



Het Nieuwe Telen Courgette

Effecten van een nieuw teeltconcept op kasklimaat en energiegebruik

Marcel Raaphorst, Jan Janse en Frank Kempkes



Referaat

Voor courgette kunnen verschillende onderdelen van Het Nieuwe Telen worden toegepast om te besparen op de warmtevrage. Een beweegbaar scherm is al snel rendabel, en bij vroege teelten is daarnaast ook een vast folie aan te raden. Doordat courgette relatief tolerant is voor een hoge luchtvochtigheid, is een installatie die droge buitenlucht inblaast hier nauwelijks rendabel.

Abstract

Several components of "Next Generation Greenhouse Cultivation" can be used at the cultivation of squash to save on the heat demand. A movable screen is almost always feasible. For early crops, we also advise a fixed transparent insulation sheet. Because squash tolerates high humidities, installing fans and tubes for the injection of dry outside air into the greenhouse, is not economic feasible.

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO).

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1 Bleiswijk
: Postbus 20, 2265 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317-485606
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Het Nieuwe Telen Courgette	7
2	Teeltbeschrijving courgette	9
	2.1 Kassen en kasuitrusting	9
	2.2 Teeltsysteem	10
	2.2.1 Cultivars	10
	2.2.2 Plantdichtheid	10
	2.2.3 Watergift en voeding	11
	2.2.4 Gewasverzorging	11
	2.2.5 Gewasgezondheid	12
	2.3 Kasklimaat	13
	2.3.1 Temperatuur	13
	2.3.2 Minimumbuis	13
	2.3.3 Schermgebruik	13
	2.3.4 CO ₂	14
	2.3.5 Energiegebruik	14
3	Het Nieuwe Telen	15
	3.1 Principe van Het Nieuwe Telen	15
	3.2 Ervaringen met HNT bij andere gewassen	16
	3.2.1 Drogen met buitenlucht in combinatie met schermen	16
	3.2.2 Temperatuurintegratie	18
	3.2.3 Luchtbeweging	18
	3.2.4 Luchtbevochtiging	19
	3.2.5 Koelen, warmteogst en opslag	19
	3.3 Onderzoek energiebesparende maatregelen bij courgette	19
	3.3.1 Temperatuurintegratie	19
	3.3.2 Temperatuurval	20
	3.3.3 Discussie overige klimaatopties	20
4	Scenarioberekeningen HNT Courgette	23
	4.1 Modelcalibratie	23
	4.2 Doorgerekende opties	25
	4.3 Discussie rendement energiebesparende opties	30
5	Conclusies en aanbevelingen	33
	5.1 Conclusies	33
	5.2 Aanbevelingen	33
6	Referenties	35
Bijlage I	Setpoints en uitrusting van de kas	37

Samenvatting

Voor vele gewassen is aangetoond dat met Het Nieuwe Telen (HNT) veel kan worden bespaard op de warmtebehoefte. In het kader van het programma Kas als Energiebron is onderzocht op welke manier HNT ook bij courgette kan worden toegepast.

Courgette is in vergelijking met andere teeltgewassen niet gevoelig voor een hoge luchtvochtigheid. Een hoge luchtvochtigheid kan tot uitval van enkele planten leiden (met name klappers), maar niet zo ernstig dat hiervoor een stringent vochtregime nodig is. Sommige telers gebruiken in het najaar zelfs helemaal geen verwarming ondanks dat dat een vochtige periode is. Mede door de vochttolerantie van het gewas gebruiken de meeste courgettetelers met 20-30 m³/m².jaar betrekkelijk weinig energie. De meeste energie wordt gebruikt om de kas op temperatuur te houden. Vooral een nachttemperatuur van minstens 16 °C is belangrijk om voldoende mannelijke bloemen aan de plant te krijgen. Omdat de nachttemperatuur op peil moet blijven, bespaart het toepassen van temperatuurintegratie bij een gelijkblijvende etmaaltemperatuur maar weinig energie. Vanwege het risico op het verkrijgen van te weinig mannelijke bloemen, worden temperatuurintegratie en ook temperatuurval in de praktijk maar weinig toegepast.

In een courgetteteelt die op 19 januari is geplant onder een beweegbaar scherm, kan met behulp van de combinatie van een extra vast folie, het inblazen van droge buitenlucht, het toepassen van temperatuurintegratie en het niet meer toepassen van een minimumbuis, het warmteverbruik terug worden gebracht van 19,7 naar 13,8 m³/m² ae. Dit is een energiebesparing van bijna 30%.

Een beweegbaar scherm is al snel interessanter dan een vast folie omdat het meer energie bespaart en bovendien de beschikbaarheid van mannelijke bloemen beter bevordert.

Door meer isolatie (extra vast folie) kan vooral bij vroege teelten nog wel rendabel extra worden bespaard op het energiegebruik. Het is daarbij de vraag in hoeverre het dan noodzakelijk is om extra maatregelen te nemen om de luchtvochtigheid te beheersen.

Een systeem dat droge buitenlucht in de kas blaast, kan bij courgette niet worden terugverdiend door alleen energiebesparing. Als er teeltkundige redenen zijn voor een betere vochtbeheersing dan kan een dergelijk systeem nog in beperkte mate worden ingezet. Bij toepassing van een dubbel scherm, temperatuurintegratie en bij het weglaten van de minimumbuis, zal vaker gebruik moeten worden gemaakt van het inblazen van droge buitenlucht om de luchtvochtigheid niet vaker dan ±500 uren op te laten lopen boven 91% RV. Toch blijft het aantal uren dat hiervoor meer dan 5 m³/m².uur buitenlucht nodig is, beperkt tot 100-150 uur/jaar.

Bij een courgetteteelt is een beweegbaar helder scherm rendabel, zelfs al bij latere plantingen dan half januari. Bij plantingen voor half januari wordt aanbevolen om hiernaast een foliescherm te gebruiken. Dit moet worden verwijderd tussen begin februari en begin maart, afhankelijk van de te verwachten buitentemperatuur en lichthoeveelheid.

Een systeem dat buitenlucht gedoseerd in de kas kan blazen, wordt voor de courgetteteelt niet aanbevolen. Dit is omdat courgette in vergelijking met andere vruchtgroentegewassen minder warmte vraagt en meer vocht kan verdragen. De investering in een dergelijk ventilatiesysteem kan daarmee moeilijk worden terugverdiend.

1 Inleiding

Het project “Het Nieuwe Telen bij Courgette” maakt onderdeel uit van het programma “Kas als Energiebron”. Het wordt gefinancierd door Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie. Binnen dit programma valt dit onderzoek onder het transitiepad Teeltstrategieën. Het doel van dit programma is dat bestaande glastuinbouwbedrijven kunnen profiteren van nieuwe inzichten en zo zonder veel investeringskosten kunnen besparen op het energiegebruik. Plant en teelttechniek staan hierbij centraal.

Voor de tomaten-, komkommer- en paprikateelt [Poot *et al.*, 2008] zijn energiezuinige teeltconcepten opgesteld, die in de afgelopen jaren in Het Nieuwe Telen (HNT) met succes zijn getest. In proeven bij Wageningen UR Glastuinbouw en het Improvement Centre in Bleiswijk bleek dat het bij deze gewassen mogelijk is om met relatief geringe investeringen veel energie te besparen [de Gelder, in uitvoering; de Gelder *et al.*, 2009]. Ook in onderzoeken bij andere gewassen heeft men met HNT positieve resultaten behaald [García *et al.*, 2010; Labrie en de Zwart, 2010]

De belangrijkste onderdelen uit HNT zijn: een andere periode van teeltwisseling, temperatuurintegratie, scherpere vochtregeling, dubbel scherm of zelfs drie schermen met temperatuur- én stralingsafhankelijke regeling, luchtbevochtiging, luchtcirculatie, luchtbehandeling met buitenluchtaanzuiging en verwarming, koeling, WKK, warmtepomp en aquifer, waarbij uiteraard niet alle opties gelijktijdig ingezet hoeven te worden. Hoewel het energieverbruik in courgette met maximaal 30 m³/m² lager ligt dan bij de bovengenoemde vruchtgroenten, zouden bepaalde onderdelen ook in de teelt van courgette kunnen worden toegepast.

In Nederland wordt op een areaal van circa 30 ha. courgettes onder glas geteeld. Dit areaal is de laatste jaren licht gestegen. Met name in het zuiden van het land vindt naast glasteelten nog teelt plaats in plastic tunnels of plastic kassen. De variatie in teeltwijzen en teeltperiodes is bij courgette erg groot. Bij een teeltwijze van 2 teelten per jaar varieert het energiegebruik van 10 tot 30 m³/m². In 2004 lagen de hoogste verbruiken nog op 35 m³/m² [Janse *et al.*, 2005a]. Het gasverbruik hangt onder meer af van het planttijdstip, aangehouden temperaturen en gebruik van energiebesparende maatregelen, zoals energieschermen. De productie wordt bij courgette uitgedrukt in stuks per m² en kan per ras en bedrijf sterk variëren.

In het project “Het Nieuwe Telen bij Courgette” is nagegaan wat de mogelijkheden bij courgette zijn om onderdelen van HNT bij de teelt van dit gewas toe te passen.

1.1 Het Nieuwe Telen Courgette

In het kader van dit onderzoek zijn bezoeken gebracht aan een zestal courgettetelers. Hierbij waren 4 vroege telers en 2 latere (hetelucht)telers. Eén heteluchtteler teelde in de grond, de rest in substraat (steenwol of kokos). Op de bedrijven met courgette is er een erg grote variatie in glasopstanden, plantdata, teeltperiodes, manier van verwarmen, teeltmedium, teeltwijzen, e.d. Daarom is het niet eenvoudig om een algemene teeltbeschrijving te geven. In Hoofdstuk 2 zal vooral ingegaan worden op stookteeltbedrijven met twee teelten per jaar.

2 Teeltbeschrijving courgette

Deze teeltbeschrijving is gebaseerd op literatuuronderzoek en vragenlijsten die zijn voorgelegd aan zes courgettebedrijven, waarbij de kasuitrusting, klimaatregeling en teelt aan de orde zijn gekomen.

2.1 Kassen en kasuitrusting

De poothoogte van de kassen waarin courgettes worden geteeld is maximaal 4.50 à 5 m, maar meestal lager. De verwarming gebeurt bij vroege telers via de ketel met een buisrail-systeem. Voor zover bekend is er geen enkel courgettebedrijf met een WKK. Eén teler heeft een groeibuis op vaste hoogte hangen naast de hangende goot, waarvoor de condensorwarmte wordt gebruikt. De combinatie groeibuis en bovennet met heteluchtkachels komt op bedrijven met latere teelten ook voor. De heteluchtkachels worden dan vooral overdag gebruikt om CO₂ te doseren. De buisrail tussenin 2 plantrijen wordt soms gebruikt voor afgifte van de condensorwarmte.

Een aantal latere telers heeft alleen heteluchtkachels of telen zonder verwarming.

De vroege courgettetelers hebben allemaal een beweegbaar scherm, LS 10 (Ultra) of Phormilux. Soms wordt dit in combinatie met een vast AC-folie of helder (EH) foliescherm gebruikt (zie Figuur 1.). Het vaste scherm laat men afhankelijk van de weersomstandigheden circa 4 weken in de kas liggen, waarbij soms bij dreigende condensatie op het heldere scherm, het scherm bij het pad tijdelijk gedeeltelijk wordt opengetrokken. Eén teler heeft bovendien tegen de kopgevel een soort tochtsluis met ventilatoren aangebracht, waarmee vochtige lucht vanonder het EH-folie bovenin de kas wordt geblazen en daar condenseert tegen het kasdek of wordt afgevoerd via de luchtramen. Hierdoor kan het folie langer blijven liggen. Een nadeel van dit systeem kan zijn, dat er onder het folie een onderdruk kan ontstaan waardoor vooral op plaatsen met kieren koudere lucht naar binnen komt, zodat daar koudere plekken kunnen ontstaan.



Figuur 1. Aangebracht vast plastic foliescherm bij stookteler (links) en heteluchteler (rechts).

Naast de bereikte energiebesparing, is de belangrijkste reden van het aanleggen van een vast scherm om te voorkomen dat er door een te lage planttemperatuur te weinig mannelijke bloemen worden gevormd. Bij een lage (nacht)temperatuur verschuift namelijk de verhouding mannelijke/vrouwelijke bloemen in de richting van vrouwelijke bloemen. Er kan dan een tekort aan mannelijke bloemen ontstaan, waardoor de vrouwelijke bloemen niet kunnen worden bestoven en geen zetting kan plaatsvinden.



Figuur 2. Plant met vrouwelijke bloemen en rechts een mannelijke bloem, herkenbaar aan o.a. de dunne bloemsteel.

