



# Ontwerp van twee energiezuinige kasconcepten

Iteratief proces van rekenen en discussieren aan de hand van Kaspro

Wouter Verkerke, Frank Kempkes, Eric Poot



## **Referaat**

Het Greenportkas II concept zou de volgende stap worden in de energiebesparing in de glastuinbouw, onder meer door gebruik te maken van gecoat diffuus dubbel glas. Dit nieuwe kasconcept, bedoeld voor de teelt van tomaten, is voorafgaande aan de bouw uitgebreid geëvalueerd. De consequenties van combinaties van bepaalde innovaties zijn in een iteratief proces doorgerekend met Kaspro en bediscussieerd met de ondernemer. Dit heeft geleid tot een veel beter uitgedacht systeem. De bouw van dit concept kon echter niet doorgaan. Vervolgens is de ontwikkeling van een ander kasconcept met een vergelijkbare innovatie (de ID kas) ondersteund met het zelfde iteratieve proces. Dit heeft bijgedragen aan het uiteindelijke ontwerp van de kas en de ontwikkeling van een monitoringsplan.

## **Abstract**

Greenportkas II was a new greenhouse concept for further reduction of the energy use in protected tomato cultivation by the use of coated double glazing. This new concept was aimed at the production of tomatoes. It was thoroughly *ex ante* evaluated through an iterative process with Kaspro calculations and discussions with the grower before the construction of the greenhouse started. This led to a better system lay-out. However, this concept could not be built. Subsequently, another innovative greenhouse concept was *ex ante* supported with similar calculations and discussions. These activities contributed to the design and building of this new concept: the ID greenhouse. A plan for the monitoring of the energy performance of this new tomato greenhouse was written.

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
	1.1 Iteratieve rekenexercities Greenportkas II	5
	1.2 Doelstelling Greenportkas II	6
	1.3 Vergelijking VenLow Energy kas en Greenportkas II	7
2	Uitgevoerde werkzaamheden	9
	2.1 Werkzaamheden Greenportkas II	9
	2.2 Iteratieve rekenexercities ID kas	9
3	Uitkomsten voor de ID Kas	11
4	Literatuur	13
Bijlage I	Rekenexercities Greenportkas II	15
Bijlage II	Plan voor monitoring ID Kas	19



# 1 Inleiding

In het project “Greenportkas Venlo I” is een energiezuinig teeltsysteem toegepast (Gieling *et al.* 2010; Verkerke & Derckx, 2009). De teler had het plan om in een nieuw te bouwen demokas van 2000 m<sup>2</sup> (Greenportkas II) een volgende stap in energiebesparing te zetten. Hiervoor moesten diverse innovaties geïntegreerd worden in één systeem: o.a. nieuwe extra grote gecoate dubbelglazen ruiten en nieuwe technieken om vocht af te voeren. Qua ontwikkeling zou Greenportkas II de volgende stap in de integratie van energiezuinige systemen zijn door toepassing van (1) ontvochtiging door gecontroleerde inblaas van naverwarmde buitenlucht in beter geïsoleerde kassen (Het Nieuwe Telen); (2) Gebruik van isolerend kasdek materiaal: Dubbel glas verhoogt de isolatiewaarde van een kas zeer sterk. Door het coaten van het glas is de lichttransmissie verwaarloosbaar minder dan dat van enkel standaard glas en (3) Nieuwe vormen van belichting en assimilatiebelichting door toepassing van LED lampen.

## 1.1 Iteratieve rekenexercities Greenportkas II

Voor de ontwikkeling van de Greenportkas II zijn de energie prestaties van verschillende projecten, waaronder ook Greenportkas I, onderling vergelijkbaar gemaakt door alle energiestromen terug te rekenen tot inzet van primaire energie. Hiervoor is gebruik gemaakt van het simulatieprogramma Kaspro. Om te beginnen is de energiebesparing van het Greenportkas II concept berekend op basis van het eerste idee van de ondernemer. De aanvankelijk voorgestelde systeemopbouw van de Greenportkas II was een volledig LED belichtingssysteem met 50% tussenlicht, een dubbel kasdek met 4 x AR coating, ontvochtiging met buitenlucht, een enkelvoudige scherminstallatie met een doek om de lichtuitstoot te beperken en een aangepaste klimaatregeling op het gebied van de vocht en minimumbuisregeling. Dit bleek een besparing ten opzichte van de Greenportkas I van 28% op te leveren.

Deze uitkomst is bediscussieerd met de ondernemer en met de energie coördinatoren van Kas als Energiebron. Deze discussies leidden tot geleidelijke aanpassingen in de bouwplannen, die vervolgens door het onderzoek opnieuw werden doorgerekend. Vervolgens is in diverse feed back loops de in dit onderzoek gegenereerde kennis besproken met de ondernemer, waarna nieuwe rekensessies volgden. De uiteindelijke configuratie voor Greenportkas II is dus ontstaan in een iteratief proces van rekenen en discussieren met alle betrokkenen. Deze samenwerking was uniek en heeft tot een veel beter doordacht concept geleid. Greenportkas II zou een combinatie worden van elementen uit Het Nieuwe Belichten & Het Nieuwe Telen, een dubbeldek met 4 x AR coating, zonder koeling en een verschuiving in de teeltperiode. De besparing op elektriciteit was 70% ten opzichte van Greenportkas I. Op de benodigde aanvullende warmte zou in termen van primaire energie niet worden bespaard, omdat er geen warmte (als restproduct van de koudeproductie) en minder overschot van lampwarmte beschikbaar zou komen. In absolute termen zou er in het Greenportkas II concept wel ca. 25% minder warmte worden gebruikt dan in de Greenportkas I (Bijlage 1, Kempkes *et al.* 2011).

