



Monitoring Energiebesparing door Het Nieuwe Telen en Energie-innovaties

H.F. de Zwart en M. Raaphorst

Rapport GTB-1443

Referaat

De afgelopen jaren zijn er allerlei nieuwe technieken en teeltmethoden ontwikkeld die bij moeten dragen aan een energieneutrale glastuinbouwsector. In het monitoringproject zijn de prestaties van deze systemen objectief beoordeeld door vergelijkbare bedrijven of kasafdelingen mét en zonder deze technieken met elkaar te vergelijken. Vanwege het langjarige karakter van het project kan inmiddels ook een leertraject in de toepassing van deze systemen worden bestudeerd. In dat geval worden op één bedrijf achtereenvolgende jaren met elkaar vergeleken.

Het project levert rapporten en een gestage stroom van andere publicaties van resultaten. In deze covernotitie wordt een doorzicht over deze resultaten getoond en worden algemene conclusies getrokken. Voor detailinformatie over de verschillende systemen wordt verwezen naar andere output van het project.

De energiebesparingspotenties van Het Nieuwe Telen en Energie-innovaties blijken groot. De toepassing van de mogelijkheden hangt evenwel sterk af van de economische omstandigheden en ook over het kennisniveau en de aandacht die tuinders aan de klimatisering van kassen schenken.

Abstract

In recent years, new technologies and cultivation methods have been developed to contribute to an energy-efficient greenhouse horticulture sector. In the monitoring project, the performance of these systems has been assessed objectively by comparing similar greenhouses or greenhouse compartments with and without these techniques. Due to the long-term character of the project, a learning process of growers in the application of these systems can now be studied. For those cases, some growers have been followed for successive years. The output of the monitoring project consists of reports and a large number of blogs, vlogs, articles in grower-magazines and presentations horticultural events.

This document provides a general review of the results from the entire project and draws general conclusions.

For detailed information on the different systems, reference is made to specific outputs of the project.

The energy savings potential of Next Generation Greenhouse Cultivation and Energy Innovations proves to be great. The application of different options, however, depends strongly on the economic conditions and the results depend also on the skills, experience and focus of the growers in managing their greenhouse climate.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1443

Projectnummer: 3742157313

DOI nummer: 10.18174/417296

Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
	Summary	9
1	Inleiding	11
2	Gemonitorde bedrijven over de jaren heen	13
3	De verzameling van meetgegevens	17
4	Het Nieuwe Telen	19
5	Effect van energiebesparing op CO₂-dosering	21
6	Conclusies	25
	Bijlage I Projectoutput	27

Voorwoord

De Nederlandse tuinbouwsector is zeer innovatief. Veel nieuwe klimatiseringssystemen en tuinbouwkundige inzichten die ontwikkeld zijn vanuit het onderzoeksprogramma Kas Als Energiebron zijn dan ook al gauw op tuinbouwbedrijven geïmplementeerd. In de meeste gevallen waren die nieuwe ideeën echter nog niet helemaal uitontwikkeld.

Het is daarom goed om de resultaten die tuinders realiseren te monitoren en daarover te rapporteren naar de sector. In het langlopende monitoringsproject 'Begeleiden en monitoren van energie-innovaties in de praktijk' worden daartoe gemiddeld 8 tuinders die zulke nieuwe technieken zijn gaan toepassen een jaar lang gevolgd, en vaak ook langer. De resultaten kunnen met referentie-situaties worden vergeleken, of geven een vergelijking tussen verschillende jaren.

Deze covernotitie vermeldt de bedrijven die tot nu toe zijn gevolgd en geeft aan waarop bij die bedrijven de focus heeft gelegen, of voor de komende tijd op gelegd wordt. De resultaten zijn vaak vrij specifiek voor de bestudeerde gewassen en daarom zijn er verschillende bedrijven geclusterd. Dit rapport geeft een algehele samenvatting van de bevindingen uit die verschillende clusters en per cluster zijn er losse rapportages gemaakt, waarnaar in dit rapport verwezen wordt.

Het hier gepresenteerde werk is gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht Nederland in het kader van het onderzoeksprogramma Kas Als Energiebron.

Samenvatting

Het langjarig lopende monitoring project heeft inmiddels van 23 tuinbouwbedrijven kasklimaatdata en informatie over de regelacties van klimaatregelapparatuur verzameld. Al deze bedrijven hebben recent geïnvesteerd in nieuwe technieken en teeltmethoden die rond Het Nieuwe Telen zijn ontwikkeld. Het project geeft een objectieve beoordeling van de prestaties van deze innovaties.

De 23 bedrijven zijn niet allemaal gelijktijdig gevolgd. In de vier jaar die de monitoring nu plaatsvindt komen er met de voortschrijding van tijd en inzichten steeds weer nieuwe bedrijven in beeld en kunnen over andere bedrijven en/of technieken afsluitende conclusies worden getrokken. Zo is van isolerend glas vastgesteld dat daar een besparingspotentie van 30 tot 40% reëel is en dat van het intensieve gebruik van energieschermen 10 tot 20% energiebesparing kan worden verwacht. Uiteraard speelt bij al deze percentages sterk mee welke situatie als referentie wordt gehanteerd, zodat deze percentages alleen geïnterpreteerd kunnen worden vanuit het complete beeld.

In de monitoringsprojecten die nu nog lopen ligt de nadruk op het begrijpen en verlagen van de ziektedruk bij chrysant en Gerbera, op het oprekken van luchtvochtigheidsgrenzen in de belichte tomatenteelt en op het verder vergroten van het schermgebruik in de Paprikateelt.

Het project laat duidelijk zien dat er een groot verschil zit in de besparingspotentie en in de daadwerkelijk gerealiseerde besparing. Dat tweede heeft namelijk te maken met het gebruik van de installatie en daarin speelt het gewenste luchtvochtigheidsregime een belangrijke rol. Telen bij een hogere luchtvochtigheid beperkt de warmteverliezen bij de ontvochtiging en verlaagt de verdamping. Ook is gebleken dat een goed gecontroleerde en beperkte uitwisseling met buitenlucht belangrijker is dan de luchtbeweging. Luchtbeweging zonder luchtuitwisseling kan gemakkelijk alleen maar de verdamping stimuleren en de warmteverliezen langs het scherm vergroten en daardoor het energieverbruik eerder laten toenemen dan afnemen.

In alle bedrijven waar gemonitord is blijkt het gebruik van schermen, en dan met name dubbele schermen, de belangrijkste sleutel om het energieverbruik te verlagen. Een goed sluitend scherm leidt tot een homogene temperatuurverdeling, mits de gevelverwarming en gevelisolatie goed op het scherm is afgestemd.

Het project laat zien dat er in de groententeelt veel rek zit in het toestaan van een hogere luchtvochtigheid.

In de sierteelt is de ruimte om voor een hogere luchtvochtigheid te kiezen minder omdat er voor een aantal gewassen een duidelijk verband is tussen RV tijdens opkweek en levensduur op de vaas. In die teelten zijn er mogelijkheden voor een vergroting van de efficiëntie van ontvochtigingsinstallaties, bijvoorbeeld door gebruik te maken van warmteterugwinning.

