

# Ontwerpwedstrijd Energieproducerende Kas

Resultaten 3 demokassen na één jaar





---

# Ontwerpwedstrijd Energieproducerende Kas

Resultaten 3 demokassen na één jaar

Samenvatting van de bevindingen in het onderzoek uitgevoerd op het Innovatie en Democentrum Kas als Energiebron.

# Inhoudsopgave

- 3 **Voorwoord**
- 5 **MANAGEMENTSAMENVATTING**  
**Anders omgaan met energie vraagt meer dan techniek**
- 9 **INLEIDING**  
**Zeven wegen naar duurzaamheid - drie inspirerende voorbeelden**
- 11 **DEFINITIES**  
**Energieproducerend betekent niet altijd zonder fossiele energie**
- 15 **ZonWindKas**
- 17 **SunergieKas**
- 19 **FlowdeckKas**
- 21 **VERSLAG VAN HET EXPERIMENT**  
**De beloftes en de realiteit**
- 23 **CONCLUSIE**  
**Lessen uit het IDC**

# Voorwoord

---

Het Innovatie en Democentrum (IDC) voor de glastuinbouw is hét bewijs dat de tuinbouw voorop loopt bij het zoeken naar oplossingen voor het energievraagstuk. Al in augustus 2005 werd de kiem gelegd voor dit democentrum toen de Stuurgroep Kas als Energiebron de bijzondere prijsvraag 'Kas als Energiebron' uitschreef.

De jury van deze ontwerpwedstrijd heeft maar liefst 42 houtskool-schetsen ontvangen. Ze vroeg tien deelnemers om de concepten verder uit te werken. De drie meest kansrijke concepten konden vervolgens een prototype realiseren op het terrein van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. In de zomer van 2009 waren deze innovatieve kassen gereed en is een start gemaakt met het testen en beoordelen van de verschillende demo's.

De kassen, de ZonWindKas, de SunergieKas en de FlowdeckKas zijn gerealiseerd door jarenlange inzet van drie consortia. In deze periode is veel geleerd en verschillende elementen blijken bruikbaar in de praktijk van nu. De kassen hebben bewezen in hoge mate zelfvoorzienend te zijn in hun energiebehoefte.

De ontwerpwedstrijd, en als resultaat daarvan het IDC, laten een sector zien die niet alleen droomt, maar ook durft en daarna gewoon 'doet'. Hiermee heeft de Nederlandse glastuinbouw laten zien hoe een energieneutrale tuinbouw op de langere termijn kan worden gerealiseerd.

In de eerstkomende jaren zal de energiehuishouding van de tuinbouw echter voor een groot deel gebaseerd blijven op het gebruik van de WKK als belangrijk instrument voor verbetering van de energie-efficiëntie.

Het IDC laat zien dat er meer wegen leiden naar de gewenste verduurzaming van de sector. Het IDC biedt niet dé oplossing, maar toont een palet van innovaties waaruit kan worden gekozen, afhankelijk van de eisen van de teelt en de economische randvoorwaarden. Daarmee is het IDC richtinggevend voor de toekomstige ontwikkeling van een duurzame glastuinbouw.

De drie demo's geven ieder op hun eigen wijze antwoord op de vraag of een idee in de praktijk werkt of niet. Opnieuw is bewezen dat 'het' idee niet bestaat maar dat deeloplossingen uit alle drie de kassen bijdragen aan de verbetering van de energie-efficiëntie van de glastuinbouw. De jury is blij dat nieuwe technieken gedemonstreerd en bediscussieerd blijven worden in het IDC en hoopt dat de Nederlandse glastuinbouwsector haar toonaangevende rol in de internationale tuinbouwtechnologie blijft spelen.

**Ruud Lubbers,**

*Voorzitter Jury Ontwerpwedstrijd Kas als Energiebron*



## Anders omgaan met energie vraagt meer dan techniek

Het Innovatie en Democentrum (IDC) in Bleiswijk is de kweektuin voor nieuwe, energiezuinige technieken voor de glastuinbouw. De minister van LNV, Gerda Verburg opende dit centrum in april 2009 en drie winnaars van de ontwerpwedstrijd Kas als Energiebron hebben er de kans gekregen om hun idee verder te ontwikkelen.

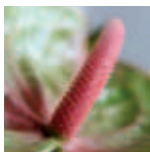
Op het IDC zijn drie prototype kassen gerealiseerd, waarvan werd verwacht dat deze energieneutraal (ZonWindKas) of zelfs netto energieproducerend (FlowdeckKas en SunergieKas) zouden zijn. De kassen zijn op semi-praktijkschaal gebouwd en gedurende een jaar heeft Wageningen UR Glastuinbouw zowel de teelt als het energieverbruik gevolgd. Zo is een balans van een volledige teeltcyclus opgemaakt.

### Veel geleerd

Alle drie de prototypes presteerden zowel energetisch als economisch minder dan vooraf berekend in het ontwerp. De lagere energieprestatie kwam in de eerste plaats doordat aannames in de ontwerpen te optimistisch waren. Daarbij komt dat een kwalitatief hoogwaardig tuinbouwproduct een veel strakkere klimaatbeheersing vereist dan waarvan was uitgegaan in het ontwerp (meer verwarmen, dieper koelen, minder vernevelen).

De slechtere economische prestatie is deels het gevolg van de tegenvallende energieprestatie. Daarnaast is de marktwaarde van de energie die aan derden is geleverd, lager ingeschat dan waarvan aanvankelijk is uitgegaan. Ook bleken sommige componenten van de kasinstallaties veel duurder dan vooraf begroot.

