



Energiebrochure Bloembollen 2017



Inhoudsopgave

pagina

Voorwoord	5
ALGEMEEN	
Energieverbruik in de bloembollensector	7
Monitoring energieverbruik in de bloembollensector	8
Naar een energieneutrale bloembollensector	11
Klimaatneutrale Bloembollenbedrijven in 2020	12
Checklist energiebesparing bloembollen	13
DROGEN EN BEWAREN	
Ethyleengestuurde ventilatie bij de bewaring van tulpenbollen	17
Frequentieregelaars	18
Debiet en energieverbruik	18
Temperatuurintegratie	19
State-of-the-Art bewaarsysteem van tulpenbollen	20
Aanpassingen aan systeemwand	24
Frequentie geregeld ventileren vs klepstand geregeld	27
Computergestuurde circulatie	28
Alternatieve Kuubskisten	30
Heetstook hyacint	32
Bewaren lelieplantgoed	34
Bijzondere bolgewassen	35
CO ₂ -schadedrempels?	36
Demonstratiemodel Bewaring	38
BROEIERIJ	
Temperatuurintegratie	41
Meerlagenbroei	41
(LED)-belichting	41
Mechanisch ontvochtigen	43
Energie-efficiëntie	45
Toekomstvisie MLT 2.0	47
Nieuwe basisontwerpen	48
Kiepgevoeligheid	49
DUURZAME ENERGIE	
Opgewarmde kaslucht	50
Zonnedaken	51
Warmtepompen, Warmtewisselaars en Warmte-Koude Opslag	54
Verkenning duurzame energietechnieken	55







Steeds meer mogelijkheden om energie besparen

De bloembollensector heeft in 2007 opnieuw een Meerjarenafspraken-energie met de overheid gemaakt. Daarin heeft de bollensector zich verplicht om tussen 2007 en 2011 de energie-efficiëntie te verbeteren met 2,2% per jaar en het aandeel duurzame energie te verhogen met 0,4% per jaar. De Meerjarenafspraken is in 2011 verlengd t/m 2012 en is ondertekend door KAVB, Productschap Tuinbouw, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie (EL&I, nu Economische Zaken, EZ) en RVO.nl. Daarnaast heeft de bollensector in 2008 het Convenant Schone & Zuinige Agrosectoren getekend. In dit convenant is namens de sector de ambitie vastgelegd om 'in nieuwe bedrijven vanaf 2020 (economisch rendabel) klimaatneutraal te kweken en te telen'.

In opdracht van de Stuurgroep MJA-e werken wetenschappelijk onderzoek, praktijkonderzoek en voorlichting aan het ontwikkelen en demonstreren van maatregelen waarmee het bollenvak energie (en dus veel geld) kan besparen en daarmee de CO₂-uitstoot te verminderen.

In deze brochure vindt u de samenvattingen van de onderzoekprojecten van de afgelopen jaren gegroepeerd in 4 thema's:

- 1 **Algemeen**
Energiechecklist, energieposten, de energiemonitor, toekomstvisies
- 2 **Drogen & bewaren**
Resultaten van het project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen, bewaring lelieplantgoed, temperatuurintegratie, Heetstook Hyacint, BewaarModel
- 3 **Broeierij**
Eb/vloed broei, Meerlagenteelt, kiepgevoeligheid
- 4 **Duurzame energietechnieken**

De volledige onderzoeksrapporten kunt u inzien en downloaden op de websites:

<http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/agrosectoren-bloembollen-en-bolbloementeel> en

<http://bloembollenweb.nl/content/energiebesparende-maatregelen-voor-bloembollenbedrijven>

Of u zoekt  met op "Agrosectoren-Bloembollen en bolbloementeel RVO.nl"

De Kennismarkten Energie worden mogelijk gemaakt door financiële steun van de partijen die deelnemen in het Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren:

- Ministerie van Economische Zaken (voorheen EL&I)
- Productschap Tuinbouw (tot 2014)
- KAVB / het Milieuplatform Bloembollensector
- RVO.nl (voorheen Agentschap NL)

De onderzoek- en voorlichtingsprojecten zijn uitgevoerd door Wageningen Plant Research en Delphy in samenwerking met bollentelers en technische bedrijven.



Voor vragen, toelichting en opmerkingen, contact:

Jeroen Wildschut

Wageningen Plant Research e-
mail: jeroen.wildschut@wur.nl
tel.: 0252 462121(tevens mobiel)

Guus Braam

Delphy
Team bloembollen
e-mail: G.Braam@delphy.nl
tel.: 0252 688 479 \ 06 538 197 70

Nesad Smailbegovic

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
e-mail: nesad.smailbegovic@rvo.nl
tel.: 088 602 27 85 \ 06 109 468 18



ALGEMEEN

Energieverbruik in de bloembollensector

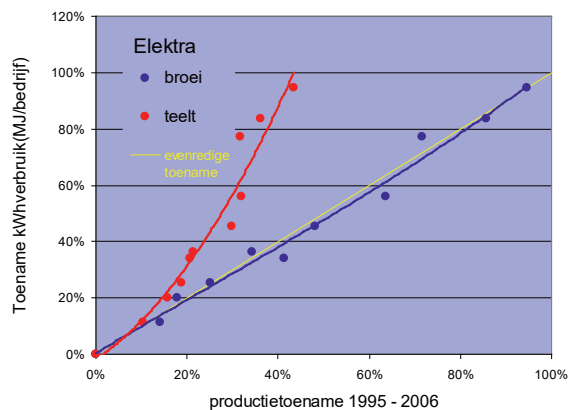
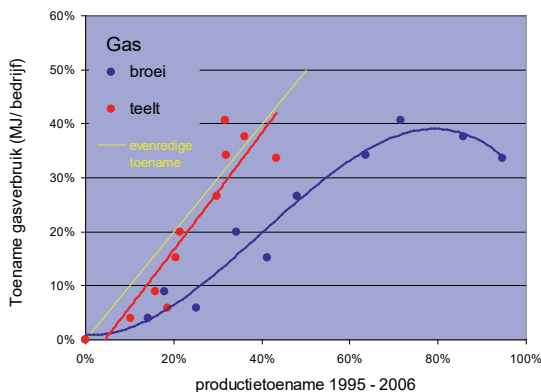
Trends & ontwikkelingen

De Meerjarenafspraak Energie (MJA-e)

De 1^{ste} ronde van de MJA-e liep van 1995 t/m 2006. Jaarlijks deden hier 300 – 450 bedrijven aan mee. O.a. de productie (dwz. het aantal hectaren in de teelt en het aantal stuks in de broei) en het energieverbruik werden jaarlijks bijgehouden. In deze periode nam het aantal hectaren per bedrijf gemiddeld met 40% toe, het aantal afgebroeide bollen nam met bijna 100% toe. De resultaten van de onderzoeksprojecten “Energiestromen tulp & Hyacint”, “Energiestromen Lelie” en de analyse van productie- en energieverbruikscijfers laten o.a. de volgende trends en ontwikkelingen zien:

Gasverbruik in teelt en broei

- Het gasverbruik in de teelt gaat ongeveer gelijk op met de productietoename
- Maar in de broei is er een sterke afname t.o.v. de productie

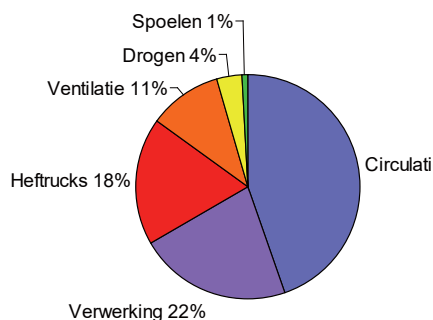


Elektraverbruik in teelt en broei

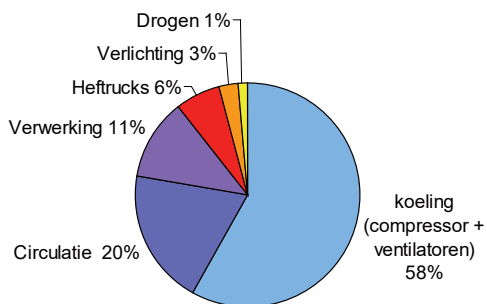
- In de broerij gaat het elektraverbruik gelijk op met de productietoename
- Maar in de teelt is sprake van een sterke toename t.o.v. de productie

Achtergronden bij het elektraverbruik in de teelt

- Voortschrijdende mechanisatie zorgt voor een steeds hoger elektraverbruik:
- Verwerkingslijnen, kuubskisten (→ heftrucks en zwaardere ventilatoren voor de circulatie), etc.
- Bij tulp is de circulatie de belangrijkste kWh-post, bij lelie is dat koeling.



Elektraverbruik Tulpeenteelt



Elektraverbruik Lelieteelt



Monitoring energieverbruik in de bloembollensector

In de Energiemonitor Bloembollen worden jaarlijks (al vanaf 1995) ondermeer het energieverbruik per hectare en per 1000 stuks stelen in de broei gemonitord. Naast het energieverbruik wordt ook nagegaan bij hoeveel bedrijven energiebesparende maatregelen worden toegepast.

Uit de **Energie-monitor 2009** bleek o.a. dat bedrijven met minder dan 5 ha teelt ruim 2 maal zoveel energie per hectare verbruiken dan bedrijven met meer dan 5 ha. Hoewel 26% van de bedrijven op minder dan 5 ha teelt, is het totale areaal van deze bedrijven slechts 4% van het gehele areaal van de bollensector. Bedrijven groter dan 5 ha hebben in 2009 t.o.v. 2008 1,5% minder energie/ha verbruikt. In de broei hebben deze bedrijven 9,1% minder energie verbruikt. De gewogen gemiddelde energie-efficiëntie is hiermee met 4,0 % verbeterd t.o.v. 2008.

Bij de **Energiemonitor 2010** bleken energiebesparende maatregelen weer iets meer toegepast dan in 2009. Opvallend is de sterke toename van het toepassen van een lagere circulatienorm bij de bewaring en van meerlagenteelt in de tulpenbroei.

Aankoop van groene stroom is de meest toegepaste benutting van duurzame energie voor elektra (9,2% van de bedrijven). Het toepassen van warme kaslucht voor het drogen is de meest toegepaste benutting van duurzame thermische energie (18,1% van de bedrijven). Het aandeel duurzame energie komt op 2,2%.

Volgens de **Energiemonitor 2011** is ten opzichte van 2008 bij bedrijven met 5 of meer hectare teelt het elektraverbruik met 4,1% per hectare afgenomen en het gasverbruik met 10,7%. Het totale energieverbruik per hectare is daarmee afgenomen met 7,3%. In de broei is bij deze bedrijven het elektraverbruik per 1000 stuks met 4,5% afgenomen en het gasverbruik met 5,0%. Het totale energieverbruik per 1000 stuks is daarmee met 4,8% afgenomen.

De over teelt en broei gewogen gemiddelde Energie-Efficiëntie Index (EEI) is hiermee uitgekomen op 93,5. Dit betekent t.o.v. 2008 een afname van het energieverbruik per eenheid van 6,5%. Hiermee is de EEI, conform de doelstelling, gemiddeld met 2,2% per jaar afgenomen.

Het aandeel duurzame elektrische energie is 8,4% van het totale elektraverbruik. Het aandeel duurzame thermische energie is echter slechts 0,7% van het totale thermische energieverbruik. Het aandeel duurzame energie in het totale energieverbruik van de bedrijven steeg hiermee van 2,3% in 2008 naar 3,9% in 2011.

Energieverbruik per hectare en per 1000 stuks broei berekend op basis van Telers en Teler/broeiers \geq 5 ha.

	jaar	aantal bedrijven	totaal		kWh/ha	m3 gas/ha		toe/afname tov 2008
			energieverbruik MJ/ha	toe/afname tov 2008		toe/afname tov 2008	toe/afname tov 2008	
Teelt	2008	358	139000		7940	1920		
	2009	350	136014	-2,1%	7413	1970	-6,6%	2,6%
	2010	378	129881	-6,6%	7875	1678	-0,8%	-12,6%
	2011	379	128792	-7,3%	7611	1714	-4,1%	-10,7%
	2012	287	112862	-18,8%	6886	1447	-13,3%	-24,6%
	2013	273	113868	-18,1%	7032	1438	-11,4%	-25,1%
Broei			MJ/1000		kWh/1000		m3 gas/1000	
	2008	168	774		24	16,0		
	2009	167	706	-8,7%	25	13,7	6,0%	-14,3%
	2010	234	634	-18,0%	16	13,9	-30,6%	-13,3%
	2011	182	736	-4,8%	22	15,2	-4,5%	-5,0%
	2012	116	846	9,4%	35	15,0	50,5%	-6,1%
2013	144	455	-41,2%	12	9,9	-49,1%	-38,3%	

Bij de **Energiemonitor 2012** bleek in de teelt het gemiddelde elektraverbruik per ha t.o.v. 2008 met 13% te zijn afgenomen en het gasverbruik met 25%. Het totale energieverbruik is daarmee met 19% afgenomen.

In de broei is het elektraverbruik per 1000 stuks echter met 51% toegenomen, maar het gasverbruik is met 6% gedaald. In totaal is het energieverbruik in de broei hiermee met 9% t.o.v. 2008 toegenomen.



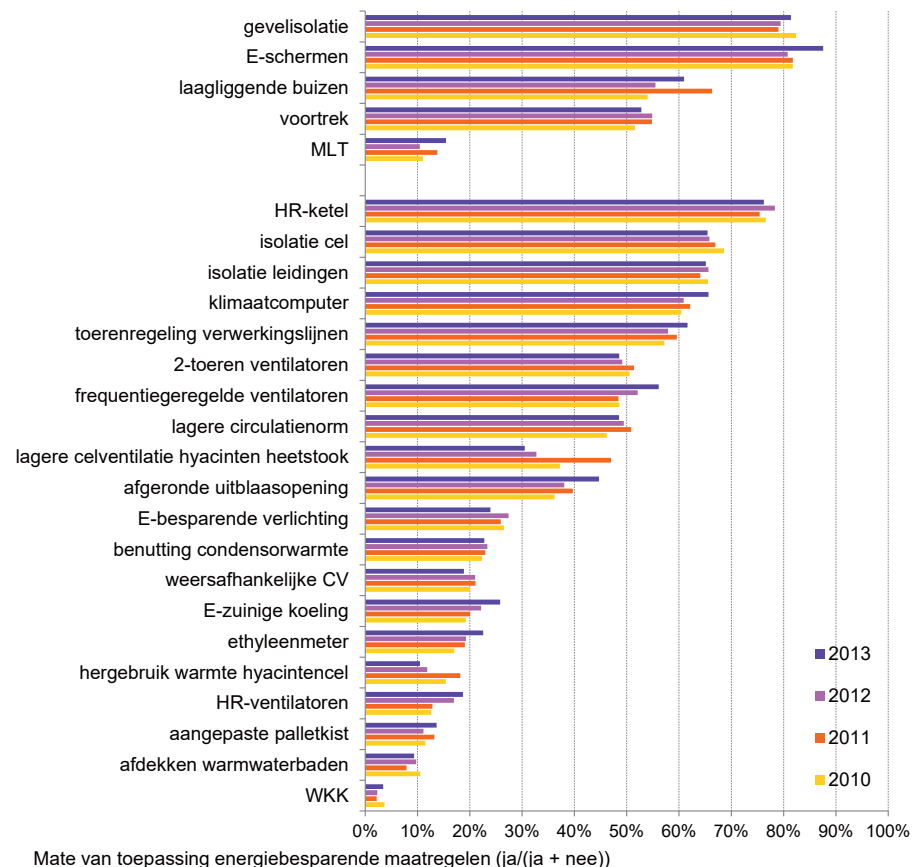
De **Energiemonitor 2013** gaf echter juist weer een sterke daling van het energieverbruik in de broei te zien. Achtergrond hierbij is dat veel grote broeiers die in 2012 niet aan de E-monitor deelnamen, in 2013 weer wel meededen. Grote broeiers broeien zuiniger.

Samengevat vanaf 2008: Het over teelt (68% van het energieverbruik in de bloembollensector) en broei (32% van het energieverbruik) gewogen gemiddelde energieverbruik is hiermee met 25% afgenomen en dat is meer dan de doelstelling van 11%.

Energie Efficiëntie en gemiddelde jaarlijkse toe/afname van het energieverbruik (bedrijven \geq 5 ha)					
	wegingsfactor		totaal	elektra	gas
	teelt	broei			
2008	72%	28%	100	100	100
2009	71%	29%	95,9	97,1	97,6
2010	71%	29%	90,1	90,4	87,2
2011	68%	32%	93,5	95,7	91,1
2012	72%	28%	89,0	104,4	80,5
2013	68%	32%	74,5	76,4	70,7
doelstelling MJA-e+			89,0	89,0	89,0
toe/afname E-verbruik per jaar			-5,1%	-4,7%	-5,9%

Ongeveer 19% van het elektraverbruik is in 2013 duurzaam opgewekt (windmolens, zonnepanelen), maar slechts 0,9 % van het energieverbruik voor warmte is duurzaam opgewekt. Het totale aandeel duurzame energie kwam hiermee op 9,1% en loopt hiermee iets voor op de doelstelling van 8,0%.

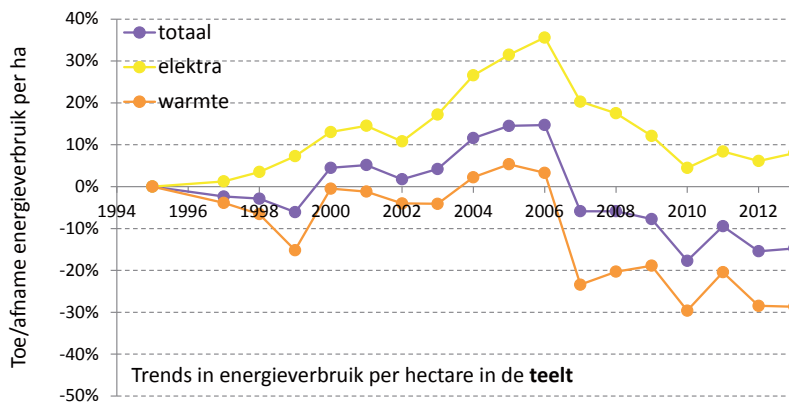
Energiebesparende maatregelen worden in 2013 meestal weer vaker toegepast dan in voorgaande jaren:



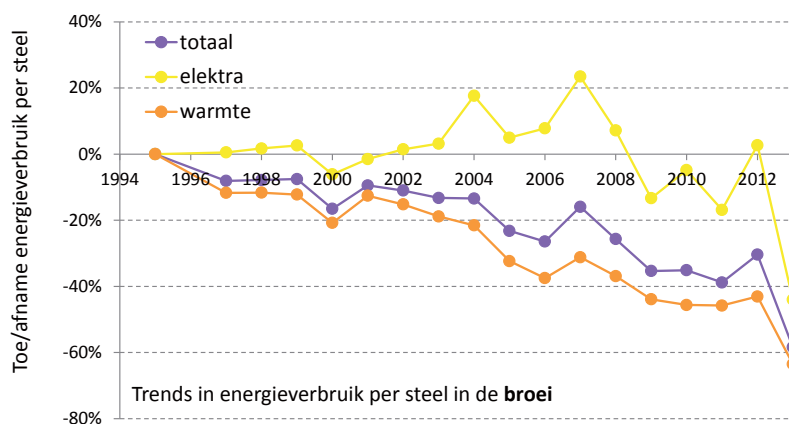
T.o.v. 2010 zijn in de broeierij stijgingen te zien bij de toepassing van laagliggende buizen en energieschema's en van meerlagenteelt. In de teelt bij de toepassing van frequentieregelde ventilatoren en HR-ventilatoren (gelijkstroom), van de afgeronde uitblaas opening, van energiezuinige koeling en van de ethyleenmeter.



Een analyse van de **lange termijn trends** (vanaf 1995) in het energieverbruik per eenheid (hectare in de teelt en 1000 stuks in de broei) is samengevat in onderstaande figuren. In de teelt nam vanaf 1995 het elektraverbruik per hectare tot 2006 toe, daarna neemt het af. Het gasverbruik per hectare bleef ongeveer gelijk tot 2006, en neemt daarna ook af.



In de broeierij is het elektraverbruik per 1000 stuks tot 2007 langzaam toegenomen, daarna afgenomen. Het gasverbruik per 1000 stuks is tot nu toe continue afgenomen en in 2011 bijna gehalveerd t.o.v. het verbruik in 1995. In 2013 neemt het energieverbruik sterk af.



Het huidige totale jaarlijkse energieverbruik van de gehele bloembollensector (gemiddeld over de jaren 2008 t/m 2011) is samengevat in onderstaande tabel:

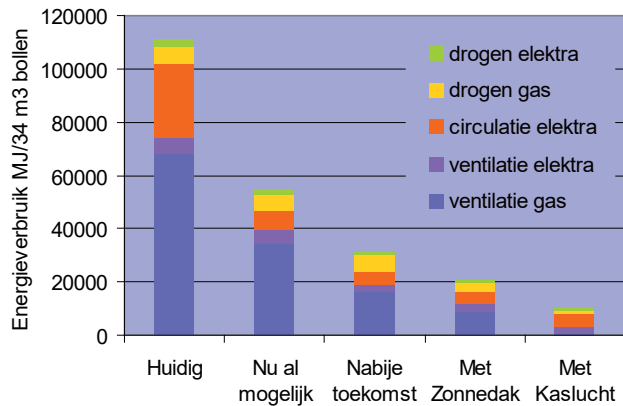
		kWh	gas m3
Teelt (24.000 ha)	Energie	184.000.000	45.000.000
	€ miljoen	22,0	14,3
	€ totaal	36,3	
Broei (2,5 miljard stelen)	Energie	59.000.000	37.000.000
	€ miljoen	7,1	12,0
	€ totaal	19,1	
Sector	Energie	243.000.000	82.000.000
	€ miljoen	29,1	26,3
	€ totaal	55,4	

Energieprijs: kWh = €0,12 en gas m3 = €0,32

De grootste **kostenpost** in de teelt is elektra en in de broei is dat gas. De totale energiekosten voor de sector zijn rond de €55 miljoen per jaar.

Naar een energieneutrale bloembollensector

Toekomstbeelden bollenteelt



- Nu al mogelijk: door toepassing van beproefde maatregelen kan het energieverbruik gehalveerd worden
- Nabije toekomst: tot 30% van huidig energieverbruik mogelijk door perspectiefvolle (maar nog niet in de praktijk geteste) maatregelen
- Door gebruikmaking van duurzame energiebronnen is een besparing tot 10 à 20% mogelijk

Nu al mogelijk

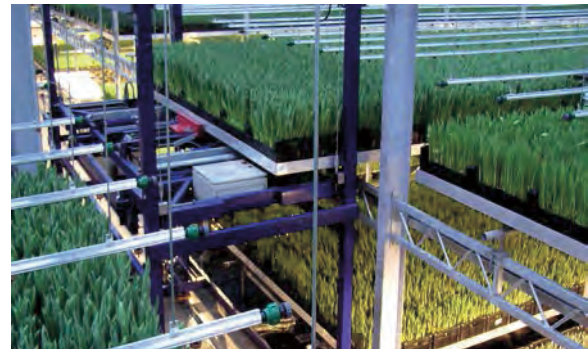
Voorbeelden van beproefde maatregelen:

- Ethyleengestuurde ventilatie
- Beperking circulatie met frequentieregelaars
- Afgeronde uitblaasopening systeemwand
- Verminderde ventilatie bij heetstook
- Hergebruik warmte
- Betere luchtverdeling in droog/bewaarsysteem
- Frequentiegeregelde ventilatie



Nabije toekomst

- Verminderen lekkage in bewaarsysteem
- Temperatuurintegratie
- Computergestuurde circulatie

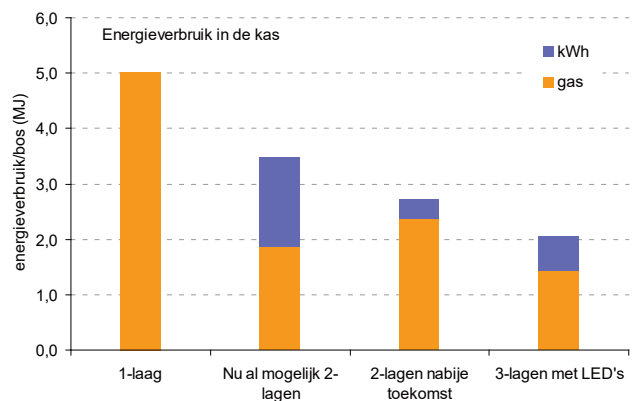


Duurzame energie

- Opgewarmde kaslucht
- Zonnedak
- Windenergie
- Groene stroom
- Warmtepompen

Toekomstbeelden broeierij

- Eb/vloed broeisysteem in meer lagen
- Bijbelichten onderste lagen op basis van lichtbehoefte per groeifase
- Lichtbron: energiezuiniger LED lampen
- Plantontwikkeling sturen met rood/blauw verhoudingen
- Kasverwarming met warmtepomp en het gebruik van groene stroom maken de broeierij in de toekomst energieneutraal.