2.2 Teeltsysteem

De meeste telers hebben 2 teelten met courgettes per jaar, maar de combinatie van een vroege courgetteteelt gevolgd door een zomer/herfstteelt met tomaat komt ook voor. Latere telers met minder verwarmingscapaciteit met een grondteelt telen vaak in de koude wintermaanden andere gewassen, bijvoorbeeld sla of kruiden, of laten de kassen leeg liggen. De meeste vroege bedrijven starten in de tweede helft van januari en deze teelt wordt aangehouden tot de periode half juni – eerste week van juli. Dit is mede afhankelijk van de mate van plantuitval als gevolg van ouderdom en ook van de prijsvorming. Eerder planten betekent hogere energiekosten en een relatief trage groei, maar tevens een vroegere productie. De prijsvorming van de vroege courgettes hangt sterk af van het productaanbod vanuit Spanje.

De tweede teelt kan starten in de periode half juni tot begin augustus en duurt tot begin november en soms wel tot begin december.

2.2.1 Cultivars

Het grootste gedeelte van het areaal courgettes bestaat uit groen en zo'n 20% uit geel. Bij groene courgettes wordt al meer dan 15 jaar vrijwel uitsluitend het ras Bengal geteeld. Bij geel is de variatie groter: de laatste jaren voornamelijk de rassen Parador, Taxi en Gold Rush. Soms dient het al oudere ras Gold Rush als bestuiver voor een ander ras, omdat de productievare rassen soms te weinig mannelijke bloemen leveren, waardoor er productie verloren kan gaan. De veredelingsactiviteiten van zaadbedrijven voor de courgetteteelt onder glas zijn helaas minimaal.

2.2.2 Plantdichtheid

Het teeltsysteem bij courgette is veelal 6 rijen per 8 m tralie of 2 rijen per kap van 3.20 m. De plantdichtheid is mede afhankelijk van de groeikracht c.q. compactheid van het geteelde ras en lichtdoorlatendheid van de kas en kan variëren van 0.9 tot zelfs 1.8 planten/m². De planten worden in de herfst vaak wat ruimer gezet in verband met de afname in lichthoeveelheid.

Vrijwel altijd ligt het substraat op de grond, al dan niet op een tempexplaatje. Er is maar één bedrijf bekend waar op hangende goten wordt geteeld (zie Figuur 3.) met een gothoogte van 55 aflopend naar 45 cm.

Het bladoppervlak kan in de loop van de voorjaarsteelt met een plantdichtheid van 1,5 oplopen tot een LAI van ± 6 [Janse *et al.*, 2005a].



Figuur 3. Teelt op hangende goten.

2.2.3 Watergift en voeding

Vroege telers telen vrijwel altijd op steenwol en een enkele keer op kokos. Daarbij wordt een druppelsysteem gebruikt. De aangehouden EC in steenwol is mede afhankelijk van het seizoen/instraling en varieert tussen de 2,5 en 3,5 of ook wel 4 mS/cm. De druppel-EC is veelal 3 tot 3,5 met vaak een lichtverlaging.

Op kokos wordt extra calcium gedoseerd.

's Nachts wordt zelden water gegeven, de intering van de steenwolmat in de nacht is 10 à 12%; in voorjaar en zomer soms wat meer. Start watergift minimaal 2 uur na zonop tot circa 4 uur voor zononder.

Bij planting in de zomer ligt het gevaar van Pythium op de loer. Daarom wordt bij warm weer in een korte periode (tussen 10.00 en 15.00 uur) vrij veel water gegeven om te voorkomen dat de watertemperatuur in de slangen te hoog oploopt en Pythium toeslaat. Bij weinig instraling wordt in de herfst soms maar 1 à 2 maal per etmaal gedruppeld. Door relatief laat met druppelen te beginnen probeert men wel lekkage van vruchten in de doos tegen te gaan.

2.2.4 Gewasverzorging

De planten worden op de meeste bedrijven tussen 2 touwtjes omhoog geleid. Elke 5 à 7 dagen worden de planten tussen de twee touwtjes gezet en 3 à 4 keer per teelt vastgeknoopt.

De bestuiving vindt plaats met bijen, hommels of met de hand. Met de hand kost meer arbeid, maar men is er dan zeker van dat de bloem is bestoven. Onvoldoende bestuiving kan leiden tot abortie of slechte vruchtvorm. Volgens een teler zouden met hommels minder mannelijke bloemen nodig zijn dan bij bestuiving met de hand.

Courgettes worden dagelijks geoogst, bij zeer hoge instraling en temperatuur soms zelfs 2 keer per dag. In de zomer kan de vrucht al in 4 à 5 dagen oogstbaar zijn. Het streven is om zoveel mogelijk 14-ers, dat zijn vruchten in de gewichtsklasse van 325-450 g, te oogsten.

Er zijn ook telers die 's morgens vruchtjes oogsten als ze in bloei staan, de zogenaamde courgettefleur.

2.2.5 Gewasgezondheid

Tegen echte meeldauw (*Erysiphe cichoracearum* of *Sphaerotheca fuliginea*) (zie Figuur 4.) worden zwavelpotjes ingezet. Vrijwel alle telers passen biologische bestrijding toe tegen plagen, vooral witte vlieg en trips.



Figuur 4. Gewas met echte meeldauw (Foto plantaardig.com).

In de grondteelt en een enkele keer in de eerste teelt op steenwol wordt soms geënt in verband met de aanwezigheid van *Fusarium solani*. In de herfst zijn er ook substraattelers die enten om groeikrachtige (gele) rassen generatiever te krijgen, het uithoudingsvermogen van het gewas te verbeteren en plantuitval door bijvoorbeeld *Pythium* te voorkomen.

Door energiebesparing kan de luchtvochtigheid in kassen hoog oplopen. Dit verhoogt het risico op *Sclerotinia* [Janse *et al.*, 2005c]. Onderzoek [Paternotte, 2010] heeft aangegeven dat ook verwelkingsziekte (*Mycosphaerella*) bij veel gewassen steeds vaker voorkomt. Courgette is echter in vergelijking met bijvoorbeeld komkommer veel minder vatbaar voor deze schimmelziekte.

Vruchtvuur (*Cladosporium cucumerinum*) wordt verspreid door de wind [de Rooster, 2007] en komt mede daardoor niet of nauwelijks voor in bedekte teelten.

Bij courgette komt het voor dat stengels 'openklappen', waarna schimmels (o.a. *Botrytis cinerea*) en bacteriën de plant aantasten en de plant snel dood kan gaan. Het openklappen gebeurt vooral bij planten met een te lage plantbelasting, waardoor de plant erg sterk vegetatief kan gaan staan. Ook hierbij kan een hoge luchtvochtigheid een negatieve invloed hebben. Het betreft meestal niet erg veel planten, maar kwantitatief onderzoek is hier niet naar gedaan.

Onder vochtige omstandigheden vallen de bloemen er moeilijk af en gaan gemakkelijk rotten. Aborterende vruchten, de zogenaamde 'zwartjes', worden door sommige telers uit het gewas verwijderd. Ze zijn namelijk een bron van bacteriën en schimmels.

2.3 Kasklimaat

2.3.1 Temperatuur

In de eerste dagen of week van planten van de eerste teelt, wordt vaak een stooktemperatuur gedurende de dag en nacht ingesteld van 20/20, 2^e week 19/19 en 3^e week 18/18 °C. Daarna bijv. 18/17. Bij meer instraling in februari en maart laten sommige telers de nachttemperatuur dalen tot 16 en in april zelfs tot 15 °C. Andere telers gaan, vanwege een mogelijk tekort aan mannelijke bloemen, absoluut niet lager dan 16 °C in de nacht.

Temperatuurintegratie wordt nog weinig bewust toegepast, evenals een temperatuurval in de morgen. Eén teler past in het vroege voorjaar wel voorzichtig temperatuurintegratie toe bij een streef temperatuur van 17.5 °C, een integratieperiode van 2 dagen en een minimale temperatuur in de nacht van 15 °C. Telers die vegetatieve rassen hebben, op kokos telen, verschillende plantingen hebben of de mogelijkheid hebben om eventueel elders mannelijke bloemen te verzamelen, proberen zoveel mogelijk met het licht mee te telen en gaan eerder naar een nachttemperatuur van 14 à 15 °C. Als negatief aspect van temperatuurintegratie noemt men wel het slechte arbeidsklimaat bij overdag oplopen van de temperatuur tot 23 à 25 °C.

In de eerste paar weken van de tweede teelt wordt niet gestookt, omdat de kaslucht al warm genoeg is en vaak droog. Als het vochtiger wordt in de kas wordt er wel gestookt en gelucht. Temperatuurinstelling op de dag 19 °C en 's nachts 16 à 17 °C, later overdag 18 °C en 's nachts 16 of 17 °C. Aan het einde van de teelt hoeven er geen mannelijke bloemen meer te worden gevormd, dus mag de (nacht)temperatuur wat wegzakken.

Een enkele stookteler zet de verwarming in het najaar uit kostenoopt uit, al gebruiken de meesten wel de verwarming.

Temperatuurval (zie paragraaf 3.3.2) wordt in de praktijk nauwelijks toegepast.

2.3.2 Minimumbuis

Veel telers werken overdag met een minimumbuis van 35 tot 50 °C afgebouwd op licht. Eén teler gebruikt standaard een minimumbuis van 40 °C als 's nachts het scherm dicht gaat, omdat er anders een doodsklimaat zou ontstaan.

Eén courgetteler gebruikt geen vaste minimumbuis, maar heeft een buis van maximaal 40 °C gestuurd op vocht van 92-88%.

De ervaring van een teler is dat door het gebruik van een minimumbuis een nat gewas in de morgen kan worden voorkomen. Anders moest soms met een regenbroek aan worden geogst.

2.3.3 Schermgebruik

Het sluiten van het beweegbare scherm hangt af van de buitenomstandigheden/instraling, grootte van het gewas en de teler. In het begin van het jaar gaat het scherm dicht bij een buitentemperatuur gedurende de dag en nacht van respectievelijk 5 en 10 °C, later wordt dit respectievelijk 2 à 3 en 5 à 8 °C. Het scherm wordt overdag ook geopend als de instraling boven de 70 à 80 W/m² komt. In het begin van het seizoen kan dit hoger zijn. Een teler gebruikt naast het beweegbare scherm gedurende de eerste vier weken van de teelt ook een vast helder foliescherm (zie Figuur 5.).

Om 's nachts de luchtvochtigheid niet al te hoog op te laten lopen wordt soms een vochtkier (±3%) in het beweegbare scherm toegepast. Bij omstandigheden met een erg lage luchtvochtigheid in het voorjaar of zomer, bijvoorbeeld bij RV in kas van beneden de 55%, sluiten courgetteler wel het scherm voor circa 70%.



Figuur 5. Vast foliescherm bij courgette.

2.3.4 CO₂

Courgette is dankbaar voor CO₂ [Esmeijer en Bloem, 1999]. Het streven is 800 tot 1000 ppm CO₂ in de kas te realiseren, maar wordt lang niet altijd gehaald omdat bij courgette relatief snel wordt gelucht, geen WKK wordt gebruikt en geen OCAP-CO₂ wordt gedoseerd.

2.3.5 Energiegebruik

Het gasverbruik voor twee teelten varieert van 20 tot 30 m³/m².jaar. Deze variatie kan naast de bedrijfsverschillen vooral worden verklaard door verschillen in teeltduur. Het gasverbruik in de eerste teelt varieert van 9 tot 23 m³/m².jaar en het gasverbruik in de tweede teelt is maximaal ±7 m³/m², waarvan ±5 m³/m² in november en december.

3 Het Nieuwe Telen

3.1 Principe van Het Nieuwe Telen

“Het Nieuwe Telen” is energiezuinig telen, waarbij plant en teelttechniek centraal staan, met inzet van technieken om de warmtevraag te beperken en een optimaal teeltklimaat te handhaven. Het Nieuwe Telen combineert kennis uit (semi-) gesloten kassen en traditionele teeltwijze tot een economisch verantwoorde wijze van geconditioneerd telen. De inzet van technieken kan stapsgewijs op een bedrijf plaatsvinden.

Kenmerkend voor Het Nieuwe Telen zijn de volgende 7 stappen:

Stap 1. Niet droogstoken met de minimum buis en de ramen op een kier, maar vocht afvoeren door het toedienen van (droge) buitenlucht.

Traditioneel wordt gestookt met de minimumbuis en wordt tegelijkertijd geventileerd om vocht af te voeren. Daarmee wordt ook veel warmte afgevoerd. Ontvochtigen kan ook door het inbrengen van buitenlucht. Die is bijna altijd droger dan de kaslucht, maar ook koeler. Dat betekent dat de buitenlucht eerst op kastemperatuur gebracht moet worden, voordat het de kas ingebracht wordt. Op deze wijze ontvochtigen kan tot 15% energie besparen (3-6 m³ gas per m²) door het verminderd gebruik van de minimumbuis. De ventilatoren die moeten draaien voor aanzuiging van buitenlucht, en het via slurven in de kas brengen verbruiken ca. 1,5 m³ per m². Een voordeel van het op deze manier ontvochtigen, is dat de verdeling van temperatuur en luchtvochtigheid in de kas veel gelijkmatiger is dan wanneer buizen beurtelings opgestookt worden en afkoelen, en ramen openen en sluiten.