Toch zijn de drie deelnemende consortia tevreden over het resultaat. De proeven hebben laten zien dat het goed mogelijk is om de glastuinbouw in hoge mate zelfvoorzienend te maken als het gaat om verwarming van de kassen.





### **ZonWindKas voor potplanten**

De ZonWindKas is vooral geschikt voor de potplantenteelt. Het overtollige zonlicht wordt direct benut door de warmte op te vangen met een watergekoeld lamellenscherm. Dat is geïnstalleerd op de zuidwaarts gerichte dakvlakken. Hierdoor kan zonne-energie op hoge temperatuur (65°C) worden verzameld. Bovendien kan met deze collectoren de hoeveelheid licht in de kas stapsgewijs worden geregeld. Het is gebleken dat met slechts 6 m<sup>3</sup> aardgas en 7 kWh elektriciteit prima potanthuriums kunnen worden geteeld. In vergelijking met de gangbare (onbelichte) teelt van potanthurium betekent dit 82% verlaging van de energiebehoefte. Met nog kleine verbeteringen is zelfs een reductie tot 100% op de warmtevraag mogelijk.

De kostprijs voor de seizoensopslag van warmte is op dit moment de belangrijkste belemmering voor de verdere uitrol van het ZonWind-Kas-concept. De bedenkers van de kas hebben aangegeven hard te werken aan een oplossing voor dit knelpunt.

### **Sunergie- en FlowdeckKas voor groenten**

De twee andere kassen, de Sunergie- en de FlowdeckKas, op het IDC waren bedoeld als groentekassen. Vruchtgroenten zoals tomaten en komkommers, hebben veel licht nodig. Zonlicht kan daarom niet direct worden afgevangen en omgezet in hoogwaardige warmte, zoals bij de ZonWindKas. Hierdoor komt het zomerse energie-overschot alleen beschikbaar als laagwaardige warmte. Het verzamelen hiervan kost elektriciteit voor de aandrijving van pompen en ventilatoren. Bovendien is in de winter een warmtepomp nodig om het temperatuurniveau van het water op te voeren om de kas te kunnen verwarmen.

Beide groentekassen waren volgens de definitie netto energieproducerend, maar niet onafhankelijk van elektriciteit. Om de benodigde stroom te produceren heeft de FlowdeckKas een energie-input van 13 m<sup>3</sup> aardgas per m<sup>2</sup> per jaar nodig en de SunergieKas heeft 27 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> per jaar. Tegenover deze input aan aardgas stond een warmte-overschot van respectievelijk 20 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten per m<sup>2</sup> voor de FlowdeckKas en 29 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten voor de SunergieKas.

### Afnemer van energie gezocht

De kwaliteit van de geleverde energie en de economische waarde daarvan, is veel lager dan die van de ingekochte energie. Dit heeft een belangrijk gevolg voor het economisch perspectief.

De Suneriekas en de FlowdeckKas zijn alleen netto energieproducerend als er een afnemer is voor het warmte-overschot. Als deze afnemer zijn eigen energieverbruik beperkt, valt de basis onder deze concepten weg, tenzij er andere afnemers gevonden worden.

Een energieproducerende kas moet dus altijd in relatie tot een afnemer worden geplaatst. Wageningen UR Glastuinbouw heeft daarom berekend wat het energetisch perspectief is van de combinatie van zo'n energieproducerende kas met een standaard (niet belichtende) kas. Als deze twee onderdelen als één systeem worden gezien, dan blijkt deze combinatie het energieverbruik terug te brengen naar 17 (SunerieKas) tot zelfs 13 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> jaar) (FlowdeckKas). Ten opzichte van een energievraag van 35 tot 40 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> jaar) die gebruikelijk is in de groenteteelt, betekent dit een forse verlaging.

### Elementen zijn bruikbaar

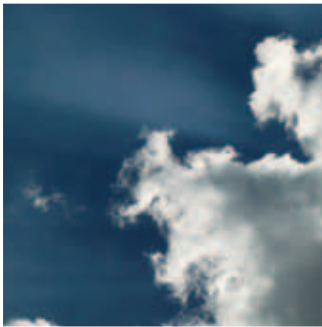
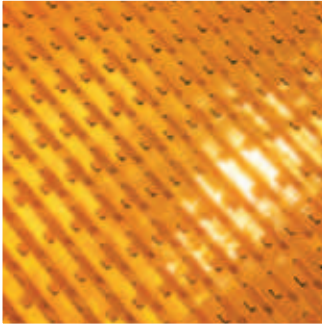
Hoewel de energieprestaties groot zijn en de toegepaste technieken betrouwbaar, kan onder de huidige omstandigheden geen van de prototypes in de praktijk economisch rendabel worden toegepast. De meerinvesteringen in de SunerieKas en FlowdeckKas worden pas bij gasprijzen rond de 50 cent per m<sup>2</sup> terugverdiend in zeven jaar. Het zelfvoorzienend maken van de ZonWindKas is rendabel na zeven jaar als de gasprijs 90 cent per m<sup>2</sup> bedraagt.

Elementen van de kasontwerpen zullen wel al hun weg in de tuinbouw vinden. Mede dankzij de kennis die op het IDC is gedemonstreerd, is het gebruik van slurven onder het gewas voor de ontvochtiging, verneveling, meerdere schermlagen, proportionele lichtintensiteit-regeling en gedeeltelijke koeling, in opmars.

De bedenkers van de ZonWindKas zien bovendien goede mogelijkheden om te besparen op de kosten van het systeem. Deze kas biedt dan perspectief voor de praktijkschaal.