Van de hulpmiddelen die 's zomers in Greenportkas I werden gebruikt (om de “Venlose nachten” te koelen zodat de CO<sub>2</sub> in de kas kan blijven, de avonden zijn in deze regio veel warmer dan in het Westen van het land) werd de verneveling wel ingepland, maar de koeling met LBK's niet. Er zou in de plaats daarvan worden geëxperimenteerd met het aanpassen van de plantbelasting om het effect van de mechanische koeling met LBK's te vervangen. De voornachtverlaging wordt gezien als een generatieve actie. Dit zou in theorie ook met een andere (lagere) plantbelasting bereikt kunnen worden, wellicht in combinatie met een hogere EC. In het nieuw gekozen ontwerp werd in principe gekozen voor minimale belichting met traditionele SON-T lampen. Dit alles bij elkaar gaf tot 72% minder elektriciteitsgebruik en 5% meer warmtevraag, beide gerekend ten opzichte van de Greenportkas I. Dit resulteert in een besparing op primaire brandstof van 54%, maar in het eerste teeltjaar zou door het uitvallen van de belichting de energiebesparing op primaire brandstof zelfs oplopen tot 68%. Dit systeem, waarin verschillende energiezuinige componenten geïntegreerd zijn, is dus op basis van de voorafgaande KASPRO simulaties in potentie veel energiezuiniger dan de achterliggende componenten. Zo zou Greenportkas II uiteindelijk ten opzichte van Het Nieuwe Belichten een aanzienlijk lagere elektriciteitsbehoefte hebben.

Dit project was een logische volgende stap op de Greenportkas I en paste in de stappen die de teler wilde maken richting steeds energiezuiniger en duurzamere productiesystemen. Vanuit de kennisinstelling is er op aangedrongen dat de innovatie geleidelijk en meer in weloverwogen deelstappen zou verlopen dan oorspronkelijk het plan was. Er is daarom eerst een proefstukje met nieuw glas gelegd in Greenportkas I en er is uitvoerig gerekend met KASPRO aan het nieuwe glas en de gevolgen daarvan op het kasklimaat en energiegebruik. Hierdoor groeide, samen met de kennis over de kansen en bedreigingen van de innovatie, ook het vertrouwen tussen de stakeholders en de betrokken kennispartijen, waardoor het consortium voor Greenportkas II gevormd kon worden.

In dit project zouden de kennis en ervaring die in eerdere projecten is opgedaan samenkomen: (1) de teeltmonitoring in de Greenportkas I (Gieling *et al.* 2010; Verkerke & Derckx 2009); (2) de desk study naar de kansen van dubbel glas in opdracht van Scheuten BV (niet openbaar); (3) de desk study "Nieuw kasdek voor Het Nieuwe Telen" (Poot *et al.* 2010), (4) de resultaten uit de proef met de VenLowEnergy Kas bij het IDC te Bleiswijk (Kempkes & Janse, 2013) (5) Het Nieuwe Belichten (Dueck *et al.* 2012), en (6) de doorrekening van het "Energieplan Greenportkas II" met KASPRO (Kempkes *et al.* 2011). De uitgangspunten waren het toepassen van het nieuwe dubbelglas, minimaal belichten met bestaande SON-T lampen en efficiënte ontvochtiging met behulp van buitenluchtaanzuiging via de gevels. Een minimumbuis zou slechts sporadisch worden ingezet. Er zou een strategie ontwikkeld worden om dit teeltplan te doen slagen.

## 1.2 Doelstelling Greenportkas II

- Technische Doelstelling: Tomaten telen in een demokas van 2000 m<sup>2</sup>, met de volgende technische aanpassingen: Dubbelglas diffuus, buitenlucht aanzuiging, max 50% van standaard belichting met SON-T, minimale inzet groeibuis en geen mechanische koeling.
- Energie doelstelling: 70% minder elektriciteitsvraag bij een vrijwel gelijke warmtevraag als in Greenportkas I (54% besparing op primaire energie).
- Teeltdoelstelling: met gewasmanagement de effecten van (mechanische) koeling op het gewas te vervangen en met het gereduceerde aanbod van assimilatielicht zo beperkt mogelijke negatieve gevolgen voor de productie te bewerkstelligen.
- Impliciete doelstelling: Het tot realiteit brengen van een toekomstbeeld, door te laten zien dat energie innovaties in de glastuinbouw mogelijk zijn door een samenwerking van teler, kennisinstelling en een consortium van toeleveranciers.