Tenslotte wordt er in het project benadrukt dat de beschikbaarheid en het gebruik van alternatieve CO₂-bronnen essentieel is om de productie op peil te houden waar de energiebesparende technieken de beschikbaarheid van rookgas CO₂ doen verlagen. Dit geldt vooral bij de toepassing van technieken die een volledige vervanging van fossiele brandstof opleveren, zoals Geothermie of het gebruik van zonne-energie. Het project geeft enige handvaten om te kunnen bepalen hoe groot de behoefte aan CO₂ uit alternatieve bron dan wordt.

De rapportages en alle andere publiciteit die vanuit het monitoringsproject geleverd wordt helpen de sector verder in de ontwikkeling en toepassing van technieken waarmee de sector de duurzaamheidsambities kan realiseren. Het monitoringsproject geeft een brede kijk op de gereedschapskist die daarvoor beschikbaar is en, afhankelijk van de economische randvoorwaarden, kan daaruit het best passende systeem gekozen worden. Het belangrijkste gereedschap blijft evenwel kennis en vakmanschap van de tuinder.

Summary

The long-term monitoring project has now collected data from 23 greenhouses, comprising climate data and information about the control-actions of the climate control equipment. The companies that were monitored have recently invested in new techniques and cultivation methods developed around Next Generation Greenhouse Cultivation (Het Nieuwe Telen). The monitoring project provides objective assessments of the performance of these innovations.

The 23 companies were not all followed simultaneously. Over the four years of monitoring, with the advancement of time and insights, new concepts are coming in the picture whereas from older developments conclusions can be drawn. For insulating glass, for example, it has been established that it provides a saving potential of 30 to 40% and that from the intensive use of energy screens 10 to 20% energy savings can be expected. Of course, all these percentages are always strongly dependent on which situation is used as a reference, which means that such percentages can only be interpreted after reading the complete documentation.

Currently, 8 greenhouses are monitored. Emphasis is placed on understanding and reducing the disease pressure on chrysanthemums and Gerbera, on increasing the humidity limits in tomato and on increasing the screen usage in the growth of peppers.

From the finalized parts of the project it follows clearly that there is a big difference between the potential savings and in the savings actually realized. The latter has to do with the use of the installation, and it was shown that the desired humidity regime plays a major role in that. At higher humidities the heat loss in dehumidification is reduced and also the evaporation itself. It has also been found that well controlled and limited exchange with outside air is more important for energy saving than the air movement. Too much air movement can even stimulate evaporation and increase heat losses along the screen, resulting in an increased rather than a decreased energy consumption.

In all the greenhouses monitored, the use of screens, and especially double screens, is the key for energy saving. A well closing screen results in a homogeneous temperature distribution, provided that the side wall heating and side wall insulation is well tuned to the screen-application.

The project shows that there is a lot of tolerance when growing vegetables at higher humidity. In the cut-flower cultivation however, the possibilities for growing under higher humidity is less because for some there is a clear relation between humidity during growing and the vase life after harvest. For these crops an improvement of efficiency can be achieved by using better dehumidification systems, for example by using those with heat recovery.

The project also emphasizes that the availability and use of alternative CO₂ sources is essential in order to maintain the production level where energy-saving technologies reduce the availability of flue gas CO₂. This holds in particular for those techniques that completely replace fossil fuel, such as geothermal energy or the use of solar energy. The project gives some indications to quantify the demand for CO₂ in those circumstances.

The reports and all other publicity from the monitoring project will help the sector further develop and apply technologies that enable the sector to realize its sustainability ambitions. The monitoring project shows the toolbox available and, depending on the economic conditions, the best suited system can be chosen.

However, the most important tool remains to be knowledge and craftsmanship of the grower.

1 Inleiding

De glastuinbouw staat onder een onmiskenbare maatschappelijke druk om het energieverbruik in de tuinbouw te verlagen. Daarnaast heeft de tuinbouwsector zich in het Nationale Energieakkoord gecommitteerd aan een forse verlaging van de CO₂-uitstoot.

Om het energieverbruik en de CO₂ uitstoot te verlagen liggen er een groot aantal technieken op de plank. Zo zijn er de afgelopen jaren positieve resultaten behaald met aardwarmte, warmte/koude opslag, hoog isolerend glas, energie-efficiënte belichtingssystemen, nieuwe schermdoeken en ontvochtigingssystemen, met of zonder warmteterugwinning. Voor sommige teelten behoort zelfs de directe invang van zonne-energie uit overtollig zonlicht tot de mogelijkheden.

Een aantal van deze systemen zijn gedurende meerdere jaren in het monitoringsproject gevolgd. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de bedrijven die gevolgd zijn, de innovaties waarop is ingezoomd bij die bedrijven en de belangrijkste conclusies die op dit moment daaruit getrokken kunnen worden. Ook geeft dit hoofdstuk aan welke bedrijven er de komende tijd gevolgd worden en welke verdiepende vragen daarbij aan bod komen.

De waarnemingen die tot nu toe gedaan zijn hebben al tot een aantal rapporten geleid en er worden regelmatig blogs over de resultaten gemaakt en presentaties over de bevindingen gegeven. Een overzicht hiervan is te vinden in Bijlage I.

Over het eerste jaar van dit monitoringsproject is een rapport over de breedte van de bedrijven die in 2014 gevolgd zijn gepubliceerd. Voor de latere rapporten is gekozen voor een thematische of gewasspecifieke invalshoek.

De monitoring betreft vooral de bestudering van het algemene kasklimaat en het verwarmingsvermogen dat daarvoor nodig is. Daartoe worden klimaatdata langs verschillende procedures binnengehaald en geanalyseerd. De resultaten van deze analyses worden op gezette tijden met de deelnemende tuinders besproken. Op sommige bedrijven zijn gedurende korte perioden ook metingen verricht met een gedistribueerd meetnet om horizontale en verticale temperatuur en/of vochtprofielen te kunnen bestuderen.

Vanaf eind 2016 zijn er bij een tweetal bedrijven metingen met beeldvormende thermische camera's geplaatst. Ook wordt er nu op één bedrijf heel gedetailleerd naar scherm-temperaturen en luchttemperaturen tussen dubbele schermen gekeken om beter te achterhalen wat er precies gebeurt bij het intensieve gebruik van schermen. Het proces van verzameling en analyse van meetgegevens wordt besproken in hoofdstuk 3.

Het overkoepelende doel van het monitoringsproject is het tonen van de mogelijkheden om met Het Nieuwe Telen het energieverbruik van de sector te doen afnemen, waardoor het gemakkelijker zal worden om de nog resterende energiebehoefte uit duurzame bron in te vullen. Dit heeft te maken met de toegepaste technologie, waar hoofdstuk 2 op in gaat, maar vooral ook met de toegepaste teeltstrategie. Parallel aan de ontwikkeling van de techniek heeft ook de teeltstrategie de laatste jaren een grote ontwikkeling doorgemaakt. Feitelijk staat of valt de nieuwe technologie met de toepassing van die nieuwe teeltstrategieën en daarom wordt in hoofdstuk 4 de kern daarvan beschreven. Voor uitwerkingen van die strategieën naar specifieke gewassen wordt verwezen naar de verschillende deelrapporten die in het kader van het monitoring-project zijn opgesteld.