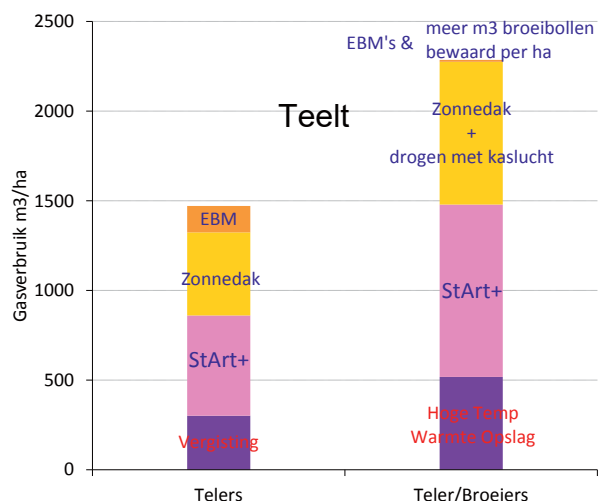
Klimaatneutrale Bloembollenbedrijven in 2020

Voor drie dominante bedrijfstypes zijn klimaatneutrale oplossingsrichtingen ontwikkeld:

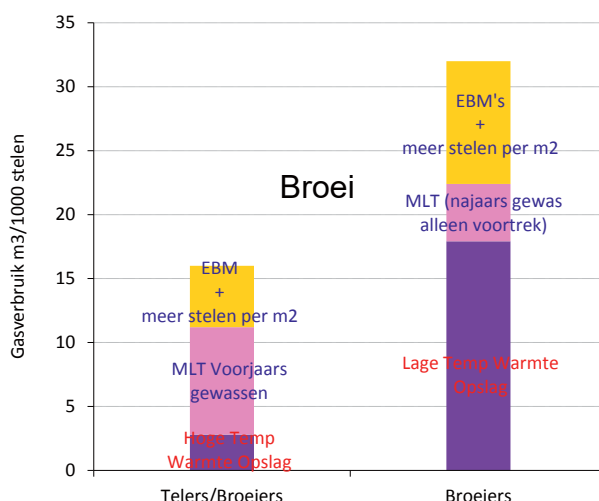
Telers met voorjaars- en zomerbloeiers brengen het gasverbruik tot minder dan 20% terug door computergestuurde ventilatie en zonnedak. De rest wordt door biovergisting van verwerkingsafval geleverd.

Teler/broeiers telen voorjaarsbloeiers en brengen met zonnedak, warme kaslucht en computergestuurde ventilatie de warmtevraag bij bewaren terug tot 20%, die wordt ingevuld door hoge temperatuur warmteopslag uit de 's zomers leegstaande kas.

Telers bewaren per ha minder bollen dan Teler/Broeiers waardoor ze minder gas verbruiken. Door energiebesparingsmaatregelen (EBM's) is tot nu toe 10% op gas bespaard. Teler/Broeiers zijn steeds meer zelf gaan afbroeien waardoor netto het gasverbruik/ha niet is afgenomen. Telers kunnen door toepassing van een zonnedak 35% op gas besparen. Met StArt+ (bewaring met computergestuurde ventilatie voor andere gewassen dan tulp) neemt het gasverbruik met nog eens 50% af tot gemiddeld 300 m3/ha. Door vergisting van verwerkingsafval kan in deze laatste 20% worden voorzien. Teler/Broeiers hebben als optie de op hoge temperatuur in water opgeslagen warmte die s'zomers door de leegstaande kas is geproduceerd.



Bij Teler/broeiers brengen compartimentering, meerlagenteelt, LED's en mechanisch ontvochtigen de warmtevraag bij de broei terug tot < 20 %, die door opgeslagen warmte wordt geleverd. Bij **jaarrond broeiers** kan meerlagenteelt maar beperkt worden toegepast. De warmtevraag wordt niet verder dan tot 45% teruggebracht, waarin wordt voorzien door warmteopslag/ warmtepompen.




Afname van de warmtevraag (m3 gas/1000 stelen) in de broeierij. Bij Telers/Broeiers met voorjaarsbloeiers en bij jaarrond Broeiers met voorjaars- en zomerbloeiers is het gasverbruik per 1000 stelen tot nu toe met 30% gedaald. EBM's als energieschermen en gevelisolatie waren hierbij belangrijk, maar ook de sterke toename van de benuttingsgraad van de kas (meer stelen per m2). Meerlagenteelt kan bij de voorjaarsbloeiers nog eens 75% op het gasverbruik per steel besparen, bij de zomerbloeiers nog eens 20%. Teler/Broeiers kunnen in de resterende warmtevraag voorzien door de op hoge temperatuur in water opgeslagen warmte die 's zomers door de leegstaande kas geproduceerd is. Broeiers kunnen deze warmte op lagere temperaturen opslaan en met warmtepompen de kas in brengen.

Voor alle bedrijfstypes wordt de elektravraag door computergestuurde circulatie en nieuwe droog- & bewaarsystemen sterk teruggebracht. De rest wordt gedekt door aankoop van groene stroom en waar mogelijk door windmolens en zonnepanelen.



Checklist energiebesparing bloembollen

De volledige checklist is te vinden op <http://bloembollenweb.nl/content/energiebesparende-maatregelen-voor-bloembollenbedrijven>

Of u zoekt met  op “Agrosectoren-Bloembollen en bolbloementeel RVO.nl”

De checklist energiebesparing bloembollen is een digitale checklist die een overzicht geeft van uw energiebesparingsmogelijkheden. U kunt per maatregel aangeven of u deze al heeft toegepast, of dat u van plan bent deze nog te gaan toepassen, of dat de maatregel voor uw bedrijf niet van toepassing is. Na invullen geeft het programma een duidelijk overzicht van uw mogelijkheden, met voor zover mogelijk een ruwe inschatting van de terugverdientijd van de maatregelen die u overweegt door te voeren.

Een deel van de maatregelen wordt opgenomen in de algemene checklist van InfoMil (www.infomil.nl). Voor specifieke maatregelen en energie-activiteiten voor ondernemers uit de open teelten kunt u terecht op www.agroenergiek.nl

Op de website van RVO.nl kunt u ook alle persberichten over de relevante subsidieregelingen en fiscale instrumenten, zoals EIA, VAMIL, MIA en WBSO terugvinden.



Een overzicht van enkele Energie Besparende Maatregelen:

DROGEN EN BEWAREN

Maatregel en mogelijke besparing		Toelichting
Ethyleengestuurde ventilatie	50%	Bij het bewaren van tulpenbollen is de veilige schadedrempel voor ethyleen 100 ppb. De ethyleenanalyser meet continue het ethyleengehalte van de lucht in de cel. Door deze aan te sluiten op de klimaatcomputer zijn regelingen mogelijk waardoor de klepstand (of het toerental van de verversingsventilator) aangestuurd wordt. Op deze wijze blijft het ethyleengehalte onder de schadedrempel: hoe minder zure bollen, hoe lager de ethyleenproductie, hoe minder ventilatie. Er wordt dus niet meer dan nodig geventileerd. Bij een lage ethyleenproductie (minder zure bollen) kan er erg veel op gas bespaard worden.
Verwijderen zure bollen	50%	Bij uitzoeken in combinatie met ethyleengestuurde ventilatie is de energiebesparing maximaal. De ventilatienorm van 100 m ³ /m ³ bollen/uur is immers gebaseerd op 5% zure bollen. Door handmatig of machinaal zure tulpen te verwijderen kan de ventilatie terug. Bij bijvoorbeeld 1% zure bollen is maar een ventilatiehoeveelheid van 20 m ³ /uur nodig om het ethyleengehalte onder de 100 ppb te houden. Droog de tulpen na het uitzoeken goed terug om nieuw zuur te voorkomen. Bewaar partijen met veel zuur apart.
Verminderde circulatie/ventilatie bij hyacintenheetstook	30%	Bij de heetstook van hyacint kan de ventilatiehoeveelheid zonder schade teruggebracht worden tot 80 m ³ of minder. Hiermee wordt 45% op gas bespaard. De circulatiehoeveelheid tijdens de bewaring op 30°C kan van 1000m ³ tot 500m ³ /uur teruggebracht worden. Dit bespaart flink op elektra.
Ronde uitblaasopening	25%	Een afgeronde uitblaasopening vermindert de weerstand. Hierdoor is de luchtopbrengst van de wand in een 2-laagssysteem minstens 10% hoger. Het toerental kan dan evenredig worden verminderd, wat een energiebesparing van minstens 25% oplevert. Bij een 1-laagssysteem is het effect iets kleiner.
Verminderde circulatie + frequentieregelaar	60%	Met frequentieregelaars kan het toerental van de ventilatoren traploos worden aangepast. Een verlaging van het toerental met 10% betekent een afname van de luchthoeveelheid met 10%, terwijl het opgenomen vermogen met ruim 25% daalt. Als bollen droog zijn en geschoond kan voor de meeste bolsoorten het toerental vaak tot 50% of meer dalen. Dit geeft dan een energiebesparing van ruim 80%. Zowel de systeem- als verversingsventilator(en) kunnen worden geregeld.
Kisten bovenlaag afdekken	20%	De luchtverdeling over de 4 tot 6 lagen in een kistenstapelingslaag laat zien dat de minste lucht door de middelste lagen gaat. Door de bovenste laag af te dekken (niet volledig) met afdekplaten krijgen de middenlagen meer lucht waardoor de totale luchthoeveelheid verminderd kan worden.
Aanbrengen 'schans' voor onderste uitblaasopening (1-laagsbewaring)	20%	In een 1-laagsbeluchting systeem krijgt de onderste laag onevenredig veel lucht. Door in de wand een schans te plaatsen wordt de lucht beter naar de middenlagen verdeeld. Hierdoor kan de totale luchthoeveelheid verminderd worden.



Diepte stapeling	20%	Naarmate er dieper gestapeld wordt neemt het verschil in luchthoeveelheid per kist sterk toe: de kisten het verst van de wand krijgen 2 tot 3 keer meer lucht dan de kisten aan de wand. Door dikke maten dicht bij de wand te zetten en kleine maten het verst van de wand of bovenop kunt u dit compenseren.
(Mini) WKK (warmte-kracht- koppeling)	50%	Bij de opwekking van elektriciteit in de centrale gaat 60% van de energie-inhoud van het gebruikte gas als warmte verloren. Bij decentrale opwekking met een WKK kan deze warmte op het bedrijf gebruikt worden als er tegelijkertijd een warmtevraag en een elektravraag is. Elektra kan ook aan het net geleverd worden. De energiebesparingsmogelijkheden zijn sterk afhankelijk van bedrijfstype en -grootte.

BROEIERIJ

Isolatie kasdek (energiescherm)	20%	Isoleren in de kas is belangrijk voor zowel energiebesparing als voor de temperatuurverdeling. Bij een goede temperatuurverdeling kan een lagere ruimtetemperatuur worden geaccepteerd zonder dat er gewasschade optreedt in bepaalde hoeken van de kas.
Meerlagenteelt	40-60%	Door een tweede of derde teeltlaag in de kas aan te brengen wordt er fors bespaard op het gasverbruik per steel, zelfs als de onderste laag tijdelijk belicht moet worden. Het onderzoek naar de optimale inrichting loopt nog, maar enkele tulpenbroeiers passen varianten op meerlagenteelt al met succes toe.
Waterbroei	12%	De teelt op stilstaand water bespaart energie door de iets lagere trektemperatuur bij een gelijke trekduur en de verminderde ruimte- en energiebehoefte tijdens de koeling.
Eb/vloedbroei	27%	Met het eb-vloed systeem blijven de tulpen langer in de bewortelingsruimte staan. Hierdoor is de kasperiode korter en zijn er meer trekken in het broeiseizoen mogelijk. Mede door het niet-opgeplant koelen is het energieverbruik per steel ongeveer 27% lager dan bij broei op potgrond.
Voortrekken	20%	Door de bewortelde bollen in een verwarmde cel of schuur enkele dagen (max. een week) gestapeld (dus in meerdere lagen) voor te trekken wordt de kasperiode verkort. Hierdoor kunnen op hetzelfde kasoppervlak meer trekken worden gebroeid.
Verhoogde kastemperatuur bij lelies in potgrond	14%	Door de kastemperatuur te verhogen van 16 naar 20 graden wordt de groeiduur van lelies met 2 tot 3 weken verkort. Per steel neemt het gasverbruik daarom nauwelijks toe, maar het elektraverbruik in de winter voor assimilatiebelichting neemt hierdoor af met ongeveer 15%.

DUURZAME ENERGIE

Zonnedak	30%	Tijdens het bewaren van de bollen kan voorverwarmde lucht uit een luchtcollector een forse besparing opleveren. In principe kan dit bij alle bolgewassen. Omdat de temperatuur in de collector vrij hoog op kan lopen is het zonnedak ook goed toepasbaar bij hyacint. De constructie is bij nieuwbouw goedkoper.
----------	-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Drogen met kaslucht	40%	Door gebruik te maken van door de zon verwarmde kaslucht zal overdag de verwarming veel minder aanslaan. De energiebesparing kan, zeker gedurende de droogfase, oplopen tot 30 à 50%. Globaal geldt dat uit een kas van 200 m ² voldoende warmte komt voor het drogen van 20 m ³ bollen.
Koude/warmte opslag	0 - 50%	Wanneer in het totale productieproces meer of minder gelijktijdig in één schakel koude, en in een andere schakel warmte nodig is, zijn deze schakels te koppelen met relatief kleine volumes warmte/koude opslag. Naarmate warmte en koudebehoefte verder in de tijd uit elkaar liggen is het benodigde volume groter. Het hangt dus sterk van het bedrijfsspecifieke productieproces af hoe de warmte/koude opslag gedimensioneerd moet worden om rendabel te zijn. Warmte/koude opslag kan in ondergrondse tanks, in een aquifer of in een bodemvolume.
Warmtepompen	30%	Met een warmtepomp kan aan een hoeveelheid water of lucht warmte onttrokken worden en via warmtewisselaars aan een kleinere hoeveelheid water of lucht worden afgegeven, waardoor de temperatuur daarvan (sterk) omhoog gaat. Een warmtepomp werkt op elektriciteit en afhankelijk van de COP (ongeveer 4 aan de warmtekant) en de hoeveelheden water of lucht die moeten worden rondgepompt, gebruikt dit systeem tot 30% minder energie.
Warmtewisselaars	20-60%	Warmtewisselaars worden ingezet in combinatie met koude/warmte opslag en/of warmtepompen. Er bestaan verscheidene typen warmtewisselaars. Te warme kaslucht kan worden afgekoeld door water over het kasdek te laten vloeien of door watergekoelde ventilatie. De afgevoerde warmte wordt voor gebruik in de winter bijvoorbeeld opgeslagen in een aquifer of in een bodemvolume. Met zgn. energiepalen wordt warmte uitgewisseld tussen een bodemvolume en door slangen langs de heipalen stromend water.
Hergebruik warmte droog- en ventilatielucht	30%	Terugwinning van warmte uit afgevoerde droog- en ventilatielucht is een optie. Ook hier is een warmtewisselaar bij nodig
Koeling met grondwater	20%	Grondwater heeft een temperatuur van ongeveer 12 graden. Afhankelijk van de koellast kan het rendabel zijn om bijvoorbeeld via buizen in de grond onder het grondwaterniveau lucht aan te zuigen.
Windenergie	50%	Toepassing van een windmolen kan een substantiële verlaging van het elektriciteitsverbruik opleveren. Door teruglevering aan het net kan bovendien extra worden bespaard op de kosten. De aansluiting op het net kan hiermee echter niet vervallen: bij windstil weer is nog steeds het volle vermogen nodig! Of een windmolen geplaatst mag worden hangt af van plaatselijke en regionale overheden. Er zijn verschillende typen kleine windmolens.
Zonnepanelen	25%	Zonnepanelen zetten zonlicht om in elektriciteit. Ook bij bewolkt weer. Er zijn ook panelen die alleen het niet-fotosynthetisch licht omzetten en het fotosynthetisch licht doorlaten. Zonnepanelen worden steeds goedkoper, efficiënter en gaan heel lang mee (30 - 40 jaar).



DROGEN & BEWAREN

Ethyleengestuurde ventilatie bij de bewaring van tulpenbollen

Tulp en ethyleen

Tijdens de bewaring van tulpenbollen wordt door zure bollen ethyleen geproduceerd. Ethyleen heeft in de gezonde bollen negatieve gevolgen zoals overmatige verkleuring en bloemverdroging. Om ethyleenschade te voorkomen wordt extreem geventileerd: 100 m³ lucht/m³ bollen/uur tot eind augustus en 60 m³ lucht/m³ bollen/uur tot planten. Dit ventilatieadvies is gebaseerd op de aanwezigheid van 5% zure bollen. Meestal is minder zuur aanwezig en bovendien neemt de ethyleenproductie in de loop van het seizoen af. Uit angst voor ethyleen wordt dus teveel geventileerd. Dit kost zeer veel energie en leidt bovendien tot teveel uitdroging en een grotere gevoeligheid voor ziekten. Met de Hatech/EMS ethyleen analyser is het mogelijk geworden de ventilatie te regelen op basis van het ethyleengehalte in de cellen. Hierdoor wordt niet meer geventileerd dan nodig is om ethyleen af te voeren en wordt dus energie bespaard en kwaliteitsverlies voorkomen. De schadedrempel voor plantgoed bedraagt 100 ppb. Het instellen van een lagere waarde is niet nodig en bespaart bovendien veel minder energie. Bij leverbaar ligt de drempel tussen 100 en 300 ppb, tijdens koeling tussen 500 en 1000 ppb.

Project Klep Dicht (Delphy, Wageningen Plant Research, Hatech/EMS, Sercom en 5 bollentelers). Enkele resultaten:

In 2006 is het principe van ethyleengestuurde ventilatie gedemonstreerd op 5 bedrijven.

- De besparing door ethyleengestuurde ventilatie hangt af van het percentage zure bollen.
- T.o.v. de standaard norm van 100 m³/uur tot en met augustus, daarna 60 m³/uur kan er bij weinig zuur tot 70% bespaard worden.
- Op bedrijven waar standaard veel zwaarder geventileerd wordt kan dan dus nog veel meer bespaard worden.

Ethyleen in de buitenlucht

- Door landelijke luchtvervuiling van verbrandingsmotoren komt ethyleen in de buitenlucht.
- Tijdens windstille perioden loopt het ethyleengehalte op.
- Slechts 1 – 2% van de bewaarduur komt ethyleen in de buitenlucht boven de 100 ppb.
- Schade wordt hier niet van verwacht.

Ethyleen in de cel

- Tijdens de bewaarperiode is de ethyleenproductie niet constant.
- Het ethyleengehalte op verschillende punten in de cel gemeten is vrijwel hetzelfde.
- Eén meetpunt is dus voldoende, het maakt niet uit waar.
- In 'gasdichte' cellen kan het ethyleengehalte tijdens het Actellic-en toenemen tot boven de 1000 ppb

In de praktijk blijkt dat sommige telers voor de zekerheid de ethyleengrens waarmee de klimaatcomputer de klepstand aanstuurt voor de zekerheid niet op 100 ppb stellen, maar op veel lagere grenzen, zelfs op 40 ppb: dit is absoluut zinloos! Onder de 100 ppb lopen uw bollen beslist geen schade op door ethyleen! Door het instellen van een lagere ethyleengrens verbruikt u alleen maar meer gas om de ventilatielucht op temperatuur te houden. Bovendien: dit leidt tot uitdroging van uw bollen en dat komt de kwaliteit niet ten goede.

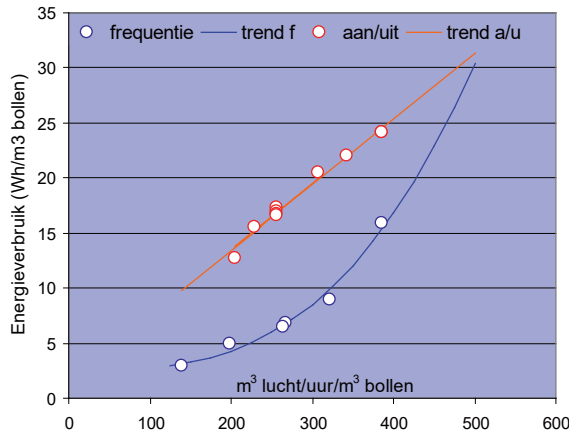


Energiebesparing door verminderde circulatie. Het voordeel van frequentieregelaars

Aan/Uit tegenover Frequentieregeling

De standaardnorm voor circulatie in een bewaarcel is $500 \text{ m}^3 \text{ lucht/m}^3 \text{ bollen/uur}$. Dit kan flink minder. De afname van het energieverbruik is met de aan/uit-regeling evenredig met de afname in luchthoeveelheid. Met de frequentieregelaar neemt het energieverbruik evenredig af met het toerental tot de derde macht.

De Figuur links toont het verband tussen luchthoeveelheid en energieverbruik. Bij 500 m^3 is het energieverbruik ongeveer $32 \text{ Wh per m}^3 \text{ bollen}$. Bij halvering van de luchthoeveelheid tot 250 m^3 d.m.v. aan/uit (de rode lijn) neemt het energieverbruik af tot ongeveer 16 Wh . Met frequentieregelaars neemt het energieverbruik af tot $6 \text{ à } 7 \text{ Wh}$, een veel grotere energiebesparing dus. Hierdoor zijn frequentieregelaars in 2 à 3 jaar terug te verdienen. Deze



resultaten zijn in een praktijkopstelling verkregen.

Monitoring met sensoren liet zien dat:

- Bij het verminderen van de circulatie met frequentieregelaars de ethyleenconcentratie tussen de bollen niet te hoog wordt (met aan/uit wel).
- Bij verminderde circulatie in beide systemen de temperatuur en RV nauwelijks toenemen en dat het gewichtsverlies gelijk is.

Andere energiebesparingsmogelijkheden met

de frequentieregelaar:

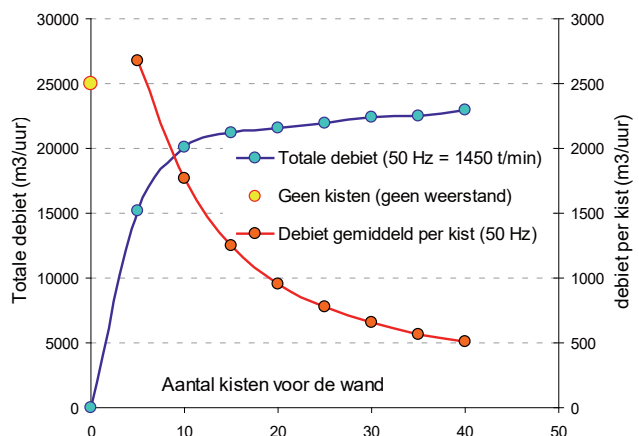
- Tot 40% energiebesparing door afgeronde uitblaasopening in systeemwand.
- 30% energiebesparing door verminderen lekkage tussen kisten, etc.
- Ruim 50% energiebesparing als door aanpassingen in de systeemwand, of door het afdekken van de bovenste kisten, de luchtverdeling over de kisten gelijkmatiger wordt.