## 1.3 Vergelijking VenLow Energy kas en Greenportkas II

De VenLowEnergy kas en de Greenportkas II verschillen in de volgende aspecten:

- In Greenportkas II zou uiteindelijk maximaal 50% van de gebruikelijke (in Greenportkas I) SON-T lampen worden geïnstalleerd, in combinatie met een verduisteringsscherm.
- Greenportkas II zou de nieuwste dubbele ruiten krijgen (3 + 3 mm dik, formaat 158.5 x 298.5 cm, met een hemisferische transmissie van 82% en een u waarde van 2.7) en een slankere nokconstructie dan in het IDC, waar 3+3 mm dikke ruiten met een transmissie van 79% zijn toegepast. Deze nieuwe ruiten zouden worden uitgevoerd in diffuus glas, daarvoor zou de low-emission coating worden ingeleverd.
- De afwijkende afmetingen van de ruiten zorgen ook voor afwijkende padbreedte: deze zou breder worden dan normaal.
- Greenportkas II zou veel grotere luchtramen krijgen van minimaal een halve ruit, zowel voor luchten als voor tegenluchten; naar verwachting waren de op het IDC aangelegde ruiten te klein om voldoende te kunnen ventileren.
- Een van de te onderzoeken knelpunten zou het vochtafvoeren uit de kas zijn, want tegen dit glas zal weinig condensatie optreden. Voor het systeem van vochtafvoer in Greenportkas II zou samen met fa. Vostermans nagegaan worden, welke resultaten al toegepast konden worden uit het parapluplan Buitenlucht. De op het IDC toegepaste regain unit zou niet worden aangelegd en er kwamen minder slurven.
- In Greenportkas II zouden geen LBK's voor bovenkoeling en verwarming en verneveling worden geïnstalleerd. In de regio Noord-Limburg treden in de zomer vaak hoge temperaturen op. Daarom zijn deze hulpmiddelen in de Greenportkas I tot volle tevredenheid geïnstalleerd. Maar deze hulpmiddelen zouden niet ingezet worden in Greenportkas II, om nog minder energie te gebruiken. Er moest een strategie worden ontwikkeld waarbij via plantbelasting en gewasmanagement gestuurd kon worden.
- Greenportkas II zou als een commercieel tuinbouwbedrijf gerund worden.
- In Greenportkas II zouden cocktailtomaten worden geteeld voor de Duitse consument. In het IDC project zijn grove tomaten ('Komeett') geteeld. In 2010 zijn er komkommers geteeld.
- Greenportkas II zou als een regionaal aansprekend innovatiedemo gaan functioneren in het kader van Interreg project High-Tech Greenhouse 2020.



*De overeenkomsten en verschillen met de VenLowEnergy kas zijn samen op het IDC vastgesteld*





## 2 Uitgevoerde werkzaamheden

### 2.1 Werkzaamheden Greenportkas II

Er is na de doorrekening van het concept intensief overleg geweest tussen de ondernemer en Wageningen UR Glastuinbouw. Er zijn nog enkele what if berekeningen doorgevoerd over de opzet van de kas. Over sneeuw en het afsmelten is uitgebreid gesproken. Hierover is een creatieve sessie georganiseerd, waarvan de resultaten zijn gerapporteerd voor de Venlow energy kas - proof of principle (Kempkes & Janse, 2013). Er is ook intensief overlegd met kassenbouwers, de gemeente en met partners in het project HighTech Greenhouse 2020, omdat een deel van dit Interreg project als demo in de nieuwe Greenportkas II zou plaats gaan vinden. Maar deze ontwikkelingen werden doorkruist omdat de Greenportkas II niet gebouwd kon worden.

### 2.2 Iteratieve rekenexercities ID kas

In dezelfde periode dat er nog werd gerekend aan de Greenportkas II, werd er een ander vergelijkbaar innovatief concept ontwikkeld: de ID kas, waarbij een belangrijk verschil met de Greenport II kas is dat hier geen belichting zal worden toegepast. Voor deze innovatie is besloten dezelfde iteratieve rekenexercities toe te gaan passen. Er zijn hiervoor totaal vijf creatieve sessies georganiseerd, aanvankelijk samen met de Greenportkas II, maar later alleen met de ID kas. Het doel was om, net als bij de voorbereidingen van de Greenportkas II, te sparren en doorrekeningen vooraf te maken over de keuzes die men kon maken in de aanloopfase, dus voordat de kas gebouwd werd.

**1<sup>e</sup> sessie, 22 november 2011** - Een verkennend gesprek werd gevoerd in Wageningen, waarbij de twee concepten Greenportkas II en ID kas met elkaar vergeleken werden.

**2<sup>e</sup> sessie, zomer 2012** - Bij een bezoek aan de Venlow energy kas is het concept van deze kas besproken. Drie aandachtspunten hierbij waren het kasdek, de transmissie van het glas en de kasluchtontvochtiging. T.a.v het kasdek ging de discussie over effect van AR coating, het diffuus maken van glas, hoe glas schoon te maken / te houden en de effecten van wel of geen low-emission coating. Vooral duurzaam schoon houden van een diffuus kasdek leverde een ruime discussie op. Aan de hand van de berekeningen voor Greenportkas II (wel/geen low-emission coating) is het lichtverlies ten opzicht van opbrengsten onderzocht. Ook de verlaging van de transmissie door het diffuus maken is ter sprake gekomen. De conclusie neigde naar het inruilen van de low-emission coating voor een diffuse laag waarbij uitruil van deze twee de transmissie ten opzichte van het huidige Venlow glas geen verlaging van de transmissie zou opleveren. Over de ontvochtiging is de werking van buitenluchtaanzuiging en het wel of niet voorverwarmen besproken.