Stap 2. Intensief isoleren met meerdere energieschermen.

Het energiegebruik kan verder met 15% verminderd worden door het gebruik van (meerdere) energieschermen en/of folie. Wanneer meerdere schermen gebruikt worden of schermen met een hogere isolatiewaarde, neemt het energiegebruik verder af. De combinatie met ontvochtigen met droge buitenlucht vermindert de noodzaak om te kieren, daardoor kan het scherm helemaal dicht blijven liggen. Door de ontvochtiging hoeft er minder snel gestopt te worden met schermen vanwege vochtproblemen, daardoor kan het aantal schermuren in voor- en najaar fors worden verhoogd.

Stap 3. Telen met de natuur mee: gebruik van temperatuurintegratie

Voor hun ontwikkeling reageren planten over het algemeen voornamelijk op etmaalgemiddelden van temperatuur. Naarmate de instraling hoger is, is de assimilatieaanmaak van het gewas hoger. Daarmee kan voor een evenwichtige groei ook de temperatuur, en daarmee de groeisnelheid, hoger zijn. Wanneer van dit principe meer gebruik gemaakt wordt, mag de temperatuur op zonnige dagen verder oplopen, en wordt op donkere dagen minder gestookt. Dit kan tot ca. 5% energie besparen. Wanneer dit binnen bepaalde grenzen wordt uitgevoerd (onder- en bovengrens van temperatuur) heeft dit geen nadelige effecten op de gewasgroei.

Stap 4. Zorgen voor gecontroleerde luchtbeweging voor een betere temperatuur- en vochtverdeling.

Luchtbeweging zorgt voor een homogener klimaat. Daarmee zijn koude plekken met lokaal een hoge luchtvochtigheid te voorkomen. Dit zorgt er voor dat er op deze plaatsen in de kas minder snel (schimmel)aantastingen plaatsvinden. Verder betekent een homogener klimaat ook dat de luchtvochtigheid hoger kan zijn zonder kans op lokale natslag.

Stap 5. Luchtbevochtiging bij warm en zonnig weer waardoor de ramen langer dicht kunnen blijven.

Luchtbevochtiging zorgt voor een koelend effect in de kas, waardoor de ramen langer dicht kunnen blijven, en daarmee de CO₂ concentratie in de kas hoger kan blijven. Een verhoogde CO₂ concentratie leidt, zeker bij veel instraling en een hogere temperatuur tot meer productie van assimilaten. Verder heeft vernevelen het voordeel dat het voorkomt dat de luchtvochtigheid te laag wegzakt, waardoor huidmondjes sluiten en de opname van CO₂ beperkt wordt. Over het algemeen zijn planten zelf via de verdamping goed in staat de luchtvochtigheid in de kas te regelen. Inzetten van verneveling is alleen nodig op “extreme” dagen, met veel instraling en een lage luchtvochtigheid in de buitenlucht.

Stap 6. Actief koelen voor meer productie of een betere kwaliteit.

Bij actieve koeling wordt de temperatuur gecontroleerd door het inblazen van gekoelde lucht, in plaats van via ventilatie. Omdat daardoor de ramen langer dicht kunnen blijven, neemt de CO₂ concentratie van de kaslucht toe, met positieve gevolgen voor de groei en productie.

Stap 7. Voor teelten waar actief wordt gekoeld, zijn lange termijn opslag en warmtepomp interessant.

Voor teelten waarin actief wordt gekoeld, kan het warmte-overschot van de zomer opgeslagen worden in een aquifer, zodat deze warmte in de winter gebruikt kan worden om met een warmtepomp de kas te verwarmen. Dit kan tot 25% extra energiebesparing opleveren.

3.2 Ervaringen met HNT bij andere gewassen

3.2.1 Drogen met buitenlucht in combinatie met schermen

Een belangrijk onderdeel van HNT is ontvochtiging met buitenlucht, al dan niet met naverwarming, in combinatie van twee of meer energieschermen. Het inblazen van droge buitenlucht vergt minder herverwarming per eenheid afgevoerd vocht dan condensatie tegen een koud oppervlak [Raaphorst *et al.*, 2010]. Nog belangrijker is, dat het gedoseerd aanzuigen van buitenlucht het mogelijk maakt om de kas beter te isoleren door beter isolerende schermen of meerdere schermen te gebruiken en deze ook meer uren te sluiten. Met het inblazen van droge lucht kan de luchtvochtigheid veel nauwkeuriger beheerst worden dan met de ventilatie- of schermkierregeling in combinatie met een minimumbuisregeling. Door geen minimumbuis te gebruiken, kan veel energie worden bespaard. Bovendien veroorzaken schermkieren ongewenste luchtstromingen in de kas gepaard met grote horizontale temperatuurverschillen. Veel praktijkbedrijven die HNT toepassen zien een verbeterde horizontale temperatuurverdeling.

Door het toepassen van HNT kon in onderzoek met tomaat en komkommer een energiebesparing worden gerealiseerd van circa 30% zonder concessies te doen aan de productie of kwaliteit [van Staalduinen en de Gelder, 2011].

Bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk is in een grondteelt met tomaat een systeem met buitenluchtaanzuiging met voorverwarming beproefd. Het debiet van de ingeblazen lucht was maximaal 5 m³/m².uur. De gebruikte plastic slurven hadden met een diameter van 20 cm en lagen op de grond. Deze geringe diameter was mogelijk omdat de lengte van de kas beperkt was (14 m). Met uitzondering van enkele warme nachten, kon dit systeem de RV in de kas steeds onder de 85% houden. Door de lichte overdruk werd de lucht door het poreuze schermdoek geperst en condenseerde deels tegen het koude dek en werd deels door kieren in het dek uit de kas afgevoerd. Met alleen een nivolor in combinatie met een aanzuigopening in het scherm, kon de RV onvoldoende worden verlaagd [de Gelder *et al.*, 2010], omdat door de aanzuigopening te weinig buitenlucht werd aangezogen.

In 2011 is er bij biologisch teler Ruud van Schie in Ens bij tomaat een speciaal systeem aangelegd, wat toegepast kan worden in de grondteelt. De luchtkasten zijn hoog in de gevel aangebracht omdat de luchtslurven boven het gewas hangen. Bovenin de kas is er op een onderlinge afstand van 18 m luchtslangen gehangen. De lucht wordt niet voorverwarmd, maar wordt met ventilatoren verdeeld over de kas om plaatselijke kouval te voorkomen. Door de luchtbeweging kan het vochtdeficiet rond de 3 g/m³ blijven. Een belangrijk voordeel voor de teler is het hogere CO₂-gehalte als gevolg van minder luchten. In principe worden de slangen in de zomer weggehaald.

Condens aan de luchtslurf is geen probleem, omdat deze door de positie van de slang in het looppad valt. Volgens de teler zou men geen last hebben van kouval. Koude lucht zakt van nature naar beneden en zou opgewarmd zijn voordat deze het gewas bereikt.

[Boonekamp, 2010].

Bij de vruchtgroenten tomaat, komkommer als paprika zijn gedurende één of twee seizoenen op het Improvement Centre proeven uitgevoerd om na te gaan in hoeverre HNT bij deze gewassen kan worden toegepast. Hierbij is gebruik gemaakt van twee beweegbare schermen, waarvan één hoog isolerend scherm, met meestal ook een vast foliescherm in het begin van het seizoen. Door de mogelijkheid van ontvochtiging via buitenluchtaanzuiging met naverwarming kon er vaker en langer worden geschermd. Daarnaast is het eerste jaar bij tomaat en bij komkommer een wat latere plantdatum aangehouden, respectievelijk 14 en 6 januari. Voor de verwarming werd er relatief veel gebruik gemaakt van de groeibuis. Bij tomaat en komkommer is het vooraf gestelde doel van een energiegebruik van $25 \text{ m}^3/\text{m}^2$ of lager inderdaad gerealiseerd. Bij paprika kwam het energiegebruik uit op zo'n $22 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Normaal ligt het energiegebruik bij deze gewassen zo rond de $40 \text{ m}^3/\text{m}^2$. De eindproductie was vergelijkbaar met de praktijk. Alleen bij komkommer was deze iets lager dan vooraf ingeschat, maar hiervoor zijn duidelijke oorzaken aan te geven [de Gelder *et al.*, 2009]. Het is dus goed mogelijk om met de juiste maatregelen bij deze vruchtgroenten een energiebesparing van rond de 40% te realiseren.

Op praktijkbedrijven zijn er bij tomaat onder andere bij de bedrijven van Steegh en Vereijken ook positieve ervaringen opgedaan met extra schermen in combinatie met buitenluchtaanzuiging [Raaphorst en Voermans, 2010]; [Boonekamp, 2010]).



Figuur 6. Systeem met buitenluchtinblaas bij Van Schie (Foto's Groenten & Fruit, Boonekamp).

Bij biologisch vruchtgroentenbedrijf Gebr. Verbeek te Velden is in 2011 een nieuwe kas gebouwd, waarbij de buitenlucht, al dan niet gemengd met kaslucht, via luchtslangen tussen het gewas wordt verdeeld. De buitenlucht wordt eerst via een warmtewisselaar (regain unit) deels opgewarmd door de uit de kas gezogene kaslucht. Verder heeft het bedrijf twee schermen: 1 energiescherm (XLS17) met hoge isolatiewaarde en lage lichtdoorlaat voor de nacht en 1 helder energiescherm (H_2NO) voor zowel de nacht als overdag en is de kas bedekt met diffuus glas.

Bij *Alstroemeria* zijn in een onderzoek 3 luchtslangen van 10 cm per bed van 1.20 m, met per strekkende meter slang 14 gaatjes van 4 mm (tien voor twee stand) gebruikt. Zodra gaas werd toegepast, zijn de slangen aan het gaas gehangen, het debiet van de luchtinblaas was ca. 7 m³/m².uur. Door het combineren van een aantal energiebesparende maatregelen waaronder temperatuurintegratie, buitenluchtaanzuiging, dubbel scherm en hoge drukverveling, lukte het om een energiebesparing van bijna 40% te realiseren bij een gelijkblijvende productie en gelijke of zelfs betere kwaliteit (geen vochtblaadjes) [Labrie en de Zwart, 2010].

Bij *Matricaria* zijn proeven uitgevoerd met korte CO₂-darmen (15m lang). Hiervoor is een duur distributiesysteem nodig om de buitenlucht naar alle darmen te brengen. Indien langere (>100 m) CO₂-darmen worden gebruikt is een hoge overdruk (± 700 Pa) nodig om ook achterin de darmen voldoende lucht uit te kunnen blazen, wat hoge elektriciteitskosten met zich meebrengt [Raaphorst *et al.*, 2010].

3.2.2 Temperatuurintegratie

Een andere mogelijkheid om energie te besparen is het toepassen van temperatuurintegratie. Planten reageren voor hun ontwikkeling over het algemeen op temperatuurgemiddelden per etmaal. Bij een hogere instraling maakt het gewas meer assimilaten aan en kan de temperatuur ook hoger zijn, waardoor de groeisnelheid ook toeneemt. Het omgekeerde geldt voor omstandigheden met een lage instraling. Door op zonnige dagen zoveel mogelijk te profiteren van de warmte van de zon en op donkere dagen minder te stoken kan energie worden bespaard. Als integratieperiode zou bijvoorbeeld drie dagen aangehouden kunnen worden met een bepaalde bandbreedte waarbinnen de temperatuur mag variëren. In onderzoek met energie extensieve gewassen, zoals sla radijs en Freesia, zijn goede resultaten geboekt met de combinatie van energieschermen en temperatuurintegratie. Bij een bandbreedte van 8 °C werd een energiebesparing bereikt van 45% bij een gelijkblijvende productie en kwaliteit [Janse en Raaphorst, 2002]. Op praktijkbedrijven met sla en radijs is gebleken dat temperatuurintegratie kan leiden tot 9% energiebesparing en 30% verlaging van het piekverbruik. Het gewas groeide bij temperatuurintegratie iets weliger [Janse *et al.*, 2004].

3.2.3 Luchtbeweging

Luchtbeweging tussen het gewas wordt gestimuleerd door het openen van de luchtramen, of door het gebruik van ventilatoren, eventueel met luchtslangen. Bij *Matricaria* en *Gerbera* [Bontsema *et al.*, 2009] is in een praktijkonderzoek gebruik gemaakt van nivolatoren. De luchtbeweging van de ventilatoren had hierbij de functie van het egaliseren van de verticale temperatuurverdeling en het stimuleren van de verdamping, zonder dat hiervoor de luchtramen hoeven te worden geopend. Bij *Gerbera* zorgde de luchtbeweging ervoor dat de bloemen tijdens nachten met veel uitstraling niet veel kouder werden dan de kaslucht. Bovendien durfden de telers met luchtbeweging vaker te schermen. Bij *Matricaria* drong de luchtbeweging onvoldoende diep in het gewas.



Figuur 7. Horizontale (Foto Groenten & Fruit, Boonekamp) en verticale ventilator (Foto Nivola).