Debiet en Energieverbruik

Metingen in de praktijk

Om na te gaan wat er met de luchtstroom door een kistenstapelung voor een systeemwand gebeurt, is telkens bij een verschillend aantal kisten voor de wand (0 – 40) en bij een toerental variërend van 300 – 1450 t/min, de luchtinstroom bij de ventilator gemeten:

- Zonder kisten voor de wand bij 1450 t/min is het debiet $25000 \text{ m}^3/\text{uur}$
- Bij 5 kisten voor de wand is het debiet $15000 \text{ m}^3/\text{uur}$
- Bij toenemend aantal kisten neemt het totale debiet toe
- Per kist neemt het debiet echter af



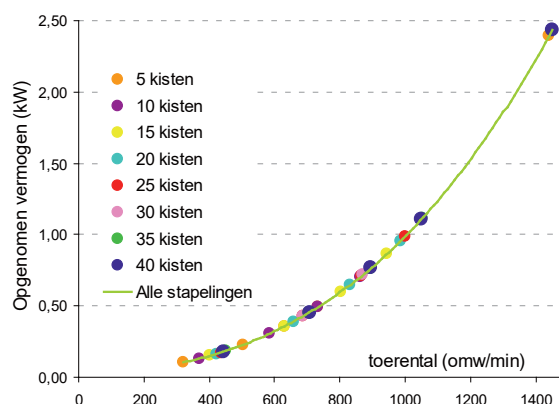
- Bij een 2 x zo laag toerental is het debiet in alle gevallen de helft
- Debiet wordt bepaald door weerstand en toerental

Het energieverbruik van de ventilator is hierbij ook gemeten:

- Bij afnemend toerental neemt het kWh-verbruik af met de 3de macht
- Ongeacht het aantal kisten voor de wand
- Dus ongeacht de weerstand (tegendruk)
- Minder weerstand verlaagt NIET het energieverbruik,
- Maar verhoogt het debiet

Kortom, bij een gegeven systeemwand geldt:

- Het debiet per kist wordt bepaald door het toerental en de weerstand
 - Het energieverbruik wordt bepaald door het toerental
- of:
- Meer weerstand betekent dus minder lucht bij hetzelfde energieverbruik



Energiebesparing bij de bewaring van plantgoed van tulp door temperatuurintegratie

Er bestaan aanwijzingen uit eerder onderzoek dat plantgoed van tulp, bewaard in palletkisten over een zekere tolerantie t.o.v. de bewaar temperatuur beschikt. Door toepassing van temperatuurintegratie (TI), d.w.z. het laten oplopen van de temperatuur met enkele graden als er goedkope warmte beschikbaar is (bv bij warm weer of warmte uit een zonnedak), en het verlagen van de temperatuur als de buitenlucht koeler is (bv 's nachts), maar zodanig dat de gemiddelde temperatuur constant is, kunnen grote hoeveelheden energie bespaard worden. Absolute voorwaarde hierbij is dat de kwaliteit behouden blijft. Vooral een toename in verklistering dient voorkomen te worden.

Onderzoek

In 2003 is plantgoed (cultivars: Kees Nelis, Negrita, Roodkapje en White Dream) bewaard in klimaatkasten, bij verschillende temperatuurregimes:

1. Continu 20°C
2. Continu 18 °C (geen temperatuurintegratie, wél energiebesparend)
3. 25 °C /15 °C dag/nachtritme (geleidelijke overgang)
4. 23 °C /17°C, dag/nachtritme (geleidelijke overgang)

Resultaten

In 2004 zijn de bollen geoogst, gedroogd, gepeld, gesorteerd en gewogen. Bewaring bij 18 °C leidde in alle cultivars tot opbrengstderving en is dus geen optie voor energiebesparing. Bij 3 van de 4 cultivars had het temperatuurregime 25/15 geen effect op de opbrengst of op de sortering. Alleen bij de cultivar White Dream was sprake van een opbrengstderving in het leverbaar van 5%.

In 2004 is de proef herhaald, waarbij in de controlebehandeling is gekozen voor een bewaarregime dat in de praktijk vaak wordt gehanteerd d.w.z. bewaring bij 25 of 27 °C vlak na de oogst, waarna geleidelijk gezakt wordt in temperatuur. Hier is het TI-regime 'overheen' gezet d.w.z. overdag enkele graden warmer en 's nachts enkele graden kouder. In deze proef hadden de TI-behandelingen géén negatieve effecten op de opbrengst.

Het combineren van energiebesparende maatregelen: State-of-the-Art bewaarsysteem van tulpenbollen

Met State-of-the-Art wordt het op dit moment meest moderne bewaarsysteem bedoeld. Hierin zijn zoveel mogelijk innovaties gecombineerd, samengevat volgens onderstaand schema. In het bewaarperiode van 2007 is het systeem gevolgd op de bollenbedrijven Karel Bolbloemen B.V., Fa. W. Meskers, Ebbers-Creil V.O.F. en Gebroeders Van Ruiten B.V., en is samengewerkt met de installatiebedrijven Polytechniek, Kaandorp-Wijnker, Omnivent en Eval. Aan het project is ook bijgedragen door Sercom, Hatech, Environmental Monitoring Systems (EMS) B.V., OmniVent en OmniHout.

De **gerealiseerde energiebesparingen** zijn aanzienlijk:

- 41 tot 66% op gas
 - 48 tot 65% op elektra
 - 54 tot 56% op het totale energieverbruik
- Het percentage zure bollen was laag: 0.5 – 1.6%.

De achtergronden bij de energiebesparingen zijn:

- lagere luchtweerstand in systeemwand
→ **meer lucht per kWh**
- Terugtoeren ventilator met frequentieregelaar
- Ventilatie sturen op ethyleen

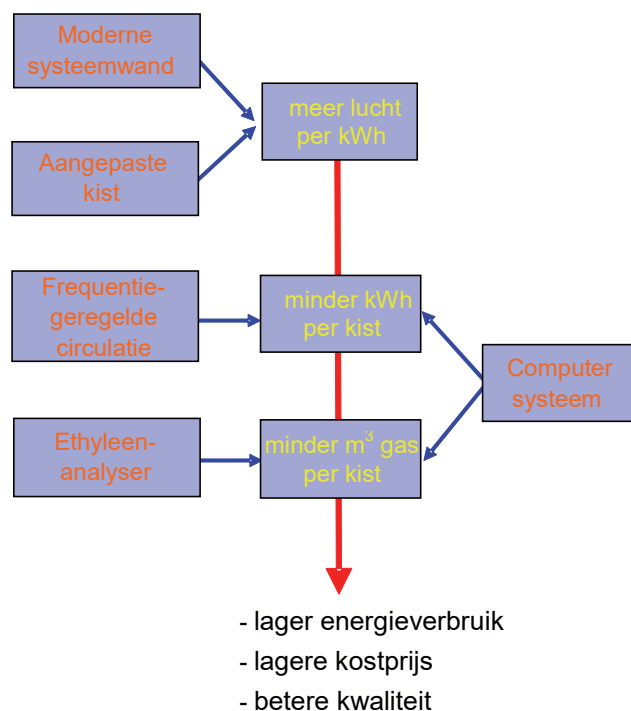
Bij een lagere luchtweerstand (afgeronde uitblaasopening, grotere bolmaat) en bij een betere luchtverdeling over de kisten, kan het toerental van de ventilator teruggedraaid worden. Een lagere circulatienorm (<250 m³/uur, ipv. 500) blijkt voor optimale bewaarcondities voldoende. Bij terugtoeren neemt het kWh verbruik af met de 3de macht → **minder kWh per kist**.

Met de ethyleen-analyser wordt de ethyleenconcentratie in de bewaarcel continue gemeten. Door aansluiting op de klimaatcomputer wordt de klepstand gestuurd door het ethyleensignaal. Er wordt dan niet méér geventileerd dan nodig om ethyleen onder de 100 ppb te houden → **minder m³ gas per kist**

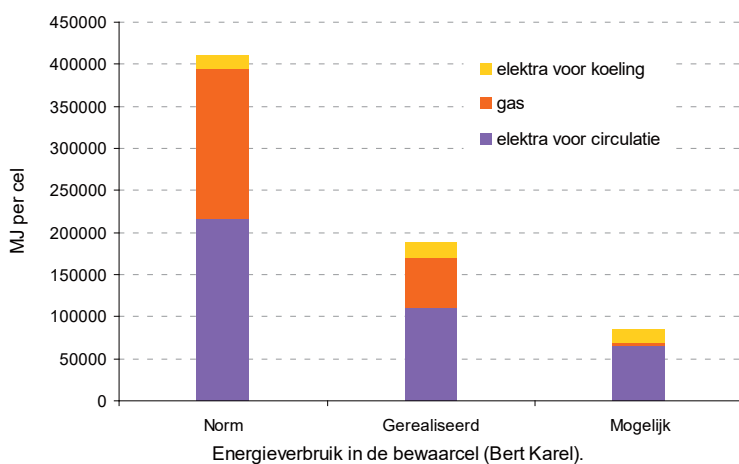
Mogelijke energiebesparingen

Op basis van de gegevens uit de klimaatcomputer is ook uit te rekenen wat er aan energiebesparing nog meer mogelijk was geweest. Een scenario waarbij de klepstand volledig op het ethyleengehalte wordt gestuurd (maar met een minimum klepstand van 15%), en waarbij de frequentieregelaar voor 100% de klepstand volgt (maar met een minimum frequentie-instelling van 15 Hz), laat zien dat de besparingen mogelijk nog fors hadden kunnen zijn:

- 73 tot 95% op gas
- 38 tot 82% op elektra
- 56 tot 87% op het totale energieverbruik



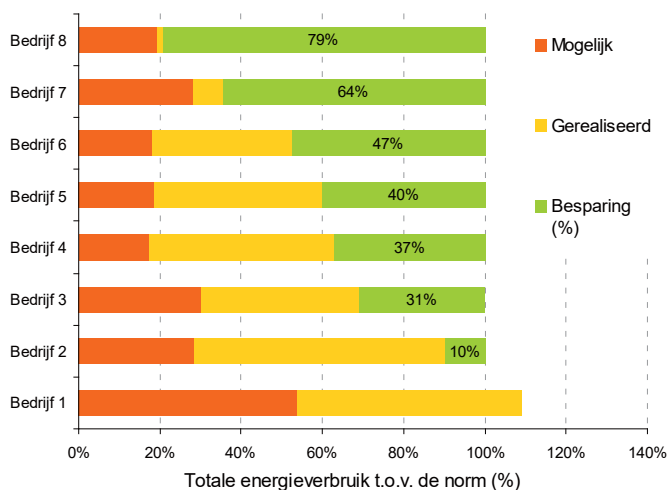
Een voorbeeld van de energiebesparingen t.o.v. het bewaren volgens de gangbare normen (Ventilatie: tot 1 sept 100 m³/uur, daarna 60 m³/uur; Circulatie: tot 1 sept 500 m³/uur, daarna 250 m³/uur met de aan/uit instelling):



In 2008 is het State-of-the-Art project uitgebreid met 4 bollenbedrijven: Fa. P. Poel Bloembollen B.V., Van der Avoird Lemmer B.V., Germaco B.V. en Fa. N.J.J. de Wit en Zn.

Ook in 2008 zijn flinke energiebesparingen gerealiseerd:

- Het totale energieverbruik (gas + elektra) was gemiddeld 62% t.o.v. de norm. Dit betekent een gemiddelde besparing van 38%.
- Bedrijven 1 en 2 bespaarden niet tot weinig, bedrijven 3 t/m 8 bespaarden 31 tot 79%
- Energiebesparingen van 46 tot 83% hadden mogelijk kunnen zijn.

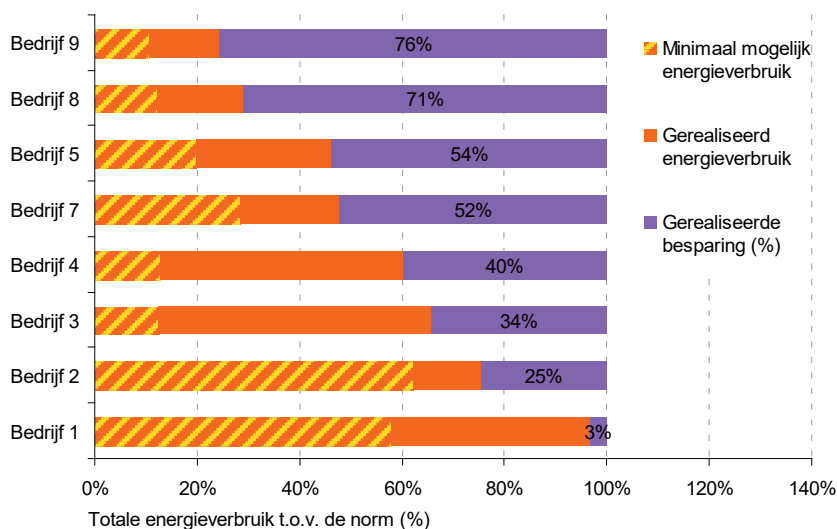


Enkele achtergronden bij deze resultaten:

- Bedrijven 2 en 3 hebben niet of nauwelijks gestuurd op ethyleen
- Bedrijf 1 had 4,0% zure bollen in de cel, bij de andere bedrijven lag dit tussen de 0,3 en 1,5%.
- Bedrijven 7 en 8 circuleerden permanent op 25 Hz, bedrijf 1 permanent op 60 Hz.
- De andere bedrijven circuleerden gemiddeld op 35,6 tot 44,0 Hz

In 2009 heeft ook Bloembollenkwekerij Kreuk aan het State-of-the-Art project meegedaan. Extra innovatie op energiegebied op dat bedrijf is de toepassing van een zonnedak, zie pg 23.

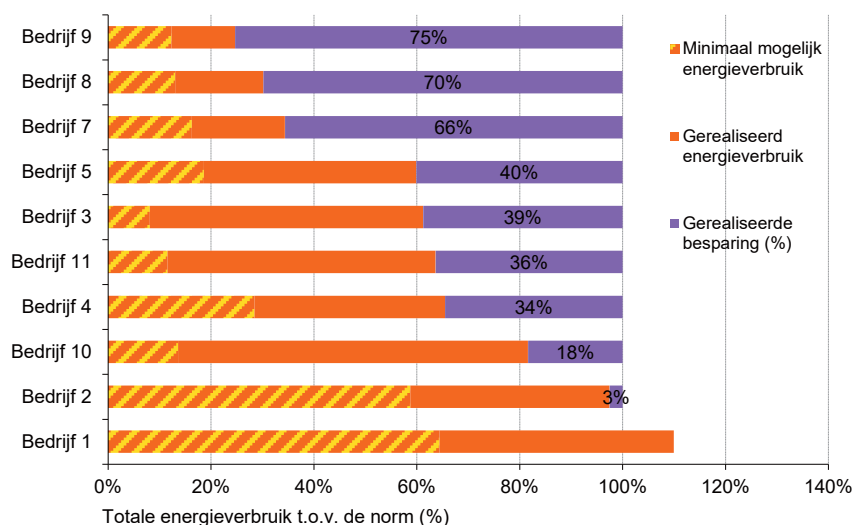
De resultaten zijn hieronder samengevat:



Gemiddeld is een besparing van 43% gerealiseerd, 73% was mogelijk geweest.

In 2010 hebben nog 2 bedrijven zich bij het StArt-project aangesloten: Pronk Tulpen B.V. en G. Oud & Zn Tulips en is ook samengewerkt met Agratechniek.

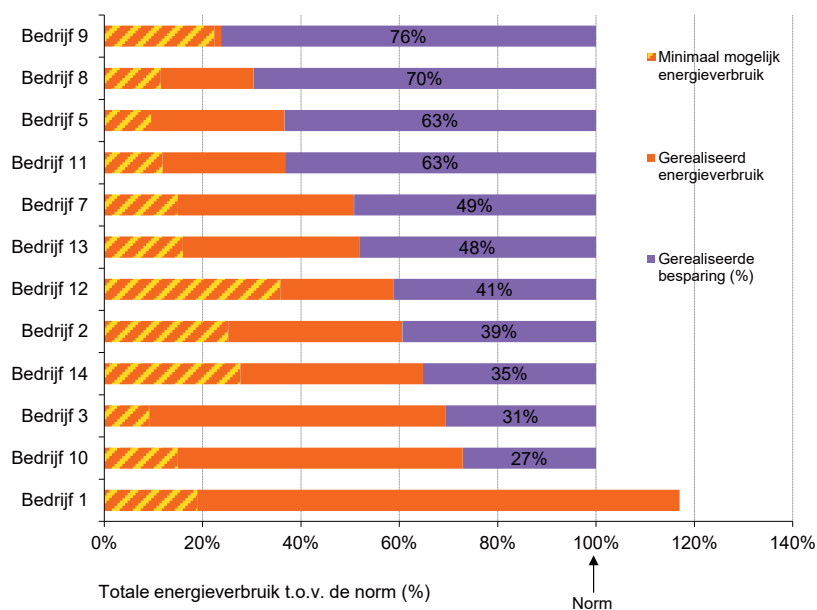
De besparingen op het totale energieverbruik (gas + elektra) van de bedrijven in 2010 zijn hieronder samengevat:



Ook in 2010 is er door de nu 10 deelnemers fors bespaard op energie: gemiddeld 30% op gas (maximaal 72%) en 44% op elektra (maximaal 80%). Volgens de gegevens uit de klimaatcomputers hadden de gemiddelde besparingen nog groter kunnen zijn: 70% op gas en 79% op elektra.



De resultaten van 12 bedrijven in 2011 gaven hetzelfde beeld: gemiddeld is er door de bedrijven gemiddeld 27% op gas bespaard (maximaal 80%) en 56% op elektra (maximaal 84%). Voor het 5^{de} jaar op rij is er dus weer fors op energie bespaard: op het totale energieverbruik gemiddeld 44%, met een maximum van 76%:



Met eenvoudige aanpassingen aan de systeemwand homogener en energiezuiniger drogen en bewaren

Een éénlaagssysteemwand is eenvoudig aan te passen. Deze aanpassingen zijn één voor één toegepast en schematisch in onderstaande figuur in rood aangegeven. Het effect van de aanpassingen op het gemiddelde debiet per kist is aangegeven in de staafgrafiek.

Zonder aanpassingen is de luchtverdeling over de lagen zeer ongelijk: laag 1 krijgt gemiddeld per kist ruim 900 m³/uur, laag 5 iets meer dan 400 m³.

Door het plaatsen van een schans onderin de systeemwand neemt het debiet in laag 1 af. Dit komt ten goede aan de overige lagen.

Door vervolgens de grootte van de bovenste uitblaasopening met een gekromde plaat te verkleinen van 19 cm naar 12 cm neemt het debiet in laag 6 af van 670 naar 575 m³/uur. Het debiet in de overige lagen neemt daardoor toe.

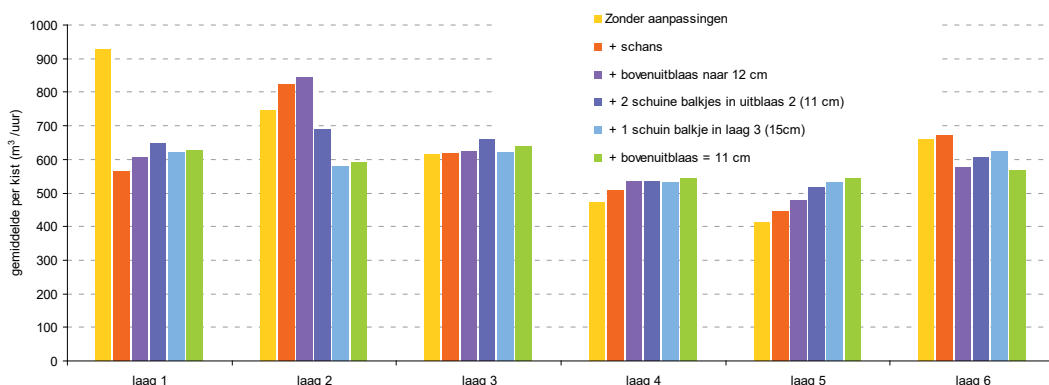
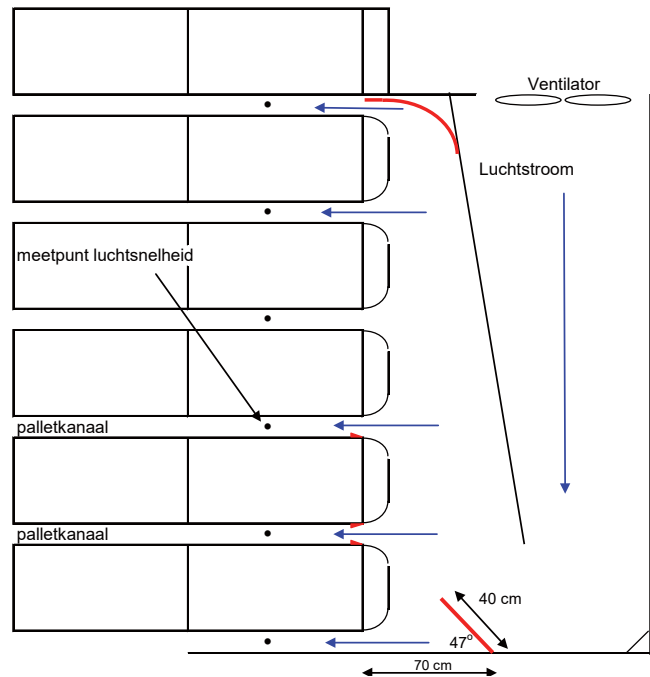
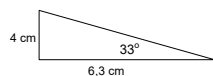
Door twee schuine balkjes in uitblaasopening 2 te plaatsen, daarna één in laag 3, en vervolgens de bovenste uitblaasopening verder te verkleinen tot 11 cm wordt de meest gelijkmatige verdeling verkregen.

Het debiet in de minst beluchte laag, laag 5, is toegenomen van 413 m³ zonder aanpassingen, tot 543 m³ met aanpassingen:

een toename van 30%.

Aannemende dat 413 m³/uur voor circulatie voldoende is, betekent dit dat er terugtoerd kan worden met 23%. Dat **bespaart ruim 50% energie**.

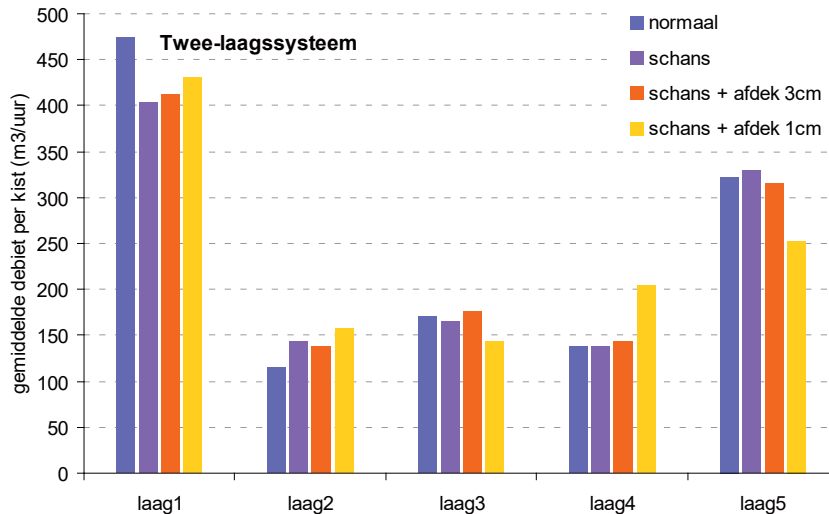
Een andere belangrijke bevinding in dit onderzoek is dat **terugtoeren heeft geen effect op de luchtverdeling** over de lagen heeft!