### Toekomstmuziek

Voor de gemiddelde tuinder is het anno 2010 aantrekkelijker om zijn energiekosten in de hand te houden door het verbruik te reduceren en het resterende energieverbruik middels afvalwarmte uit een WKK in te vullen, dan door de benutting van overtollige zonnewarmte. Het gebruik van zonne-energie in de tuinbouw is goed mogelijk, maar blijft vanwege economische factoren voorlopig toekomstmuziek.



## Zeven wegen naar een duurzame tuinbouw

De glastuinbouw wil na 2020 alleen nog klimaatneutrale kassen bouwen. Bovendien moet dan de CO<sub>2</sub>-emissie zijn teruggebracht naar 3.6 Mton per jaar (dat is 52% van de emissie in 1990).

Het Productschap Tuinbouw, LTO Glaskracht Nederland en het ministerie van LNV zijn het onderzoeksprogramma Kas als Energiebron gestart om deze ambitie waar te maken.

### Zeven oplossingsrichtingen

Het programma Kas als Energiebron kent zeven oplossingsrichtingen waarin wordt gezocht naar duurzaam gebruik van energie in de tuinbouw. Dit zijn: Teeltstrategieën, Licht, Zonne-energie, Aardwarmte, Biobrandstoffen, Duurzame(re) elektriciteit, Duurzame(re) CO<sub>2</sub>. Deze zogenaamde transitiepaden zijn structurele veranderingen in de tuinbouwsector, die het resultaat zijn van verschillende ontwikkelingen die elkaar beïnvloeden. Dergelijke veranderingen vragen veel inspanning en tijd.

Bedrijfsleven en onderzoekers ontwikkelen en demonstreren op het IDC samen nieuwe technieken en teeltmethodes die bijdragen aan het verlagen van het gebruik van fossiele energie in de glastuinbouw en aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Drie consortia hebben op het IDC een prototype van een innovatieve kas gerealiseerd. Dit waren de winnende concepten in de ontwerpwedstrijd die het programma Kas als Energiebron heeft uitgeschreven. Alle nieuwe kennis die hier wordt ontwikkeld, moet doorstromen naar de praktijk. Het democentrum speelt daarin een belangrijke rol.



### Drie prototypes

De opdracht in de ontwerpwedstrijd was om een kas te ontwerpen die minimaal energieneutraal zou kunnen functioneren, maar die liever nog netto energieproducerend zou zijn. Er zijn drie prototype kassen gerealiseerd waarin onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw de teelt en de energiehuishouding hebben gemonitord.

### Zonwindkas

In de **ZONWINDKAS** is een innovatief lamellenscherm geïnstalleerd dat de zonnestraling absorbeert en de energie verzamelt in de vorm van water van 65°C. Direct zonlicht kan worden voorkomen door de lamellen te sluiten. Een speciale buffer onder de kas slaat het warme water op voor hergebruik in de winter. Deze kas is ontwikkeld voor schaduwminnende gewassen. In de praktijk kan een windmolen de benodigde elektriciteit leveren.

### Sunenergiekas

In de **SUNERGIEKAS** warmt zonlicht het gewas op en daardoor neemt de temperatuur van de kas toe. Deze warmte wordt verzameld en opgeslagen voor hergebruik in de winter. De constructie van deze kas gaat uit van maximale lichtwinst. Het kasdek bestaat daarom uit antireflectie glas. De verticale kaskolom bestaat uit een vakwerk in plaats van de traditionele rechthoekige kolom. Een dubbelscherm voorkomt onnodig energieverlies. De kas is opgebouwd uit componenten die nu al in de tuinbouw worden toegepast.

### Flowdeckkas

Bij de **FLOWDECKKAS** stroomt water door een innovatief kasdek-materiaal dat bestaat uit dubbelwandige platen (Flowdeck). Dit dek isoleert in de winter en koelt de kas in de zomer. De zonnewarmte, die het kasdek in de zomer verzamelt, wordt opgeslagen in een aquifer en in de winter weer gebruikt.

## Energieproducerend is niet altijd zonder fossiele energie

Een netto energieproducerende kas is een kas die meer energie levert dan dat deze kas nodig heeft. Zo'n kas zet duurzame energie afkomstig van zon, wind of aardwarmte om in energie die een andere partij kan gebruiken. De definitie voor een netto energieproducerende kas stelt geen eisen aan de kwaliteit van de geleverde energie.



### Voorbeeld

Als een kas  $20 \text{ m}^3$  aardgas per  $\text{m}^2$  per jaar verbruikt en aan het eind van dat jaar bijvoorbeeld  $18 \text{ m}^3$  grondwater voor een andere partij van  $10$  naar  $20^\circ\text{C}$  heeft opgewarmd, dan is deze kas netto energieproducerend. Het opwarmen van  $18 \text{ m}^3$  water van  $10$  naar  $20^\circ\text{C}$  vertegenwoordigt namelijk  $750 \text{ MJ}$  aan energie en dit is uitgedrukt in aardgas equivalenten gelijk aan bijna  $24 \text{ m}^3$  aardgas. In dit voorbeeld is dus een netto overschot van  $4 \text{ m}^3$  gerealiseerd. De kwaliteit van de energie in het warme water van  $20^\circ\text{C}$  is echter heel veel kleiner dan de kwaliteit van het aardgas dat de kas heeft gebruikt. Met  $20 \text{ m}^3$  aardgas kan je bijvoorbeeld twintig keer een warm bad laten vollopen terwijl dat met dit opgewarmde grondwater niet kan. De warmte in het grondwater kan door de inzet van een warmtepomp wel op een hoger temperatuurniveau worden gebracht, maar dat kost dus extra energie. De energie in aardgas wordt daarom hoogwaardige energie genoemd en die in het grondwater laagwaardige energie.