**3<sup>e</sup> sessie, herfst 2012** - Ontvochtiging en de verwarming in de slang waren de gespreksonderwerpen. De slangverwarming met daarbij als doel kleine temperatuurverschillen over de slang creëren is besproken aan de hand van eerste meetresultaten, opgedaan in de Venlow Energy kas. Daarnaast is er uitgebreid stil gestaan bij de benodigde ontvochtigingscapaciteiten. Daarbij is naast de in de Venlow energy kas gebruikte verdampingsmetingen ook nog naar de eigen metingen van prodrain/gift gekeken en zijn de drain metingen bekeken om hier meer gevoel bij te krijgen. Het beoogde ontwerp heeft een andere opstelling van de luchtramen. Er is besproken hoe luchtingscapaciteit te bepalen en te vergelijken met die van andere kassen.

**4<sup>e</sup> sessie, voorjaar 2013** - Op vrijdag 19 april 2013 's is middags een proefkas van het ID kas concept bezocht en is het gehele plan nogmaals in alle details bediscussieerd.

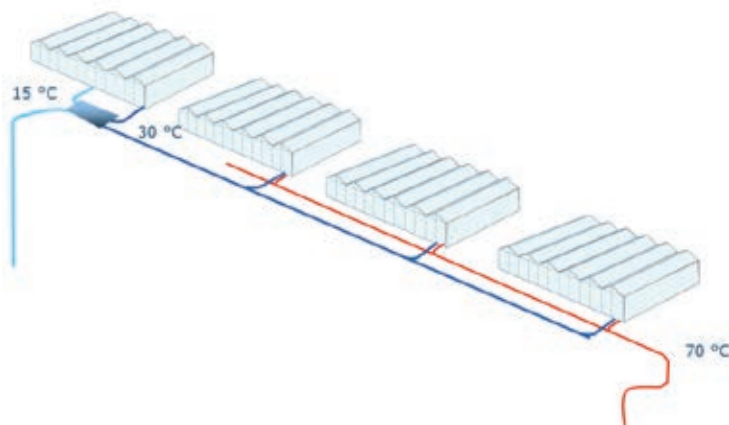
**5<sup>e</sup> sessie, zomer 2013** - Omdat het kasontwerp meer definitieve vorm had gekregen wilde men het geplande verwarming/ontvochtigingssysteem in de mengkamer nog eens tegen het licht houden. De keuze om ook koeling in te kunnen zetten is hierbij uitgebreid besproken, ook omdat het experiment zoals dat zomer 2012 in de Venlow Energy kas is uitgevoerd weinig zoden aan de dijk zette. Wel was duidelijk dat de capaciteit hoger wordt en de LBK meer capaciteit heeft dan in de Venlow.

### 3 Uitkomsten voor de ID Kas

Aan de hand van Kaspro berekeningen zijn afwegingen gemaakt over het type glas, de keus voor het type diffuus kasdek, de ontvochtiging met buitenlucht en met een koud oppervlak, het ontwerp van de LBK's en de ventilatiecapaciteit van de ID kas in de ontwerpfase en tijdens de realisatie van de ID kas. Het resultaat van deze berekeningen en gesprekken is dat de ondernemer op basis van de berekeningen gekozen heeft voor een kas van een kleine 10.000 m<sup>2</sup> die de volgende combinatie van een aantal innovatieve onderdelen bevat:

- Dubbelglas van Scheuten (4 x AR en 1 laag diffuus)
- Buitenluchtdoseringsinstallatie met slurven onder de goten
- Mogelijkheid om te ontvochtigen met een koud oppervlak via mechanische koeling, voor perioden dat ontvochtigen met buitenlucht onvoldoende functioneert
- Extra VO, om met laagwaardige al uitgekoelde aardwarmtewarmte, de kas te kunnen verwarmen
- Eén beweegbaar scherm
- Enkelzijdige doorlopende nokluchting, voorzien van insectengaas

Verder is het streven om in deze kas de minimumbuis zo min mogelijk in te zetten en laagwaardige warmte zoveel mogelijk in te zetten om aardwarmte zo diep mogelijk uit te koelen (Figuur 1.).



Figuur 1. Schematische weergave LT warmtevoorziening naast bestaande HT CV kassen.

De bouw van de ID kas is voorspoedig verlopen. Het expliciete doel van dit project wordt het halen van de energiedoelstellingen in een commercieel gerunde ID demokas (Bijlage 2). De energiedoelstelling is gesteld op een besparing van 50% op de warmtevraag van de standaardkassen op het bedrijf. In zo'n innovatief systeem is een goede teelt geen vanzelfsprekendheid, zo is de ervaring in voorgaande projecten. Er komen veel vragen naar voren over de inzet en prestaties van de toegepaste systemen. Daarom is intensieve begeleiding noodzakelijk om een optimaal resultaat te boeken. Afsproken is dat verslaglegging van deze monitoring zal plaats vinden in het al lopende Monitoringsproject (De Zwart en Raaphorst, in voorbereiding).