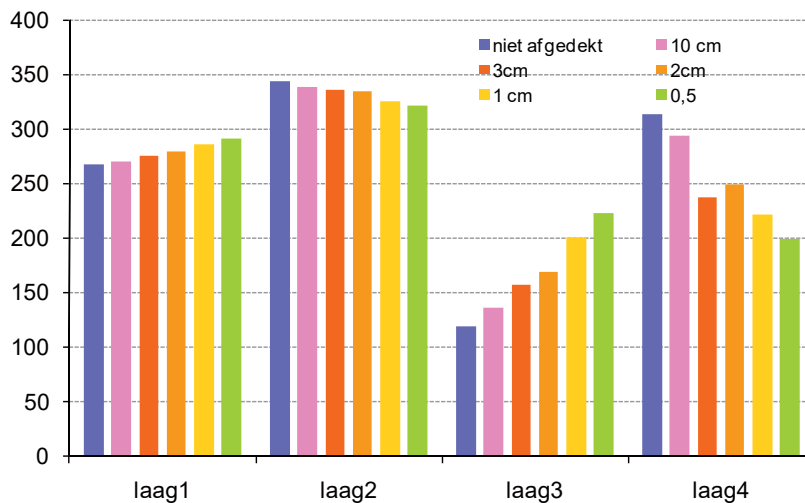
De systeemwand in dit onderzoek was 1,70 meter diep en was voorzien van een schuine wand. De aanpassingen zijn niet 1 op 1 copieërbaar naar een drukwand met andere afmetingen. Ook de diepte van de stapeling speelt een rol. En het maakt ook uit of er plantgoed of leverbaar voor de wand staat. Het optimale ontwerp van een systeemwand is dus maatwerk!

Onderzoek aan een twee-laagssysteem, 5 hoog x 8 diep

De luchtverdeling in een tweelaagssysteem (5 hoog x 8 diep) is moeilijker precies te meten, blijkt zeer ongelijkmatig, en is ook moeilijker te verbeteren. De schans zoals getest in het éénlaagssysteem is hier minder effectief. Het **met platen afdekken van de bovenste kistenlaag** met een uitblaaspleet van slechts 1 cm breedte blijkt het debiet in laag 4 flink te verbeteren. Om de luchtstroom in de onderste laag te verminderen en dit ten goede van de lagen erboven te laten komen, is het aerodynamisch verkleinen van de onderste uitblaasopening het meest effectief.



Ook in een tweelaagssysteem van 4 hoog x 7 diep gaf het met platen afdekken van de bovenste kisten een goed resultaat: De minst beluchte laag (laag 3) kreeg bijna 70% meer lucht wanneer een kier van 1 cm werd overgelaten.



Vuistregel: de som van het oppervlak van de spleetopeningen van de kisten voor de wand moet iets kleiner of gelijk zijn aan het oppervlak van de doorsnede van het palletkanaal.

Minimaliseren van temperatuur- en RV-verschillen tussen kisten

In het 5 hoog x 8 diep tweelaagssysteem heeft de 2^{de} laag een veel kleiner debiet dan de eerste laag. Dit kan een factor 4 – 5 schelen. Ondanks dit verschil traden er gedurende een meetperiode van 19 dagen in RV en temperatuur geen verschillen op tussen de kisten van de verschillende lagen. Deze resultaten wijzen er op dat om temperatuurs- en RV-verschillen tussen kisten te minimaliseren een veel lagere circulatienorm dan 500 m³/uur per m³ bollen voldoende is.

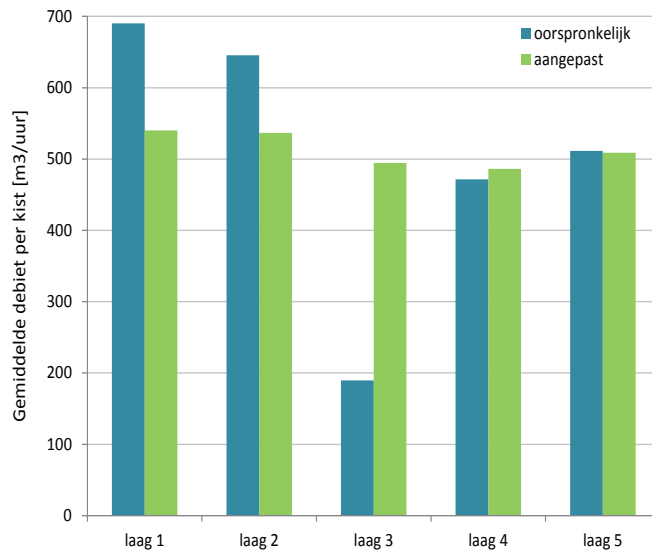


Controle bewaarcel

Zoals uit onderzoek is gebleken, functioneren veel bewaarcellen in de bollenteelt niet voldoende effectief in de bestrijding van mijten en tripsen. De oorzaak hiervan is dat veel cellen onvoldoende afgedicht zijn. Een goede gasdichtheid is noodzakelijk voor een goede werking van Actellic. Daarnaast maakt een goede luchtverdeling over de gestapelde kuubskisten in de cel het mogelijk de circulatie te verminderen en daarmee flink te besparen op de elektriciteitsrekening. Wageningen Plant Research biedt bedrijven nu de mogelijkheid deel te nemen aan dit onderzoek en hun bewaarcellen door te laten meten. Naast het directe voordeel voor het eigen bedrijf, levert dit ook een belangrijke bijdrage aan het energieonderzoek voor de gehele bloembollensector.

Een voorbeeld van een bedrijf dat een systeemwand heeft door laten meten is Gebr. Breg in Berkel en Rodenrijs, een tulpenbroeier.

Broeibollen worden hier bewaard in een éénlaags-systeem waarin de kuubskisten acht diep en vijf lagen hoog gestapeld zijn. In de oorspronkelijke situatie bleek uit de controle dat de gemiddelde hoeveelheid lucht per kist per laag varieerde tussen de 190 en 690 m³ per uur. Bij de gebruikelijke frequentieinstelling van de ventilator stroomde er met name door de middelste laag (3) (te) weinig lucht, wat zich uitte in kwaliteitsproblemen. Door de onderste laag kuubskisten (laag 1) ging juist zeer veel lucht, wat uitdroging kan veroorzaken.



Aanpassing van de bewaarwand door Wageningen Plant Research (o.a. met behulp van driehoekige latten) heeft geresulteerd in een veel gelijkmatigere luchtverdeling zonder dat de totale luchttopbrengst verminderde. De kisten in de 3^{de} laag krijgen nu gemiddeld bijna 500 m³/uur. Omdat dit veel meer dan nodig is kan zonder kwaliteitsverlies teruggevoerd worden naar 300 – 350 m³/uur. In dit geval wordt dan zeer veel energie bespaard (ruim 60%).

Ook de luchtverdeling van uw bewaarwand (één of tweelaagssysteem) verbeteren en een bijdrage leveren aan onderzoek dat belangrijk is voor de gehele sector? Bel of mail voor de mogelijkheden en kosten van de meting(en) op uw bedrijf met Jeroen Wildschut, Wageningen Plant Research, tel. 0252-462114 of jeroen.wildschut@wur.nl.

Frequentiegeregeld ventileren versus klepstand geregeld

In praktijknetwerk 'Knop om Klimaatcomputer' zijn bloembollentelers op zoek gegaan naar nieuwe instelmogelijkheden om de klimaatcomputer maximaal in te zetten voor energiebesparing bij de bewaring. De kwaliteit van het product staat hierbij voorop en wordt eventueel verbeterd door minder uitdroging.

In de standaard Sercom-configuratie wordt de hoeveelheid ventilatielucht voor de bewaarcel geregeld door de instelling van buitenklep. Daarbij staat de ventilatieventilator altijd op een vaste stand van 100%. Indien weinig buitenlucht nodig is, kost dit onnodig veel elektra. In de Sercom-configuratie is het ook mogelijk om met het buitenklepsignaal het toerental van de ventilatieventilator te laten regelen. Voor dit demonstratieproject is een knop aangebracht waardoor het toerental van ventilatieventilator traploos kan worden geregeld met een bereik van 0 tot 100%. Dit zorgt er dus voor dat de ventilatieventilator gaat reageren als een luchtklep met een bereik van 0 tot 100%. De buitenklep krijgt daarbij een vaste stand van 100%. Met andere woorden, de regeling van de ventilatieventilator en buitenklep zijn omgedraaid.



In zomer en najaar 2014 is een demonstratiecel vergeleken met een standaardcel. In de cellen worden hyacintebollen bewaard. In de tabel staan de klimaatinstellingen en metingen.

Standaard- versus demo-cel, bij gelijk bewaarklimaat (25 °C, RV 60%)	Standaard	Demo
gemiddelde klepstand	40%	100%
gemiddeld toerental	100%	40%
energieverbruik	1,66 kW	0,38 kW

Op dit bedrijf levert deze aanpassing een forse **elektrabesparing** op. De besparing is ruim 4000 euro over een periode van 10 weken bij 18 cellen. Deze manier van ventileren is niet

voor alle temperatuurbehandeling haalbaar.

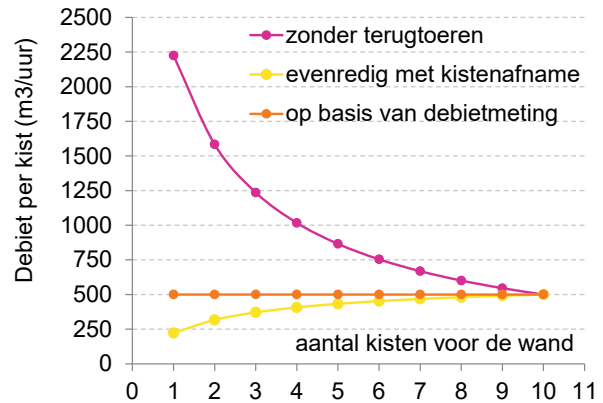
Een **belangrijk punt van aandacht** is dat deze manier van ventileren als nadeel heeft dat de overdruk in de cel kan wegvallen. Vaak is de klep van de uitgaande lucht gekoppeld aan de klep van de ingaande lucht. Dit gebeurt met een centrale motor, as en tandbeugels. Als het toerental van de ventilatieventilator afneemt terwijl de overdrukklep helemaal open staat,



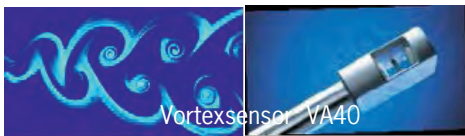
wordt de cellucht niet goed gemengd met de ventilatielucht. Hierdoor ontstaan temperatuurverschillen in de cel. Dit is niet gewenst. Om dit op te lossen, kunnen goedwerkende lamellen worden aangebracht. Dan ontstaat voldoende overdruk, wat zorgt voor een goede temperatuurverdeling. Zeker bij een kritisch proces als het prepareren van hyacinten is dit belangrijk. In de praktijk komt het erop neer dat dat bij een toerental van de ventilatieventilator van gemiddeld 40%, de opening van de overdrukklep op een klein kiertje moet staan.

Computergestuurde Circulatie: 1) mogelijke regelingen

Het circulatiedebiet wordt in de praktijk niet door de klimaatcomputer gestuurd, maar wordt handmatig via een frequentieregelaar of potmeter ingesteld. Door ook de circulatie via de frequentieregelaar met de klimaatcomputer te sturen kan door het 3^{de}-machtsverband tussen toerental en energieverbruik veel energie worden bespaard. Omdat dit bij alle bolgewassen toepasbaar is kan hiermee op sectorniveau dus heel veel energie bespaard worden.



Het breedst toepasbaar is een systeem waarmee met afstandsensoren het aantal kisten voor een circulatieventilator bepaald wordt en met luchtsnelheidssensoren tegelijkertijd het debiet van die ventilator. Wanneer door een grotere bolmaat, minder gevulde kisten of door het weghalen van kisten het gemiddelde debiet per kist toeneemt, kan het regelsysteem de ventilator automatisch terugtoeren zodat het debiet weer op een vooraf ingesteld niveau uit komt. Bij het bv. voor verwerking tijdelijk weghalen van 2 – 3 kolommen kisten wordt zo al ruim 50% op elektra bespaard. Met hetzelfde systeem kan, bandere gewassen dan tulp, ook de ventilatie van de bewaarcel aan het aantal kisten aangepast worden, zodat ook het ventilatiedebiet per kist constant blijft. Op gas wordt dan ook nog eens 20 – 30 % bespaard.



Luchtsnelheidssensoren gebaseerd op thermische geleiding, vortex en mogelijk ook de Pitotbuis zijn hiervoor het meest geschikt. Het eenvoudigste **kisten-telsysteem** is op basis van een afstandsensor. De

koppeling aan een digitaal administratief magazijnsysteem is hier een zeer interessant alternatief voor.

De verwachte investeringen voor computergestuurde circulatie zijn relatief laag en de mogelijke energiebesparingen zijn hoog. De terugverdientijden zijn naar verwachting kort (binnen enkele jaren).

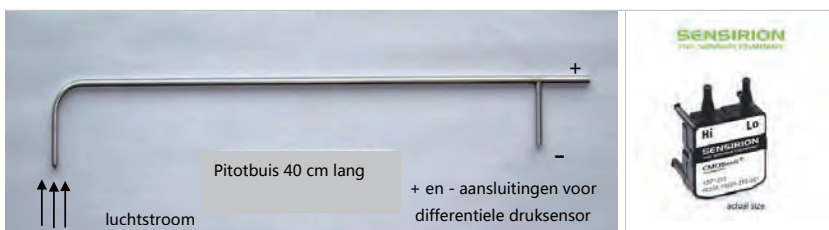


De hetedraadsensor



Sensor MW22

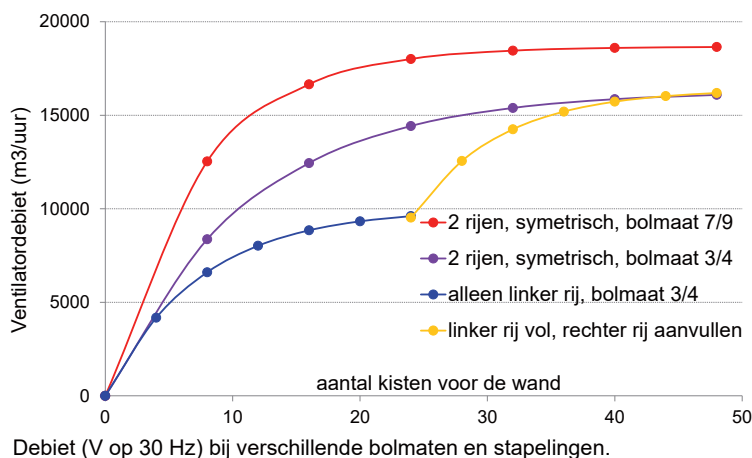
In de vervolgfase van dit project worden in samenwerking met telers en toeleverende industrie (van o.a. sensoren en klimaatcomputers) de meest belovende regelsystemen (= software + sensoren) ontwikkeld en getest en mogelijk aangepast. Hierbij wordt enerzijds aandacht besteed aan nauwkeurigheid, robuustheid, gevoeligheid voor o.a. stof en Actellic, onderhoud van de sensoren, etc., anderzijds aan de doeltreffendheid van de regeling.



Computergestuurde Circulatie: 2) testen in de praktijk

Van de verschillende mogelijke regelingen, gebaseerd op kistentelling en/of debietmeting, zijn er 2 uitgebreid getest. In samenwerking met Agratechniek BV heeft Automated4u een interface gecreëerd tussen de Bulb Store Manager en de ABC klimaatcomputer van Agratechniek BV. Hiermee is de regeling op basis van kistentelling via de BulbStoreManager *plus* de debietmeting getest.

Voor een systeem gebaseerd op uitsluitend **kistentelling** is door Automated4u een interface gecreëerd met de Sercom klimaatcomputer. Hiermee is al veel energie te besparen. De ventilator wordt dan teruggetoerd op basis van een formule. De simpelste formule regelt de ventilatorstand in procenten evenredig met het aantal kisten voor de wand. Nadelen van deze regeling zijn dat men niet weet hoeveel het debiet per kist is en dat als er weinig kisten voor de wand staan, en er sprake is van frequentie-geregelde ventilatoren begrensd op een minimum van 15 – 25 Hz, de kisten toch een overmaat aan lucht krijgen.



Debiet (V op 30 Hz) bij verschillende bolmaten en stapelingen.

Bij ventilatoren die tot bijna 0% teruggetoerd kunnen worden, is er dan echter het risico dat met de simpele formule juist te weinig lucht per kist wordt gegeven, omdat bij weinig kisten voor de wand de weerstand groter is en het totale debiet dus kleiner. Een terugtoerformule kan hiermee rekening houden, maar *niet* met het verschil in debiet tussen kisten met bolmaat 3/4 en bv. bolmaat 7/9, zie figuur.

Met systemen gestuurd op kistentelling plus **debietmeting** via luchtsnelheidssensoren in de ventilator wordt fors meer energie bespaard, vooral wanneer de eerste stapels weggehaald worden. Bij de gelijkstroomventilatoren, en bij frequentie-geregelde ventilatoren die *niet* begrensd zijn, wordt het debiet bij verschillende bolmaten en stapelingen constant gehouden en kan de energiebesparing tot boven de 90% oplopen.

De pitotbuis in de ventilatorring gecombineerd met een drukverschilmeter blijkt een goede sensor om de luchtsnelheid te bepalen en hieruit kan eenvoudig het debiet worden afgeleid.

Als beste systeem is aan te bevelen om de pitotbuis (plus differentiële drukmeter) te combineren met de gelijkstroomventilator, of met de niet-begrensd frequentie-geregelde ventilator. Dan wordt maximaal energie besparen gecombineerd met optimaal (dwz. niet te veel en niet te weinig) circuleren. Het gewenste gemiddelde debiet kan altijd nauwkeurig ingesteld en afgelezen worden.



Met alternatieve kuubskisten energie-efficiënter drogen en bewaren

1) In een half (1/2)-laagssysteem met de buizenkist

Naar een idee van Peter de Wit van het bloembollenbedrijf N.J.J. de Wit/Nord Lommerse is door Omnihout B.V. een alternatieve kuubskist gemaakt. Deze kisten met een open onderste palletbodem (kuubskisten voor een zogenaamd twee-laagssysteem) worden geplaatst voor een één-laags droogwand. Elke kist wordt zowel van onderen als van boven aangeblazen. Via de bollen wordt de lucht door de buizen opzij uitgeblazen.

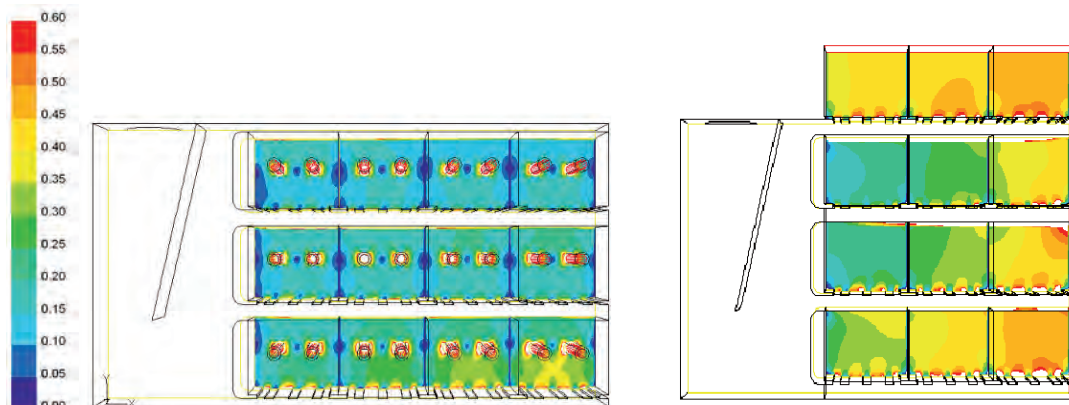


Met CFD-modellen is het ontwerp verbeterd en door Wageningen Plant Research/Delphy getest. Hierbij zijn de debieten per kist gemeten en is het droogproces met temperatuur- en RV-sensoren gevolgd.



De resultaten:

- De luchtverdeling over de kistenstapeling is gelijkmatiger dan bij gangbare kisten.
 - De opstartfase van het droogproces is korter omdat de door de drooglucht afgelegde weg door de bollen gehalveerd is. Per m³ wordt er meer vocht afgevoerd.
 - De weerstand is lager waardoor het debiet hoger is.
 - De kisten zijn daardoor 30% eerder sneldroog.
 - Hierdoor wordt 17 % op gas en 34% op elektra bespaard.
 - De financiële besparing bij het drogen is echter klein: €0,22 tot €0,31 per kist.
 - Door het kortere sneldroogproces is de kans op ziektes kleiner.
- Bij de bewaring kan door de lagere weerstand *en* de betere luchtverdeling ruim 50% op elektra worden bespaard. Dit kan tot €10,- per kist per seizoen opleveren.
 - Dit vereist een aanpassing aan de bovenkant van een 1-laagssysteemwand.



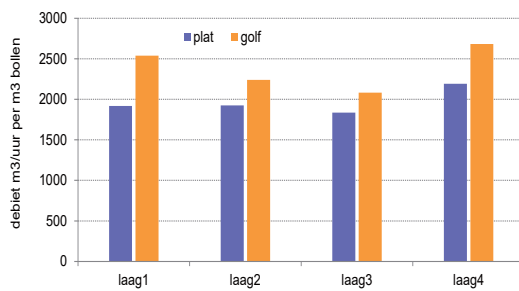
In deze figuren is met de kleurschaal van blauw via geel naar rood de snelheid in m/s weergegeven. De verschillen in luchtsnelheid bij de buizenkisten, het half-laagssysteem links, zijn kleiner dan bij het twee-laagssysteem.

2) Kuubskist met golfbodem

Bij de bewaring van bloembollen in kuubskisten wordt de luchtopbrengst van de ventilator in de systeemwand bepaald door het vermogen en de eigenschappen van de ventilator *en* door de totale weerstand die de luchtstroom ondervindt. Een onderdeel van die totale weerstand is de geperforeerde bodemplaat van de kuubskist.



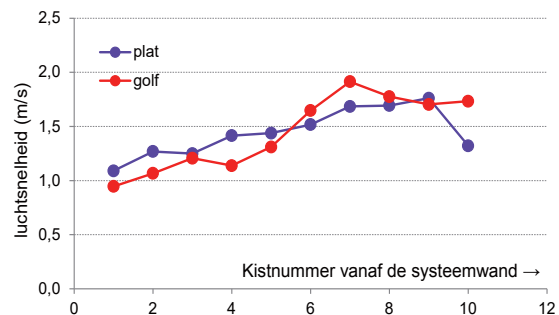
In het State-of-the-Art project deed in 2011 een bedrijf mee, Bloembollenkwekerij Gebr. Klaver, dat al sinds jaren een kuubskist in gebruik heeft waarvan de geperforeerde bodemplaat gegolfd is: de kist met de golfbodem. Het totale oppervlak aan perforaties (ronde gaatjes) is hierdoor groter en de 5 brede latten waar de bodemplaat op rust sluiten de perforaties niet af. De weerstand die door de bodemplaat veroorzaakt wordt, wordt hierdoor sterk verminderd.



Figuur 1: Verschil kist met platte- en met golfbodem.

De kist met de golfbodem gaf bij het sneldrogen (2 kisten diep x 4 hoog) gemiddeld 21% meer lucht dan de kisten met een platte bodem. In de minst beluchte laag (laag 3) gaf de kist met de golfbodem 13% meer lucht. Dit betekent dat de kisten met de golfbodem 3 – 5 uur eerder droog zijn (waarmee 13% op elektra bespaard wordt) *of* dat 13% teruggetoerd zou kunnen worden om daarmee op het zelfde tijdstip de bollen sneldroog te hebben, maar met 34% minder elektraverbruik.

Bij de circulatie in de bewaarcel is bij een stapeling van 10 kisten diep de spreiding in debiet over de kisten met een golfbodem gemiddeld iets groter, maar van dezelfde orde als bij gewone kisten. Deze spreiding neemt af wanneer er minder kisten voor de wand staan, omdat de weerstand dan toeneemt.



Figuur 2: Spreiding in uittredende luchtsnelheid

Worden er meer dan 6-7 kisten voor de wand gezet dan neemt het totale debiet per laag nauwelijks toe: de weerstand neemt dan dus nauwelijks af.