Naast het energieverbruik is natuurlijk ook de productie van groot belang. Deze zijn sterk aan elkaar gekoppeld vanwege de belichting, maar ook vanwege de CO₂ dosering. In de afgelopen decennia van continue productieverhogingen heeft de CO₂ dosering een belangrijke rol gespeeld. Deze CO₂ was meestal afkomstig uit de rookgassen van de ketel of de WKK. Gecombineerd met een intensief gebruik van minimumbuis en de warmtebuffer was er altijd een ruime hoeveelheid CO₂ beschikbaar. Beperking van de warmtevraag leidt in die gevallen dan ook direct tot een vermindering van de CO₂-beschikbaarheid en om de productie niet te laten dalen moet er CO₂ uit een andere bron worden betrokken. In hoofdstuk 5 wordt aan de hand van simulatiemodelberekeningen bepaald hoeveel CO₂ er vanuit alternatieve bron moet worden betrokken om de vermindering van ketelrookgassen te compenseren. Hierbij wordt komkommer als voorbeeldgewas gebruikt

Dit rapport besluit met de belangrijkste conclusies die halverwege 2017 uit dit jaren-omvattende monitoring project kunnen worden getrokken.

2 Gemonitorde bedrijven over de jaren heen

In het monitoringproject worden bedrijven gevolgd die geïnvesteerd hebben in nieuwe technieken voor een energiezuiniger teelt. Op al deze bedrijven wordt gewerkt volgens Het Nieuwe telen. Het Nieuwe Telen is voor het grootste deel een kwestie van bewuster omgaan met de instellingen van de kasklimaatcomputer ten dienste van de gewasgroei. Vanuit het oogpunt van energiebesparing is vooral het hanteren van een hogere luchtvochtigheid daarbij belangrijk. En om een hogere luchtvochtigheid te kunnen accepteren zonder problemen met een verhoogde ziektedruk is het intensief gebruik van schermen belangrijk en het realiseren van een homogene temperatuurverdeling.

In de onderstaande tabel, waar de gemonitorde technieken staan opgesomd, wordt bijna overal gebruik gemaakt van dubbele schermen, en overal van een luchtcirculatiesysteem. De meeste bedrijven gebruiken dit in combinatie met een buitenlucht inblaassysteem.

Tabel 1.1

Overzicht van de gemonitorde technieken van 2015 tot 2017.

						2013	2014	2015	2016	2017
Komkommer	VA	bu	lc	ds	gt					
	AA	bu	lc	ds	wt					
	CL	bu	lc	ds	wt					
	MA		lc							
Tomaat onbelicht	VB	bu	lc							
	DV	bu	lc		is	gt				
	AR	bu	lc	ds						
	TH		lc	ds						
Tomaat belicht	RS	bu	lc							
	LO	bu	lc							
	GC	bu	lc	ds						
	OV	bu	lc	ds						
	FV	bu	lc							
	BD		lc			le				
Phalaenopsis	TL	bu	lc	ds	is	ze				
Alstroemeria	VD		lc	ds						
Rozen	BR	bu	lc	ds						
Chrysanten	DK	bu	lc	ds						
	AD	bu	lc	ds						
Gerbera	ZW	bu	lc	ds						
	HF	bu	lc	ds						
Paprika	MB		lc	ds						
	IC		lc	ds						

Legenda: bu - Buitenlucht inblaas lc - Luchtcirculatie wt - Warmte terugwinning
 gt - Geothermie is - Isolatieglas le - LED belichting ds - Gebruik dubbel scherm
 ze - Zonne energie verzameling

Naast de genoemde systemen die een homogener kasklimaat moeten realiseren zijn er een tweetal bedrijven gemonitord die innovatief isolatieglas hebben toegepast, twee bedrijven die een geothermische warmtebron zijn gaan gebruiken en is er één bedrijf dat hoogwaardige zonne-energie is gaan verzamelen uit overtollig zonlicht. Ook is een bedrijf waar LED-belichting werd beproefd kortdurend gemonitord, maar toen bleek dat de betreffende tuinder geen duidelijke stappen in de richting van een energiezuinige teelt wilde maken is de monitoring daar weer gestopt.

Zoals in de Tabel te zien, was 2014 het jaar waarin de meeste bedrijven tegelijkertijd werden gevolgd. In de jaren daaraan voorafgaand waren er namelijk allemaal nieuwe luchtbehandelingssystemen op de markt verschenen die met of zonder buitenlucht bijmenging, met of zonder warmteterugwinning en met veel of met weinig luchtverplaatsing een verbeterde temperatuur- en vochtbeheersing zouden moeten opleveren. In die tijd werd een luchtcirculatiesysteem als synoniem voor Het Nieuwe Telen gebruikt. Het rapport over de bevindingen in 2014 concludeert dat er met de verschillende luchtbehandelings- en schermssystemen een energiebesparing van 10 tot 20% op de warmtevraag gerealiseerd kan worden. Bij gebruik van isolatieglas en directe zonne-energieverzameling zijn zelfs besparingen van 30 tot 40% mogelijk.

Het rapport constateert echter ook dat die potentie in niet alle gevallen wordt gerealiseerd. Sommige bedrijven hebben parallel aan de investeringen in warmtebesparende technieken een intensiveringsproces ingezet, gericht op kwaliteitsverbetering en productiestijging. Hierbij wordt meestal meer belicht, of de kaslucht meer ontvochtigd dan in de referentie en dit zijn maatregelen die het energieverbruik vergroten. Ook hebben de belichtende bedrijven een WKK waarmee elektriciteit wordt opgewekt voor eigen gebruik of voor levering aan het openbare net. Op deze bedrijven is veelal sprake van een warmte-overschot, waardoor vermindering van de warmtevraag geen prioriteit heeft. De waargenomen besparingen in de warmtevraag zijn dan veel kleiner dan wat mogelijk is met de toegepaste technieken.

De besparingscijfers die op grond van de monitoring in 2014 zijn bepaald zijn zoveel mogelijk gebaseerd op de vergelijking van kasafdelingen mét de innovatieve technieken ten opzichte van referentie-afdelingen, vaak op hetzelfde bedrijf. Wat daarbij vooral opviel was dat tuinders die intensief met hun innovatieve systemen bezig waren ook met meer aandacht en kennis naar hun referentiecompartimenten gingen kijken. Het energieverbruik in die referentiekassen nam daardoor zichtbaar af. Dit feit maakt dat de gerapporteerde besparingen van de toegepaste technieken vaak kleiner waren dan vooraf verwacht (de referentie veranderde immers mee), maar het leidde vooral ook tot de conclusie dat dat nieuwe hardware (extra schermen, betere isolatie, nauwkeurige ontvochtiging) maar een deel van de oplossing biedt. Besparingen van 10 tot 20% zijn ook mogelijk door de toepassing van nieuwe teeltinzichten. Sindsdien is de nadruk van Het Nieuwe Telen veel meer naar het toepassen van die nieuwe teeltinzichten verschoven.

Vanwege de sterke koppeling die er is tussen techniek en teelt zijn de latere rapporten in het monitoringsproject thematisch in plaats van chronologisch ingestoken.