Enkele bedrijven met hangende goten passen ook wel de Vertifan toe, één axiale ventilator per 300 à 500 m² die lucht van boven in de kas met een luchtslang onder de goten blaast. Volgens praktijkonderzoek leek hiermee vooral bij aubergine, komkommer en aardbei gewasproblemen te kunnen worden voorkomen. Bij tomaat leverde het 7% energiebesparing op [Boonekamp, 2011].

3.2.4 Luchtbevochtiging

Bij Freesia is onderzoek gedaan [Labrie en Raaphorst, 2009] naar de invloed van verneveling op de productie bij vier bedrijven. De twee bedrijven met verneveling bleken inderdaad meer te produceren en deze productie was vrijwel volledig te verklaren door de hogere CO₂-concentraties die deze bedrijven konden realiseren. In een voorstudie [Raaphorst, 2008] is berekend dat het vernevelen van 1 m³ water wel tot 50 kg CO₂-verlies kan voorkomen. Bij tomaat zijn kasproeven gedaan [Eveleens *et al.*, 2009], waaruit geen productieverbetering door luchtbevochtiging is gebleken.

3.2.5 Koelen, warmteogst en opslag

Voor kaskoeling is vooral ervaring opgedaan bij tomaat, Phalaenopsis en roos [Gieling *et al.*, 2010; van der Kolk *et al.*, 2010]. Hieruit blijkt dat de investering alleen is terug te verdienen als de kwaliteit van het product gebaat is bij een lage temperatuur, zodat de koeling voor hogere productprijzen zorgt. Dit is evident bij Phalaenopsis en in mindere mate bij roos. Bij tomaat is de investering moeilijk terug te verdienen met alleen energiebesparing en 10% productieverhoging. Grondkoeling wordt vooral toegepast bij Freesia, Alstroemeria en Amaryllis. Vervanging van de koelmachine door een warmtepomp is daar in veel gevallen rendabel [Ruijs *et al.*, 2010].

3.3 Onderzoek energiebesparende maatregelen bij courgette

De luchtslangen voor het inblazen van droge buitenlucht hangen bij vruchtgroenten vrijwel altijd onder een hangende goot. Bij courgette is er slechts één bedrijf met hangende goten. Op de rest van de bedrijven wordt op substraat op de grond of in de grond geteeld.

In het verleden zijn er bij courgette enkele onderzoeken verricht naar mogelijkheden van toepassing van energiebesparende maatregelen. Bij het hanteren van bepaalde temperatuurregiems is de bottleneck bij courgette vaak dat de verhouding mannelijke/vrouwelijke bloemen sterk afhankelijk is van de hoogte van de temperatuur, vooral van de nachttemperatuur [Janse, 2001]. In elk bladoksel zit òf een mannelijke òf een vrouwelijke bloem. Voor een goede bestuiving van de vrouwelijke bloemen zijn voldoende mannelijke bloemen nodig. Ontbreken de mannelijke bloemen, dan kunnen de vruchtbeginsels niet bestoven worden en gaan aborteren. De situatie met veel mannelijke bloemen is ook ongewenst, omdat de plant dan te weinig vruchtbeginsels geeft en door een te lage plantbelasting sterk vegetatief kan gaan groeien.

3.3.1 Temperatuurintegratie

Uit proeven en ervaringen van telers blijkt dat een langere periode met een lage temperatuur een tekort aan mannelijke bloemen kan veroorzaken. In Naaldwijk is onderzoek uitgevoerd naar de minimale temperatuurgrenzen bij courgette [Janse en Raaphorst, 2003]. De etmaaltemperatuur in 4 behandelingen was respectievelijk gedurende 8 dagen 14.5 °C, 4 dagen 11.5 °C en 2.7 dagen 8.5 °C in vergelijking met een continue etmaaltemperatuur bij de standaard van 17.5 °C. De achterstand in temperatuur in vergelijking met de standaard van 24 graaddagen werd daarna volledig gecompenseerd door een periode een 2 °C hogere etmaaltemperatuur aan te houden. Acht dagen een temperatuur van 14.5 °C aanhouden veroorzaakte 5 weken later helemaal geen mannelijke bloemen. De weken erop waren er weer wel mannelijke bloemen zichtbaar.

Een grote DIF (verschil tussen dag en nachttemperatuur) vergroot de generativiteit van het gewas [Janse *et al.*, 2005c]. Dit is niet altijd gewenst.

Meer met het licht mee telen kan een energiebesparing van ca. 15% opleveren, maar hoeft de verhouding mannelijke/vrouwelijke bloemen niet te beïnvloeden [Janse *et al.*, 2005a]. In dit onderzoek was een extra momentane stralingsverhoging aangehouden van 4 à 5 °C in vergelijking met 1 à 2 °C per 400 W/m² instraling bij de referentie. De nachttemperatuur was gemiddeld 0.5 °C lager en overdag juist 0.5 °C hoger. Bij veel instraling vanaf eind april/begin mei kunnen de gerealiseerde hoge kas- en planttemperaturen echter een negatieve invloed op de productie hebben. Minder ventilatie betekent meer profiteren van de warmte van de zon, minder verlies aan CO₂ en een daardoor een potentiële productieverhoging.

Courgette is gevoelig voor te weinig mannelijke bloemen bij een lage (nacht)temperatuur. Veel telers willen met de nachttemperatuur het liefst niet onder de 16 °C uitkomen. Dit legt dus beperkingen op aan de temperatuurintegratie, maar een extra energiescherm kan wel perspectief bieden.

3.3.2 Temperatuurval

Bij courgette is het effect van een temperatuurval in de vroege morgenuren onderzocht. De temperatuurval werd gerealiseerd door één uur voor tot twee uur na zonsopgang snel de temperatuur met zo'n 5 °C te verlagen tot 12.5 °C. Door de rest van de dag wat hogere temperaturen aan te houden, was er geen verschil in etmaaltemperatuur met de standaard. Door de temperatuurval bleven de planten compacter en de productie was zeker niet lager, terwijl er een energiebesparing van 10% werd gerealiseerd. Op het koudste moment van de dag was de kastemperatuur immers het laagste. Een nadeel van de temperatuurval was de afname in mannelijke bloemen met 6 tot 40%, afhankelijk van het ras [Janse en Berkhout, 2003]. Bij een ras dat weinig mannelijke bloemen aanmaakt, zou dit tot problemen met de bestuiving kunnen leiden. In de praktijk wordt wel een minimum van 1 mannelijke bloem op de 20 vrouwelijke bloemen gehanteerd. Ook is onderzocht of vruchtabortie kan worden voorkomen door het aanhouden van een voornachtsverlaging [Janse *et al.*, 2005b]. Voornachtsverlaging bespaart geen energie, in tegenstelling tot temperatuurval in de morgen. Uit het onderzoek bleek dat niet voornachtsverlaging maar vooral een lagere plantdichtheid de abortie doet verminderen.

3.3.3 Discussie overige klimaatopties

Met onvoldoende vochtbeheersing kunnen planten uitvallen (met name klappers), maar vochtbeheersing lijkt bij courgette in vergelijking met veel andere glastuinbouwgewassen geen hoge prioriteit te hebben.

Verneveling is niet onderzocht specifiek voor courgette. Aangezien verneveling vooral invloed heeft op het ventilatievoud van de kas zal het vooral effect hebben als de CO₂-concentratie in de kas hoger kan worden gehouden dan in de buitenlucht.

Het energiescherm wordt vooral geopend om licht toe te laten en veel minder vaak voor ontvochtiging. De aanleg van een vast folie is een afweging tussen enerzijds de kosten van folie (arbeid en aanschaf), het lichtverlies en anderzijds de energiebesparing en de verhoging van de verhouding mannelijke/vrouwelijke bloemen.

Ventilatoren worden vooral toegepast om horizontale temperatuurverdeling te verbeteren en niet zozeer om de gewasverdamping te stimuleren.

Watergift gebeurt met druppelaars en heeft daarmee nauwelijks invloed op de kasluchtvochtigheid.

Aangezien de LAI bij courgette veel hoger op kan lopen dan noodzakelijk om voldoende licht op te vangen, zou blad kunnen worden weggenomen. Het wegnemen van blad kan de verdamping en de onderhoudsademhaling doen verlagen. Uit een proef is gebleken dat het wegnemen van overtollig blad niet leidde tot meerproductie [Janse *et al.*, 2005b]. Ook in een jong stadium wegnemen van een blaadje leidde niet tot een hogere productie [Janse, 2000]. Wel zou de lagere verdamping iets kunnen bijdragen aan energiebesparing.

Matverwarming geeft geen effect op gewas, productie, noch op kwaliteit [Janse en Raaphorst, 2003] en is daarmee geen alternatief voor ruimteverwarming.

Hoewel hier geen onderzoek naar is gedaan, zal courgette evenals andere gewassen waarschijnlijk meer produceren onder diffuus glas [Poot *et al.*, 2010]. Dit zal echter niet leiden tot energiebesparing per m² en alleen de energie-efficiëntie verbeteren.



Figuur 8. Jong gewas op steenwol.

4 Scenarioberekeningen HNT Courgette

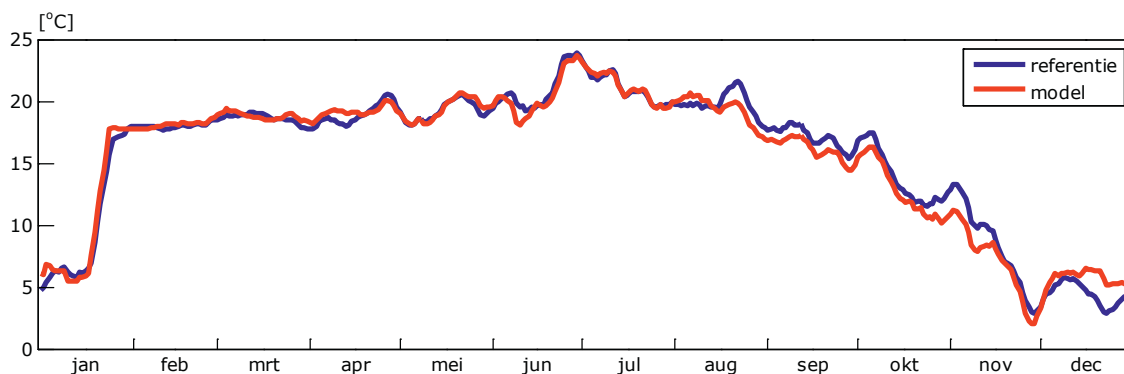
4.1 Modelcalibratie

Vanuit een analyse van de gerealiseerde klimaatdata zijn de setpointinstellingen voor het kasklimaatmodel KASPRO bepaald. Voor een juiste berekeningswijze is het buitenklimaat een bijzonder belangrijke component. Omdat de input van het buitenklimaat bijzondere parameters vergt, kan niet volstaan worden met de standaard door de klimaatcomputer verzamelde weergegevens op het bedrijf. Het referentiebedrijf is gevestigd in Tinte (ZH). In een normaal teeltjaar worden er twee teelten gedaan, echter dit jaar werd gekenmerkt door wat teeltkundige problemen zodat de tweede teelt na enkele weken opnieuw is gestart. Tussenplanten danwel vanuit een lege kas opnieuw opstarten heeft nogal wat gevolgen voor het kasklimaat. Deze teeltwisselingen zijn zo goed als mogelijk in de simulatie meegenomen. Waar in kasteelten meestal jaarrond gestookt wordt om het gewas op te warmen en vocht weg te stoken, wordt er op dit bedrijf bewust gekozen om de tweede teelt als een koude teelt uit te voeren. De ketel is na 10 juni uitgezet. Daardoor is er ook geen aanvullende CO₂-dosering mogelijk.

Ook werd het begin en het einde van 2010 gekenmerkt door perioden met sneeuwval. Om de sneeuwlast van het kasdek te verwijderen is enkele malen actief gestookt zonder dat er een teelt aanwezig was. Ook deze informatie is in het model gestopt, alleen niet via de klimaatfile omdat deze wel neerslag maar geen sneeuwval kent. Door het zelfde gedrag (minimumbuisinstellingen) als de tuinder te gebruiken is deze sneeuw afstookactie gesimuleerd. Aan de hand van het "Bleiswijk" weer, gemeten op de Bleiswijkse locatie van Wageningen UR Glastuinbouw en de temperatuur, windsnelheid en globale straling op het teeltbedrijf, is een zo goed als mogelijk locatie specifiek klimaat voor het teeltjaar 2010 gemaakt.

De kasuitrusting op het referentiebedrijf van 24.000 m² bestaat uit een beweegbaar XLS10 ultraplus doek. Er is geen belichting. Er is een buffer van 145 m³/ha. De teelten lopen van medio januari tot medio oktober. Alle relevante setpoint instellingen en de kasuitrusting zijn in bijlage I beschreven.