De luchtopbrengst bij bewaring in de kisten met de golfbodem is bij een stapeling van 9 diep slechts 3% hoger dan bij gewone kisten, maar bij 7 diep 5% hoger en bij 5 diep 10%. Dit betekent een energiebesparing bij de circulatie van respectievelijk 9, 16 en 26%.

Met de kist met de golfbodem wordt, afhankelijk van de situatie veel (16%) tot zeer veel (34%) energie bespaard, terwijl de luchtverdeling in de kist ook nog beter is.

Energiebesparing bij heetstook Hyacint

Ventilatie bij heetstook kost onnodig veel gas

Na vijf jaar praktijkproeven blijkt de oude norm van 160 m³ buitenlucht per m³ product veel te hoog. De noodzaak van deze hoge norm is nooit wetenschappelijk vastgesteld. Tot nu toe werd aangenomen dat veel buitenlucht nodig is voor voldoende zuurstof en om de RV laag te houden. Vermindering van de hoeveelheid buitenlucht heeft echter nauwelijks invloed op de RV en leidt ook niet tot een daling het percentage zuurstof.

De proeven zijn uitgevoerd met in totaal 500 m³ bollen, wat overeenkomt met ongeveer 20 hectare. De ventilatie werd terug gebracht van 160 naar 80 en 40 m³ buitenlucht per m³ product per uur. Er is getest in gaasbakken en kisten met zowel één- als tweelaagsbeluchting. In géén van de gevallen is er ooit sprake geweest van extra heetstookschade. Bij controle tijdens de heetstook werden geen afwijkingen aan de bollen waargenomen. Ook in de nateelt op het veld en in de broei zijn geen bijzonderheden gesignaleerd. Gebruikte cultivars waren o.a.: Delf Blue, Carnegie en Pink Pearl.

Belangrijke voorwaarden

- Laat altijd de klepstand doormeten
- Een goede luchtverdeling is uiterst belangrijk
- Beperk het openen van deuren tot een minimum



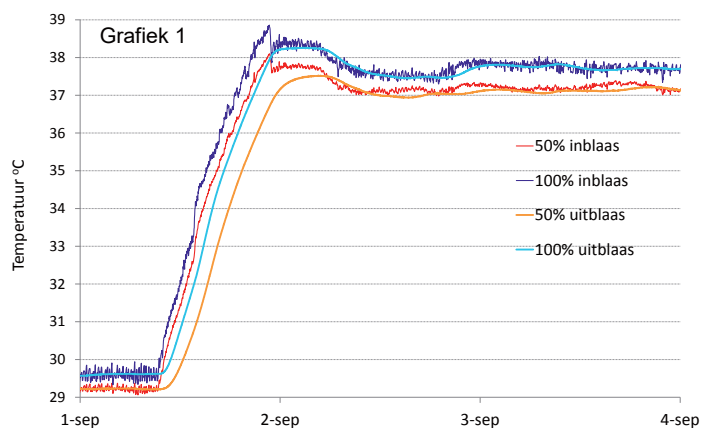
Ook circulatie kan minder

Er is tevens geëxperimenteerd met halvering van de luchtcirculatie. Tijdens de 4 weken 30°C en de 2 weken 38°C is de circulatie teruggebracht van de gebruikelijke 1000 m³ naar 500 m³ per m³ product per uur. Bij het opstoken en afkoelen en bij de 3 dagen 44°C is wel de norm van 1000 m³ gehandhaafd. Bij controle is geen schade geconstateerd.

Temperatuurmetingen in het demonstratieproject Hyacint E(nergie)-lijn

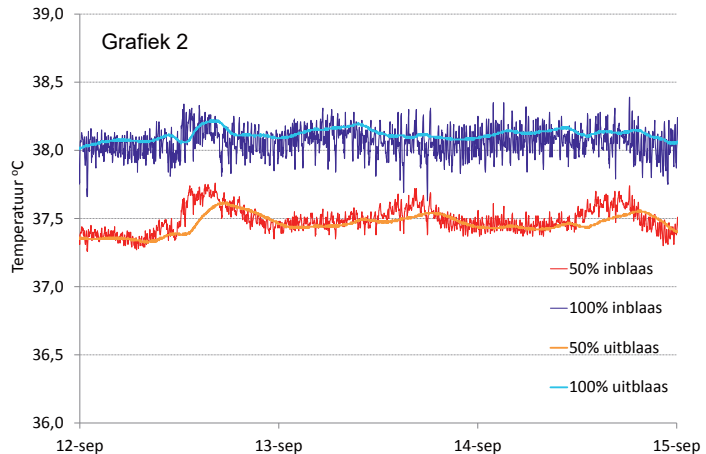
Op een proeflocatie zijn tijdens de heetstook temperatuurmetingen gedaan in een cel met 4 rijen palletkisten. In de middelste twee rijen van de cel zijn meerdere dataloggers geplaatst. De ventilator van rij 2 was op 50%-toeren gezet en die van de andere rijen op 100%-toeren. Uit de metingen kwamen opmerkelijke resultaten naar voren:

- Rij 2 bleek ± 0,5°C lager in temperatuur dan de overige 3 rijen die met 100% toeren gecirculeerd werden (zie grafiek 1). Dit verschil komt doordat de elektromotor van de ventilator bij 100% toeren veel meer warmte produceert en afgeeft dan de circulatieventilator op 50%-

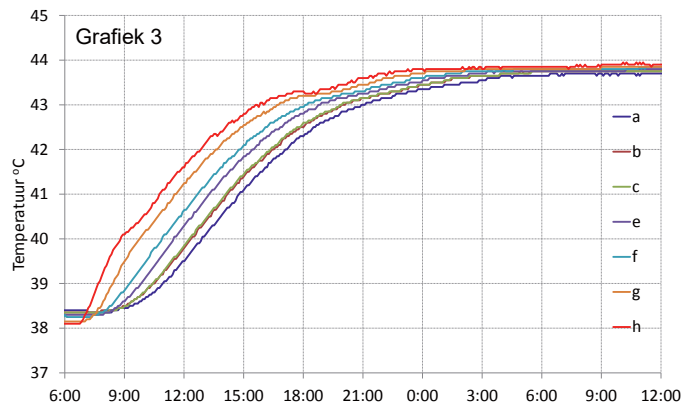


toeren. Het is daarom belangrijk dat alle systeemventilatoren in de cel op hetzelfde toerental staan afgesteld om temperatuurverschillen te voorkomen.

- De temperatuur van de lucht, die in het onderste kanaal over de betonvloer gaat is een fractie lager. Dit betekent dat bij 1-laagsbelichting de onderste laag kisten in temperatuur achterblijft en daarmee waarschijnlijk ook de bacteriebestrijding. Vloerisolatie kan dit effect wat beperken, maar er treedt toch warmteverlies op aan het beton. Bij een 2-laagssysteem is dit effect minder.
- De opwarmtijd in de cel van 30°C naar 38°C duurt ongeveer 12 uur. Tijdens de heetstookperiode is er een opwarmfase (grafiek 1) en een evenwichtsfase (grafiek 2). In de grafiek van de opwarmfase valt op dat deze periode bij 50%-toeren ca. 2,5 uur langer duurt dan bij 100%.
- Als de evenwichtsfase na een tijdje bereikt is, valt op dat er bijna geen verschil meer is tussen de inblaastemperatuur en de uitblaastemperatuur.



Op een andere proeflocatie zijn tijdens de heetstook in een palletkist 7 temperatuurvoelers van boven naar beneden geplaatst. Hierbij is te zien dat de opwarmfase van de bovenste



laag 15 uur duurt, onderin de kist zijn de bollen pas 3 uur later op temperatuur (grafiek 3).

Conclusie circulatie

Op basis van de metingen adviseert Delphy om tijdens de bewaring en de heetstookbehandeling bij de 30°C en 38°C periode 500 m³ lucht per uur per m³ product te circuleren in plaats van de 750-1000 m³ lucht per m³ product wat voorheen werd geadviseerd. Door de langere opwarmtijd,

zoals in grafiek 3 zichtbaar is, en verschillen in circulatielucht per palletkist, is het advies voornamelijk om tijdens de 44°C periode het product met 750-1000 m³ lucht per uur per m³ product te circuleren.

Energiebesparing

Bij het huidige advies van 160 m³ buitenlucht per m³ bollen per uur bedraagt het gasverbruik ongeveer 4100 m³ per ha. Door deze terug te brengen naar 80 m³ daalt het gasverbruik naar circa 2300 m³ per hectare. Bij 40 m³ buitenlucht daalt het verbruik zelfs naar circa 1200 m³. Dit geeft een besparing van respectievelijk 45% en 70%, overeenkomend met 1800 m³ en 2900 m³ gas. Naast besparing op het gasverbruik bij het ventileren, is er bij halvering van de circulatie ook flink te besparen op het stroomverbruik.



Bewaren lelieplantgoed: niet teveel circuleren

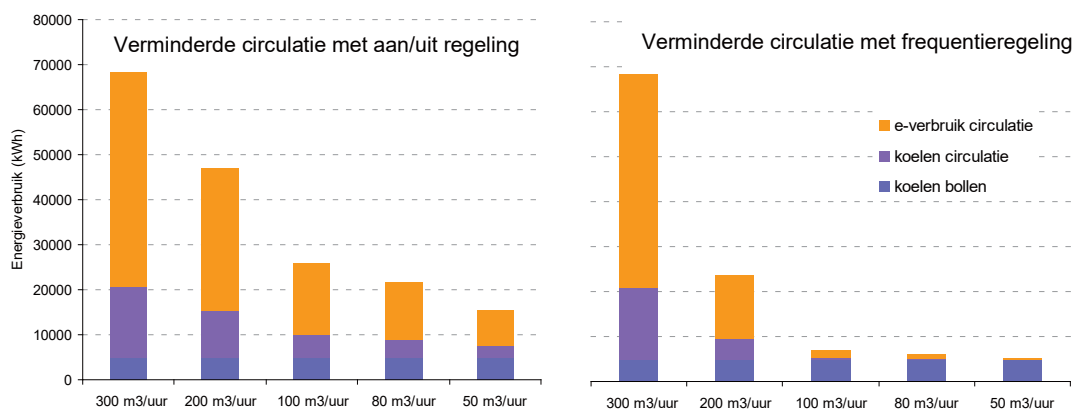
De veruit belangrijkste energiepost bij de teelt van lelies is het elektraverbruik voor koeling en circulatie tijdens de bewaring van november t/m april. Lelieplantgoed wordt bewaard in palletkisten bij een temperatuur van 2 - 4 °C in de eerste weken na het rooien tot gemiddeld -0.5 °C in de laatste maanden. De circulatieluchthoeveelheden variëren in de praktijk tussen de 50 en 300 m³ lucht per m³ bollen per uur. Voor de ventilatie wordt door sommige telers een klein PVC-pijpje in de buurt van de verdamper aangebracht, terwijl andere telers dit oplossen door af en toe de deur even open te doen.

Delphy en Wageningen Plant Research hebben in 2009 op praktijkbedrijven onderzocht in hoeverre het klimaat in de cel en tussen de bollen beïnvloed wordt als de circulatielucht wordt verminderd van 300 naar 50 m³ lucht per m³ bollen per uur met behulp van een aan/uit-regeling. Ook werd het effect van de hierboven geschetste ventilatieregelingen op het CO₂-niveau in de cel en tussen de bollen bestudeerd.



De belangrijkste resultaten uit het onderzoek:

- **Circulatie:** 50 m³ lucht per m³ bollen per uur is voldoende als de bollen in rust zijn
- Meer lucht is niet nodig en geeft ongewenste warmte van de ventilatoren
- Gebruik frequentieregelaars. Dat bespaart 50 – 70% t.o.v. aan/uit !
- **Ventilatie:** af en toe de deur even open of een PVC-pijpje is voldoende
- Voor aanvoer van zuurstof en afvoer van CO₂ is 1 m³ lucht per m³ bollen per uur voldoende



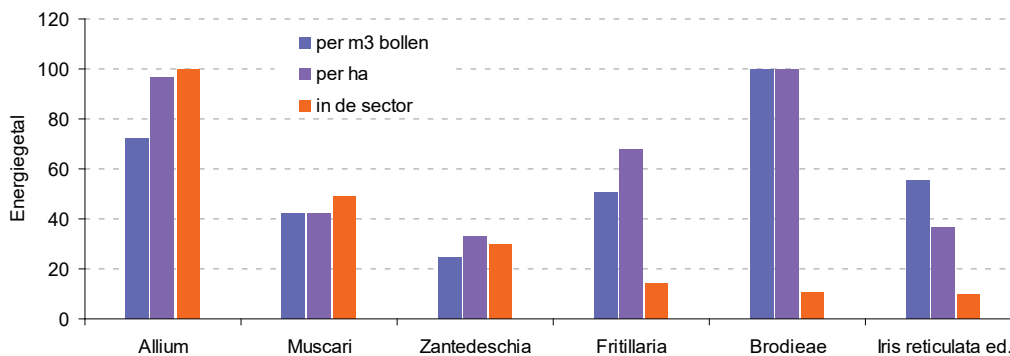
Figuur 6: Energieverbruik voor circulatie en terugkoelen.

Groep van bijzondere bolgewassen grootverbruiker van energie. Op ventilatie kan fors bespaard worden.

De 5 bijzondere bolgewassen met het hoogste energieverbruik op sectorniveau zijn Allium, Muscari, Zantedeschia, Fritillaria en Brodiaea. Uit een inventarisatie onder 19 telers van bijzondere bolgewassen blijkt dat het gasverbruik tijdens de bewaring (het gasverbruik in m^3 gas/ m^3 bollen) fors hoger is dan voor tulp. Dat is bijzonder omdat bij tulp zoveel geventileerd moet worden vanwege het ethyleenprobleem, terwijl de bijzondere bolgewassen geen ethyleenprobleem hebben. De oorzaken van het hogere energieverbruik zijn een hoger ventilatiedebiet en in het geval van Zantedeschia ook een langere bewaarduur en een grotere gemiddelde ΔT (het verschil tussen de temperatuur in de cel en in de buitenlucht). Fritillaria en Allium hebben lagere opbrengsten (m^3 bollen/ha) dan tulp. Daardoor komt het gasverbruik/ha uit in dezelfde orde als bij tulp. Muscari en vooral Zantedeschia hebben per hectare hogere opbrengsten dan Allium en Fritillaria en daardoor ook per hectare een fors hoger gasverbruik dan tulp.



Ook de spreiding rond het gemiddelde ventilatiedebiet blijkt erg hoog: 46% bij Fritillaria tot wel 60% bij Muscari. Dit geeft aan dat sommige telers al met een fors lager dan gemiddeld debiet ventileren. Ook bleek dat op bedrijven waar al in de tachtiger jaren van de vorige eeuw (toen de gasprijs nog erg laag was) met de teelt is begonnen is, het gasverbruik het hoogst is. Dit zijn aanwijzingen dat het gasverbruik bij bewaren het eenvoudigst te verminderen is door het ventilatiedebiet te verlagen. Een energiebesparing van 20 – 40% is dan snel mogelijk.



Figuur: Energiegetallen (schaal 0 - 100) van de energetisch 6 belangrijkste bijz. bolgewassen.

Ventilatie sturen op CO₂ kost alleen maar extra energie

Hoe hoog het CO₂-gehalte in de bewaarcel op mag lopen zonder bij de bollen schade aan te richten, was voor geen enkel bolgewas precies bekend. Oud onderzoek bij tulp gaf aan dat de schadedrempel waarschijnlijk boven de 15.000 ppm ligt.

In de praktijk wordt de ventilatie op veel bedrijven gestuurd op basis van het gemeten CO₂-gehalte in de bewaarcel. Hierbij worden CO₂-schadedrempels gehanteerd uiteenlopend van 750 ppm tot 6000 ppm. Hierdoor wordt in veel gevallen onnodig veel geventileerd en kan er dus veel op energie bespaard worden wanneer de juiste CO₂-schadedrempels bekend zijn.

Om dit na te gaan zijn van de voorjaarsbloeiers *tulp*, *narcis (Tête-à-Tête)*, *hyacint*, *krokus*, *iris*, *muscari*, *allium*, *scilla*, *iris reticulata* en *chionodoxa* bollen 2 maanden bewaard bij 385, 5000, 15.000 en 30.000 ppm CO₂, waarna deze zijn gebroeid en/of op het proefveld geplant en bij oogst geteld en gewogen.



Broei en teelt van bij 4 CO₂-gehaltenes bewaarde bollen (proef in 4 herhalingen)

Uit de analyses van de data kan geconcludeerd worden dat de schadedrempel voor CO₂ voor de meeste gewassen erg hoog ligt: boven de 30.000 ppm voor narcis (Tête-à-Tête), krokus, iris leverbaar, iris reticulata scilla en chionodoxa.

Voor tulp, muscari en allium ligt de schadedrempel tussen de 15.000 en 30.000 ppm. Hierbij werd bij de broei van tulp mogelijk lichte uitval veroorzaakt, en bij muscari en allium een lager geogst aantal bollen per m².

Tabel: CO₂-gehaltenes waarbij effecten optreden.

bolgewas	cultivar		gewichts verlies	opbrengst	
				bolgewicht	aantal/m ²
Tulp	Banja Luka	veld	15.000	-	-
		broei	-	-	30.000*
Narcis	tête-à-tête		-	-	-
Hyacint	Pink Pearl	veld	15.000	15.000	-
		broei	-	-	30.000**
Krokus	Flower Record		-	-	-
Iris	Blue Magic	veld	5.000	-	15.000
		broei	-	-	-
Muscari	armeniicum	veld	-	-	30.000
Allium	Purple Sensation	veld	30.000	-	30.000
Iris reticulata	Harmony	veld	-	-	-
Scilla siberica		veld	15.000	-	-
Chionodoxa luciliaea		veld	-	-	-

* mogelijk uitval

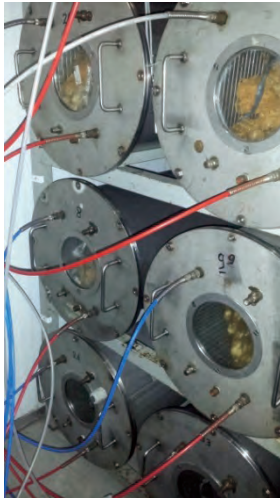
** mogelijk kwaliteitsverlies (stronagels)

Voor plantgoed van hyacint en iris ligt de schadedrempel tussen 5.000 en 15.000. Boven de schadedrempel wordt bij hyacint het bolgewicht verminderd en bij iris het aantal gezonde bollen per m².

De hoeveelheid ventilatie en circulatie die nodig is om het CO₂-gehalte onder de 5000 ppm te houden is zelfs bij een erg hoge ademhaling van 40 ml/kg/uur erg klein: niet meer dan respectievelijk 6 m³/uur en 100 m³/uur. Door de warmte die bij deze hoge ademhaling vrijkomt loopt de temperatuur van de bollen na enkele dagen echter veel te hoog op en moet om die reden meer geventileerd en vooral meer gecirculeerd worden.

Kortom: de schadedrempels voor CO₂ liggen bij de voorjaarsbloeiers *tulp*, *narcis* (*Tête-à-Tête*), *hyacint*, *krokus*, *iris*, *muscari*, *allium*, *scilla*, *iris reticulata* en *chionodoxa* zo hoog dat wanneer het verschil tussen de minst en de meest beluchte kist niet groter is dan 40% rond het gemiddelde, tussen de bollen deze CO₂-gehalten in de praktijk niet voorkomen.

Onderzoek uit 2014-2015 liet zien dat de **CO₂-schadedrempel voor lelieplantgoed boven de 15.000 ppm ligt.**



Plantgoed van leliecultivars wordt bij 0 tot 2 °C bewaard bij een hoge RV (90 – 95%). Op veel bedrijven wordt de ventilatie gestuurd op basis van het gemeten CO₂-gehalte in de bewaarcel. Hierbij worden CO₂-setpoints (schadedrempels) genoemd uiteenlopend van 1000 ppm tot 6000 ppm.

Plantgoed van de cultivars White Heaven, Extravaganza en Original Love is van december 2014 tot april 2015 in 4 herhalingen bij 4 CO₂-niveaus bij 0 tot 1 °C bewaard in 16 geconditioneerde tanks (zie foto). De gerealiseerde CO₂-niveaus waren (afgerond) 470, 2800, 6400 en 15.000 ppm.

Voor en na de bewaring is de ademhaling gemeten. April 2015 zijn de bollen per behandeling geteld, gewogen en opgeplant. Oktober 2015 zijn de bollen geoogst, verwerkt, gesorteerd naar bolmaat, geteld en gewogen.

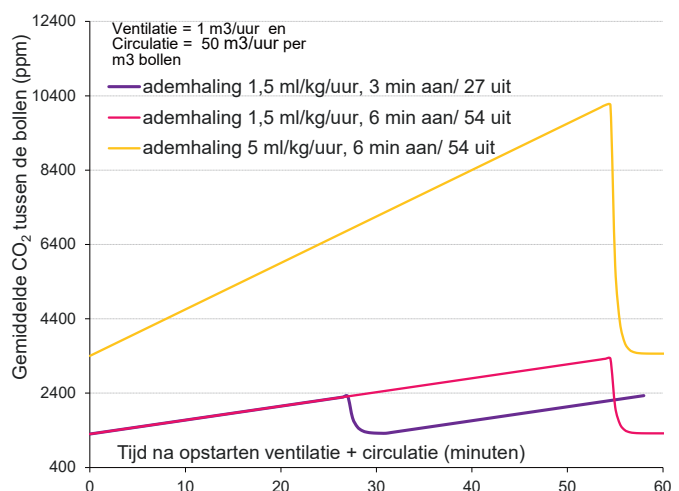
De resultaten van dit onderzoek laten zien:

- Bij 0,5 °C is de ademhaling aan het begin van de bewaarperiode 2,7 ml CO₂/kg/uur en aan het eind afgenomen tot 1,5 ml.
- Tussen bollen die bewaard zijn bij de verschillende CO₂-concentraties is geen verschil in ademhaling.
- CO₂-concentraties tot 15.000 ppm tijdens de bewaring van lelieplantgoed hebben geen effect op de kwaliteit en de opbrengst: veldopbrengsten van het plantgoed worden op geen enkele wijze nadelig beïnvloed door maandenlange bewaring onder deze hoge CO₂-concentraties.
- De eventuele CO₂-schadedrempel bevindt zich dus *boven* de 15.000 ppm.

Doorrekening op basis van deze bevindingen laat zien dat bij een ademhaling van 1,5 ml CO₂/kg/uur, een gemiddelde celventilatie van 1 m³/uur per m³ bollen en een permanente circulatie van 50 m³/uur de CO₂-concentratie tussen de bollen in de palletkisten oploopt naar ± 1300 ppm.

Bij eenzelfde circulatiehoeveelheid gerealiseerd met een aan/uit ritme van b.v. 3 om 27 minuten loopt de CO₂-concentratie tussen de bollen veel hoger op, nl. tot 2400 ppm, ver onder de schadedrempel van ergens boven de 15.000 ppm.

Bij een ademhaling van 1,5 ml CO₂/kg/uur kan een CO₂-concentratie > 15.000 ppm in de cellucht alleen ontstaan als in plaats van gemiddeld met 1 m³ (=1000 liter)/uur



Figuur: Toename CO₂ concentratie in de kist

met 60 liter/uur per m³ bollen geventileerd wordt. Tussen de bollen kan bij deze ademhaling een CO₂-concentratie > 15.000 ppm alleen ontstaan als de circulatieventilator minstens 6 uur uit staat (en er geen diffusie van CO₂ naar buiten de kist plaatsvindt).