Bij de komkommertelers die in 2014 zijn gevolgd kwamen de mogelijkheden die ook zonder grote investeringen konden worden gerealiseerd het sterkst naar voren. Bij alle vier de bestudeerde bedrijven gingen de deelnemende tuinders ook in de teeltafdelingen zonder luchtcirculatiesystemen het schermgebruik intensiveren en een hogere luchtvochtigheid toestaan. Drie van de vier komkommertelers zijn ook in 2015 nog gevolgd en daaruit bleek dat zij nóg een stapje verder zijn gegaan in de toepassing van energiezuinige teeltwijzen. Dit proces is beschreven in het rapport "Intensief schermen en energiezuinig ontvochtigen met Het Nieuwe Telen in komkommer" (de Zwart *et al.* 2017).

Het rapport "Eindrapport HNT Gerbera 'de gerberateler aan zet voor HNT valorisatie" (Persoon *et al.* 2015) bespreekt de ontwikkelingen die binnen het monitoringproject in de Gerberateelt plaatsvonden. Gerberatelers zijn al een aantal jaren bezig zijn om de uitval van bloemen door Botrytis te verminderen. In het rapport is te lezen dat luchtcirculatiesystemen de warmtevraag kunnen verlagen, maar dat tot nu toe de uitval van bloemen nog niet is verminderd. Het onderzoek in de Gerbera loopt daarom nog steeds door, nu met warmtebeeld camera's om te kunnen analyseren of de oorzaak van de aantasting van bloemen gevonden kan worden in te lage bloemtemperaturen die de verdamping vanuit de bloem belemmert.

De monitoring van bedrijven met isolatieglas liet een groot besparingspotentieel zien. Ook hier speelt natuurlijk wel dat zo'n potentieel pas kan worden benut als ook de klimaatregeling energiezuinig wordt ingestoken. Met name de vochtbeheersing is hierbij van belang, in die zin dat wanneer de luchtvochtigheid laag wordt ingesteld de ramen vaak zullen worden geopend en de feitelijke besparing fors afneemt.

In 2014 stonden ook 'actief geventileerde kassen' sterk in de belangstelling. Dit zijn kassen met weinig luchtramen waarbij de luchtuitwisseling die nodig is voor de koeling in de zomer geheel met ventilatoren wordt verzorgd.

Het luchtcirculatiesysteem in zulke kassen zou behalve voor de koeling in de zomer ook gebruikt kunnen worden om in de winter de lampwarmte beter onderin de kas te kunnen krijgen, waardoor er minder buisverwarming nodig zou zijn. Op de twee bedrijven waar zo'n systeem is gemonitord (in het monitoringsproject gelabeld met RS en LO) kon echter geen duidelijke energiebesparing worden aangetoond. Dit had vooral te maken met het feit dat beide bedrijven een groot warmteoverschot uit de WKK hadden.

In het monitoringsproject is komen vast te staan dat dit concept waarbij alle ventilatie en ook koeling gebaseerd is op luchtverdeling van onderuit de kas geen bijzondere bijdrage aan de energiebesparing kan leveren. Het systeem waarmee tot $80 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ uur})$ aan lucht verplaatst kan worden is niet energiezuiniger dan systemen waarbij de luchtverdeling alleen op de ontvochtiging is gericht, en daardoor met 10 tot $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ uur})$ uit zou kunnen (voor een belichte teelt).

De koeling van onderuit bleek ook niet gunstig voor de gewasontwikkeling en afrijping. Vanwege de goede ervaringen met goedkopere systemen voor het koelen en naar beneden stuwen van lampwarmte in belichte teelten is besloten deze ontwikkeling niet meer in het monitoringsproject te volgen.

Voor de internationale markt, met name in aride gebieden, biedt de actief geventileerde kas in combinatie met pad & fan koeling waarschijnlijk wél goede mogelijkheden.

Waar hierboven gesteld werd dat er ook alternatieve systemen voor koeling en benutting van lampwarmte beschikbaar zijn werd bedoeld op ventilatiesystemen die koude en droge lucht van boven het scherm trekken en in de ruimte onder het scherm verdelen.

Er is in eerste instantie ervaring opgedaan met zulke systemen bij het rozenbedrijf BR. Zoals te lezen in het rapport over 2014 waren de eerste ervaringen bij BR niet erg positief. Het effect van de naar beneden geblazen lucht was klein en de horizontale temperatuurverschillen bleven groot. Daarom is er in het jaar daarna gekozen voor een ander ventilatiesysteem, zonder de verticale slurven, en zijn er beter afsluitende schermen aangebracht. De prestaties van het ventilatiesysteem zijn hierdoor verbeterd waardoor de tuinder meer schermuren kon maken.

Het verlagen van de buistemperatuur, en dat is nodig om ook energiebesparing te realiseren, is echter nog nauwelijks waargenomen. Toch is dit nog steeds de belofte voor systemen die overtollige lampwarmte naar beneden zouden kunnen blazen. Om dit nog verder te onderzoeken is halverwege 2015 gestart met een uitgebreide monitoring van de werking van schermventilatoren. Schermventilatoren is de verzamelnaam voor ventilatiesystemen die lucht van boven de schermen aanzuigen en onder het scherm verspreiden (ventilation jet, air mix). Op dit moment worden deze systemen gevolgd in twee belichte tomatenteelten, in een chrysantenteelt en bij een Gerberabedrijf. Hierover wordt apart gerapporteerd in "Maximaal schermgebruik bij toepassing van schermventilatoren" (Vanthoor *et al.* 2017).

Een tweetal bedrijven maken gebruik van geothermie. In de rapportage daarover (hoofdstuk 2 van het monitoring rapport over 2014 en de Blog van april 2015) wordt gesteld dat het gebruik geothermie in principe geen bijzondere eisen aan de verwarmingsinstallatie stelt, maar dat een vergroting van het verwarmend oppervlak altijd helpt op de benuttingsgraad van een bepaalde geothermische bron te verhogen. Beide gemonitorde bedrijven hebben daarom in zo'n vergroting van het verwarmend oppervlak geïnvesteerd en konden zonder nadelige gevolgen voor het gewas met lage gemiddelde watertemperaturen de kas verwarmen.

In 2017 wordt er twee paprikabedrijven gevolgd die geen gebruik maken van buitenlucht-aanzuiging, maar die intensief gebruik maken van dubbele (en voor het bedrijf IC zelfs drie-dubbele) schermen. De onderlinge vergelijking zal zicht geven op het effect van intensief en zeer intensief schermen op het energiegebruik en de productie in de Paprikateelt.

3 De verzameling van meetgegevens

De innovaties die vanuit het innovatie- en actieprogramma Kas Als Energiebron middels het monitoringsproject onder de aandacht worden gebracht moeten leiden tot een verlaging van het energieverbruik, zonder dat de productie daarbij terugloopt.

Om dit te kunnen beoordelen worden de klimaatgegevens en metingen aan de klimaatregelapparatuur van de deelnemende tuinders verzameld. Hierbij wordt intensief gebruik gemaakt van het data-uitwisselingsplatform dat wordt geboden door LetsGrow, maar er zijn ook tuinders waarvan de data worden verkregen uit automatisch verstuurde e-mails. En bij een enkele tuinder worden de gegevens periodiek opgehaald en verwerkt.

Bij de analyse wordt voor wat betreft het kasklimaat gekeken naar de temperatuur en luchtvochtigheid. Er worden vergelijkingen gemaakt met eerdere jaren, tussen bedrijven en tussen kas-afdelingen waar nieuwe technieken zijn ingezet en kas-afdelingen die dat niet hebben.