## Prestaties van de kassen

Twee van de drie ontwerpen, de SunergieKas en de FlowdeckKas, hebben zich gericht op de verzameling van laagwaardige warmte ter compensatie van de hoogwaardige energie-input voor deze kassen. Deze hoogwaardige energie-input bestond voornamelijk uit aardgas, die werd ingekocht om een WKK te laten draaien die elektriciteit levert voor de aandrijving van de warmtepomp, de circulatiepompen en ventilatoren.

Het ontwerp voor de ZonWindKas was niet gericht op energielevering, maar had als ambitie geen fossiele energie te gebruiken. Deze ambitie was vormgegeven door het beperkte elektriciteitsverbruik in te kopen via groene stroom.

Indien de elektriciteitsproductie daadwerkelijk met de kas was geïntegreerd, zou de ZonWindKas zelfs energieneutraal kunnen functioneren. In dat geval wordt er netto geen hoogwaardige energie toegevoerd. Tegenover eventuele elektriciteitsinkoop zou dan op andere momenten weer een elektriciteitsverkoop kunnen staan.



# De beloftes en de realiteit

Op het IDC zijn de drie demokassen gedurende een jaar gemonitord om de feitelijke realisatie te vergelijken met de verwachtingen.

## Verwachtingen

De verwachtingen voor de drie geselecteerde ontwerpen waren hoog gespannen:

- De **ZONWINDKAS** was uitgekozen vanwege het perspectief dat dit ontwerp een energieneutrale kas zou kunnen opleveren los van ingekochte energie.
- De **SUNERGIEKAS** was geselecteerd omdat deze kas met gebruikmaking van bestaande technieken de belofte van een energieproducerende kas zou kunnen waarmaken.
- De **FLOWDECKKAS** was aansprekend omdat deze niet alleen een goede energieproductie beloofde, maar ook ervaring zou geven met een nieuwe benadering van een energiezuinige kasklimaatregeling, namelijk het gebruik van een watervoerend dek.

## Aanpassingen

In de periode tussen de selectie van de ontwerpen en de daadwerkelijke bouw zijn er, in overleg met de stuurgroep, bij ieder ontwerp een aantal aanpassingen gemaakt.

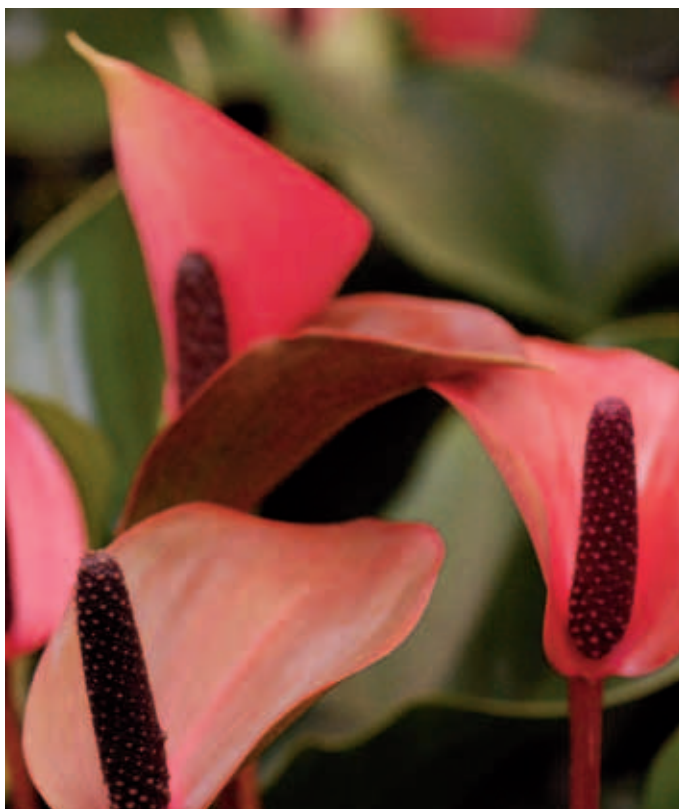
- De **ZONWINDKAS** heeft geen gebruik gemaakt van een windmolen als integraal deel van het concept. De kas is van elektriciteit voorzien door het net.
- Bij de bouw van de **SUNERGIEKAS** zijn vereenvoudigingen in de constructie en installatie aangebracht om de bouwkosten te verlagen en het ontwerp dichterbij de huidige praktijk te brengen. De terugwinning van warmte tijdens de ontvochtiging is komen te vervallen en de installatie is sterk vereenvoudigd.
- Het ontwerp van de **FLOWDECKKAS** is voor aanvang van de bouw drastisch veranderd. In het ontwerp lag een belangrijk accent op het leveren van hoogwaardige energie (elektriciteit en heet water) door een WKK en beperking van de eigen warmtevraag met het watervoerend dek. In de uiteindelijk gerealiseerde kas is de energieproductie behaald met laagwaardige energie (koelwater dat van 8 naar 16°C werd opgewarmd). Tegelijkertijd is de benodigde energie-input voor de kas sterk verlaagd ten opzichte van het ontwerp.