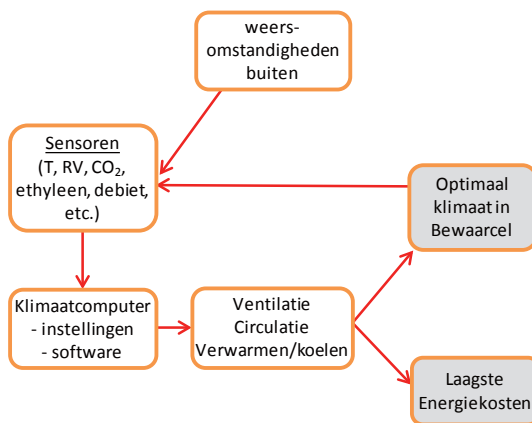
Het is gezien deze resultaten zinloos om de celventilatie te sturen op basis van een CO₂-setpoint tussen de 1000 en 6000 ppm. Dit kost energie en lost geen enkel probleem op. Ventileren met 1 m³/uur per m³ bollen is ruim voldoende om bij een temperatuur van 0,5 °C de CO₂-concentratie ver onder de 15.000 ppm te houden. Belangrijker is het om bij de circulatie de lucht zo gelijkmatig mogelijk over de kisten te verdelen, zodat de circulatieventilatoren zo laag mogelijk ingesteld kunnen worden.

DemonstratieModel Bewaring

Ventilatie en circulatie bij het bewaren van bloembollen hebben als functie om ethyleen (alleen bij tulpenbollen), CO₂, water(damp) en soms ook warmte af te voeren, zodat bewaarcondities optimaal zijn en hiermee de kwaliteit van de bollen hoog. Voldoende circulatie is daarnaast van belang om eventuele verschillen in bewaarcondities tussen de

kisten voor de systeemwand te minimaliseren.

Om te laten zien wat er nu precies in een bewaarcel gebeurt is een rekenmodel ontwikkeld waarmee op basis van omstandigheden en van instellingen het bewaarklimaat wordt berekend. Het bewaarklimaat wordt gekarakteriseerd door het ethyleengehalte, het CO₂-gehalte, de RV en de temperatuur. Deze worden berekend op verschillende niveaus: gemiddeld in de cellucht, gemiddeld tussen de bollen en gemiddeld in de meest en in de minst beluchte kuubkist.



De omstandigheden betreffen het percentage zure bollen, de ademhaling, de uitdrogingsnelheid, en de temperatuur en RV van de buitenlucht. De instellingen betreffen de ventilatie- en de circulatiehoeveelheid, de spreiding hierin en de bewaar temperatuur. Het model rekent ook de bijbehorende energiekosten uit.

Door eerst de omstandigheden te definiëren en vervolgens de instellingen te kiezen, kan de gebruiker zien in welk bewaarklimaat dit resulteert. Door dit resultaat met de schadedrempels te vergelijken kan worden besloten iets aan de instellingen te veranderen om een beter resultaat te krijgen. Op deze wijze kan een reeks scenario's worden doorgerekend waarbij gezocht kan worden naar het voor de productkwaliteit meest gunstige bewaarklimaat. Het model rekent ook de energiekosten uit zodat ook gezocht kan worden naar de goedkoopste instellingen om het voor de productkwaliteit meest gunstige bewaarklimaat te realiseren.

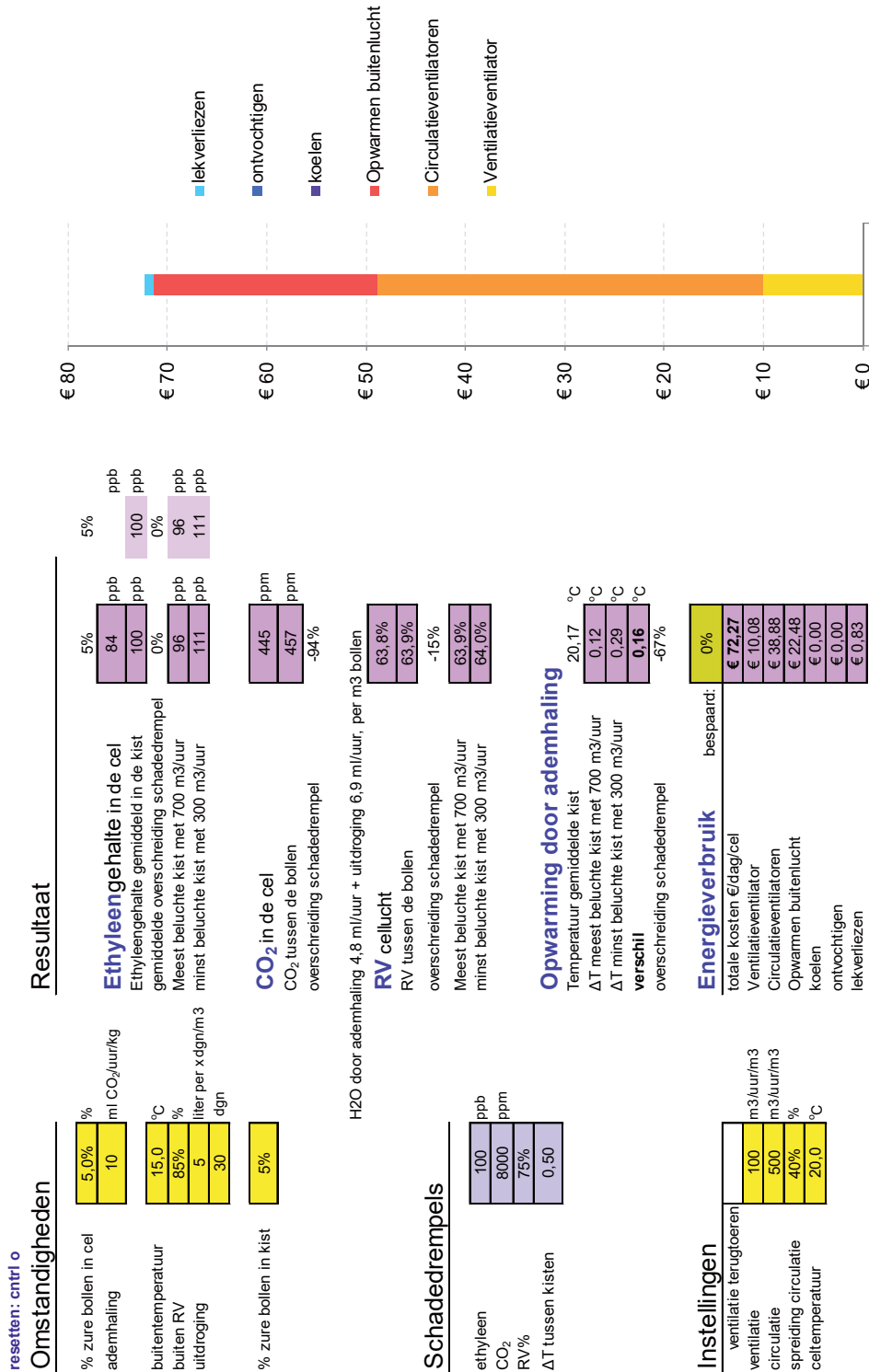
Met het BewaarModel kan o.a. worden gedemonstreerd dat:

- Als het percentage zure bollen laag is (b.v. 1%), en de ventilatie uitsluitend op ethyleen gestuurd wordt, er in veel gevallen onvoldoende warmte wordt afgevoerd. Er zou dan gekoeld moeten worden. Iets meer ventileren is dan een veel goedkopere oplossing.
- Als bijvoorbeeld het temperatuurverschil tussen de minst en de meest beluchte kist teveel op loopt, dat het verbeteren van de luchtverdeling over de kisten een veel goedkopere oplossing is dan weer extra gaan circuleren.
- Wanneer de weersomstandigheden (bij oplopende buitentemperatuur plus hoge RV) er toe leiden dat de RV in de cel te hoog wordt, het tijdelijk laten oplopen van de celtemperatuur een veel goedkopere oplossing is om de RV te verlagen dan het actief ontvochtigen.



- Indien de ademhaling erg hoog is (net na het pellen), terwijl het percentage zure bollen laag is, of bij het nadrogen, er in sommige gevallen toch maximaal geventileerd moet worden om al het water af te voeren. Ook dit is veel goedkoper dan actief ontvochtigen.
- Als de ademhaling extreem hoog is, en ventilatie en circulatie extreem laag, dat zelfs dan het CO₂-gehalte ruim onder een schadedrempel van b.v. 8000 ppm (0,8%) blijft.

Het "startscenario" op de invoerpagina van het BewaarModel voor een cel met 324 m3 bollen:



Schadedrempels

ethyleen	100 ppb
CO ₂	8000 ppm
RV/%	75%
ΔT tussen kisten	0,50

Instellingen

ventilatie terugtoeren	100 m ³ /uur/m ³
ventilatie	500 m ³ /uur/m ³
circulatie	40%
spread circulatie	20,0 °C
celtemperatuur	

Resultaat (kosten)

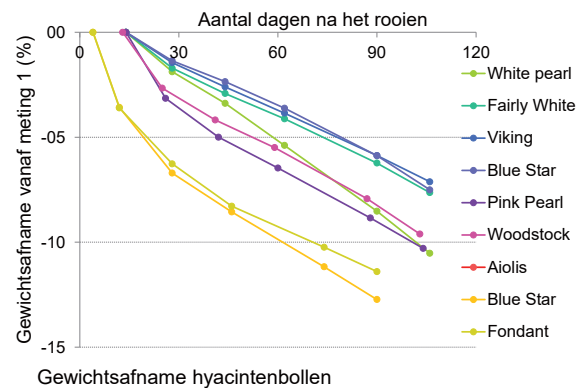
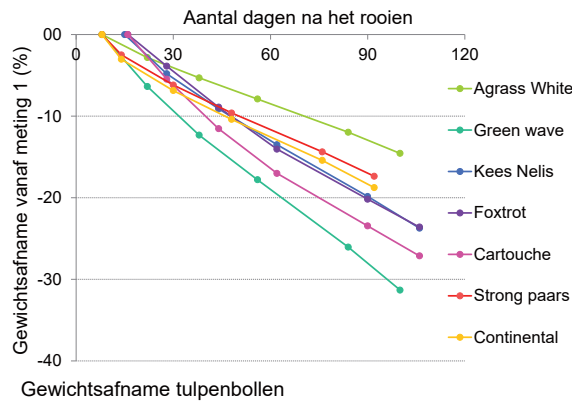
lekverliezen	€ 0,83
ontvochtigen	€ 0,00
koelen	€ 0,00
Opwarmen buitenlucht	€ 22,48
Circulatieventilatoren	€ 38,88
Ventilatieventilator	€ 10,08
totale kosten €/dag/cel	€ 72,27
bespaard:	0%

Het rekenmodel kan toegepast worden op: <https://Sites.wur.nl/sites/BewaarModel>



In het startscenario van het BewaarModel wordt uitgegaan van een **uitdroging** van 5 liter per m3 bollen per 30 dagen: dat is 1,2 liter per week. Onderzoek in 2014/2015 naar de uitdroging van bloembollen op 4 praktijkbedrijven en in klimaatkasten bij PPO in Lisse met 8 tulpecultivars en 9 cultivars van hyacint liet zien dat:

- Het gewichtsverlies bij de bewaring van tulpenbollen (na de snel- en nadroogfase) constant is en kan oplopen tot 9,5 liter/week per m3 bollen.
- Hiervan 14% gewichtsverlies is door verademing van droge stof, de rest is door uitdroging.
- Bij hyacintenbollen het gewichtsverlies tijdens de bewaring ook constant is, en kan oplopen tot 5,3 liter/week.



De uitdroging tijdens het bewaren is dus fors hoger dan waarvan is uitgegaan in het startscenario. Uit het doorrekenen van de consequenties van deze bevindingen met het BewaarModel volgt:

- Bij een hogere verdamping moet iets meer geventileerd worden om een te hoge RV tussen de bollen te voorkomen.
- Loopt daarnaast de buitentemperatuur op, dan is het instellen van een hogere celtemperatuur een energetisch duurdere oplossing dan het laten oplopen van de RV, maar beter voor de bolkwaliteit.
- Wanneer de verdamping hoger is loopt het maximale temperatuurverschil tussen de minst en de meest beluchte kist *minder* op (verdamping koelt af, ademhaling verwarmt). De circulatie kan daardoor in voorkomende gevallen meer worden terugtoerd.

In het start scenario van het BewaarModel wordt er ook van uitgegaan dat het **maximale temperatuurverschil** tussen de minst en de meest beluchte kist $\pm 0,5$ °C zou mogen zijn, dit op basis van "intuïtie" (van telers en gewasspecialisten PPO).

4 cultivars tulpenbollen (Leen vd Mark, Dynasty, Debutante en Royal Virgin) werden tussen 1 december en 8 januari bij 2 °C bewaard en tussen 8 januari en 17 februari bij 0,7 °C, 1,6 °C, 2,7 °C en 3,6 °C, en vervolgens gebroeid bij 16 °C. Bij de oogst werden plantgewicht, plantlengte en oogstdatum bepaald. Resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel.

		Temperatuurbehandeling				Std Error
		0,5 °C	1,5 °C	2,5 °C	3,5 °C	
Plantlengte	cm	42,6	42,6	42,2	43,0	1,1
Plantgewicht	g	31,4	31,5	30,4	31,3	2,2
Oogstdatum	dgn	16,5	16,6	16,5	16,3	0,3

De verschillen tussen de temperatuurbehandelingen zijn te klein zijn om enige betekenis te hebben.

- Door bij tulpen bij zowel de warme als bij de koude bewaring een hoger maximaal temperatuurverschil tussen de minst en de meest beluchte kist toe te staan kan met minder toeren worden gecirculeerd en kan meer energie worden bespaard.
- Bij de heetstook van hyacint is het verbeteren van de luchtverdeling over de kisten echter de beste optie om minder te circuleren en meer energie te besparen.



BROEIERIJ

Energiebesparing bij de broeierij van bolbloemen door temperatuurintegratie

Bolbloemen worden bij een constante etmaaltemperatuur gebroeid. Temperatuurintegratie (TI) wil zeggen dat bepaalde gewassen flinke schommelingen rond een bepaalde gemiddelde kastemperatuur kunnen verdragen zonder kwaliteitsverlies. Hiervan kan gebruik gemaakt worden door de kastemperatuur wat op te laten lopen als de zon schijnt en de temperatuur iets te laten zakken als er minder instraling is (bv 's nachts). De periode van lagere temperatuur in de nacht bespaart veel stookenergie. In de glastuinbouw is de afgelopen jaren volop geëxperimenteerd met TI als energiebesparingsinstrument.

Bolbloemen kunnen een temperatuurstijging overdag van 4 graden boven de gemiddelde etmaaltemperatuur prima verdragen als deze stijging 's nachts gecompenseerd wordt door een daling van 4 graden onder de gemiddelde temperatuur. De lagere nachttemperatuur is vooral verantwoordelijk voor de energiebesparing. In 3 jaar onderzoek is vastgesteld dat temperatuurintegratie goed toegepast kan worden in de broeierij van tulp, narcis en hyacint.

Haal meer uit uw kas! Minder energie per bos door meer-lagen-broei

De voordelen van meerlagenbroei:

- Hogere benuttingsgraad kas (tot 300-400%?)
- Hogere energie-efficiëntie (40 à 50% minder energie per bos)
- Lagere kostprijs
- Productie-uitbreiding zonder uitbreiding kasoppervlak

Minimale lichtbehoefte bolbloemen

Tulp, hyacint en narcis zijn bij uitstek geschikt voor meerlagenbroei door de grote hoeveelheden koolhydraten in de bol. Deze gewassen hebben daardoor geen groeilicht (fotosyntheselicht) nodig. Wel is (stuur)licht nodig om rechtop te blijven en om op kleur te komen. Enkele conclusies uit het onderzoek naar de minimale lichtbehoefte van tulp waren:

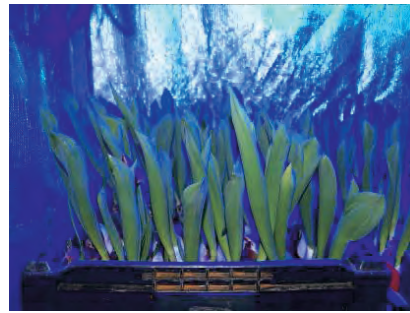
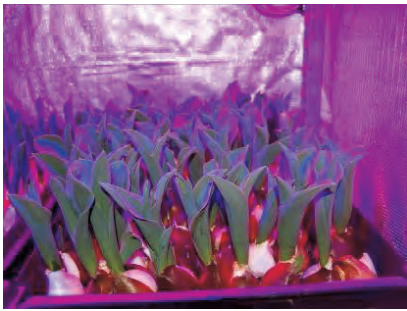


cv Cheers, Links 30 μmol Blauwe LED
Rechts 30 μmol Rode LED



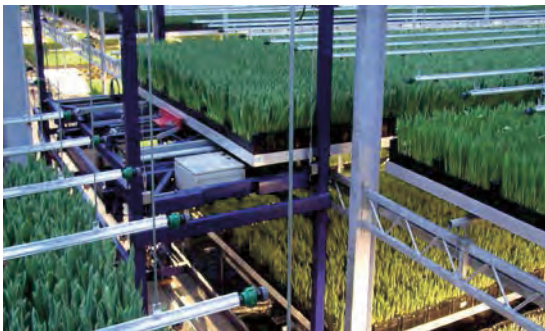
cv Cilesta, Links 30 μmol Blauwe LED
Rechts 30 μmol Rode LED

- De eerste 30% van de normale 2-4 weken groei in de kas hebben tulpen geen licht nodig.
- Langer in het donker leidt tot kromme stelen, maar niet tot kortere of lichtere tulpen.
- Door 1 minuut/half uur met 1 TL-lamp/m² te belichten blijven de tulpen langer rechtop.
- Onder continue blauw LED-licht worden de tulpen langer dan onder rood.
- Onder rood LED-licht spreidt de spruit veel eerder.
- Hierin is geen verschil bij 30, 15 of 10 $\mu\text{mol/s/m}^2$.



Resultaten van het project 'Meerlagenteelt in de praktijk'

Doel van dit project is: het versneld ontwikkelen en implementeren van MLT-systemen op water waardoor in de bolbloemensector op middellange termijn het energieverbruik voor de broeierij drastisch afneemt, de arbeidsomstandigheden verbeteren en er geen/minder emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen plaatsvindt. Gecombineerd met duurzame energiemaatregelen wordt het broeien op lange termijn energieneutraal.



In broeiseizoen 2009/2010 deden 4 bedrijven mee aan dit project. Met de op de bedrijven toegepaste lichtregimes werden kwalitatief goede tulpen afgebroeid. Er is daarom gestart met het in kaart brengen van het kasklimaat. Hiertoe zijn met draadloze sensoren op verschillende hoogtes t.o.v. de teeltlagen de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (RV) gedurende 3-6 weken gelogd. Deze data zijn geanalyseerd en op het bedrijf besproken en waar nodig zijn verbeteringen voorgesteld en uitgewerkt.

Samenvattende conclusies uit dit onderzoek:

- Uit de energie- en productiecijfers bleek het energieverbruik bij meerlagenbroei 40% lager
- Het kasklimaat kan voldoende gecontroleerd worden om zweters & kiepers te voorkomen
- De mogelijkheden van LED verlichting worden nog niet voldoende benut
- Er bestaat een grote variatie in het realiseren van meerlagenteelt

In het 2^{de} jaar van dit project, broeiseizoen 2010/2011:

- Is het aantal deelnemende bedrijven uitgebreid naar 7
- Zijn o.a. LED-lampen bij verschillende cultivars getest.
- Is het kasklimaat (temperatuur, RV, en PARlicht) doorgemeten
- het energieverbruik per bos bepaald
- zijn concepten van broei in meerlagen ontwikkeld (broeierij van de toekomst)

Van het testen van o.a. **LED-lampen** (beschikbaar gesteld door Lemnis lighting) zijn met de webcam filmpjes gemonteerd waarop de groei van tulpen onder verschillende lichtbronnen gevolgd kan worden.

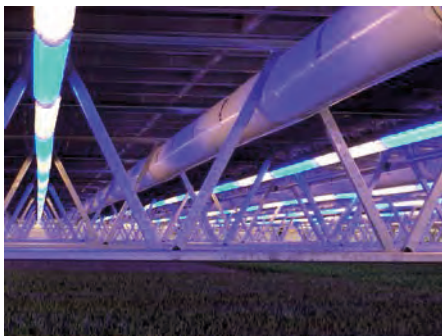


Stills: Tulpen in een proefopstelling op Bedrijf 6 onder witte TL, blauwe TL en onder rode en blauwe LED's. De rode LED's hingen aan de kant van de webcam, de blauwe aan het andere eind. De tulpen in het midden stonden onder een rood/blauw mengsel.

Deze filmpjes kunnen op de website www.meerlagenteeltindepraktijk.wur.nl worden bekeken. Verder worden daar de laatste resultaten van het aan meerlagenteelt gerelateerd onderzoek bijgehouden en vind u informatie over verschillende aspecten als mechanisch ontvochtigen, LED-belichting en energiebesparing. Conclusies uit het lichtonderzoek:

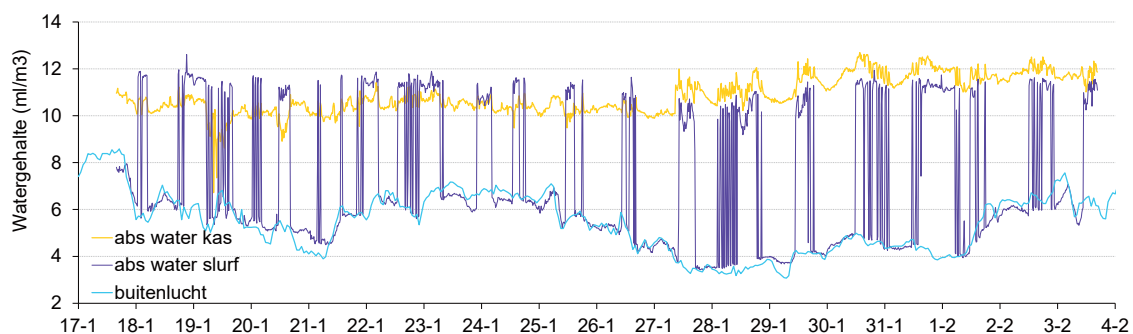


- Forsere groei onder blauwe LED's (ook onder blauwe TL)
- Lichtere tulpen onder rode LED's en onder de kwik lamp
- Vroeg spreiden onder rode LED's is sterk cultivar afhankelijk



Foto's: Belichting in de praktijk. Links: witte TL-lampen afgewisseld met blauwe, rechts: LED's.

Onderzoek aan het **kasklimaat** richt zich onder meer op horizontale en verticale gelijkmatigheid en op mechanisch ontvochtigen. Van dit laatste zijn verschillende systemen mogelijk. Broeiseizoen 2010/2011 installeerde Bedrijf 2 op de bestaande luchtbehandelingskasten (LBK's) aanzuiging van buitenlucht dmv. een klep en een opening door de wand van de schuurkas. De werking van dit systeem is enkele weken gevolgd door elk kwartier de temperatuur en RV met sensoren te loggen. Uit de gegevens is het absolute vochtgehalte (ml water per m³ lucht) berekend en weergegeven in onderstaande figuur:

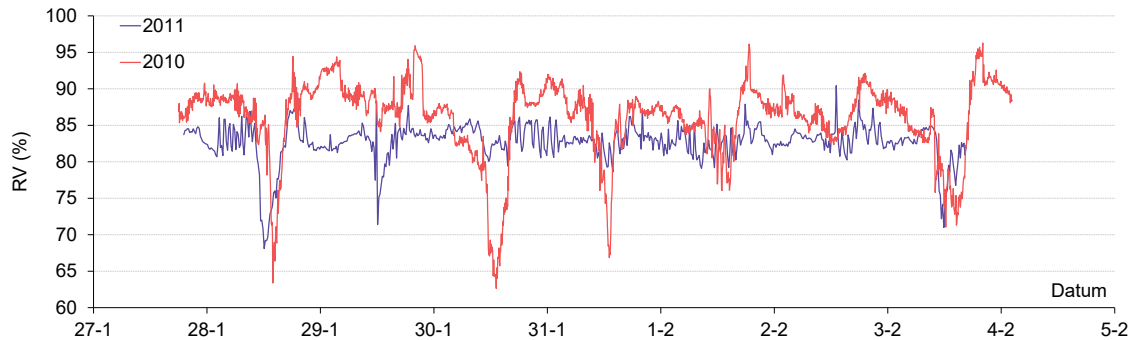


Op Bedrijf 2: Absolute luchtvochtigheid van de kaslucht, in de slurven, en buiten (Berkhout, KNMI).