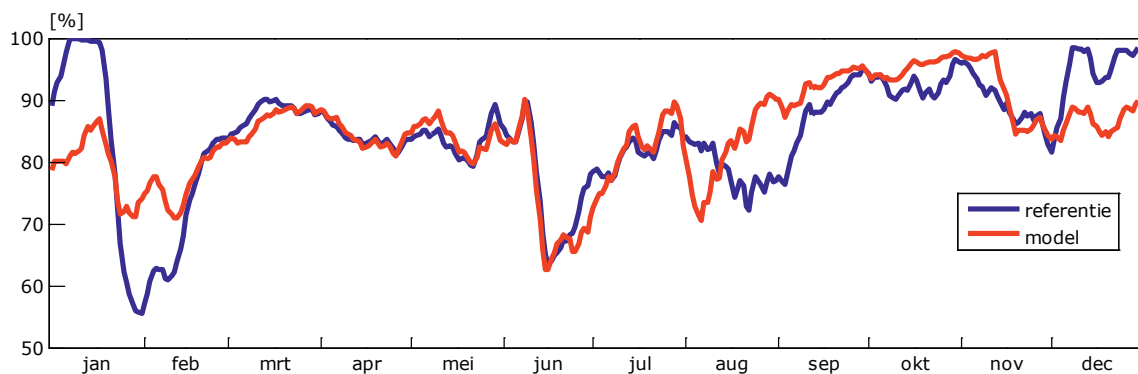
In Figuur 9. zijn de berekende kasluchttemperatuur (model) en de gerealiseerde kasluchttemperatuur (referentie) op het referentiebedrijf weergegeven.



Figuur 9. Berekende en gemeten etmaal kastemperaturen weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over één week.

De gerealiseerde kasluchttemperatuur in de modelberekeningen volgt de metingen op het referentiebedrijf goed, met name in de periode dat er ook gestookt wordt (medio januari – begin juni). De getoonde waarden zijn daggemiddelden. Indien op het verloop van individuele dagen wordt ingezoomd, zijn er dagen met een vrijwel exacte match en dagen met momentane afwijkingen. Deze momentane afwijkingen worden veroorzaakt door onnauwkeurigheid in de klimaatfile en kortstondige wijzigingen in de klimaatsetpoints waarop het klimaat geregeld is. Zoals in Bijlage I te zien is, zijn instellingen maximaal 1 keer per week gewijzigd. Afwijkingen in de nazomer worden gedeeltelijk veroorzaakt door gebrek aan informatie over klimaatinstellingen. Echter doordat de kas dan passief (niet gestookt) gestuurd wordt, zijn de bijkomende effecten op het energiegebruik nihil.

In Figuur 10. worden de berekende kaslucht RV (model), de gerealiseerde kaslucht RV op het referentiebedrijf en de gemeten kaslucht RV op het referentiebedrijf weergegeven.



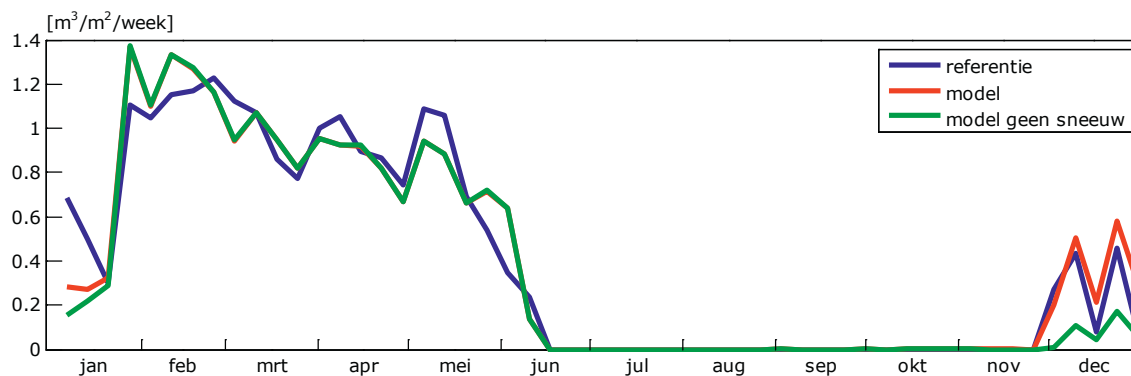
Figuur 10. Berekende en gemeten etmaal kaslucht RV weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over één week

Buiten de teeltperioden is er een grote afwijking in berekend (model) en gemeten (referentie) RV. In deze perioden liggen de ramen vrijwel altijd dicht zodat de belangrijkste ontvochtiger het kasdek is. Vanuit de aanvoerkant echter (vochtbron) wordt er niet van uitgegaan dat de bodem vocht levert, wat in werkelijkheid wel zo kan zijn, denk alleen al aan het schoonmaak water wat op de grond komt en weer moet verdampen. Een kleine verdampingsbron kan dan al een grote afwijking tussen model en referentie opleveren.

De gerealiseerde kaslucht RV in de modelberekeningen wordt in het begin van de teelt overschat. Er zijn hiervoor geen aanwijsbare oorzaken gevonden. Een mogelijke oorzaak is, dat de plantontwikkeling langzamer gaat dan gedacht en daarmee ook de vochtbron kleiner is dan gedacht. Over de LAI ontwikkeling is van deze teelt geen informatie bekend. Echter in het begin van de teelt is in werkelijkheid de RV ook zodanig laag dat dit geen extra energiegebruik ten behoeve van ontvochtiging met zich meebrengt. Van eind juli tot begin augustus, als de kas passief geregeld wordt, zijn er ook grote momentane afwijkingen. Dit valt echter samen met onverwachte derde teeltwisseling. Ook hier is een mismatch tussen werkelijke LAI en de model LAI waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van de afwijkingen.

Het model is met de gekozen setpoints en regelingen goed in staat om de praktijksituatie voor wat betreft kasluchttemperatuur en RV na te bootsen in de perioden dat er gestookt is. Eventuele afwijkingen hebben geen of beperkt invloed op het energiegebruik. Deze uitgangspunten zijn dan ook de basis voor de verdere berekeningen.

Het berekende energiegebruik voor deze referentieteelt is $20,9 \text{ m}^3/\text{m}^2$ welke goed overeenkwam met de $20,8 \text{ m}^3$ van het referentiebedrijf en is in Figuur 11. getoond. In de vervolgberekeningen zullen de stookacties ten behoeve van het sneeuwsmelten in december en begin januari weggelaten worden, de kas wordt dan alleen vorstvrij gehouden. Het energiegebruik van de referentie daalt hierdoor naar $19,7 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Het bijbehorende energiegebruik is in Figuur 11. weergegeven als “model geen sneeuw”.



Figuur 11. Berekende en gemeten energiegebruik gedurende het jaar.

4.2 Doorgerekende opties

Discussies en analyse van het gerealiseerde klimaat heeft een aantal potentiële besparingsmogelijkheden opgeleverd welke zijn doorgerekend. Evenals het referentiebedrijf, wordt ook bij deze scenario's de ketel op 6 juni uitgeschakeld. De scenario's ten opzichte van de 'Referentie' met 1 beweegbaar scherm zijn:

1. In plaats van een beweegbaar scherm tot 1 maart alleen een geperforeerd AC folie (**alleen folie**)
2. Naast het beweegbare scherm wordt ook een vast geperforeerd foliescherf gebruikt vanaf de teeltstart. (**+folie**). Het vast foliescherf wordt pas verwijderd op 1 maart verwijderd
3. Een beweegbaar schermen met een vast geperforeerd foliescherf tot 1 maart + ontvochtiging met buitenlucht (**hnt**)

In dit scenario wordt ontvochtigd met buitenlucht. Voor de ontvochtiging is gezien de verdamping van het gewas gekozen voor een systeem met een maximale capaciteit van $7,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{uur}$. In de referentie wordt al een XLS10 ultraplus scherm gebruikt. De installatie van de buitenluchtaanzuiging blijft gebruikt worden als de ketel is uitgeschakeld. Er kan dan dus niet worden naverwarmd. De installatie zal in die periode weinig gebruikt worden omdat de raamstand meestal meer dan 20% geopend zal zijn, een criterium waarop de buitenluchtaanzuiging uitgeschakeld wordt omdat het ventilatievoud via de ramen dan altijd groter is dan met de installatie bereikt kan worden wat elektriciteit zal sparen.

4. Eén beweegbaar scherm + vast foliescherf (tot 1 maart) + ontvochtiging met buitenlucht + geen minimumbuis (**hnt + gmb**)
5. Eén beweegbaar scherm + vast foliescherf + ontvochtiging met buitenlucht + geen minimumbuis + temperatuurintegratie (**hnt + gmb +TI**)

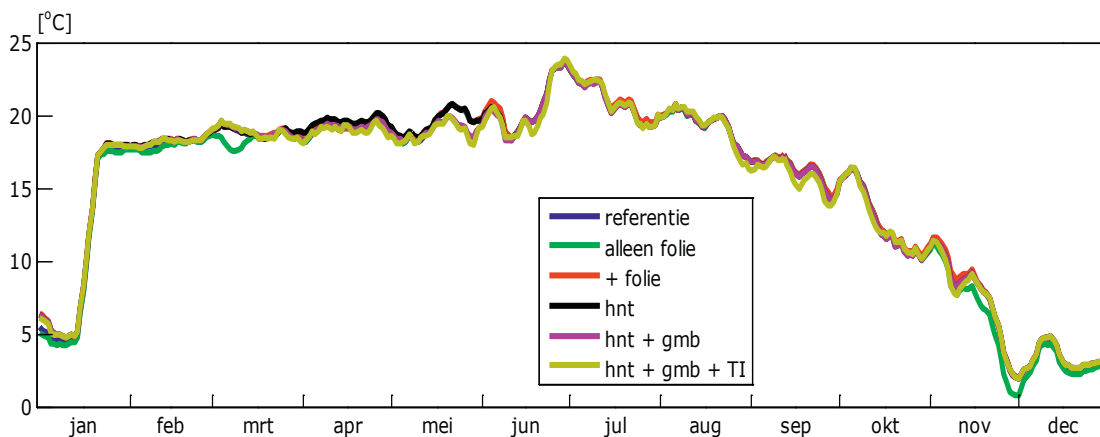
Dit scenario is vergelijkbaar met scenario 3, waarbij er geen minimumbuis wordt toegepast. Dit scenario is vergelijkbaar met scenario 4, waarbij daarnaast temperatuurintegratie wordt toegepast, zodanig dat dezelfde gemiddelde etmaaltemperatuur wordt bereikt als de referentie. Omdat de stookteelt geen echt lage nachttemperaturen ambiert is in de periode dat er gestookt wordt een "absoluut minimum" temperatuur van $16 \text{ }^\circ\text{C}$ aangehouden. Dat beperkt de mogelijkheden van de TI enigszins.

Om het kasklimaat van de verschillende cases niet te sterk te laten afwijken van de referentie, moeten aan setpoints aanpassingen worden verricht. Deze aanpassingen gelden ten opzichte van de in bijlage 1 weergegeven setpoints van de referentie. Hieronder worden per case de additionele aanpassingen benoemd.

1. **alleen folie:** Geen wijzigingen aan de setpoints
2. **+folie:** in deze case is de minimumbuis, voor zover deze in die periode gebruikt is, met 10 graden verlaagd. Er waren momenten dat de nachttemperatuur ca. 1 °C hoger uitkwam dan de referentie, veroorzaakt door de minimumbuis. Omdat het vaste folie altijd dicht is, is in deze periode dat dit folie aanwezig is, de ventilatielij 3 graden verlaagd ten opzichte van de referentie. Daarnaast wordt het beweegbare scherm in plaats van bij een buitentemperatuur van 9 °C in deze periode pas bij een buitentemperatuur van 7 °C gesloten en is het stralingscriterium gehalveerd.
3. **hnt:** Omdat het vocht beter in de hand gehouden kan worden als het scherm gesloten wordt, zal het beweegbare scherm tot half mei gebruikt mogen worden in plaats van de 15 maart zoals in de referentie. Het scherm mag over de gehele periode na het verwijderen van het vaste folie sluiten bij een buitentemperatuur van 9 °C. Na 1 april is het stralingscriterium verlaagd van 50 naar 10 W/m².
4. **hnt + gmb:** De minimumbuis is jaarrond weggelaten. Hierdoor wordt het op sommige momenten wat kouder. Om dit op te heffen is in die perioden waar dit van toepassing is, het setpoint verwarmen met 0,5 °C verhoogd. De 0,5 °C is ongeveer de gemiddelde temperatuurdaling als de minimumbuis wordt weggelaten. Hierdoor zijn de gerealiseerde temperaturen weer gemiddeld gelijk aan de referentie.
5. **hnt + gmb +TI:** Voor de temperatuurintegratie TI, is een meerdaagse vorm (3 dagen) gebruikt met een bandbreedte van 3 graden. Er zijn geen verdere aanpassingen doorgevoerd. Als de regelaar de kasluchttemperatuur onder de 16 °C wil sturen wordt deze op 16 °C afgeblokt.