## Resultaten

Tabel: De energieprestaties van de drie demokassen op het IDC

	ZonWindKas	SunergieKas	FlowdeckKas
Warmtevraag ingevuld door	28 m <sup>3</sup> a.e. (max 60°C) zonnewarmte+ketel	31 m <sup>3</sup> a.e. (max 50°C) warmtepomp+wkk	16 m <sup>3</sup> a.e. (max 40°C) warmtepomp+wkk
Elektravraag ingevuld door	7 kWh windmolen (netgekoppeld)	97 kWh WKK (netgekoppeld)	47 kWh WKK (netgekoppeld)
Energie-input	6 m <sup>3</sup> aardgas	27 m <sup>3</sup> aardgas	13 m <sup>3</sup> aardgas
Energie-output	0	29 m <sup>3</sup> a.e. (laagw. warmte)	20 m <sup>3</sup> a.e. (laagw. warmte)
Netto Energie-productie	-6 m <sup>3</sup> a.e. hoogw.	2 m <sup>3</sup> a.e. (laagw. warmte)	7 m <sup>3</sup> a.e. (laagw. warmte)

*a.e. = aardgas equivalenten*



# ZONWINDKAS

De ZonWindKas heeft als meest karakteristieke element beweegbare lamellen in het zuidwaarts gerichte, extra grote dakvlak.

In de ZonWindKas zijn schaduwminnende potanthuriums geteeld.



## Prestatie

De lamellen werden gesloten zodra de intensiteit van het zonlicht boven de  $200 \text{ W/m}^2$  straling uitkwam. Het overtollige zonlicht heeft water in de lamellen opgewarmd van  $25^\circ\text{C}$  naar  $65^\circ\text{C}$ . Dit warme water is opgeslagen in een buffersysteem.

In het experiment is aangetoond dat de verzameling van de overtollige zonne-energie met deze lamellen prima functioneerde. In de zomer van 2009 hebben de lamellen ruim  $4 \text{ m}^3$  water per  $\text{m}^2$  kas van  $25$  naar  $65^\circ\text{C}$  kunnen opwarmen. Dit heeft een energie-inhoud van  $22 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten per  $\text{m}^2$  kas per jaar. Bij de seizoensopslag van deze warmte treedt iets meer dan 5% verlies op. Als de kas minder dan  $21 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten aan warmte per jaar zou gebruiken, kan de ZonWindKas geheel in zijn eigen warmtevraag voorzien.

## Energiebalans

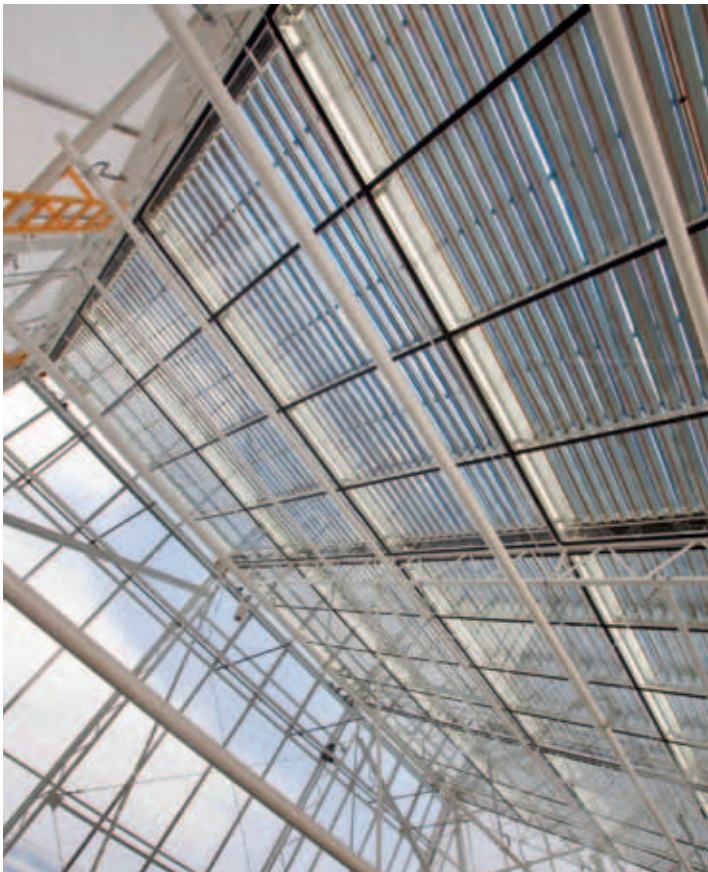
De ZonWindKas komt qua energieverzameling goed overeen met de verwachtingen. Het eigen warmteverbruik was echter fors hoger dan de  $21 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten die verzameld werden, namelijk  $38 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten per  $\text{m}^2$  per jaar. In de loop van de winter is de kas daarom uitgebreid met een energiescherm wat het warmteverlies sterk beperkte. Als dit scherm van het begin af in de kas had gezeten, zou de warmtevraag op  $28 \text{ m}^3$  aardgas zijn uitgekomen en was de warmteverzameling in de zomer wat hoger geweest. Daarom is gesteld dat de ZonWindKas zoals die op het IDC is gebouwd, op jaarbasis  $6 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten aan warmte tekort komt.

Tegelijk is het ook reëel te stellen dat bij een kwalitatief beter scherm het warmteverbruik lager zou zijn. Een volledige zelfvoorziening voor de warmtevraag is voor dit ontwerp dus realistisch. Het elektriciteitsverbruik van de kas (7 kWh/(m<sup>3</sup> jaar)) was hoger dan gepland (3 kWh/(m<sup>3</sup> jaar)). De elektriciteitsvraag is echter nog steeds laag en kan makkelijk duurzaam worden ingevuld met bijvoorbeeld zonnecellen. In dat geval wordt deze kas zelfs helemaal energie-neutraal. Deze mogelijkheid is in een apart project als spin-off onderzocht.