## 4 Literatuur

Dueck, T., A. de Gelder, J. Janse, P.H. Baar en B. Eveleens, 2012.

Het Nieuwe Belichten bij tomaat met minder CO<sub>2</sub>. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1232. 42 p.

Gieling, Th.H., M.A. Bruins, J.B. Campen, H.J.J. Janssen, F.L.K. Kempkes, M.G.M. Raaphorst, A. Sapounas. 2010.

Monitoring technische systemen in semi-gesloten kassen. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1008, 108 p.

Kempkes, F., W. Verkerke en E. Poot, 2011.

Energieplan Greenportkas II; Verkenning van de besparingsmogelijkheden van het kasconcept. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1141, 34 p.

Kempkes, F. en J. Janse. 2013.

Praktijkervaringen met de Venlow energy kas 2010 - 2012.

Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1279. 86 p.

Poot, E., F. Kempkes, A. de Gelder, J. Janse en M. Raaphorst. 2010.

Nieuw Kasdek voor Het Nieuwe Telen. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1050. 86p.

Verkerke, W. & S. Derckx. Tomagazine Greenportkas - Sunny Tom - The Lessons Learned 2008 - 2009.

Suture, Venlo (2009).



## Bijlage I      Rekenexercities Greenportkas II

Op basis van de meest actuele stand van zaken in het onderzoek aan energiezuinige tomatenteelt in kassen en de plannen van de ondernemer, is een concept kassysteem Greenportkas II opgesteld. Het Greenportkas II concept is vergeleken met verschillende energiebesparingsprojecten bij tomaat. Onderling vergelijk van deze projecten is bijzonder lastig omdat de uitgangspunten soms zeer sterk verschillen. In dit rapport is geprobeerd de uitgangspunten en resultaten van deze projecten, waaronder ook Greenportkas I, onderling wel vergelijkbaar te maken, door alles terug te rekenen tot inzet van primaire energie. Hiervoor is gebruik gemaakt van het simulatieprogramma Kaspro. Om te beginnen is de energiebesparing van het Greenportkas II concept berekend op basis van het eerste idee van de ondernemer. De voorgestelde systeemopbouw van de Greenportkas II was een volledig LED belichtingssysteem met 50% tussenlicht, een dubbel kasdek met 4 x AR coating, ontvochtiging met buitenlucht, een enkelvoudige scherminstallatie met een doek om de lichtuitstoot te beperken en een aangepaste klimaatregeling op het gebied van de vocht en minimumbuisregeling. Dit bleek een besparing ten opzichte van de Greenportkas I van 28% op te leveren. Deze uitkomst is bediscussieerd met de ondernemer en met de energie coördinatoren van Kas als Energiebron. Dit leidde tot geleidelijke aanpassingen in de bouwplannen, die vervolgens door het onderzoek opnieuw werden doorgerekend. Vervolgens is in diverse feed back loops de in dit onderzoek gegenereerde kennis besproken met de ondernemer, waarna nieuwe rekensessies volgden. De uiteindelijke configuratie voor Greenportkas II is een combinatie van elementen uit Het Nieuwe Belichten & Het Nieuwe Telen, een dubbeldek met 4 x AR coating, zonder koeling en een verschuiving in de teeltperiode. De besparing op elektriciteit bedraagt 70% ten opzichte van Greenportkas I. Op de benodigde aanvullende warmte wordt in termen van primaire energie niet bespaard, omdat er geen warmte (als restproduct van de koudeproductie) en minder overschot van lampwarmte beschikbaar komt. In absolute termen wordt er in het Greenportkas II concept wel ca. 25% minder warmte gebruikt dan in de Greenportkas I (Kempkes *et al.* 2011).