Het energieverbruik kan in enkele gevallen worden geanalyseerd met behulp van energiemeters die precies de warmtestroom bijhouden, maar in veruit de meeste gevallen wordt het energieverbruik bepaald aan de hand van de gemeten buistemperatuur in vergelijking tot de kasluchttemperatuur. Als de buisconfiguratie (aantal buizen en diameter) bekend is kan uit deze overtemperatuur de warmte-afgifte worden berekend. Vergelijkende metingen hebben in ander projecten laten zien dat zo'n warmte-afgifteberekening op basis van de gemeten overtemperatuur niet meer dan + of - 5% van de werkelijke warmte-afgifte afwijkt. Vooral wanneer de op deze manier berekende warmte-afgifte als vergelijking wordt gebruikt voor de verschillen tussen jaren op hetzelfde bedrijf of tussen kas-afdelingen met eenzelfde buis-configuratie is de gebleken overtemperatuur een zeer representatieve meting voor de vergelijking van de warmtevraag.

Een speciale categorie van metingen is de bepaling van de horizontale en verticale temperatuurverdeling in de kas met behulp van een gedistribueerd sensornetwerk. Het bestaat uit 20 kleine temperatuur- en vochtmeters die draadloos met een basisstation communiceren. Zo'n sensornetwerk laat goed zien of er sterke temperatuur- en/of vochtgradiënten in de kas waarneembaar zijn. Dit carry-in sensornetwerk is bij verschillende tuinders een paar weken opgehangen en op grond van de resultaten kon voor de verschillende luchtbehandelingssystemen worden vastgesteld in welke mate temperatuur- en/of vochtgradiënten kunnen worden vlakgetrokken.

Het draadloze sensornetwerk is er in een geventileerde en in een ongeventileerde uitvoering. De geventileerde uitvoering is speciaal voor het monitoringsproject ontwikkeld omdat de ongeventileerde temperatuur- en vochtsensoren alleen voor metingen 's nachts en bij lage lichtintensiteiten kunnen worden gebruikt (tot max 50 W/m²). Bij veel straling van de zon wordt de meting anders teveel verstoord.

Naast de bovengenoemde metingen aan het effect van innovatieve systemen of teeltwijzen, worden in het monitoringsproject ook acties van de klimaatregelsystemen bijgehouden. Dit omvat schermstanden, ventilator-toerentallen, raamstanden, status van de belichting en bij een aantal bedrijven ook de gegevens over de irrigatie. Deze informatie wordt gebruikt om oorzaak en gevolg aan elkaar te kunnen relateren om zo aanbevelingen te kunnen doen over de optimale inzet van deze klimaatbeheersingsapparatuur.

Productiegegevens worden niet structureel verzameld. Deelnemende tuinders zien deze gegevens niet graag verspreid worden en de Nederlandse tuinderswereld is te klein om te kunnen garanderen dat geanonimiseerde communicatie niet naar specifieke tuinen te herleiden is. Tuinders worden wel gevraagd naar hun observaties van de productie en wanneer deze naar hun mening achterblijft bij de verwachting wordt geanalyseerd of dit te maken heeft met de nieuwe technieken die toegepast worden of dat er mogelijk andere oorzaken zijn. Daar waar in het monitoringproject duidelijke verschillen in productie ten opzichte van de verwachting of ten opzichte van de referentie zijn geconstateerd was dit tot nu toe steeds toe te schrijven aan verschillen in lichttoetreding en/of lichttoediening en in een enkel geval aan onbedoelde verschillen in CO₂-dosering.

De data die tot nu toe verzameld zijn worden intensief gebruikt om presentaties m.b.t. tot innovatieve ontwikkelingen in de sector kwantitatief te onderbouwen.

4 Het Nieuwe Telen

De definitie van 'Het Nieuwe Telen' ligt niet vast. Vaak is het begrip gebruikt als synoniem voor de techniek waarbij gebruik gemaakt wordt van ontvochtigingssystemen, maar onderzoekers en voorlichters die het meest actief met de ontwikkeling van Het Nieuwe Telen zijn bezig geweest, beschouwen zo'n ontvochtigingsinstallatie als niet meer dan een middel om het belangrijkste aspect van Het Nieuwe Telen te bereiken, namelijk temperatuurgelijkheid. Dit is een voorwaarde om scherp op kasklimaatcondities en gewasontwikkeling te kunnen sturen en ook om een hoge luchtvochtigheid aan te kunnen houden zonder onverantwoorde risico's op natslag. Temperatuurgelijkheid gaat zowel om het verkleinen van horizontale temperatuurverschillen als over het verkleinen van de temperatuurverschillen tussen de kop en de onderkant van het gewas.

Een goede horizontale temperatuurgelijkheid wordt gerealiseerd wanneer alle verwarmingsbuizen goed meelopen, de gevelverwarming niet te veel en niet te weinig warmte afgeeft, maar vooral door een goed gesloten energiescherm. Een scherm dat kiert leidt tot trek in de kas en kouval onder de kier. Die kouval kan worden beperkt door het gebruik van nok-schotjes die de trek van koude lucht boven langs het scherm blokkeren, maar belangrijker is het nog om het scherm zoveel mogelijk gesloten te houden. Een gesloten scherm leidt ook tot een verlaagd stralingsverlies vanuit de bovenste delen van het gewas en dat leidt tot een meer homogeen verticaal temperatuurprofiel.

Bij eenzelfde gemiddelde temperatuur betekent een kleiner verschil in temperatuur tussen onderste en bovenste gewaslagen dat de temperatuur in de kop van de plant hoger moet zijn. Een hogere koptemperatuur maakt het dampdruksverschil tussen de bladeren in de kop en de kaslucht groter, waardoor de verdamping vanuit de kop toeneemt. Hiervan mag worden verwacht dat dit de nutriëntenopname en ontwikkelingsnelheid van de kop van het gewas vergroot. Dit zou moeten leiden tot een gezondere kop van het gewas en een vergrote stuurbaarheid van het gewas. Stuurbaarheid betekent in deze context dat de vrucht-aanmaak gemakkelijker zou kunnen worden vertraagd onder donkere omstandigheden en versneld onder lichtere omstandigheden.

Zulke subtiele veranderingen zijn in dit monitoringsproject niet te bestuderen omdat de gewasontwikkeling en plantgezondheid van veel meer dan alleen het schermgebruik afhangt.

Wat wél heel duidelijk zichtbaar is, is dat tuinders die intensief gebruik maken van schermen de overtuiging hebben dat de betere homogeniteit het risico op natslag verkleint en er een drastische vermindering van het gebruik van de minimumbuis kan worden gerealiseerd. Het warm houden van verwarmingsbuizen, ook als de kastemperatuur boven de stooklijn ligt, wordt nog vaak gezien als probaat middel om vocht uit de kas af te voeren en luchtbeweging te creëren. Minimum buis stimuleert echter niet alleen de ventilatie (doordat de ramen geopend moeten worden om het warmte-overschot af te voeren), maar het stimuleert ook de vochtproductie en is dus niet altijd even effectief als het gaat om het verlagen van de luchtvochtigheid.