### Conclusie

In de ZonWindKas verliep de teelt van potanthuriums prima en de energieprestatie was goed. Telers waren erg enthousiast over de variabele beschaduwingsfactor die de lamellen in het kasdek bieden en de snelheid waarmee er op wisselende weersomstandigheden kan worden gereageerd.

Het belangrijkste knelpunt is de zeer hoge kostprijs van de kas. De goed geïsoleerde warmte-opslag buffer is erg duur en kan alleen binnen zeven jaar worden terugverdiend bij een gasprijs van meer dan 90 cent. Het bedenkers van de kas gaan daarom nu intensief op zoek naar alternatieve vormen van warmte-opslag.



# SUNERGIEKAS

De SunergieKas combineert het beste van bestaande technieken die de tuinbouw nu al toepast. Dit concept zet in op een maximale hoeveelheid licht in de kas, omdat dan de warmteverzameling maximaal is. In deze kas zijn tomaten geteeld.



## Prestatie

De SunergieKas gaf een netto energieproductie van 2 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten per m<sup>2</sup> per jaar. Dit was veel minder dan verwacht en daarvoor zijn drie redenen aan te wijzen.

Ten eerste blijkt de licht-absorptie door het gewas veel kleiner dan gedacht. Dit is de belangrijkste oorzaak voor de tegenvallende prestatie van deze kas. De aanname was dat 90% van de zonne-energie die in de kas valt zou worden omgezet in warmte. Als bij 77% lichttransmissie van de kas bijvoorbeeld 750 W/m<sup>3</sup> zonnestraling op de kas valt, zou dit volgens de aanname dus  $750 * 0.77 * 0.90 = 520 \text{ W/m}^2$  opleveren. In de praktijk bleek echter dat de bladeren veel meer licht terugkaatsen dan vooraf aangenomen. Omdat de reflectie hoger is, blijkt de absorptie van zonlicht in een tomatengewas niet meer dan 60%. Een plant is dus veel minder een 'zonnecollector' dan wat meestal wordt gedacht.

De geringere stralingsabsorptie betekende op jaarbasis dat de warmte-oogst 21 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten per m<sup>2</sup> per jaar minder was dan begroot.

Ten tweede heeft er geen warmteterugwinning plaats gevonden tijdens de ontvochtiging, zoals in het ontwerp was gepland. Tenslotte was de lichttransmissie van de kas niet 77% maar gemiddeld 68%. Dit komt omdat standaard dekprofielen zijn gebruikt in plaats van de superglas-kas profielen die aanvankelijk waren voorgesteld. Ook de keus voor een tweede beweegbaar scherm heeft een paar procent licht gekost.

De lagere lichttransmissie was verantwoordelijk voor het missen van bijna 5 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten per m<sup>2</sup> per jaar.

## Energiebalans

De SunergieKas gebruikt  $27 \text{ m}^3$  aardgas voor de WKK die daarmee  $96 \text{ kWh}$  elektriciteit per  $\text{m}^2$  per jaar produceert. Dit is evenveel als het elektriciteitsverbruik van de kas (pompen, ventilatoren, warmtepomp, automatisering). Gedurende de zomer verzamelt de Suneriekas  $42 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten uit het warmteoverschot van de kas. Daarvan gebruikt de kas  $13 \text{ m}^3$  voor de invulling van zijn eigen warmtebehoefte. Zo blijven er aan het eind van het jaar  $29 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten over en heeft de kas een netto energieproductie van  $29 - 27 = 2 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten per  $\text{m}^2$ .

Dit energieoverschot van  $29 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten per  $\text{m}^2$  per jaar wordt aan derden geleverd in de vorm van grondwater dat door de kas van  $8$  naar  $17^\circ\text{C}$  is opgewarmd.



## Conclusie

De SunergieKas heeft een langere terugverdientijd dan oorspronkelijk geschetst. Bij de bouw zijn aanzienlijke besparingen doorgevoerd, maar omdat de energielevering sterk achterbleef, waren de inkomsten ook lager.

De tomatenproductie was hoog;  $10\%$  hoger dan die van top-tomatentelers en  $15\%$  hoger dan van een gemiddelde teler. De productie was echter aanzienlijk minder dan de  $23\%$  waarvan in de ontwerpberekeningen was uitgegaan.

Het gevolg is dat de terugverdientijd van de extra investeringen die de SunergieKas tot een netto energieproducerende kas maken, bijna zeven jaar is bij een gasprijs van  $50$  cent per  $\text{m}^3$ . In het ontwerp werd een terugverdientijd van vijf jaar verwacht bij een gasprijs van  $47$  cent per  $\text{m}^3$ .

# FLOWDECKKAS

De FlowdeckKas heeft een dubbel kasdek. In het oorspronkelijke ontwerp zou hierdoor water stromen om zonnewarmte te verzamelen en het kasklimaat te koelen. In de praktijk bleek dit systeem niet te functioneren. Ontvochtiging vond plaats met een zogenaamde Regain-unit. In de FlowdeckKas zijn tomaten geteeld.



## Prestatie

De FlowdeckKas heeft in energetisch opzicht minder goed gepresteerd dan verwacht, maar liet de hoogste netto energieproductie zien. Dit ondanks dat het watervoerende kasdek niet functioneerde. Omdat het dek de hele proefperiode leeg is gebleven, heeft de kas steeds een hoge isolatiegraad gehad.

De kas was voorzien van een ontvochtigingssysteem dat warmteverlies tijdens de ontvochtiging voorkwam (de Regain-unit). Op momenten dat de kaslucht te vochtig is, wordt droge buitenlucht naar binnen geblazen en tegelijk wordt warme (te) vochtige kaslucht naar buiten geblazen. Deze twee luchtstromen passeren elkaar in een kruisstroomwisselaar zodat de inkomende koude buitenlucht wordt opgewarmd met de uitstromende kaslucht. Zodoende vindt een substantiële energierugwinning plaats van ongeveer  $5 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten per  $\text{m}^2$  per jaar.