Het absolute vochtgehalte van de buitenlucht (**blauwe lijn**) is met 4 – 6 ml/m³ veel lager dan het vochtgehalte van 10 – 12 ml/m³ in de kas (**gele lijn**). Het vochtgehalte gemeten in de slurf van de LBK's (**paarse lijn**) is bij actief ontvochtigen (klep open, vooral s'nachts) ongeveer gelijk aan de buitenlucht. Wanneer de klep dicht is, is het vochtgehalte in de slurf als in de kas.

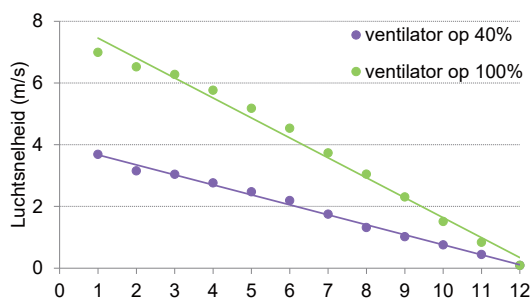
De volgende figuur laat het resultaat van het mechanisch ontvochtigen zien: *zonder* het ontvochtigingssysteem in 2010 kwam de RV regelmatig boven de 85%, in 2011 *met* het systeem vrijwel nooit.



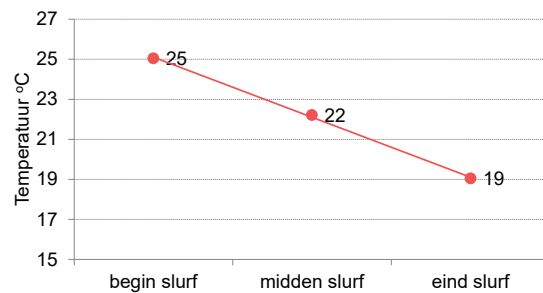


Maximale RV *zonder* (2010) en *met* mechanisch ontvochtigen (2011), Bedrijf 2.

Tijdens broeiseizoen 2011/12 is op een ander bedrijf met een drielaagensysteem, het **slurvensysteem van mechanisch ontvochtigen doorgemeten:**



Luchtsnelheden per meetpunt.



Afname luchttemperatuur in de slurf

- Luchtsnelheid neemt af evenredig met afstand
- Uit alle gaatjes komt dus evenveel lucht
- Droge lucht wordt dus goed verdeeld
- Luchttemperatuur in de slurf neemt naar het eind toe af
- Warmte wordt dus *niet* goed over de kas verdeeld

Uit het debiet (de totale luchtstroom door de slurven in m³/uur), de klepstand van de luchtbehandelingskast, de temperatuur van de buitenlucht en de gasmeterstand kan de **energievraag voor ontvochtiging en opwarming van kaslucht** berekend worden:

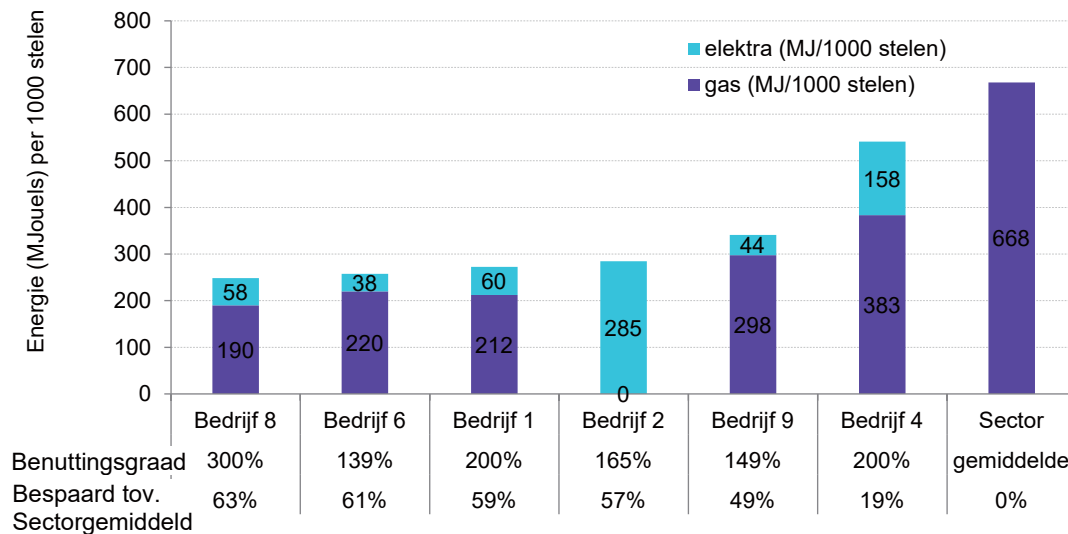
Energievraag ontvochtiging en opwarming kaslucht

Energie (eenheid)	m ³ gas	percentage van totaal
Opwarming buitenlucht	14.060	37%
Opwarming aangezogen kaslucht Laag 1 en 2	3.554	9%
Totaal benodigde energie LBK's	17.615	46%
Energie voor buisverwarming laag 3	20.486	54%
Totaal	38.101	

- 20% gasverbruik LBK's was voor opwarmen (schuur)kaslucht
- 80% voor opwarmen buitenlucht
- 54 % totale gasverbruik voor buisverwarming laag 3
 - Laag 3 wordt ontvochtigd via de ramen
 - Laag 3 heeft meer warmteverlies (glas)



Energie-efficiëntie: Van 6 bedrijven met verschillende MLT-systemen in 2012 is het energieverbruik in de kas (kasverwarming en belichting) per 1000 stelen bepaald:



Waarvan meer details in onderstaande tabel:

		Bedrijf 8	Bedrijf 6	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 9	Bedrijf 4
kasbenutting	%	300%	139%	200%	165%	149%	200%
productie netto kasoppv.	stelen/m ²	8593	4283	6461	5561	4146	3722
gas per m ² netto kas	m ³ /m ²	46	27	39	0	35	41
energie voor belichten	kWh/m ²	18	13	22	5	13	33
gas/1000 stelen	m ³	5,4	6,3	6,0	0,0	8,5	10,9
elektra/1000 stelen	kWh	6,4	4,2	6,7	31,6	4,8	17,5
primaire energie/1000 stl	MJoules	248	258	273	285	341	541
Energiebesparing door MLT		61%	20%	41%	38%	27%	39%
Zuiver dan sectorgemiddelde (668 MJ)		63%	61%	59%	57%	49%	19%

- Op de bedrijven zijn besparingen gerealiseerd tot 60%.

Op de 10 bedrijven die tussen 2010 en 2012 één of meerdere jaren aan bij dit project betrokken waren werd meerlagenteelt zeer verschillend uitgevoerd:

Bedrijf	aantal lagen	jaren MLT	Bedekkingsgraad*	Ontvochtiging	kasverwarming	belichting	Broei	transport systeem	Kas hoogte
Bedrijf 1	2+	5	200%	DAB	Buizen	Kwik	w	TR	normaal
Bedrijf 2	2a	3	165%	LBK	Vloer + Slurven	Kwik	e/v	DS+L	hoog
Bedrijf 3	2	>5	133%	trad	Buizen	Kwik	w	DS+L	normaal
Bedrijf 4	2	2	200%	LBK	Slurven + Buizen	TL W/B	w	DS+L	hoog
Bedrijf 5	1+	5	126%	trad	Buizen	-	w	DS+L	normaal
Bedrijf 6	2	1	150%	DAB	Buizen	TL W	w	DS + ML	normaal
Bedrijf 7	2- 4	1	143%**	LBK	Slurven	TL W/B	e/v	DS+L	hoog
Bedrijf 8	3	1	300%	LBK	Slurven + Buizen	LED	w	TR	hoog
Bedrijf 9	2	1	150%	LBK	Slurven + Buizen	LED	w	DS+L	normaal
Bedrijf 10	3	1	300%	LBK	Slurven + Buizen	TL W/B	w	DS+L	hoog

* = (netto oppervlak bovenlagen gedeeld door netto oppervlak onderste laag) + 1, ** ontworpen voor 286%

2+ = incidenteel wordt ook onder de 1ste laag gebroeid, 2a = containerbanen 2de laag alternerend
DAB = Direct aangezogen buitenlucht, LBK = Luchtbehandelingskast, trad = stoken met raam open
w = water, e/v = eb/Moed TL W/B = TL wit en blauw
TR = Transportrobot, DS+L = doorduwstelsysteem met vaste lift, DS + ML = doorduwstelsysteem met mobiele lift

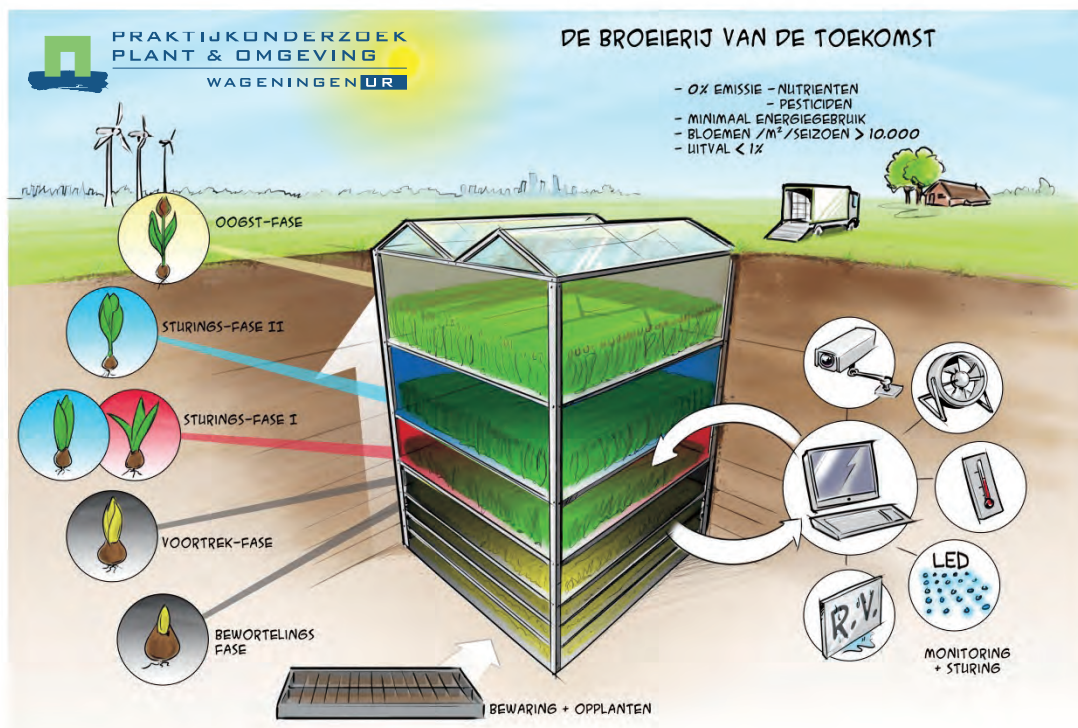
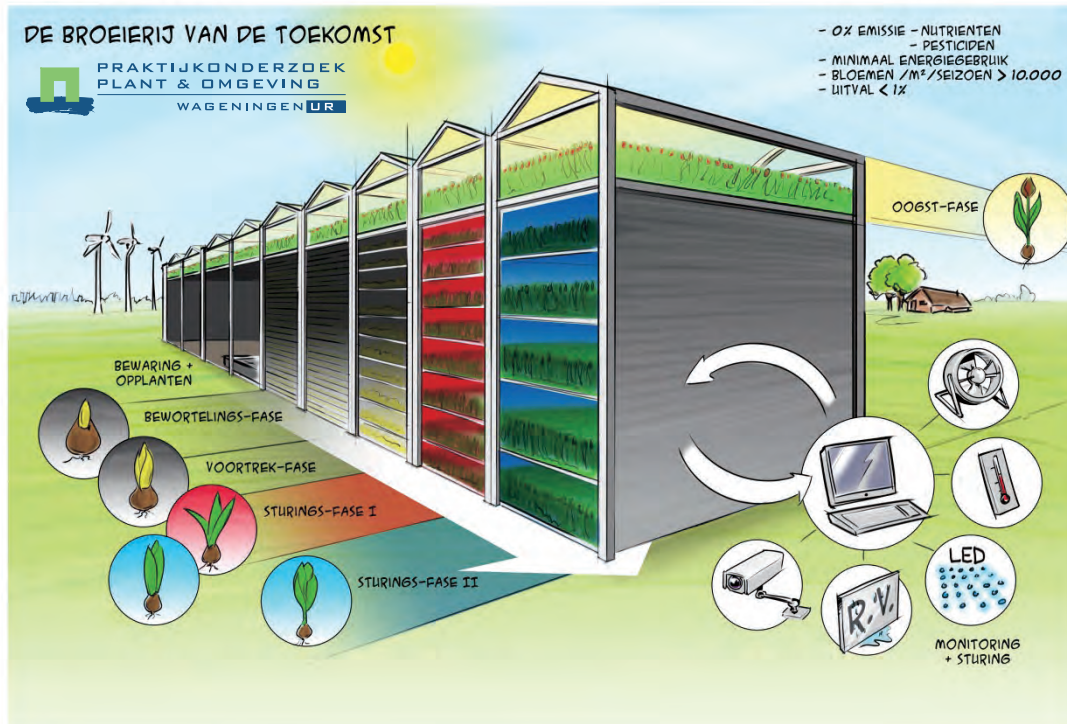




Enkele **sterke punten** van deze bedrijven:

- Hoogste energiebesparing bij de 3 lagen
- Recirculatie (retour)lucht voor de LBK alleen van boven de bovenste laag aanzuigen (gelijkmatiger luchtvochtigheid en warmte)
- Horizontaal blazende ventilatoren boven de bovenste laag, of
- Slurven, net als boven de onderste lagen
- Meerdere meetboxen per laag
- LED verlichting, dichter op gewas en 6 strengen per containerbaan
- Belichten volgens behoefte groeistadium, laatste fase daglicht
- Ruimte tussen containerbanen (loopruimte voor gewascontrole, bevordert verticale luchtstroom, geeft nog wat licht door naar onderliggende laag)
- Ventilatoren die kaslucht van boven laag 2 via slurven boven laag 1 brengen
- Veel ruimte boven de bovenste laag
- Watergeefstelsel: niet bovenlangs (het gewas niet nat maken)

Twee **alternatieve ontwerpen** van MLT systemen zijn hieronder uitgebeeld (illustraties door JAM Visueel denken). Compartimentering per groeifase, LED-belichting, eb/vloed, en teeltsturing dmv. sensoren en klimaatcomputers zijn hierin belangrijke componenten. Doel is een minimaal energieverbruik, maximale productie van de hoogste kwaliteit, zonder emissie van nutriënten en pesticiden. Hiertoe zijn in het project "Meerlagenteelt 2.0" door innovatieve tulpenbroeiers en onderzoekers van Wageningen Plant Research nieuwe concepten ontwikkeld.



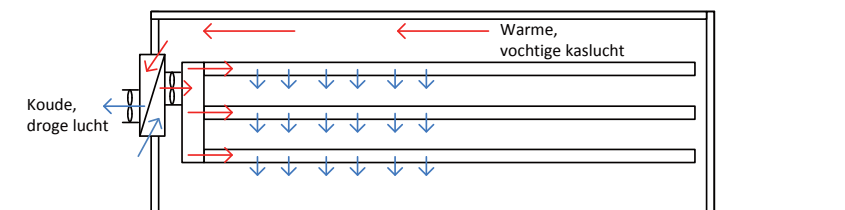
In de **nieuwe basisontwerpen** is gekozen voor 6 en meer lagen in cellen: het glazen dak gaat van de schuurkas af en wordt vervangen door sandwichpanelen. De broei vindt plaats in 4 compartimenten die verschillen in o.m. belichting (intensiteit en kleur) en ontvochtiging. Het totale energieverbruik per 1000 tulpen moet in vergelijking met de huidige meerlagensystemen met 50% worden teruggebracht.

Op basis van simulatiemodellen is het teeltklimaat bij verschillende basisontwerpen doorgerekend onder verschillende omstandigheden. Uitgangspunt was dat om kiepers te voorkomen de RV onder de 80% blijft. De ontwerpen zijn qua energiebesparing en mate van klimaatbeheersing onderling vergeleken.

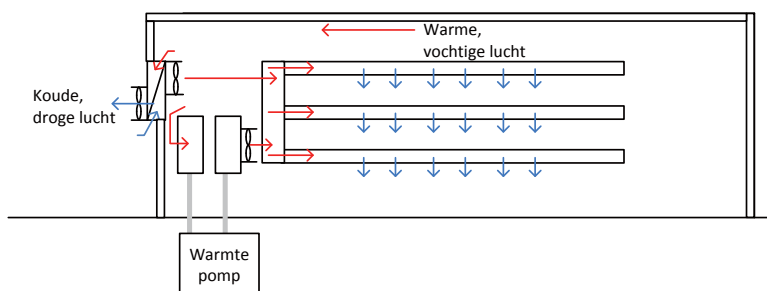
Bij een gemiddelde verdamping tot $0,5 \text{ l/m}^2/\text{dag}$ en **ventilatie met buitenlucht** wordt het energieverbruik teruggebracht tot $140 \text{ MJ}/1000$ stuks. Wordt er meer verdampt, bijvoorbeeld $1,5 \text{ l/m}^2/\text{dag}$, dan is broeien in 6 lagen met buitenluchtventilatie nauwelijks energiezuiniger dan de huidige MLT-systemen van 2 tot 3 lagen in een schuurkas: $\pm 320 \text{ MJ}/1000$ stuks.



Wordt in het geval echter **balansventilatie** toegepast, zodat 80% van de warmte van de uitgaande lucht teruggewonnen kan worden, dan wordt het energieverbruik teruggebracht naar $200 \text{ MJ}/1000$ stuks.



Toepassing van een warmtepomp om daarmee te ontvochtigen brengt het energieverbruik nog iets verder terug tot $180 \text{ MJ}/1000$ stuks. De kosten hiervan liggen wel flink hoger.



Samenvattend: Bij de ontwikkeling van meerlagenteelt in 2 – 3 lagen in een schuurkas, richtte het onderzoek zich vooral op de minimum lichtbehoefte van tulp. Bij de ontwikkeling van meerlagenteelt 2.0, met 6 of meer lagen in cellen, moet het onderzoek zich richten op de minimum verdampingsbehoefte. Hoe lager de totale verdampingsbehoefte tijdens de trek (om kiepers e.d. te voorkomen), hoe energie-efficiënter de broei, hoe groter de mogelijkheden tulpenbroei klimaatneutraal te maken, en hoe lager de CO_2 -uitstoot.

In de nieuwe ontwerpen wordt energie vooral verbruikt voor de verdamping van water en voor het opwarmen van buitenlucht (ventilatie) waarmee de waterdamp wordt afgevoerd (ontvochtiging). Voor de energiezuinige led-verlichting is veel minder energie nodig. Het beperken van het energieverbruik voor de verdamping wordt bepaald door de kwaliteit van de tulpen: bij te weinig verdamping treedt stengel- en bladkiep op en/of kleurverbleking en te lichte en te korte planten.



Bladkiep



Stengelkiep

Met 7 cultivars is in fase I van het onderzoeksproject “**Minimale Verdamping Tulp**” de kiepgevoeligheid verkend. De eerste proeven bevestigen dat cultivars hierin sterk verschillen:

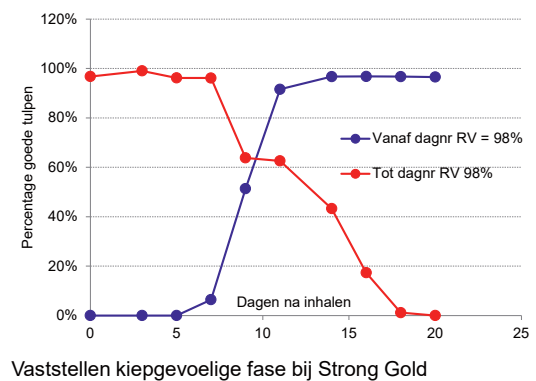
- op de cultivar Barcelona bleek een hoge RV ($\geq 83\%$) geen enkel effect te hebben.
- De cultivars Strong Gold en Seadov bleken voor blad- en stengelkiep het gevoeligst.

De **kiepgevoelige fase** werd voor enkele cultivars bepaald door om de dag een bak van een kasdeel met een RV van $<76\%$ te wisselen met een bak uit een kasdeel met een RV van 98% . Zo wordt nagegaan wanneer de kiepgevoelige fase begint, en wanneer die eindigt.

De resultaten laten zien dat de kiepgevoelige fase (de groeifase waarin het kiepen ontstaat, het kiepen zelf gebeurt pas later) vaak heel kort is, nl. ongeveer 3 - 5 dagen, maar dit kan soms tot wel 9 dagen oplopen.

Ter illustratie de resultaten met Strong Gold, zie de figuur. De **rode lijn** laat zien dat er geen kiep e.d. ontstaat, als de tulpen tot dag 7 in het kasdeel met een RV 98% staan en de rest van de trek bij een RV 76% (alle tulpen blijven goed). Worden de tulpen later naar het kasdeel met een RV 76% verhuisd dan ontstaat er steeds meer kiep.

De **blauwe lijn** laat zien dat als de tulpen vóór dag 5 verhuizen van het kasdeel met een RV 76% naar het kasdeel met een RV 98% alle tulpen last van kiepers e.d. hebben. Maar verhuizen ze pas na dag 11 dan zijn vrijwel alle tulpen zonder kiep.



- De kiepgevoelige fase ligt i.d.g. dus tussen dag 7 en dag 11 - 12, dus een dag of 4 - 5 op een totale trekduur van 20 dagen. Buiten deze kiepgevoelige dagen lijkt een heel hoge RV dus geen nadelig effect te hebben.
- De verdamping bij een RV 76% kan een factor 3 hoger zijn dan bij een RV 98% . Door alleen tijdens de kiepgevoelige periode de RV onder de 76% te houden kan tot **50% energie bespaard** worden.
- Compartimentering in het concept Meerlagenteelt 2.0 moet hierop dus aangepast worden.

In **fase II** van het project “Minimale Verdamping Tulp” wordt in 2017 o.m. nagegaan hoeveel de verdamping tijdens de kiepgevoelige fase verminderd kan worden zonder dat kiep e.d. ontstaat.

Voor meer informatie omtrent onderzoek aan meerlagenteelt tulp, zie ook de website <http://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Projecten/Meerlagenteelt-in-de-praktijk.htm>



DUURZAME ENERGIETECHNIEKEN

Drogen en bewaren met door de zon opgewarmde kaslucht. Ervaringen in Project Energiek Geregeld

Beschikt u over een (schuur)kas? Deze kas is een gratis energiebron. Door instraling van de zon wordt de lucht in de kas opgewarmd. Door hier goed mee om te gaan, bespaart u energie en hoge kosten. In 2008 en 2009 is op praktijkbedrijven een besparing op gas bij het drogen van tussen 45 en 50% aangetoond.

Er zijn twee systemen van drogen met kaslucht:

- **Drogen waarbij het product in een (aangrenzende) cel staat**

De buitenlucht wordt door systeemventilatoren door de kas gezogen. Via een corridor of luchtkanaal wordt de opgewarmde lucht uit de kas door de bollen geblazen die in een aangrenzende cel of schuur staan.

- **Drogen waarbij het product in de kas staat**

De buitenlucht wordt via de kas direct door de bollen heen gezogen, waarbij afgewerkte lucht direct naar buiten wordt geblazen.



Situatie waarbij de lucht direct uit de kas in de droogwand wordt getrokken.

In het project Energiek Geregeld is in 2008 en 2009 op enkele bedrijven (hieronder A en B genoemd) het energieverbruik bij het drogen gemeten met en zonder het gebruik van opgewarmde kaslucht.