Ten behoeve van verduidelijking van de besparingsmogelijkheden van het Greenport II kasconcept, zijn besprekingen met de ondernemer gevoerd welk kasconcept hij voor ogen heeft en hoe hij dit kasconcept denkt in te zetten voor de teelt van fijne trostomaat. Vernieuwend hierbij is dat hier duidelijk de keus voor een belichte teelt in combinatie met een energiebesparend kasconcept is gemaakt. In zo'n energiebesparend kasconcept belichten, en dus moeten schermen ten behoeve van de beperking van lichtuitstoot, geeft een nieuwe uitdaging. Aan de hand van gesprekken, kennis uit het verleden (Gieling *et al.* 2010) en de laatste stand van zaken met betrekking tot het gebruik van de Greenport I kas, is een referentieteelt bepaald met het kasklimaatmodel KASPRO. Het gebruik van de Greenport I kas bestaat op onderdelen al uit componenten van het nieuwe telen zoals bevochtiging, koeling, warmtepomp, aquifer. De belangrijkste stap, het ontvochtigen met buitenlucht, is in die kas nog niet geïmplementeerd. In de referentie is deze dan ook niet meegenomen. Daarnaast is er door de belichting eerder sprake van een warmteoverschot dan van een tekort. In tweede instantie zijn vernieuwingen als LED belichting, ontvochtiging met buitenlucht, dubbel kasdek en een enigszins aangepaste regelstrategie ingezet waarna het KASPRO model de gevolgen op het kasklimaat en de inzet van warmte, koude en elektriciteit berekend heeft. Deze resultaten zijn wederom besproken met de ondernemer waarna er nog een verfijningsslag is aangebracht. In de gesprekken is ook diep ingegaan op gewasreacties m.b.t. het missen van een groot deel van stralingsverwarming zoals bij SON-T en de gevolgen van een dubbeldek op de gewastemperatuur. In de teeltseizoenen 2009-2010 en 2010-2011 zijn er verschillende projecten uitgevoerd bij tomaat met Het Nieuwe Telen (HNT), dubbel glas en belichting met of zonder LED. Doel van al deze projecten is te komen tot een forse reductie van de input van primaire energie. Onderling vergelijk van deze projecten is lastig omdat de uitgangspunten soms zeer sterk verschillen. Er is geprobeerd de uitgangspunten en resultaten onderling wel vergelijkbaar te maken om de vraag te beantwoorden of het teeltconcept Greenportkas II een wezenlijke stap voorwaarts is. Afhankelijk van de uitgangspunten en de gewenste toekomstige situatie zijn er in een nieuwe teeltconcept voor de Greenportkas II interessante besparingsmogelijkheden haalbaar. De besproken punten worden aan de hand van de volgende vier cases besproken (Tabel 1.). De resultaten van de energiestromen, input aan aardgas equivalenten en een besparing ten opzichte van de referentie staan weergegeven in Tabel 2.

Tabel 1: Overzicht van de vier berekende cases.

Case	belichting	Vocht	minimumbuis	koeling	dek	scherm
Referentie	111 W <sub>el</sub>	2.5 g/m <sup>3</sup>	jaarrond	middag en avond	enkel	op temperatuur en lichtuitstoot
LED	96.4 W <sub>el</sub>	2.0 g/m <sup>3</sup> + 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /uur buitenlucht	niet tijdens belichten	als referentie	dubbel 4 x AR	als referentie
LED +1/2 minbuis	96.4 W <sub>el</sub>	2.0 g/m <sup>3</sup> + 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /uur buitenlucht	niet bij belichten + helft van referentie	als referentie	dubbel 4 x AR	als referentie
LED zonder minbuis	96.4 W <sub>el</sub>	2.0 g/m <sup>3</sup> + 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /uur buitenlucht	nooit, alleen stoken op warmtevraag	als referentie	dubbel 4 x AR	als referentie

Tabel 2: Resultaten van de berekeningen.

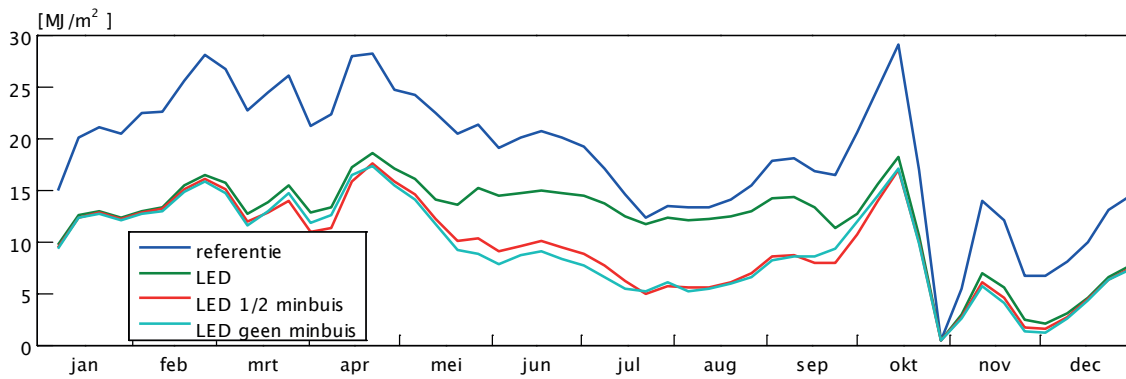
Case	warmte vraag kas [MJ/m <sup>2</sup> ]	koude vraag kas [MJ/m <sup>2</sup> ]	el vraag WP [kWh/m <sup>2</sup> ]	warmte productie WP [MJ/m <sup>2</sup> ]	el vraag belichting [kWh/m <sup>2</sup> ]	el vraag ontvochtiging [kWh/m <sup>2</sup> ]	el vraag verwarming en motoren [kWh/m <sup>2</sup> ]
Referentie	952	290	27	387	169	0	7
LED	626	337	31	449	147	2	5
LED +1/2 minbuis	493	318	29	424	147	2	4
LED zonder minbuis	485	318	29	424	147	2	4

Case	el vraag koeling en aquifer systeem [kWh/m <sup>2</sup> ]	el vraag totaal [kWh/m <sup>2</sup> ]	resterende warmte vraag [MJ/m <sup>2</sup> ]	ae. vraag el iproductie [m <sup>3</sup> ae/m <sup>2</sup> ]	ae. vraag warmte productie [m <sup>3</sup> ae/m <sup>2</sup> ]	ae vraag totaal [m <sup>3</sup> ae/m <sup>2</sup> ]	besparing [%]
Referentie	15	218	565	57	18	75	0
LED	17	201	177	53	6	59	22
LED +1/2 minbuis	16	198	69	52	2	54	28
LED zonder minbuis	16	198	61	52	2	54	28