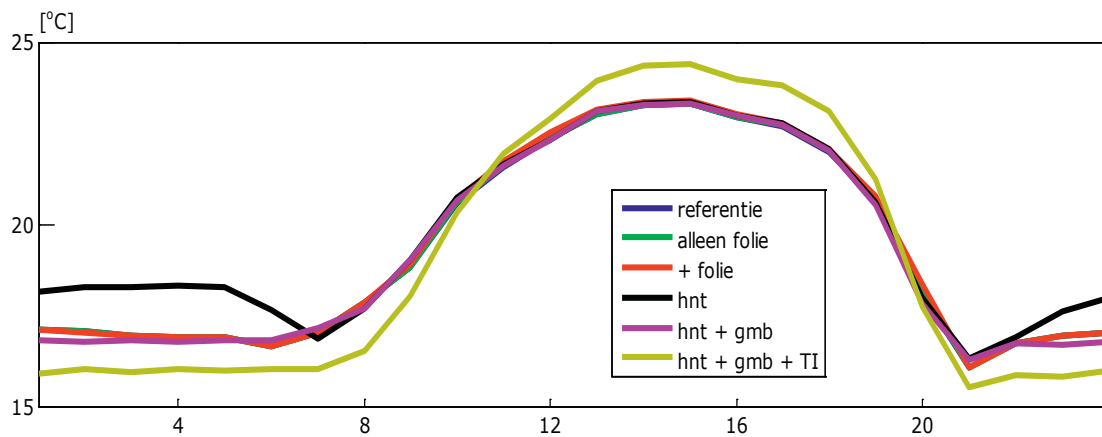
Tevens is bij alle cases het vochtsetpoint (de luchtvochtigheid waarboven extra vochtacties zoals buitenluchtaanzuiging worden ondernomen), zodanig bijgesteld, dat het aantal uren dat een luchtvochtigheid van 91% wordt overschreden voor alle cases vrijwel gelijk is (± 500 uren, zie Figuur 16).

In Figuur 12. is voor de referentie en de 5 scenario's het etmaalgemiddelde van de berekende kasluchttemperatuur gegeven. Het scenario "alleen folie" en "+folie" verschilt alleen tussen half januari (teeltstart) en 1 maart van de referentieteel. De groene lijn ligt dan ook de rest van de teelt over de blauwe lijn van de referentie heen. Het "+folie" zorgt voor een hogere temperatuur. De gerealiseerde temperatuurverschillen zijn niet groot. Omdat de isolatiewaarde van "alleen folie" lager is dan van een beweegbaar scherm, komt de temperatuur regelmatig wat lager uit. Het weglaten van de minimumbuis zorgt voor een verlaging van de gerealiseerde temperatuur waarop met behulp van een verhoging van het setpoint verwarmen is gereageerd om de etmaalt temperatuur niet te beïnvloeden.



Figuur 12. Berekende etmaal kastemperaturen weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over één week voor de referentie en 5 scenario's.

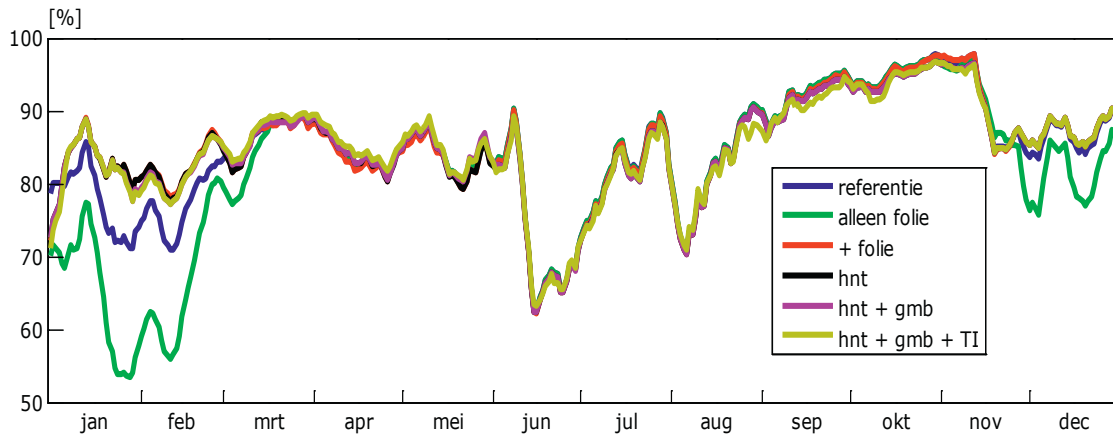
Om de effecten van de verschillende regelingen in een periode te verduidelijken is in Figuur 13. het cyclisch gemiddelde van de 5 scenario's voor de maand april gegeven. Door de beperking dat de kaslucht niet onder de 16 °C graden mag komen, wordt bij de TI een minimum rondom die 16 °C gevormd.



Figuur 13. Cyclisch gemiddelde verloop van de kasluchttemperatuur in de maand april voor de referentie en de 5 scenario's

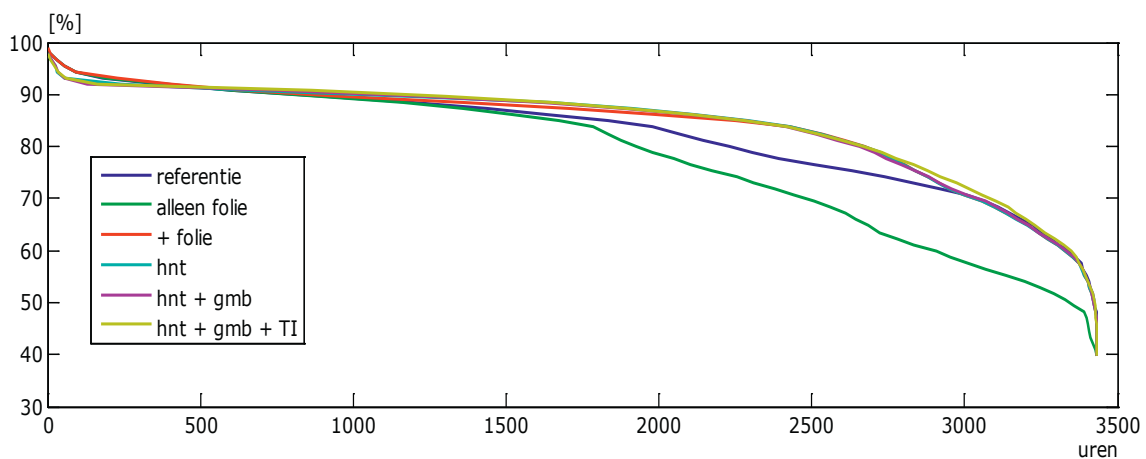
Figuur 13. laat zien dat de minimumbuis de nachttemperatuur met ca. 0,5 á 1 °C verhoogt, immers in de case "hnt" is er wel een extra scherm waardoor de temperatuur verhoogd wordt. De aanpassingen in de setpoint in case "hnt + gmb" laat dankzij de verhoging van ca. 0,5 °C weer een gelijke temperatuur zien als de referentie (de zwarte lijn ligt over de blauwe heen). De TI laat een verhoging gedurende de dag zien met een daarbij behorende verlaging in de nacht.

Dat deze aanpassingen invloed zullen hebben op de luchtvochtigheid is evident. Dat wordt getoond in Figuur 14. Bij "alleen folie", blijkt in het begin door de perforatie meer vocht afgevoerd te worden dan bij een beweegbaar (maar gesloten) scherm. Daarom is in deze case in het begin van de teelt het vocht nog een stukje lager dan de referentie. Het zal duidelijk zijn dat de RV met de komst van het tweede scherm (folie) gaat stijgen. In de eerste weken van de teelt is een verhoging van het vochniveau positief omdat het klimaat eigenlijk te droog is. Er zijn echter momenten dat de vochtafvoer door dit geperforeerde folie te klein is, ondanks het geopende beweegbare scherm, om het vocht onder de gestelde setpointniveau van 90% te houden. De ontvochtiging met buitenlucht weet goed te presteren. Bij Figuur 14. zal hier verder op ingegaan worden. TI laat door de lagere nachttemperaturen het vochniveau wat stijgen. Ook door het uitgestelde ventileren bij TI (overdag mag het immers warmer worden) wordt er minder vocht afgevoerd. Daarom heeft de paarse lijn van de case "hnt + gmb + TI" over het algemeen de hoogste vochniveaus aan, met name in de stookperiode. In de periode waar de teelt passief gestuurd wordt, kan de ontvochtigingsinstallatie wel worden ingeschakeld edoch zonder de mogelijkheid van naverwarming. Desondanks heeft dit enig effect op het gerealiseerde klimaat. De dippen in vochniveau medio juni en eind juli worden veroorzaakt door de teeltwisselingen. Op deze momenten is er minder gewas zodat de totale verdamping sterk verminderd wordt.



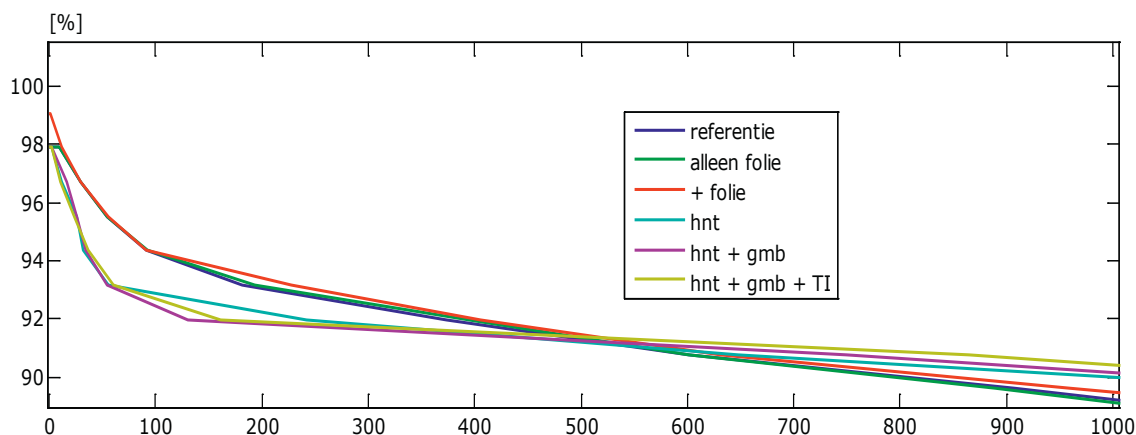
Figuur 14. Berekende etmaal kaslucht RV's weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over één week voor de referentie en 5 scenario's.

De prestaties van de ontvochtigingsinstallatie kunnen goed met een jaarbelastingduurkromme getoond worden. In Figuur 15. is dit gedaan voor de periode dat er gestookt is (19 januari tot en met 6 juni). Om deze figuur te maken is een sortering (van hoog naar laag niveau) gemaakt van alle gerealiseerde RV's in de referentie en de 4 cases. De figuur kan dan ook gelezen worden als het aantal uren dat een bepaald vochniveau overschreden wordt. Aan de rechterzijde van de grafiek is te zien dat de referentie en vooral de case met alleen folie veel uren heeft met een lage RV. Het enkele scherm isoleert blijkbaar onvoldoende zodat op veel uren veel moet worden gestookt om de kas warm te houden. Door de lage luchtvochtigheid wordt meer verdamping gerealiseerd dan nodig, wat het energieverbruik nog extra verhoogt.



Figuur 15. Jaarbeastingduurkromme van de berekende RV's voor de referentie en 5 scenario's in de periode 19 januari tot en met 6 juni.

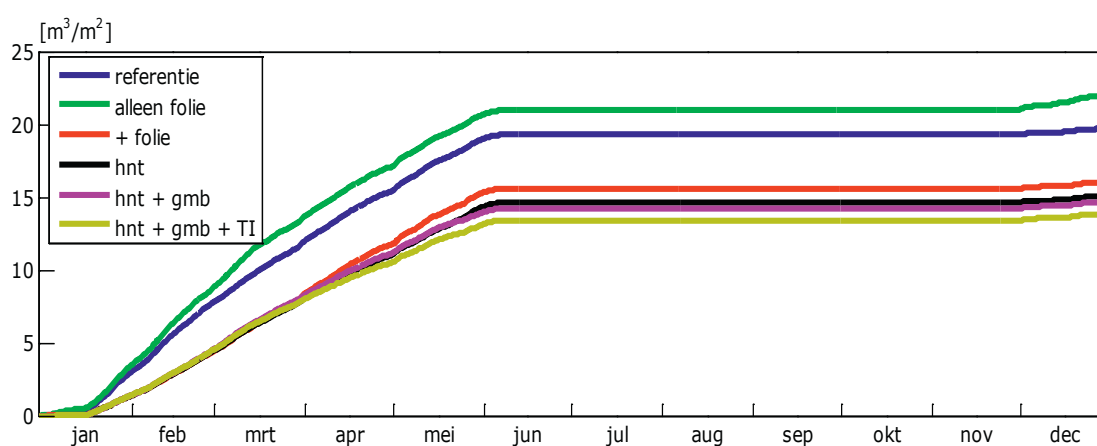
Om het zicht op de hogere vochniveau's te verbeteren is in het volgende figuur een detail van de eerste 1000 uur (linkerzijde) van Figuur 15. gegeven.