Luchtbeweging met behulp van ventilatoren is mogelijk een energiezuiniger alternatief omdat in vergelijking met minimumbuis het gebruik van luchtbeweging (zonder uitwisseling met buitenlucht) vochtige regionen in het gewas bestrijdt zonder dat dit de vocht-afvoer uit de kas opdrijft. Wanneer met luchtbeweging niet alleen een groter temperatuurgelijkheid, maar ook energiebesparing nagestreefd wordt zal de energiezuiniger teeltwijze gepaard moeten gaan met een hogere luchtvochtigheid.

Het Nieuw Telen omvat vooral dus ook een nieuwe visie op het afvoeren van vocht. Waar voorheen het beperken van het aantal schermuren en gebruik van schermkieren werden ingezet om vocht af te voeren met het doel om de verdamping te stimuleren wordt in HNT het scherm juist gebruikt om de vochtafvoer te beperken en meer gecontroleerd te beheersen. Een grote verandering van zienswijze hierbij is dat in Het Nieuwe Telen geen problemen worden gezien in het openen van ramen boven een gesloten scherm om een te hoog vochtgehalte in de lucht af te voeren. Door het scherm dicht te houden en de ramen erboven te openen in plaats van andersom wordt een betere homogeniteit van het kasklimaat gerealiseerd. En waar deze wordt gecombineerd met een verhoogde luchtvochtigheid zal ondanks het openen van de ramen toch het energieverbruik afnemen.

De bovengenoemde aspecten van Het Nieuwe Telen spelen een rol in alle discussies rond het ontwerp en gebruik van installaties voor de klimaatbeheersing en in de keuzes voor setpoints voor de klimaatcomputer. Daarnaast moet dit dan ook nog in verband worden gebracht met de eisen die het gewas aan het klimaat stelt.

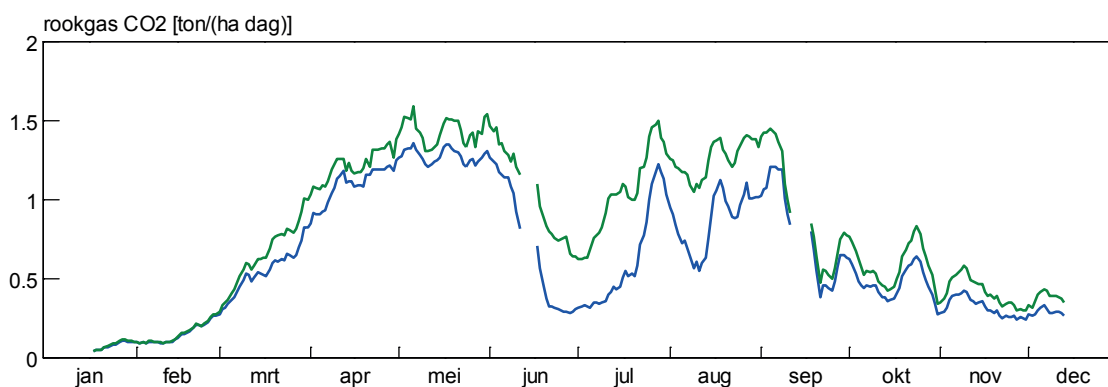
Een ingewikkeld proces wat veel vakmanschap en ervaring van tuinders, toeleveranciers, voorlichters en onderzoekers vraagt.

Op dit vlak worden duidelijke vorderingen gemaakt en in het monitoring-project worden die vorderingen en de achterliggende theorie in de verschillende rapporten, presentaties en vakpublicaties naar voren gebracht.

5 Effect van energiebesparing op CO₂-dosering

De besparing op gasverbruik door het aanhouden van een hogere luchtvochtigheid en door de intensivering van het schermgebruik leidt tot een verminderde beschikbaarheid van rookgassen voor de CO₂ dosering. Zonder externe CO₂-bron, hetzij in de vorm van CO₂ uit een gebiedsomvattend leidingnetwerk zoals OCAP of zuivere CO₂ die per as wordt aangevoerd, zullen tuinders aardgas verbranden om in de CO₂ behoefte te kunnen voorzien. Voordat Het Nieuwe Telen in opkomst kwam werd er intensief gebruik gemaakt van een minimumbuistemperatuur en werd er zeer terughoudend geschermd. Ook de maximale luchtvochtigheid waarboven schermen werden geopend en/of ramen werden opengezet om vocht af te voeren was in die tijd laag ingesteld, bijvoorbeeld op 82% luchtvochtigheid.

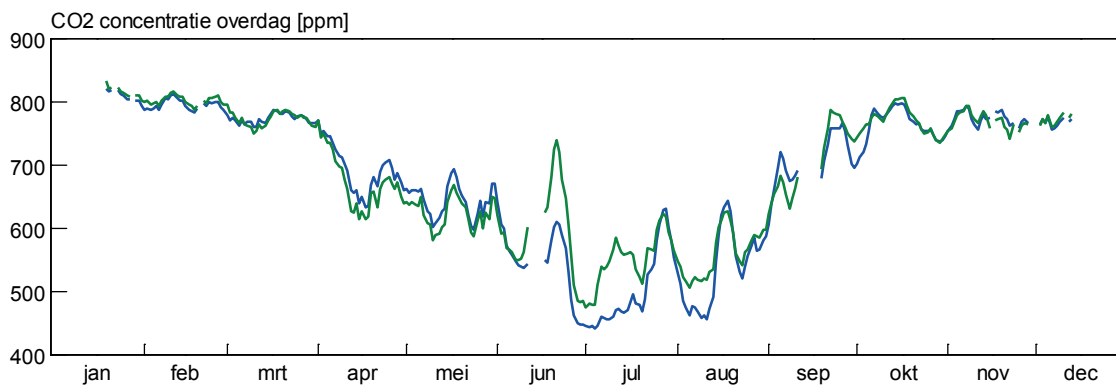
Al deze noodzakelijk geachte maatregelen leidden tot een warmtevraag die, middels gebruik van een buffer, overdag kon worden geproduceerd, waarbij de CO₂ uit de rookgassen werd ingezet voor CO₂-dosering. In Het Nieuwe Telen is de warmtevraag fors verlaagd en dus ook de beschikbaarheid van rookgas CO₂. Onderstaande Figuur toont de dagelijkse CO₂-dosering die uit ketelrookgassen kan worden gedoseerd als er geteeld wordt met klimaatcomputer-instellingen die een aantal jaren geleden gebruikelijk waren en de dagelijks beschikbare CO₂-dosering bij de sterk gereduceerde warmtevraag ten gevolge van de intensieve toepassing van dubbele schermen en het hanteren van een hogere luchtvochtigheid (87% overdag, 89% 's nachts). De grafiek is berekend voor komkommer als voorbeeldgewas.



Figuur 5.1 Dagelijkse hoeveelheid CO₂ uit ketelrookgassen die voorheen gedoseerd kon worden (groen) en zoals die beschikbaar is bij toepassing van Het Nieuwe Telen (blauw).

Op jaarbasis daalt de hoeveelheid CO₂ uit ketelrookgas die gedoseerd kan worden van 26.7 kg/(m² jaar) (uitgaande van een streefwaarde van 800 ppm overdag) naar 20.9 kg/(m² jaar). Dat is een vermindering met 22%.