Inzet van een dubbeldek met 4x AR coating verlaagd de warmtevraag met ca. 22% . Verdere verlaging kan bereikt worden door het minimumbuisgebruik verder terug te dringen. De warmtevraag zal maximaal met ca. 50% teruggedrongen kunnen worden. Voor verdere verlaging va de warmtevraag zal overgestapt moeten worden op een ander type glas (1x low- coating). Bij toepassing van een dubbeldek gaat de koelvraag iets omhoog. De gegevens in Tabel 2. laten ook zien dat een deel van de minimumbuis warmte er met de koeling er weer uit gekoeld worden. Immers een afbouw van de minimumbuis doet ook de koelvraag verminderen. De introductie van de LED verlichting doet de elektriciteitsvraag voor de belichting met zo'n 13% afnemen. Deze besparing is het resultaat van een systeemeigenschap. Middels de regeling is hier niets aan geoptimaliseerd. De elektriciteitsvraag voor ontvochtiging is vrijwel gelijk en zal op jaarbasis tussen de 2 en 3 kWh vergen. In Figuur 2. is de warmtevraag voor de in Tabel 2. weergegeven cases gepresenteerd.





Figuur 2. Warmtevraag (weeksommen) voor de verschillende besparingscases (voortschrijdend gemiddelde over 2 weken).

Figuur 2. laat duidelijk zien dat er vooral in de zomermaanden additionele besparing mogelijk is. Aanpassingen in de regeling hebben in de winter en het voorjaar vrijwel geen invloed op het vraagpatroon. Het vraagpatroon kan in de winter pas weer beïnvloed worden door een ander kasdek te plaatsen. Daar staat tegenover dat in dat geval er een forse toename is in etmaaltemperatuur in de belichtingsperiode. Het kleine verschil in energievraag in de zomer tussen LED met halve minimumbuis of geen minimumbuis komt door de ontvochtiging bij grote raamopeningen. Op momenten dat het raam meer dan 20% geopend is en er een vochtdeficiet van minder dan 2 g/m<sup>3</sup> is, wordt de buistemperatuur verhoogd tot maximaal 10 °C boven de kasluchttemperatuur. Hier gaat nog een behoorlijke hoeveelheid warmte in zitten.

## Conclusies

1 - De in eerste instantie voorgestelde systeemopbouw van de Greenportkas II met een volledig LED belichtingssysteem met 50% tussenlicht, een dubbel kasdek met 4 x AR coating, ontvochtiging met buitenlucht, een enkelvoudige scherminstallatie met een doek om de lichtuitstoot te beperken en een aangepaste klimaatregeling op het gebied van de vocht en minimumbuisregeling kan een besparing ten opzichte van de Greenportkas I van ruim 28% opleveren. Hierbij zal in het bijzonder aandacht besteed moeten worden aan de gevolgen van de verandering van de koeltemperatuur en gewassturing.

2 - Als de benodigde koude met een warmtepomp geproduceerd wordt blijft er nog slechts een kleine restvraag aan warmte van ca. 2.5 m<sup>3</sup> ae /m<sup>2</sup> over. De elektriciteitsbehoefte voor lampen en overige systemen kan in dit concept niet met een wk-installatie geproduceerd worden gezien de kleine resterende warmtevraag.

3 - Om bij een vroege planting een goede plantopbouw weg te kunnen zetten is vanuit "veiligheids overwegingen" beperkte inzet van belichting noodzakelijk. Hierbij kan de besparing oplopen tot 50% op elektriciteit en zelfs 69% op warmte ten opzichte van Greenportkas I.

4 - Onafhankelijk van de keuze die gemaakt wordt, zal de kleine inzet van fossiele brandstof op de "kas-locatie" ook een alternatieve inzet van de CO<sub>2</sub> voorziening vragen.



## Bijlage II Plan voor monitoring ID Kas

**Aanleiding** - In augustus is de bouw van de ID Kas gestart. Deze kas van een kleine 10.000 m<sup>2</sup> zal een aantal innovatieve onderdelen bevatten, te weten: dubbelglas van Scheuten (4 x AR en 1 laag diffuus); buitenluchtdoseringsinstallatie met slurven onder de goten; mogelijkheid om te ontvochtigen met een koud oppervlak via mechanische koeling (voor perioden dat ontvochtigen met buitenlucht onvoldoende functioneert); extra VO om met laagwaardige warmte de kas te kunnen verwarmen; één beweegbaar scherm; enkelzijdige doorlopende nokluchting voorzien van insectengaas. Verder is het streven om in deze kas de minimum buis zo min mogelijk in te zetten en de inzet van zoveel mogelijk laagwaardige warmte om aardwarmte zo diep mogelijk uit te koelen. In zo'n innovatief systeem is een goede teelt geen vanzelfsprekendheid, zo is de ervaring in voorgaande projecten. Er komen veel vragen naar voren over de inzet en prestaties van de toegepaste systemen. Daarom is intensieve begeleiding noodzakelijk om een optimaal resultaat te boeken.

