Energieproducerende Kas verder ontwikkeld worden. In de glastuinbouw zijn inmiddels op verschillende plaatsen al (deel)systemen van de Energieproducerende Kas aan te treffen.

Door de nieuwe inzichten in gewasontwikkeling in relatie tot luchtvochtigheid en licht hoeven de ramen minder vaak open en dat zal de CO<sub>2</sub>-uitstoot verder naar beneden brengen. Ook kan de productiviteit van een aantal potplanten worden verhoogd door minder intensief met schaduwdoek te schermen.

## Samenvatting

Bij Hydro Huisman in Bergerden is een experimentele kas ingericht om het concept van de Energieproducerende Kas te beproeven. Het onderzoek heeft plaatsgevonden van voorjaar 2006 tot en met zomer 2008 en is uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw. Een extern adviseur en een beoordelingscommissie bestaande uit potplantentelers hebben het onderzoek begeleid.

Er is veel belangstelling geweest voor het project, zowel van tuinders als van buiten de sector. Dat laatste heeft bijgedragen aan een positief imago van de sector. Tuinders hebben intensief gediscussieerd over het concept.

Het onderzoek heeft veel nieuwe inzichten opgeleverd. Er is bewezen dat een kas met geavanceerde technologie energie van de zon kan verzamelen, opslaan en hergebruiken. Met zonne-energie is een prima teeltklimaat te realiseren. Het bleek dat bij een aantal potplanten teeltversnelling is te realiseren als er minder wordt gewerkt met schaduwdoek. Een voorwaarde is dan wel dat de luchtvochtigheid in de kas op peil wordt gehouden met verneveling.

De opbrengst aan zonne-energie weegt echter nu nog niet op tegen de kosten van de nieuwe technologie. Het gebruik van WK-installaties is daarom nu uit economisch oogpunt interessanter voor de glastuinbouw.

Op de lange termijn zal de tuinbouw echter over een alternatief voor fossiele brandstof moeten beschikken. De kennis en technologie die in de Energieproducerende Kas is ontwikkeld, bieden daarvoor gereedschappen. In het nieuwe Innovatie- en Democentrum (IDC) in Bleiswijk zullen deze verder worden ontwikkeld.

## Enkele begrippen

### Aardgasequivalent (a.e.)

een hoeveelheid warmte die overeenkomt met de onderste verbrandingswaarde van een m<sup>3</sup> aardgas.  
1 m<sup>3</sup> aardgas equivalent is daarmee 31,65 MJ warmte.

### Aquifer

ondergrondse opslag van warmte of koude in de watervoerende laag in de bodem.

### COP (Coefficient Of Performance)

een maat voor de hoeveelheid energie die verzameld en opgeslagen wordt per eenheid toegevoerde energie.  
Voor de warmtepomp is het een maat voor de hoeveelheid warmte of koude die geproduceerd wordt per eenheid toegevoerde energie.

### FiWiHex (Fine Wire Heat Exchanger)

dunnedraad warmtewisselaar, brengt warmte/koude over van het ene medium (lucht) naar het andere medium (water).

### Warmtepomp

apparaat dat warmte van een laag temperatuurniveau opvoert naar een hoger temperatuurniveau onder toevoeging van een bepaalde hoeveelheid aandrijfenergie.

### WK-installatie

#### (warmtekracht installatie)

installatie die bij de verbranding van gas naast warmte ook elektriciteit en CO<sub>2</sub> levert. Het totaal rendement is hoger dan de traditionele ketel, wanneer in de berekening wordt betrokken dat de geproduceerde elektriciteit ervoor zorgt dat elders minder primaire energie hoeft te worden ingezet voor de stroomproductie.

### Zigzagdek

een dubbelwandige kunststof plaat met een zigzagprofiel, waardoor de lichtdoorlatendheid groot is.

## Meer lezen

### Arkesteijn, M. (2008)

"Potplantentelers schermen teveel uit angst voor schade"  
(interview met Filip van Noort en Leo Marcelis)  
Onder Glas 5 (6/7) pag. 53-55.

### Bezemer, J. (2008)

Prijswinnende ZoWaKas produceert zeer veel energie: met alles uit het zonlicht een super zuinige kas (interview met Feije de Zwart)  
Onder Glas 5 (5) pag. 66-67.

### Jagers op Akkerhuis, F. (2008)

"Samen met telers naar nieuwe grenzen"  
(interview met Sjaak Bakker)  
Groenten en Fruit 2008 (3) pag. 20-21.

### Poot, E.H. Zwart, H.F. de (2008)

Stapsgewijs op weg naar het 'nieuwe telen'.  
Groenten en Fruit. (43) pag. 22-23.

### Poot, E.H. Zwart, F. de; Bakker, J.C.

Bot, G.P.A. Dieleman, J.A. Gelder, A. de Marcelis, L.F.M. Kuiper, D. (2008)  
Richtinggevende beelden voor energiezuinig telen in semi-gesloten kassen,  
*Wageningen UR Glastuinbouw, Nota 538*

### Programma Kas als Energiebron (2009)

Innovatieagenda tot en met 2012

### Roza, C. (2006)

Kas als energiebron; keerpunt en katalysator. Boek InnovatieNetwerk / SIGN

### Zwart, H.F. de Noort, F.R. van (2008)

Energieproducerende Kas nog niet volledig benut. Vakblad voor de Bloemisterij 63 (3) pag 38-40.

Zie voor de meest recente informatie ook:

[www.energiek2020.nu](http://www.energiek2020.nu)

en

[www.kasalsenergiebron.nl](http://www.kasalsenergiebron.nl)



## Colofon

### Hoofdrapport

Deze publicatie is een samenvatting van het rapport 'Energieprestatie en teeltkundige ervaringen in de Energieproducerende kas', eindrapport van een twee jaar durend praktijkexperiment.

Onderzoekers zijn:

H.F. de Zwart, F. van Noort & J.C. Bakker

De rapportage is vastgelegd in rapport nummer 215 van Wageningen UR Glastuinbouw.

Het volledige rapport is te downloaden via

[www.energiek2020.nu](http://www.energiek2020.nu) en

[www.glastuinbouw.wur.nl/NL/publicaties](http://www.glastuinbouw.wur.nl/NL/publicaties)

### Opdrachtgever

Programma Kas als Energiebron

### Tekst

Hortinfo - Florentine Jagers op Akkerhuis

### Coördinatie en redactie

Ment communicatie en projectmanagement

### Ontwerp

[www.bb-go.nl](http://www.bb-go.nl)

### Druk

Drukkerij Ando bv, Den Haag

### Fotografie

Fotostudio Gerard Vlekke, Guy Ackermans, Theo Eeuwes, Mart van den Boomen

Zoetermeer, januari 2009