Figuur 16. Detail van de eerste 1000 uur van de jaarbelastingduurkromme uit Figuur 15

De cases waar het vocht met behulp van de buitenluchtaanzuiging beheerst kan worden laten op het niveau van het setpoint een plateau zien. Anders gezegd de cases zonder buitenluchtaanzuiging hebben meer uren overschrijding dan de overige cases.

De gevolgen voor het energiegebruik zijn in Figuur 17. getoond. De figuur toont dat het effect van de minimumbuis op het energiegebruik in deze stookperiode beperkt is. Vooral in de zomermaanden is deze de belangrijkste energiegebruiker maar in deze cases is de ketel in de zomer afgeschakeld. Dit afschakelen van de ketel heeft grote invloed op de CO₂ voorziening van het bedrijf. Dit zal teelttechnische gevolgen hebben. De TI heeft pas duidelijk een besparend effect na half april. Vanaf april is de zonkracht pas zodanig dat er eenvoudig graaduren gewonnen kunnen worden waarna de nachttemperatuur weg kan zakken als de graaduren weer opgenomen worden. De verschillen in energiegebruik tussen de case "+folie" en "HNT" zijn klein. De verschillen zitten echter wel heel duidelijk in het kasklimaat en dan met name een beduidend lager vochniveau bij het nieuwe telen. In Tabel 1. zijn de jaarsommen aan gasgebruik en de procentuele besparing gegeven.

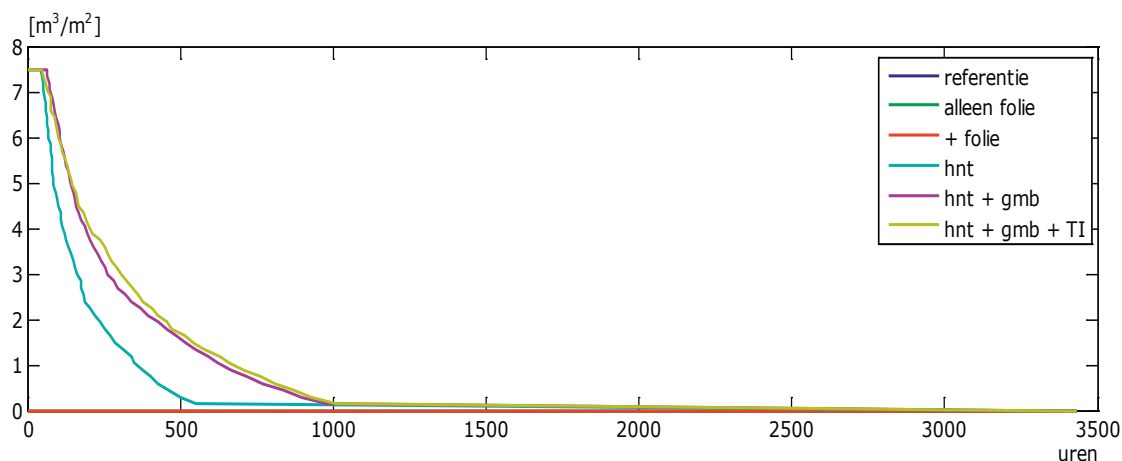


Figuur 17. Berekende cumulatieve gasverbruik voor de referentie en 5 scenario's

Tabel 1. Gasverbruiken voor de referentie en 5 scenario's.

Behandeling	Gasverbruik (m ³ /m ² .jaar)	Energiebesparing t.o.v. referentie (%)
Referentie	19.7	-
Alleen folie	22.0	-11.6
+ Folie	16.0	18.8
Hnt	15.1	23.6
Hnt + gmb	14.6	25.7
Hnt + gmb + TI	13.8	29.9

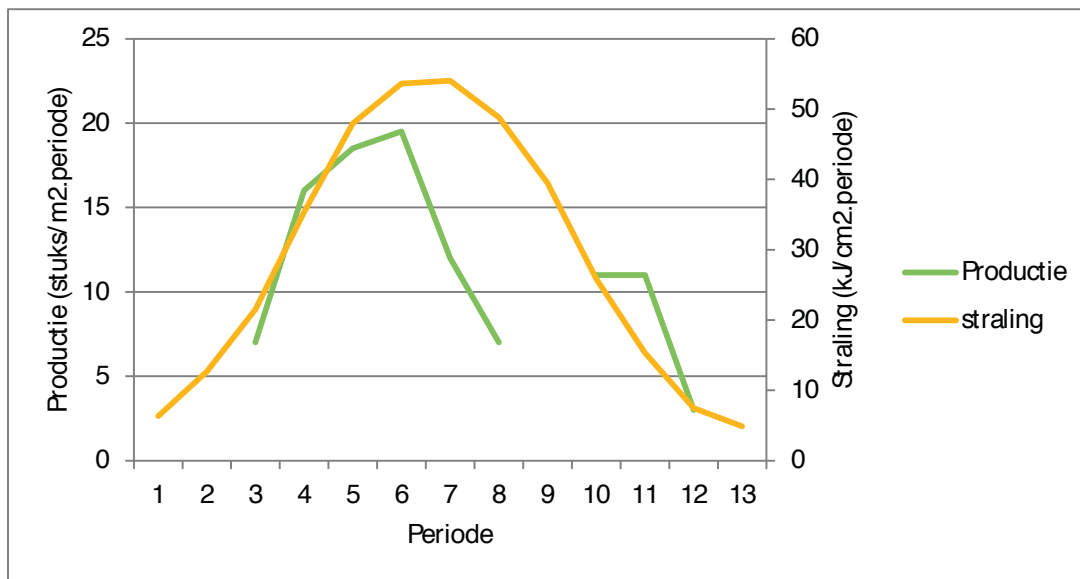
De gekozen capaciteit van 7,5 m³/m².uur van de buitenluchtaanzuiging is wellicht wat aan de grote kant. In Figuur 18. is te zien dat de maximale capaciteit slechts 90 uur gebruikt is in de case "HNT". Een capaciteit van ca. 5 m³/m².uur had vrijwel vergelijkbare effecten op het klimaat gehad. De introductie van TI laat een toename in het gebruik van de buitenluchtaanzuiging zien.



Figuur 18. Jaarbelastingduurkromme van het gebruikte debiet van de buitenluchtaanzuiging voor de referentie en 5 scenario's in de periode 19 januari tot en met 6 juni

4.3 Discussie rendement energiebesparende opties

Een vast foliescherm vergt ten opzichte van een beweegbaar scherm 2,3 m³/m² (11%) meer warmte. Uitgaande van jaarkosten voor foliescherm ($\pm 0,20$ €/m².jaar) en voor een beweegbaar scherm (± 1 €/m².jaar), kost een beweegbaar scherm jaarlijks 0,80 €/m² meer dan een foliescherm. Daar tegenover staat de hogere energiebesparing en de hogere lichtdoorlaat van een beweegbaar scherm. Een beweegbaar scherm kan overdag immers worden geopend om zonlicht door te laten. Als een vast folie 15% licht tegenhoudt dan laat dit van 19 januari tot 1 maart 13% minder licht door dan een beweegbaar scherm dat boven 100 W/m² wordt geopend. In Figuur 19. is het productieverloop weergegeven bij twee teelten volgens KWIN [Vermeulen, 2010] en vergeleken met de hoeveelheid straling. Hieruit blijkt dat de productie in het begin van het jaar redelijk gelijk oploopt met de hoeveelheid straling. Voor iedere vrucht is buiten dan 2- 3 kJ globale straling nodig. Als tot 1 maart een foliescherm aanwezig is geweest, dan kost 13% licht gedurende deze periode ongeveer 1 vrucht à € 0,60. Een beweegbaar scherm is dan eerder rendabel dan een vast foliescherm.



Figuur 19. Verloop van de productie (stuks/m².periode) volgens KWIN en de gemiddelde hoeveelheid straling (kJ/cm².periode).

Een vast foliescherf van 19 januari tot 1 maart naast een beweegbaar scherm bespaart 3,7 m³/m².jaar ten opzichte van alleen een beweegbaar scherm. Daar staat tegenover dat het lichtverlies van het vaste foliescherf leidt tot productieverlies. Bij 1 vrucht/m² productieverlies is een extra vast foliescherf tot 1 maart pas bij gasprijzen van meer dan 0,22 €/m³ a rond te rekenen. Bij vroegere plantingen is een vast folie naast een beweegbaar scherm nog eerder rendabel. Bij hoge temperaturen en/of hoge instraling moet het foliescherf eerder (bijvoorbeeld begin of half februari) worden verwijderd omdat dan de energiebesparing niet opweegt tegen het licht- en productieverlies.

Het inblazen van droge buitenlucht kan in combinatie met temperatuurintegratie en het afzien van de minimumbuis 2,2 m³ besparen ten opzichte van alleen de combinatie van een vast folie en een beweegbaar scherm. Dit is te weinig om de investering in een luchtinblaassysteem en de extra elektriciteitskosten rendabel te krijgen. Alleen als zou blijken dat de betere beheersing van de luchtvochtigheid tot productieverbetering of kwaliteit leidt, kan het inblazen van buitenlucht interessant zijn. De geringe impact van vochtproblemen bij courgette geeft hier geen aanleiding toe.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In een courgetteteelt die op 19 januari is geplant onder een beweegbaar scherm, kan met behulp van de combinatie van een extra vast folie, het inblazen van droge buitenlucht, het toepassen van temperatuurintegratie en het niet meer toepassen van een minimumbuis, het warmteverbruik terug worden gebracht van 19,7 naar 13,8 m³/m² ae. Dit is een energiebesparing van bijna 30%.

Courgette is in vergelijking met andere teeltgewassen niet gevoelig voor een hoge luchtvochtigheid. Een hoge luchtvochtigheid kan tot uitval van enkele planten leiden (met name klappers), maar niet zo ernstig dat hiervoor een stringent vochtregime nodig is. Sommige telers gebruiken in het najaar zelfs helemaal geen verwarming ondanks dat dat een vochtige periode is. Mede door de vochttolerantie van het gewas gebruiken de meeste courgettetelers met 20-30 m³/m².jaar betrekkelijk weinig energie. De meeste energie wordt gebruikt om de kas op temperatuur te houden. Vooral een nachttemperatuur van minstens 16 °C is belangrijk om voldoende mannelijke bloemen aan de plant te krijgen. Omdat de nachttemperatuur op peil moet blijven, bespaart het toepassen van temperatuurintegratie bij een gelijkblijvende etmaaltemperatuur maar weinig energie. Vanwege het risico op het verkrijgen van te weinig mannelijke bloemen, worden temperatuurintegratie en ook temperatuurval in de praktijk maar weinig toegepast.

Een beweegbaar scherm is al snel interessanter dan een vast folie omdat het meer energie bespaart en bovendien de beschikbaarheid van mannelijke bloemen beter bevordert.

Door meer isolatie (extra vast folie) kan vooral bij vroege teelten nog wel rendabel extra worden bespaard op het energiegebruik. Het is daarbij de vraag in hoeverre het dan noodzakelijk is om extra maatregelen te nemen om de luchtvochtigheid te beheersen.

Een systeem dat droge buitenlucht in de kas blaast, kan bij courgette niet worden terugverdiend door alleen energiebesparing. Als er teeltkundige redenen zijn voor een betere vochtbeheersing dan kan een dergelijk systeem nog in beperkte mate worden ingezet. Bij toepassing van een dubbel scherm, temperatuurintegratie en bij het weglaten van de minimumbuis, zal vaker gebruik moeten worden gemaakt van het inblazen van droge buitenlucht om de luchtvochtigheid niet vaker dan ±500 uren op te laten lopen boven 91% RV. Toch blijft het aantal uren dat hiervoor meer dan 5 m³/m².uur buitenlucht nodig is, beperkt tot 100-150 uur/jaar.

Het KASPRO model is met de gekozen setpoints en regelingen goed in staat om de praktijksituatie voor wat betreft kasluchttemperatuur en RV na te bootsen in de perioden dat er gestookt is. De enkele verschillen tussen de berekende en de gerealiseerde luchtvochtigheid, hebben geen of beperkte invloed op het berekende energiegebruik.

5.2 Aanbevelingen

Bij een courgetteteelt is een beweegbaar helder scherm rendabel, zelfs al bij latere plantingen dan half januari. Bij plantingen voor half januari wordt aanbevolen om hiernaast een foliescherm te gebruiken. Dit moet worden verwijderd tussen begin februari en begin maart, afhankelijk van de te verwachten buitentemperatuur en lichthoeveelheid.

Een systeem dat buitenlucht gedoseerd in de kas kan blazen, wordt voor de courgetteteelt niet aanbevolen. Dit is omdat courgette in vergelijking met andere vruchtgroentegewassen minder warmte vraagt en meer vocht kan verdragen. De investering in een dergelijk ventilatiesysteem kan daarmee moeilijk worden terugverdiend.