**Doel** - Het expliciete doel van dit project is het halen van de energiedoelstellingen in een commercieel gerunde demokas. De energie doelstelling is gesteld op een besparing van 50% op de warmtevraag van de standaardkassen op het bedrijf.

**Aanpak** - Aan de hand van een vooraf opgesteld teeltplan zal een strategie ontwikkelen om het teeltplan te doen slagen. Wekelijkse monitoring door meekijken in de klimaatcomputer, metingen in de kas, frequente één op één discussies met de teler moeten borgen dat de teelt onder het nieuwe dubbel glas zo goed mogelijk verloopt. Met name het omgaan met de geringe condensatie en daardoor verhoogde ontvochtigingsvraag en de CO<sub>2</sub> strategie zal veel aandacht verdienen.

**Teeltmonitoring** - De teelt vindt vanaf december 2013 gedurende minimaal 1 teeltjaar plaats in de nieuwe kas. De teelt wordt vergeleken met de teelt in een afdeling in de standaard kassen (kas II) met een gelijk ras op het bedrijf en waar nodig wordt naar de ervaringen met de Venlow energy kas gekeken.

**Klimaat** - De gegevens van het buitenklimaat worden verzameld van de weertoren van de klimaatcomputer. De binnenklimaatinstellingen en realisaties worden ook geregistreerd van de vergelijkingsafdeling in kas II en de nieuwe kas (IV).

**Ruimtelijke verdeling** - De temperatuur en RV in de kas worden op verschillende plaatsen gemeten, zodat een beeld ontstaat van de ruimtelijke verdeling. Hiertoe worden 20 tot 30 sensoren in de kas geïnstalleerd in diverse korte meet sessies. Deze sessies zijn vooral gericht op de momenten dat de verschillende systemen in werking worden gezet (ontvochtigen met buitenlucht, ontvochtigen met koude, verwarmen, minimale ventilatie). Rookproeven zullen hierbij gebruikt worden om globale stromingsrichtingen te kunnen bepalen.

**Planttemperatuur** - Door deze te meten, ontstaat inzicht in de verdeling van de energie die aan de plant wordt toegevoerd. Daartoe worden luchttemperaturen bepaald met meetboxen en bladtemperaturen met infrarood camera's. Focus in het vergelijk zal de koptemperatuur zijn van de proef en een referentie kas, daar deze voor de trosafsplitssnelheid van groot belang is.

**Lichttransmissiemeting** - Na de bouw van de kas, wordt de lichttransmissie van de constructie en kasdek in praktijkomstandigheden bepaald. Eventueel wordt dit herhaald in een ander seizoen, om het effect van variërende zonnehoogte te kwantificeren.

**Energieverbruik** - Alle ingaande en uitkomende energiestromen, gemeten en berekend door middel van flowmetingen, temperaturen van aanvoer en retour of kWh- meters, draaiuren en frequenties van pompen en ventilatoren, debiet van de ventilatie, temperatuur, RV en CO<sub>2</sub> concentratie worden geregistreerd met de daartoe aangelegde sensoren. De regeling van de slangverwarming wordt met extra sensoren in de slang bepaald om warmteafgifte gelijk te krijgen en daarmee horizontale temperatuurverschillen te voorkomen. De prestaties van de LBK's (lucht-lucht tbv warmteterugwinning en lucht-water tbv ontvochtiging met koud oppervlak, waar tevens een condensmeting aan gekoppeld wordt) worden aan de hand van temperatuurmetingen bepaald. Aan de hand van de drain en watergift wordt de verdamping berekend.

**Productie en kwaliteit** - De ondernemer verzamelt wekelijks de volgende gegevens van twee telvelden per kas (per telveld minimaal 10 stengels) en stelt deze ter beschikking aan Wageningen UR Glastuinbouw: aantal nieuwe trossen, aantal gezette vruchten, aantal geoogste trossen, totaalgewicht geoogste trossen, aantal vruchten per tros, dikte kop.

**Ziekten en plagen** - Door de ondernemer worden actuele gegevens over de beheersing en verspreiding van ziekten, plagen en bestrijders bijgehouden in een logboek. Wageningen UR Glastuinbouw verwerkt deze informatie tot overzichten.

**Analyse en interpretatie** - De sensoren worden continu uitgelezen en via de server van de computerleverancier dagelijks naar Wageningen UR Glastuinbouw gestuurd. Samen met de door de projectleider verzamelde en opgestuurde gegevens en de zelf verzamelde gegevens stelt Wageningen UR Glastuinbouw een wekrapport op. De ruwe data worden hiervoor bewerkt, gefilterd en tot grafieken omgewerkt. Daar waar problemen of onverwachte effecten optreden zoals een hoog energieverbruik of een onaanvaardbaar temperatuurverschil, zal worden gezocht naar aanwijzingen over oorzakelijke verbanden of oplossingsrichtingen via data-analyse. Het rapport komt iedere maandag beschikbaar voor het gehele begeleidingsteam. Alle data van de gehele teeltperiode blijven bewaard en zijn beschikbaar.