Tenslotte had de FlowdeckKas naast een dubbelwandig dek ook nog een scherminstallatie. Deze drie factoren maakten dat de warmtevraag van de FlowdeckKas niet meer dan  $16 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten per  $\text{m}^2$  per jaar bedroeg.

## Energiebalans

De lage warmtevraag betekende dat de elektriciteitsbehoefte laag was omdat de warmtepomp minder hoefde te draaien. Het lage elektriciteitsverbruik betekende ook dat er maar een kleine WKK-installatie nodig was. De kas had op jaarbasis slechts 13 m<sup>3</sup> aardgas als hoogwaardige energie-input nodig.

Omdat het flowdeck niet met water kon worden gevuld was de lichtdoorlatendheid van het dek met een gemiddelde van 48% beperkt. Hierdoor is de hoeveelheid energie die uit de kas kon worden geogst kleiner dan verwacht. Na aftrek van het eigen gebruik voor verwarming in de winter bleek de FlowdeckKas 20 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten per m<sup>2</sup> per jaar aan derden te kunnen leveren. De netto energieproductie kwam daarmee op  $20 - 13 = 7$  m<sup>3</sup> aardgas equivalenten per m<sup>2</sup> per jaar.

Het energieoverschot wordt aan derden geleverd in de vorm van opgewarmd grondwater van 16°C.

## Conclusie

De lage lichttransmissie leidde tot minder productie. De ongebruikelijke plantdatum van het tomatengewas maakte een vergelijking van het teeltresultaat niet goed mogelijk. Volgens gewasspecialisten lag de productie 5% lager dan in de gangbare teelt.

De beperkte energieproductie en de lage gewasproductie hebben een grote weerslag op het bedrijfseconomisch perspectief voor de FlowdeckKas. De kas zonder watervoerend dek heeft een terugverdientijd van zeven jaar bij een gasprijs boven de 45 cent per m<sup>3</sup>.

De positieve ervaringen met een dubbelwandig kasdek en de Regain-unit hebben er toe geleid dat een doorontwikkeling is gemaakt naar de zogenaamde VenLowKas. Deze kas heeft een dubbel glas kasdek, waarbij het glas met speciale coatings is behandeld om de lichttransmissie vergelijkbaar te krijgen aan die van een standaard kas.



# Lessen uit het IDC

Geen van de ontwerpen kan nu al worden uitgerold in de praktijk. Toch zijn alle deelnemende partijen tevreden over de resultaten omdat deze duidelijk de kansen en knelpunten aangeven. Zo'n drieduizend bezoekers, telers, adviseurs en toeleveranciers hebben het IDC bezocht. Er was veel belangstelling uit onderwijs en beleid. Bovendien waren er verassend veel bezoekers die nauwelijks wisten hoe de tuinbouw functioneert. Het IDC heeft hen overtuigd van het innovatieve karakter van de tuinbouw. Het democentrum levert zo niet alleen bruikbare kennis op voor alle teelten onder glas, maar draagt ook bij aan een positief imago van de sector.

## Het blijft maatwerk

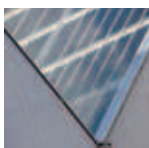
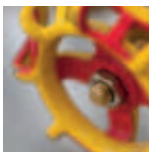
Een belangrijk inzicht dat de drie prototypes op het IDC heeft opgeleverd, is dat een energie-efficiënte tuinbouw altijd maatwerk blijft. In de ZonWindKas bleek bijvoorbeeld dat een flinke besparing op het energieverbruik mogelijk is bij gelijke productie. Dit concept is echter alleen toepasbaar voor een schaduwminnende potplantenteelt, voor de groenteteelt is immers het gebrek aan licht een groot nadeel en daarom is deze benadering daar onmogelijk. De experimenten hebben ook laten zien dat verstrekkende innovaties grote investeringen met zich meebrengen. Deze kunnen alleen renderen bij fors hogere energieprijzen dan die in 2010.

## Hoge kwaliteit heeft zijn prijs

Om de gewenste kwaliteit en kwantiteit te krijgen moeten tuinders het klimaat strak in de hand houden. Vooral in de twee groentekassen betekende dit dat er 's zomers vaak tot ver in de nacht nog werd gekoeld om de etmaaltemperatuur te kunnen drukken. Dit heeft in een gesloten kas weliswaar nauwelijks invloed op de netto energieproductie, maar vraagt elektriciteit en dat stuwt de hoogwaardige energiebehoefte omhoog. Daarbij komt dat de gemiddelde watertemperatuur in de aquifer door deze acties duidelijk daalt, waardoor de waarde van de geleverde energie afneemt.

## Afnemers van energie gezocht

De netto energieproducerende FlowdeckKas en SunergieKas komen pas tot hun recht als er een afnemer voor de laagwaardige warmte beschikbaar is. Bij deze kassen komt de netto energieproductie immers tot stand dankzij het kleinere energieverbruik van de afnemende partij. De consequentie is dat naast een netto energieproducerende kas altijd een aanzienlijk oppervlak met een energieverbruiker, bijvoorbeeld andere kassen, moet staan. Zo is naast één hectare FlowdeckKas een 1.5 hectare standaard kas nodig, bijvoor-



beeld voor onbelichte groenteteelt. Is de naastgelegen kas een belichte teelt of een weinig warmtebehoevende teelt dan moet er een aanzienlijk groter oppervlak tegenover één hectare energieproducerende staan. Dit beperkt het maximale aandeel van dit soort kassen in het totale kasareaal sterk.