Met een daling van de CO₂-dosering daalt ook de CO₂-concentratie. Figuur 6.2 laat zien dat met name in de zomer het zuiniger stookgedrag ook tot een lagere CO₂-concentratie leidt. In de figuur is de gemiddelde concentratie alleen gerekend over de dagperiode, dat wil zeggen de uren waarop er meer dan 100 µmol/(m² s) aan zonlicht de kas binnenkomt. De teeltwisselingsperioden (en dat zijn er 3 voor komkommer) zijn uit de grafiek weggelaten.

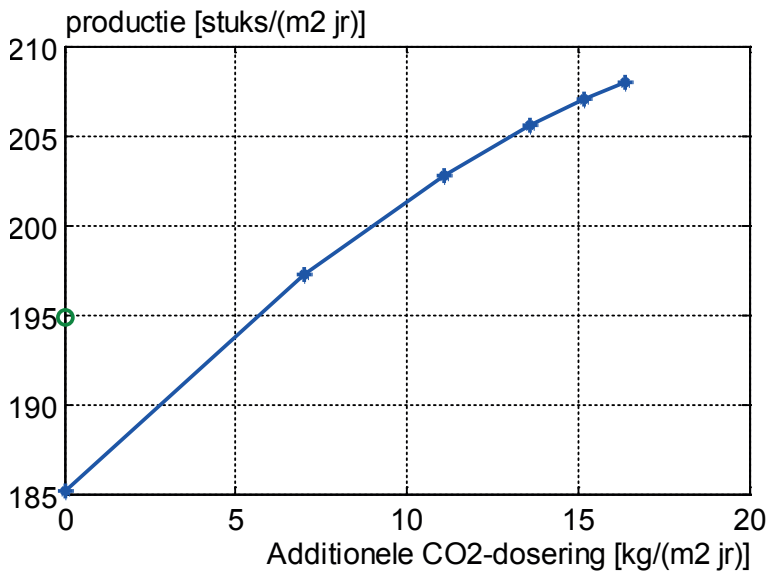


Figuur 5.2 CO₂-concentratie overdag, dat wil zeggen tijdens de uren met een lichtintensiteit van meer dan 100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \text{ s})$ bij de rookgas-dosering zoals dat voorheen gedoseerd kon worden (groen) en zoals beschikbaar is bij toepassing van Het Nieuwe Telen (blauw).

Uiteraard is de verlaging van de CO₂ concentratie in de koude periode van het jaar slechts zeer beperkt. Het verlies door de ramen is klein en de beschikbaarheid van rookgassen is groot. In het voorjaar is de CO₂ concentratie bij gebruik van HNT soms zelfs hoger, ondanks de kleinere beschikbaarheid van CO₂. Dit komt omdat er bij HNT minder hogere temperaturen worden getolereerd en er vaak minder wordt geventileerd. In de zomer is de concentratieverlaging echter duidelijk zichtbaar. Daar is het effect van de verlaagde beschikbaarheid groter dan de beperking van de verliezen door de verminderde ventilatie. De vraag is nu natuurlijk hoeveel de productie door zo'n afname van de rookgas-CO₂ beschikbaarheid zou dalen indien de verminderde dosering niet opgevangen wordt door additionele dosering uit alternatieve bron. Deze vraag kan niet aan de hand van praktijk-data uit het monitoring project worden beantwoord. Het zou immers twee groepen tuinders vereisen die alle groeifactoren gelijk hebben, behalve de CO₂-dosering. En die overige groeifactoren die invloed hebben zijn talrijk (het kasklimaat, de lichtbeschikbaarheid, het gewasmanagement, de plantenvoeding, de rassenkeuze en de ziekte- en plaagdruk). Daarom wordt het antwoord op deze vraag ingeschat door middel van simulatieberekeningen.

Het simulatiemodel KASPRO is onder andere voor dit soort vragen ontwikkeld en berekent het effect van CO₂-concentratie op productie op grond van de gewasfotosynthese-curves die licht, temperatuur, CO₂, luchtvochtigheid en gewasstadium vertalen naar momentane fotosynthese. Uitgaande van een vaste verhouding tussen fotosynthese en versgewicht en uitgaande van een komkommerproductie van 195 komkommers in een standaard-teelt volgens het 'oude telen' berekent KASPRO bij toepassing van Het Nieuwe Telen zonder additionele CO₂-voorziening een verlaging van de productie met 5%. Deze verlaging komt voor ¾ uit de verminderde CO₂ dosering en voor een kwart door de verminderde lichtbeschikbaarheid, wat een gevolg is van het extra scherm en het grotere aantal schermuren. Tegenover de verkleinde lichtbeschikbaarheid staat een kleiner verlies aan CO₂ door verminderd ventileren, maar het totaal-effect is niettemin een berekende productieverlaging van 5%.

Uiteraard kan zo'n terugval in productie worden voorkomen door additioneel CO₂ uit alternatieve bron te doseren. Onderstaande grafiek toont het verband tussen additionele CO₂-dosering en productie, uitgaande van het telen van komkommers volgens Het Nieuwe Telen.



Figuur 5.3 Effect van additionele CO₂-dosering op de jaarlijkse productie van een komkommengewas dat wordt geteeld volgens Het Nieuwe Telen, en dus minder ketelrookgas voor de CO₂-dosering kan inzetten.

De berekeningen geven aan dat met een additionele CO₂ dosering van 6 kg zuivere CO₂ per m² per jaar de productiedaling door verminderde rookgassen en verminderde lichtbeschikbaarheid geheel gecompenseerd kan worden. Bij 6 kg zuivere CO₂ dosering wordt immers weer de standaard productie van 195 stuks per m² per jaar berekend.

Deze 6 kg/m² vanuit zuivere CO₂ is vrijwel gelijk aan de vermindering van de hoeveelheid rookgas CO₂. Dit lijkt te betekenen dat de veranderde ventilatie geen positief effect heeft op de benuttings-efficiëntie van de CO₂. Toch is dit niet het geval, want de totale CO₂-input en de berekende productie zijn gelijk ondanks de onmiskenbaar lagere lichtbeschikbaarheid door het extra scherm (extra constructie) en het intensiever schermgebruik (iets meer lichtafscherming). Dit kan alleen betekenen dat de omzetting van licht naar productie bij gebruik van HNT iets efficiënter verloopt.

De grafiek laat ook zien dat een ruimere inzet van zuivere CO₂ de productie nog verder kan laten oplopen, hoewel er duidelijk afnemende meeropbrengsten waarneembaar zijn. Die afnemende meer-opbrengsten drukken de neiging om meer CO₂ te gaan doseren, maar vooral het feit dat voor een hogere additionele dosering ook een hogere doseercapaciteit nodig is zal de inzet van zuivere CO₂ in de praktijk beperkt houden. Vooral bij toepassing van een gebiedsomvattende CO₂-infrastructuur worden de kosten vooral gemaakt door de doseercapaciteit en minder door de gedoseerde hoeveelheid.

Natuurlijk kan deze additionele CO₂ dosering ook verkregen worden door de warmtevraag, met name in de zomer, kunstmatig op te voeren, bijvoorbeeld met een minimumbuis of met een koelinstallatie buiten de kas. Waarschijnlijk is de aankoop van 6 kg zuivere CO₂ per m² per jaar echter goedkoper dan de verbranding van 3.4 m³ aardgas, wat een equivalente hoeveelheid CO₂ zou opleveren. De ervaringen met HNT bij de drie gemonitorde komkommertelers hebben immers laten zien dat er geen gewaskundig voordeel van een ongerichte extra warmte-input vanuit de minimumbuis verwacht mag worden.