6 Referenties

- Bontsema, J., Voogt, J.O., van Weel, P.A., van den Beukel, J., Zuidervijk, A., Labrie, C.W., van Noort, F.R., en Raaphorst, M.G.M. (2009): *Energiezuinige optimalisatie van het microklimaat door luchtbeweging*. Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw;269. Wageningen UR Glastuinbouw. Wageningen.
- Boonekamp, G. (2010): *Buitenlucht ontvochtigt snel en goedkoop*. Groenten & fruit magazine : maandblad voor de tuinbouwondernemer, 5, p. 26-28.
- Boonekamp, G. (2011): *Tevreden gebruikers Verti-Fan*. Groenten & fruit aktueel 6.
- Esmeijer, M., en Bloem, L. (1999): *CO₂ in de glastuinbouw*. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. Aalsmeer, Naaldwijk.
- Eveleens, B., Dieleman, A., de Gelder, A., Elings, A., Janse, J., Qian, T., Lagas, P., en Steenhuizen, J. (2009): *Effecten van verneveling op groei en ontwikkeling van tomaat : teelt van eind april tot eind augustus*. Nota / Wageningen UR Glastuinbouw;643. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- García, N., de Zwart, F., en Labrie, C. (2010): *Het nieuwe telen Anthurium : ontwerpen en doorrekenen van een energiezuinig teeltconcept*. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- de Gelder, A. (in uitvoering): *Het Nieuwe Telen Gerbera*, Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen.
- de Gelder, A., Nederhoff, E., Janse, J., de Kok, L., Nieboer, S., Keijzer, M., Raaphorst, M., en de Visser, P. (2009): *Totaalconcept komkommerteelt 2008-2010 : teeltproef 2008 aan Innokom+ teeltsysteem met belichting en geconditioneerd telen*. Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw;264. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- de Gelder, A., van Weel, P., en Nederhoff, E. (2010): *Energiebesparing in bio-glasteelten door intensief schermen en geavanceerd ventileren*. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- Gieling, T.G., Bruins, M.A., Campen, J.B., Janssen, H.J.J., Kempkes, F.L.K., Raaphorst, M.G.M., en Sapounas, A. (2010): *Monitoring technische systemen in semi-gesloten kassen*. Rapport GTB;1008. Wageningen UR Glastuinbouw. Wageningen.
- Janse, J. (2000): *Lichtefficiëntie bij courgette : onderzoek naar plantverdeling, plantdichtheden en bladsnoei*. Rapport / Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente;298. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, vestiging Naaldwijk. Naaldwijk.
- Janse, J. (2001): *Lage temperatuureffecten op de generatieve en vegetatieve ontwikkeling bij courgette. Literatuuronderzoek 2001*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Naaldwijk.
- Janse, J., en Berkhout, B. (2003): *Effect kouval op compactheid courgetteplanten*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Glastuinbouw. Naaldwijk.
- Janse, J., Buwalda, F., Houter, B., en Raaphorst, M. (2005a): *Stralingsafhankelijke temperatuur bij courgette*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Glastuinbouw. Naaldwijk.
- Janse, J., Houter, B., Rijpsma, E., en Berkhout, B. (2004): *Temperatuurintegratie op heteluchtbedrijven met sla en radijs : onderzoek 2003-2004*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Glastuinbouw. Naaldwijk.
- Janse, J., Limburg, W., en Doorduyn, J. (2005b): *Abortie bij courgette*. Praktijkonderzoek Plant Omgeving, Business Unit Glastuinbouw. Naaldwijk.
- Janse, J., van Noort, F., en Heij, G. (2005c): *Teelt- en gewaseisen van energie-extensieve gewassen : deelrapport bij onderzoek naar haalbaarheid van foliekassen voor energie-extensieve gewassen*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Glastuinbouw. Naaldwijk.
- Janse, J., en Raaphorst, M. (2002): *Vermindering van pieken in gasafname en energiebesparing bij gewassen met een lage energiebehoefte : onderzoek 2001-2002*. PPO publicatie;nr. GT 12029. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Glastuinbouw. Wageningen.
- Janse, J., en Raaphorst, M. (2003): *Minimale temperatuurgrenzen courgette*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Naaldwijk. pp. 23.
- van der Kolk, J.P., van der Knaap, E., en Verberkt, H. (2010): *Van vraag naar kans : monitoring onderdoor en bovendoor koelen met luchtunits in roos*. DLV Plant. Wageningen.
- Labrie, C., en Raaphorst, M. (2009): *Analyse aircokas bij Freesia 2008 : klimaats- en productievergelijking bij vier Freesiatelers*. Nota / Wageningen UR Glastuinbouw;605A. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- Labrie, C., en de Zwart, F. (2010): *Het nieuwe telen Alstroemeria : energiezuinig teeltconcept snijbloemen met een lage*

- warmtebehoefte. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- Paternotte, P. (2010): *Bladvlekkenziekte weer toenemend probleem door vochtiger klimaat : komkommer, meloen, augurk en courgette vatbaar voor bladvlekkenziekte*. Onder Glas 7, 8, p. 23.
- Poot, E., Kempkes, F., de Gelder, A., Janse, J., en Raaphorst, M. (2010): *Nieuw kasdek voor Het Nieuwe Telen*. Wageningen UR Glastuinbouw. Wageningen.
- Poot, E., de Zwart, F., Bakker, S., Bot, G., Dieleman, A., de Gelder, A., Marcelis, L., en Kuiper, D. (2008): *Richtinggevende beelden voor energiezuinig telen in semigesloten kassen*. Nota / Wageningen UR Glastuinbouw;568. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- Raaphorst, M. (2008): *Verneveling en waterbehoefte in de glastuinbouw : voorstudie op basis van energiebalansen*. Wageningen UR, Glastuinbouw. Bleiswijk.
- Raaphorst, M., Kempkes, F., Corsten, R., Roelofs, T., en de Veld, P. (2010): *Het Nieuwe Telen bij chryasant : verkenning van energiebesparingsopties voor de chrysententeelt*. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- Raaphorst, M., en Voermans, J. (2010): *Monitoring ClimecoVent-systeem in de praktijk : technisch, teeltkundig en economisch onderzoek naar een energiezuinige kas bij kwekerij Grenspaal B.V.* Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.
- de Rooster, L. (2007): *Ziekten bij courgette*, Proefstation voor de Groententeelt, Sint-Katelijne-Waver.
- Ruijs, M.N.A., Raaphorst, M.G.M., en Dijkxhoorn, Y. (2010): *Meer mogelijkheden voor energiezuinige teeltconditionering : economische perspectieven*. Rapport / LEI. LEI Wageningen UR. Den Haag.
- van Staalduinen, J., en de Gelder, A. (2011): *Bewuster schermen : extra energie besparen bij gelijke productie: intersiever schermen voor alle bedrijven en teeltwijzen gerechtvaardigd*. Onder Glas 8, 4, p. 28-29.
- Vermeulen, P.C.M. (2010): *Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2010 (KWIN)*, nr. GBT -1037, Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.

Bijlage I Setpoints en uitrusting van de kas

KASCONSTRUCTIE

Dimensies

Akas:	24000
Padbreedte:	3
hGutter:	5
Roofslope:	22
Kapbreedte:	8
Vakmaat:	4.5

Eigenschappen

GHorient:	0
frSunAir:	0.075
Dekmateriaal:	enk_Boal_400x450
InclusiefGevel:	Ja
Leakage:	5.00E-05

Luchtramen1

Windowlength:	2.25
Windowheight:	1
fr_Window:	0.0556

Geoinformatie

Latitude:	52
-----------	----

VERWARMINGSNETTEN

KiPipe:	0.96
KpPipe:	6
PrimNet:	Low

Ondernet

Ondernettype:	51-er
nLowPerKap:	10

Bovennet

Bovennetype:	32-er
nUppPerKap:	5

VERWARMINGSUNITS

Ketel

Pketel:	15-nov	10-jun	100
	10-jun	15-nov	0
Ketelverlies:	0		
TrookgasKetel:	140		
Vultemp:	95		
Ketelcondensor:	combi		

WARMTEOPSLAG

Buffer

Buffervolume: 145
AlsBufVol: stoppen

GEWAS

Gewas: courgette
Plantdatum: 18-jan
Ruimdatum: 15-nov
LAlfile: none

SETPOINTS

Temperatuur

StookTemp:	21-jan	29-jan	18					
	29-jan	8-feb	17	18.5				
	8-feb	15-mrt	17.4	18.5				
	15-mrt	20-mei	16.5	17.5				
	20-mei	7-jun	15.5	17.5				
	7-jun	15-okt	10					
	15-okt	1-nov	10					
	1-nov	21-jan	4					
	StookTempTijdstip:	21-jan	29-jan	0				
		29-jan	8-feb	on	op-1			
8-feb		15-feb	on+4	op-1				
15-feb		5-apr	on+2	op-1				
5-apr		7-jun	on	op+1				
7-jun		21-jan	0					
DodeZone:		19-jan	8-mrt	6				
	8-mrt	15-mrt	4					
	15-mrt	28-mrt	3					
	28-mrt	5-jun	0.5	0.5	2.5			
	5-jun	13-jun	7					
	13-jun	1-aug	6	6	10	10		
	1-aug	1-nov	4	4	10	10		
	1-nov	19-jan	8					
	DodeZoneTijdstip:	19-jan	28-mrt	0				
		28-mrt	7-jun	op	op+1	op+2		
7-jun		13-jun	0					
13-jun		1-nov	on+1	op-1	op+1	on-1		
1-nov		19-jan	0					
LichtVbeg:	100							
LichtVend:	300							
LichtV:	1							
BuitempAfhVerl:	0							

Vocht

SpVocht:	19-jan	1-aug	90
	1-aug	19-jan	96
SpVochtTijdstip:	0		
KpRV:	19-jan	1-sep	2
	1-sep	19-jan	2
Vochtmetsbuis:	0		

CO₂

SpCO ₂ :	19-jan	10-jun	1000
	10-jun	19-jan	0
SpCO ₂ Tijdstip:	0		
CO ₂ bron:	ketel		
kgCO ₂ :	160		

Temperatuurintegratie

Bandbreedte:	0
IntegratiePeriode:	72
maxGraaduren:	30

Luchtramen2

Vorstgrens:	-1		
StartWhet:	50		
WinLeeMin:	19-jan	22-mrt	0
	22-mrt	10-apr	1
	10-apr	1-jun	3
	1-jun	15-aug	1
	15-aug	15-okt	2
	15-okt	19-jan	0
WinWhetMin:	0		
WinLeeMax:	1-jan	23-aug	100
	23-aug	15-okt	80
	15-okt	18-nov	10
	18-nov	1-jan	40
WinWhetMax:	1-jan	23-aug	100
	23-aug	1-jan	50
MaxWin:	19-jan	1-nov	50
	1-nov	19-jan	1
KpVent:	19-jan	1-mrt	10
	1-mrt	15-apr	15
	1-apr	14-jun	40
	14-jun	19-jan	30

Buizen

MinBuisLow:	21-jan	1-feb	40			
	1-feb	1-mrt	40	0		
	1-mrt	28-mrt	40	0		
	28-mrt	5-apr	55	0		
	5-apr	26-apr	52	0		
	26-apr	20-mei	0	48	53	0
	20-mei	31-mei	48			
	31-mei	8-jun	0	40	40	0
	8-jun	21-jan	0			

MinBuisLowTijdstip:	19-jan	1-feb	0				
	1-feb	1-mrt	on-1	op+1			
	1-mrt	1-apr	on	op			
	1-apr	26-apr	on+3	op+4			
	26-apr	20-mei	20	21	3	10	
	20-mei	31-mei	op-1	op+1			
	31-mei	10-jun	3	4	7	8	
	10-jun	19-jan	0				
MinBuisUpp:	0						
MinBuisUppTijdstip:	0						
MinBuisBeg:	19-jan	1-apr	0				
	1-apr	19-jan	200				
MinBuisEnd:	250						
MaxBuisLow:	1-dec	18-jan	40				
	18-jan	10-jun	57				
	10-jun	1-dec	0				
MaxBuisLowTijdstip:	0						
MaxBuisUpp:	18-jan	10-jun	55				
	10-jun	18-jan	0				
MaxBuisUppTijdstip:	0						
T2ndAcc:	52						
Fogging							
Fogging:	Nee						

SCHEERM

Gevelschem:	vast			
OndersteSchem				
Schem:	Ja			
Schemtype:	SLS10UltraPlus			
IGlobOpen:	15-nov	19-jan	500	
	19-jan	8-feb	100	
	8-feb	22-feb	75	
	22-feb	19-jul	50	
	19-jul	15-aug	0	700
	15-aug	15-nov	100	
TbuitMax:	1-nov	18-jan	20	
	18-jan	22-feb	9	
	22-feb	15-mrt	7	
	15-mrt	1-nov	-20	
MaxTexcess:	1.5			
VoorloopSchemkier:	2			
MaxVochtKier:	18-jan	1-nov	4	
	1-nov	18-jan	0	
BovensteSchem				
SchemBoven:	nee			
Krijten				
Krijten:	nee			
Krijtfactor	0			