### **Bruikbare techniek**

In de drie kassen op het IDC zijn veel innovaties getest en gedemonstreerd. Een aantal daarvan zal in de praktijk opgang maken, voornamelijk omdat ze passen binnen Het Nieuwe Telen, waar het gaat om een zo optimaal mogelijke combinatie van techniek, teeltsysteem en teeltstrategie. Zo wordt er zuinig omgegaan met energie op een manier die haalbaar is onder de economische randvoorwaarden.



### **Verneveling**

Het vermijden van een lage luchtvochtigheid door verneveling, leidt tot een verhoging van het teeltresultaat. Dit bevestigt eerdere bevindingen uit het project 'Kas als Energiebron' bij Hydro Huisman in 2007-2009. In de ZonWindKas is met veel succes verneveling toegepast bij de teelt van potanthuriums. In de groenteteelt kan verneveling de efficiëntie van de CO<sub>2</sub>-dosering belangrijk verbeteren. Voor de toekomst is dit steeds belangrijker omdat de CO<sub>2</sub>-beschikbaarheid kleiner wordt.



### **Inblazen buitenlucht**

Het inblazen van buitenlucht onderin het gewas helpt om de luchtvochtigheid te verlagen. De ziektedruk blijft zo op een acceptabel niveau ondanks een hoge luchtvochtigheid bovenin de kas bij de kop van de planten. Zowel in de SunergieKas als de FlowdeckKas is met zo'n systeem gewerkt. De capaciteit van de twee systemen was niet gelijk en over de optimale capaciteit is nog weinig bekend. Het lucht-inblaassysteem kan worden toegepast zónder, zoals bij de SunergieKas, of mét terugwinning van voelbare warmte, zoals bij de FlowdeckKas. Een systeem met warmteterugwinning is duurder. Bij een warmteprijs boven de 10 euro per GJ is warmteterugwinning lonend voor gewassen die veel verdampen, zoals tomaat en komkommer.

### **Kaskoeling van bovenuit**

In de SunergieKas kon het eerste jaar worden gekozen tussen koeling van bovenuit en/of van onderuit. Er werd begonnen met een substantiële aandeel van de koeling van onderuit, maar de teelt-ervaringen daarmee waren niet positief. Nadat alleen nog maar van bovenaf werd gekoeld verliep de afrijping van de vruchten aanmerkelijk beter.

## Slotopmerkingen

- De energieproducerende kassen die op het IDC zijn getest, kunnen slechts een beperkte bijdrage leveren aan de verduurzaming van de sector omdat ze niet in alle situaties kunnen worden ingezet. De ZonWindKas is toegesneden op het relatief kleine deelsegment van de schaduwminnende teelten en de beide groentekassen hebben warmteverbruikende buurbedrijven nodig.
- De energieproducerende kassen op het IDC leveren laagwaardige energie terwijl de behoefte van de sector en van de maatschappij in de richting van hoogwaardige energie verschuift, zoals elektriciteit. Bij de ontwikkeling van energieproducerende kassen zal de nadruk dus moeten liggen op de productie van hoogwaardige energie, met name elektriciteit.
- Een netto energieproducerende kas is niet hetzelfde als een fossiele energie-vrije kas. Elke kas kan los van fossiele energie opereren wanneer de benodigde energie uit duurzame bron wordt betrokken (wind, biomassa, aardwarmte).  
Voor de niet-belichtende teelten kunnen de technieken die in het IDC zijn gedemonstreerd wel een belangrijke bijdrage leveren om de afhankelijkheid van fossiele energie te beperken. De behoefte aan in te kopen energie is bij deze kassen immers fors lager dan in de huidige kassen. De resterende energiebehoefte kan dan gemakkelijker uit duurzame bron betrokken worden. Dit is niet alleen vanuit financieel oogpunt noodzakelijk. De beschikbaarheid van niet-fossiele brandstoffen is voorlopig zeer beperkt.
- Afhankelijk van de ontwikkelingen in de energiemarkt zullen de technologieën die op het IDC zijn gedemonstreerd in de toekomst een rol kunnen gaan spelen. Het belangrijkste gemeenschappelijke kenmerk van de drie ontwerpen is dat zij in nog grotere mate gebruik maken van de zon als duurzame energiebron voor de verwarming van kassen.

## Mogelijk gemaakt door:

De consortia van:

SunergieKas: Wageningen UR Glastuinbouw, P.L.J. Bom Groep, Innovatiefonds Rabobank Westland en Rabobank Nederland

ZonWindKas: Gakon BV, Thermotech, Innovatiefonds Rabobank Westland

FlowDeckKas: Maurice Kassenbouw BV, Climeco Engineering BV

Het Innovatie- en Democentrum is gerealiseerd dankzij de bijdrage vanuit Programma Kas als Energiebron en van Gasterra.

Het onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw.



## Kas als Energiebron

Dit is een uitgave van het Programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma op weg naar een klimaatneutrale glastuinbouw in Nederland. Het Productschap Tuinbouw, LTO Glaskracht Nederland en het Ministerie van LNV zijn initiatiefnemers, trekkers en financiers.

## Colofon

### Tekst:

Feije de Zwart  
(Wageningen UR Glastuinbouw) en  
Florentine Jagers (Hortinfo)

### Coördinatie:

Helga van Marrewijk, Ment

### Fotografie:

Fotobureau G.J. Vlekke

### Ontwerp:

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

### Druk:

Thieme groep

Oktober 2010