6 Conclusies

Het monitoring project levert een schat aan gegevens op waarmee tuinders en toeleveranciers en ook het overheidsbeleid grote stappen kunnen maken in de richting van de verduurzamingsdoelstellingen. Lang niet alle systemen die in het project de revue gepasseerd hebben blijken de verwachte effecten op te leveren en het is goed dat dit is vastgesteld en in rapporten en andere output is vastgelegd.

De belangrijkste conclusie is dat energiezuinig telen vooral betekent dat er geteeld wordt bij een hogere luchtvochtigheid en dat de verdamping waar mogelijk moet worden beperkt. Luchtcirculatiesystemen die door de luchtbeweging de verdamping in het gewas stimuleren of de energie-uitwisseling langs het scherm bevorderen werken de energiebesparing tegen.

Het project laat zien dat er in de groententeelt zeker nog rek zit in het toestaan van een hogere luchtvochtigheid. Telen bij een hoge luchtvochtigheid betekent dat er minder vocht afgevoerd moet worden en dat ontvochtigingsinstallaties klein gekozen kunnen worden of wellicht helemaal achterwege gelaten kunnen worden. Het lijkt er op dat de homogeniserende werking die ontvochtigingsinstallaties kunnen opleveren ook gerealiseerd kan worden door intensief te schermen, en dan vooral wanneer er meerdere beweegbare schermen gebruikt kunnen worden.

In de sierteelt is de ruimte om voor een hogere luchtvochtigheid te kiezen waarschijnlijk minder groot omdat voor een aantal gewassen een duidelijk verband is getoond tussen RV tijdens de teelt en de levensduur op de vaas. Rozen bijvoorbeeld die onder constant hoge luchtvochtigheid worden geteeld krijgen bladeren waarvan de huidmondjes nauwelijks nog reageren op de vochtstatus van de plant zodat de balderen en bloemen snel verwelken op de vaas.

Mogelijk kan er in deze teelten toch nog een stukje verhoging van de luchtvochtigheid worden gerealiseerd door te werken met slechts tijdelijke verlaging van de luchtvochtigheid. Het zal echter duidelijk zijn dat ook bij tijdelijk verlagen de luchtvochtigheidsbeheersing een belangrijke energiegebruikscomponent zal blijven. Voor de sierteelt zal er daarom vooral gekeken moeten worden naar een vergroting van de efficiëntie van ontvochtigingsinstallaties, bijvoorbeeld door gebruik te maken van warmteterugwinning.

Waar het monitoringsproject laat zien dat er veel mogelijkheden zijn om het warmteverbruik fors te verminderen laat het ook zien dat er een tendens is naar vergroting van de belichtingsintensiteit en –duur. Dit zijn ontwikkelingen die het energieverbruik laten toenemen en dan ook nog in de richting van een hoogwaardige energie-vorm (elektriciteit). Daar komt bij dat veel tuinders die intensief belichten hun eigen stroom opwekken en daarbij een grote hoeveelheid warmte als restproduct produceren. Op bedrijven waar dit het geval is is er weinig animo voor het verlagen van de warmtevraag.

Daar waar de warmtevraag wél substantieel verlaagd wordt, neemt de beschikbaarheid van CO₂ af. Om in dat geval de productie op niveau te houden zal CO₂ van alternatieve bron betrokken moeten worden. Berekeningen laten zien dat de hoeveelheden zuivere CO₂ die hiervoor nodig zijn niet zo groot zijn (denk aan 6 kg/(m² jaar)) en dat zuivere CO₂ een realistisch alternatief zijn voor de inzet van rookgas CO₂.

Bijlage I Projectoutput

Het monitoringsproject heeft tot nu toe de onderstaande output opgeleverd:

April 2014:	Blog - Nivolator is vooral stuurmiddel
Mei 2014:	Blog - Grote luchtdebieten in rozenteelt
September 2014:	Blog - Je kunt ontvochtigen, en wat nu
April 2015:	Blog - Telen onder een Isolierend Kasdek
April 2015:	Artikel - Temperatuurverschillen in de kas niet makkelijk op te lossen : Berg Roses beproeft nu slimme horizontale ventilatoren
Mei 2015:	Artikel - Beheerst vocht afvoeren zorgt voor energiebesparing
Augustus 2015:	Blog - Tomaten telen met minder dan 20 m ³ /m ²
December 2015:	Rapport - Monitoring Energiebesparing en Teeltermeningen bij Energie-innovaties
December 2015:	Blog - Het Nieuwe Telen = nieuwe klimaatregeling
Maart 2016:	Presentatie - Afvoer vochtige lucht
April 2016:	Gesproken Column - Techniek of Teler
April 2016:	Blog - Gevaarlijke bloemtemperatuur bij gerbera
Mei 2016:	Blog - Nauwelijks buisverwarming nodig bij belichting
Juni 2016:	Blog - Warmtebeeldcamera bruikbaar voor bepaling bloemtemperatuur bij gerbera
Augustus 2016:	Artikel - Monitoring verdiept kennis over toepassing systemen HNT
Augustus 2016:	Blog - Betere bladkwaliteit en tragere reactiesnelheid bij verticale luchtbeweging in chrysant.
September 2016:	Presentatie – Dubbel scherm in belichte tomatenteelt
September 2016:	Presentatie – Monitoren bij Dekker Chrysanten
Oktober 2016:	Blog - Forse besparing bij chrysantenkwekerij Arcadia
November 2016:	Rapport - Eindrapportage monitoringsproject HNT Gerbera
December 2016:	Presentatie – Schermen en ventilation jets bij belichte teelt
December 2016:	Presentatie – Vochtbeheersing onder gesloten schermen
December 2016:	Blog - Schermkieren of luchten boven een gesloten scherm
December 2016:	Blog - Belichten onder gesloten verduisteringsdoek goed mogelijk in herfst omstandigheden
Januari 2017:	Artikel - Maximaal schermen tijdens belichtingsuren lukt goed in de herfst
April 2017:	Blog - Blad- en bloemtemperatuurmeting bij gerbera met dubbele schermen
Mei 2017:	Presentatie - Analyse Ventilation Jet systemen bij Smulders, Gardener's Pride en Greenco
Juni 2017:	Blog - Ervaringen met het gebruik van de Thermoview warmtebeeldcamera in de praktijk
Juni 2017:	Rapport - Impact van een schermkier boven het middenpad bij een Ventilationjet systeem

Films gepubliceerd via www.kasalsenergiebron.nl:

- Gerard Aarts over ontvochtiging met buitenlucht
- Thijs van den Berg over Airmix
- Tim Schinkel over Ventilation Jet
- Ed Classens over Air+Energy
- Erik Floris over Ventilation Jet
- Gert van Daalen over nivolatoren
- Eric Vereijken over slurven onder het gewas
- Ted Duijvestijn over de ID kas
- Klaas van den Belt over slurven boven het gewas
- Dries Vahl over dubbele schermen
- Joost Matijssen over ventilatoren
- Richard ter Laak over Daglichtkas
- Bram Hendrickx over Ultra Clima kas

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1443

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort WUR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.