Op bedrijf A wordt gedroogd met (schuur)kaslucht. De door de zon opgewarmde lucht boven het energiescherm

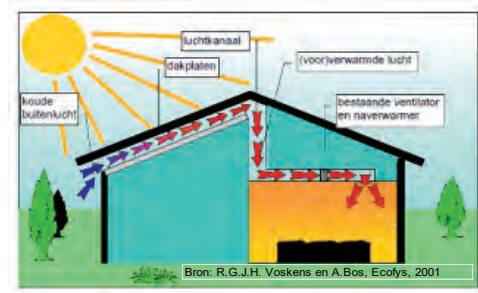
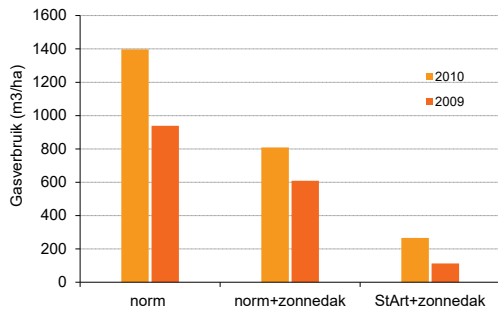
en onder het kasdak wordt de droogwand ingetrokken waarna d.m.v. een klep deze lucht kan worden bijgemengd. Wanneer de temperatuur van de uitblaaslucht van de droogwand (de lucht die door de bollen wordt geblazen) boven de ingestelde temperatuur komt (hier 23 °C), wordt bijgemengd met buitenlucht. Deze buitenlucht komt via grote open luiken en deuren de schuurkas in. Hiermee werd in 2008 47% en in 2009 45% op gas bespaard.

Op bedrijf B wordt door de droogwand lucht uit de kas aangezogen en door de kisten geblazen die in de aangrenzende ruimte in sloffen opgesteld staan. Ook hier werd fors bespaard t.o.v. drogen met buitenlucht. In 2009 werd een besparing van 51% op gas gemeten.



Energiebesparing en financieel voordeel van het zonnedak

In 2009 en in 2010 is op een praktijkbedrijf 30 - 35% op gas bespaard door gebruik te maken van een zonnedak.

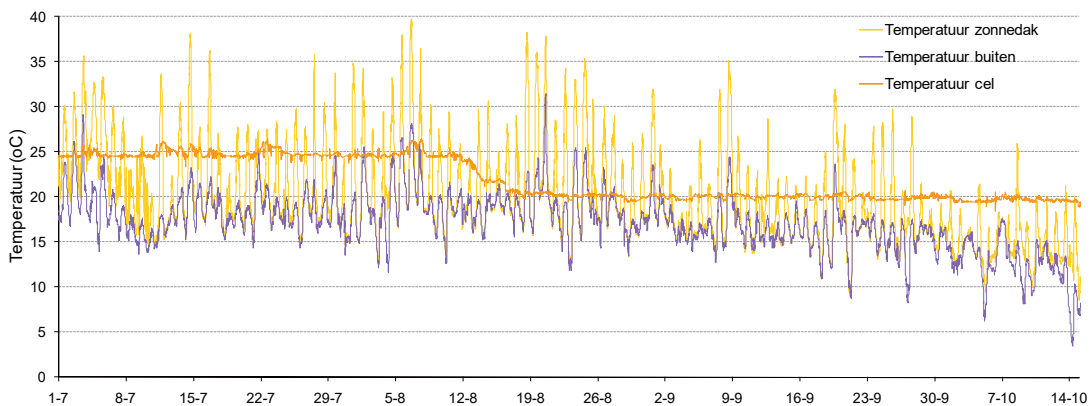


Het principe is dat de voor celventilatie aangezogen lucht door het zonnedak voorverwarmd wordt. Is de lucht dan warmer dan de gewenste celtemperatuur dan wordt bijgemengd met direct aangezogen buitenlucht. Onderstaande figuur laat zien dat de temperatuur in het zonnedak overdag tot ver boven de celtemperatuur opliep. 'sNachts was de temperatuur iets hoger of gelijk aan die van de buitenlucht. Gemiddeld over het bewaarseizoen moest de ventilatielucht 3,7 °C opgewarmd worden, zonder zonnedak zou dat 5,2 °C zijn geweest. Die 1,5 °C verschil betekende een besparing op gas van 35%.

Vuistregel voor optimale verhouding oppervlak zonnedak/teeltareaal:

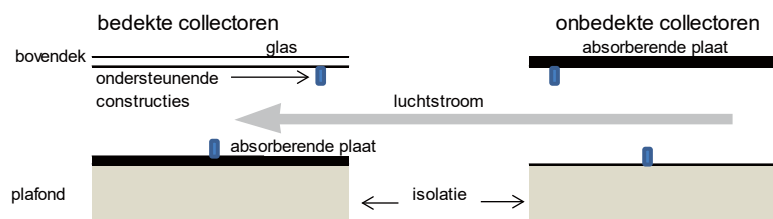
20-25 m² zonnedak/ha tulp

40-50 m² zonnedak/ha hyacint



Zonnedaken in de Bloembollensector

De twee meest gangbare typen zonnedaken in de bloembollensector zijn de z.g. bedekte en de onbedekte vlakke plaat collectoren, zie schema: Het eenvoudigste type is die waarbij de (bij voorkeur zwart geverfde) metalen of eternieten dakplaten als **onbedekte** warmte absorberende plaat fungeren. Onder deze plaat is een ruimte van 60 – 80 cm, die van de schuurruimte afgescheiden is door goed isolerende sandwichpanelen. De lucht stroomt door aanzuiging met ventilatoren via een opening op het dak de



Schema zonnecollectoren voor opwarming van buitenlucht voor ventilatie



ruimte in en wordt door dakplaat verwarmd. Afhankelijk van de gewenste celtemperatuur wordt bijgemengd met buitenlucht die via de overstekruimte (zie foto 1) wordt binnengehaald.



Turbulentie van de luchtstroom bevordert de opname van warmte door de ventilatielucht. Door de isolatie van het plafond verliest de lucht maar weinig warmte naar de schuur eronder. De opgewarmde dakplaat geeft zijn warmte door aan de ventilatielucht, maar verliest deze in toenemende mate ook aan de buitenlucht naarmate er meer wind is. Dit warmteverlies is evenredig met het temperatuurverschil tussen buitenlucht en dakplaat. Daarnaast verliest de dakplaat ook warmte door infrarode uitstraling.

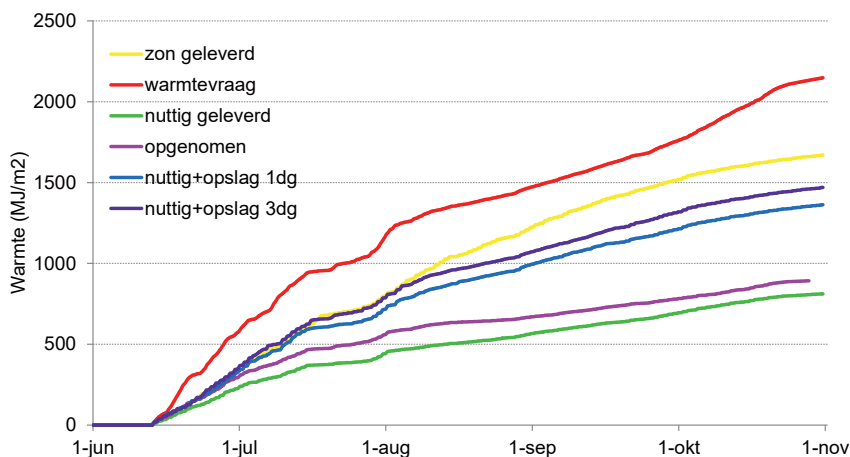
Bij de **bedekte collectoren** laat het transparante dek de zonnestraling door die vervolgens de collectorplaat opwarmt, foto 2. De lucht stroomt daar dan bovenlangs. Warmteverlies naar buiten toe wordt beperkt doordat de transparante plaat in vergelijking met de onbedekte plaat minder warm is, *en* omdat glasplaat de infrarode uitstraling van de collectorplaat sterk beperkt (broeikas effect).

Om benutting van zonnewarmte op verschillende bedrijven te kunnen vergelijken, is een rekenmodel ontwikkeld waarmee energieopbrengsten en rendementen kunnen worden bepaald. Dit op basis van de door klimaatcomputer geregistreerde gegevens zoals instraling, ventilatiedebiet en temperatuurverschillen tussen de buitenlucht, de cellucht en de lucht in het zonnedak.

Het model berekent per m² zonnedak de totale ingestraalde zonnewarmte, de warmtevraag, de maximale nuttig geleverde warmte (de warmte die op het moment dat het ingestraald wordt ook benut kan worden), de opgenomen warmte *en* de leverbare warmte indien warmteopslag voor 1 of voor 3 dagen mogelijk zou zijn.



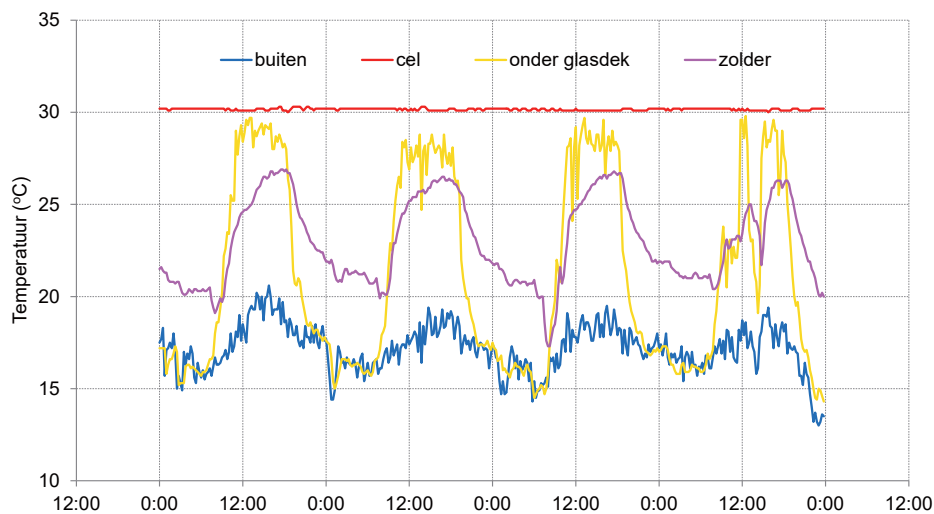
In de figuur hieronder zijn de resultaten samengevat voor een bedrijf dat met zonnewarmte zowel droogt als bewaart. De figuur laat de cumulatieve warmtevraag zien in de periode van half juni tot 1 november. De warmtevraag stijgt tot de 3^{de} week van juni snel vanwege de warmtevraag voor drogen *plus* bewaren, daarna minder snel omdat er alleen bewaard wordt. Wat het zonnedak nuttig levert is ongeveer 40% van het totaal, maar wat opgenomen wordt door de ventilatielucht is iets meer: een deel van de warmte uit het zonnedak wordt overdag opgenomen door de zolder vanwaar de lucht naar de cellen toe verdeeld wordt en deze warmte wordt 's avonds nageleverd. Dat laat de volgende figuur zien: Veel zonnewarmte blijft onbenut omdat overdag de warmtevraag vaak kleiner is dan de hoeveelheid



zonnearmte. Door dit overschot voor maximaal 24 uur op te slaan zou het rendement op dit bedrijf van 40% naar ongeveer 63% kunnen gaan. Wanneer het warmteoverschot tot 3 dagen opgeslagen zou worden, dan wordt het rendement slechts met 5 procent verder verhoogd naar 68%.

Andere bevindingen zijn:

- Met glas bedekte zonnedaken zijn het efficiëntst, vooral naar mate de warmtevraag hoger is (door een hoge bewaartemperatuur zoals bij de heetstook van hyacint), en bij een hoger ventilatiedebiet per m2 zonnedak.
- Bedrijven die het dak alleen voor drogen gebruiken benutten een veel kleiner deel van de zonne-energie die tot 1 november beschikbaar is, maar dekken hiermee wel een groot deel van de warmtevraag van het droogproces.
- Warmteterugwinning en nalevering van gebouwarmte (zie figuur hieronder) vergroten het benutten van zonnearmte.



Uitgaande van een investering voor 20 jaar, en gerekend met een over die periode gemiddelde gasprijs van €0,75/m³:

- Zou warmteopslag bij de met glas bedekte zonnedaken zeer rendabel zijn.
- Bij de zonnedaken met een metalen dak die alleen voor drogen worden gebruikt zou warmteopslag ook bij een gasprijs van €0,75 niet renderen,
- Maar wordt zo'n zonnedak ook voor bewaren gebruikt, dan zou warmteopslag het rendement bijna verdubbelen.

Overige aanbevelingen:

- Het zonnedak met een metalen dak zou verbeterd kunnen worden door er alsnog een glazen dek boven te plaatsen.
- Warmteopslag is aanbevolen voor zonnedaken die voor bewaren (of voor bewaren *plus* drogen) worden gebruikt, maar niet voor zonnedaken die uitsluitend voor drogen gebruikt worden.
- In dit laatste geval wordt aanbevolen het dak ook voor bewaren te gebruiken door naar de bewaarcellen ruime kanalen aan te leggen. Op deze manier wordt het rendement verhoogd en vindt ook enige nalevering vanuit de kanalen plaats.

In november 2016 is een haalbaarheidsonderzoek gestart naar voor bloembollenbedrijven efficiënte methoden van 24 uren warmteopslag in bijvoorbeeld ondergrondse watertanks, of met PCM (Phase Change Materials).

Warmtepompen, Warmtewisselaars en Warmte-koude Opslag

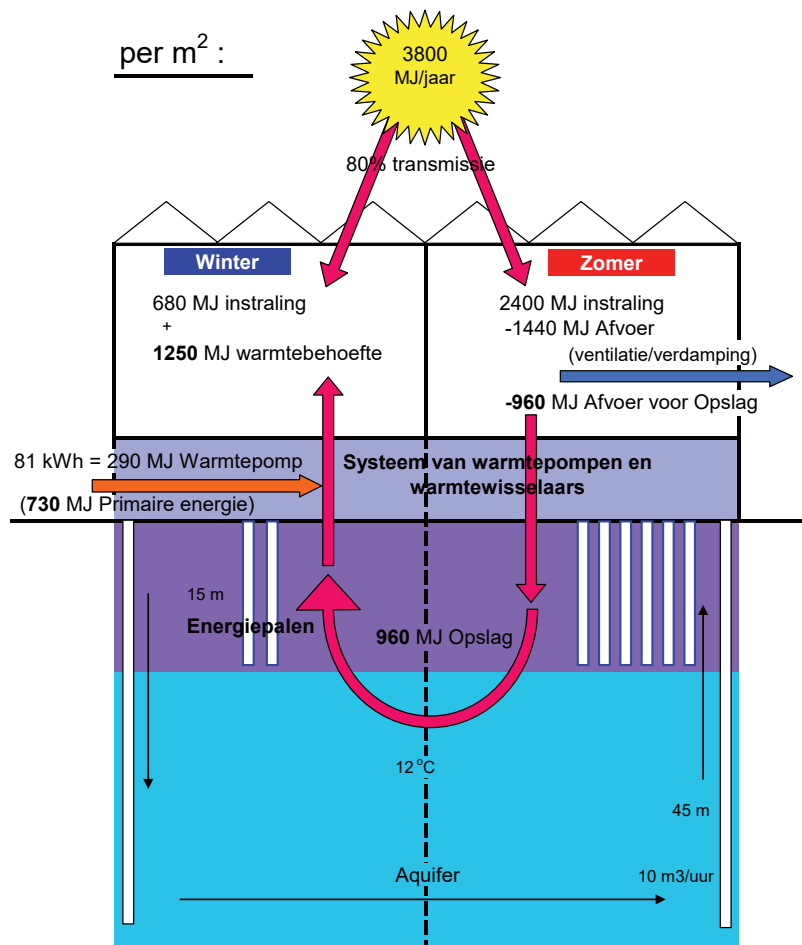
Warmtepompen en Warmtewisselaars

Conventionele technieken om in een warmtevraag te voorzien zijn er op gericht om warmte te produceren door iets te verbranden. In plaats van iets te verbranden, is het ook mogelijk om warmte te verplaatsen. Dit principe noemen we een warmtepomp. Het voordeel van warmtepompen zit in het hoge rendement: door warmte te verplaatsen kun je veel meer bruikbare energie verkrijgen dan dat het verplaatsingsproces kost. De verhouding bruikbare energie/benodigde energie kan met een warmtepomp oplopen tot rendementen boven de 300%! De bron van de warmte kan bijvoorbeeld de bodem onder de kas zijn. Speciale 15m lange palen voorzien van waterslangen, zogenaamde energiepalen, worden in de grond geslagen en fungeren als warmtewisselaars: Koud water dat door deze slangen wordt gepompt onttrekt warmte aan de bodem en warmt op. Door met warmtepompen dit water af te koelen komt warmte vrij ("omgekeerde koelkast"). Door deze warmte weer aan het veel kleinere watervolume van het gesloten verwarmingssysteem van de kas af te geven kunnen hoge temperaturen worden gerealiseerd.

Warmte-koudeopslag

Een andere techniek om slim om te gaan met warmte is warmte-koude opslag. Overbodige warmte in de zomer kan worden weggekoeld uit de kas en in de vorm van warm water worden opgeslagen in een ondergronds reservoir. Dit waterreservoir, dat ligt op een diepte van ongeveer 45 meter noemt men een aquifer. In de winter wordt de warmte teruggewonnen en gebruikt om de kas te verwarmen. Een vereiste hierbij is dat de jaarcyclus energie-neutraal is (het overschot in de zomer is ongeveer gelijk aan de vraag in de winter.) Warmte en koude opslag zijn ideaal te combineren met warmtepompen. Door de opslag van warmte wordt de vraag naar extra warmte geminimaliseerd. Het kleine beetje warmte dat nog nodig is kan door middel van warmtepompen aan de grond worden onttrokken.

Sinds 2008 maakt Marcel Boos op zijn bedrijf Aquaflowers gebruik van zowel warmtepompen als warmte-koude opslag bij de teelt van Irissen. Marcel heeft hiermee 36% bespaard op het energiegebruik voor de verwarming van zijn kas. In 2009 is ook het bedrijf Wagemaker Flowers van start gegaan met verwarming van hun kas met warmtepompen.



Verkenning duurzame energietechnieken toepasbaar op bloembollenbedrijven

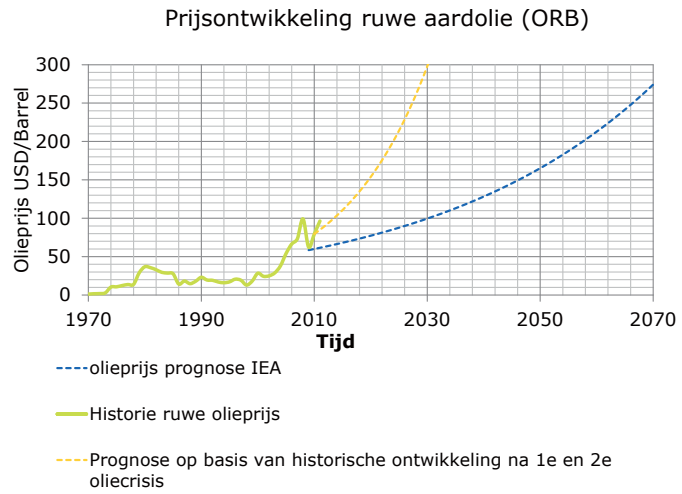
Een economische analyse van decentrale opwekkingsmogelijkheden



Recente prijsontwikkelingen (Nos / Lars Boogaard)

Door de verwachte stijging van de gas- en elektriciteitsprijzen uit te zetten tegen de verwachte prijsdaling van de nieuwe, duurzame technologieën, is een schatting gemaakt van het jaar waarin deze technieken financieel aantrekkelijk worden voor bloembollenbedrijven.

Hierbij is rekening gehouden met verschillende groeiscenario's en het wel/niet verkrijgen van subsidie. Als uitgangspunt is de gemiddelde jaarlijkse warmte- en elektriciteitsvraag genomen van de 4 meest voorkomende typen bloembollenbedrijven: Telers met meer dan 5 ha, Teler/broeiers met meer dan 5 ha, jaarrond Broeiers en bedrijven met minder dan 5 ha. Verder is er van uit gegaan dat de energievraag door gebruik van efficiëntere technologieën en energiebesparing al sterk is afgenomen tot het minimum haalbare met huidige technieken.

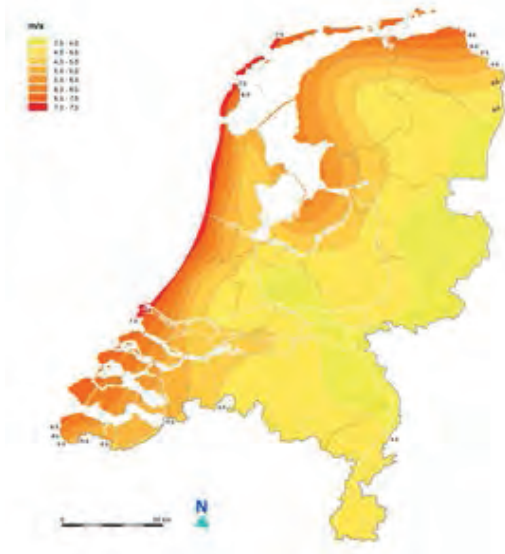


Conclusies:

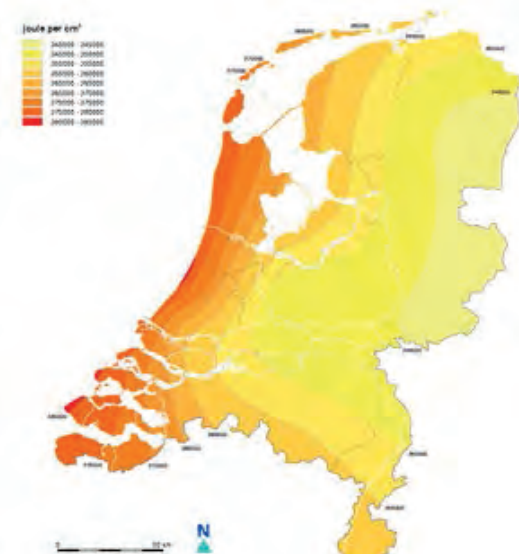
Voor alle typen bloembollenbedrijven blijkt dat het naar verwachting binnen enkele jaren interessant is om te investeren in de volgende vormen van duurzame energieopwekking:

- een middelgrote windturbine
- een groot oppervlak aan zonnepanelen (100 kWp)
- een houtkachel

Nu of binnen enkele jaren zijn deze financieel haalbaar.



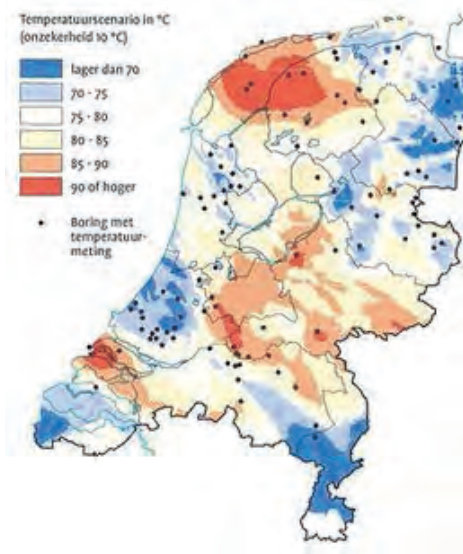
Jaargemiddelde windsnelheid, Bron KNMI



Globale jaarlijkse straling, Bron KNMI



- Ook een mestcovergister met WKK of een monovergister met teruglevering kan winstgevend zijn in situaties waarin subsidie kan worden verkregen.
- De overige onderzochte technieken: biomassa vergassing en geothermie, worden naar verwachting pas na 2020 kostenneutraal.



Temperatuur op 2 kilometer diepte, Bron www.kennislink.nl

Notities

Lined area for taking notes, consisting of numerous horizontal lines spaced evenly down the page.



Notities

Lined area for taking notes, consisting of multiple horizontal lines.





Voor vragen, toelichting en opmerkingen, contact:

Jeroen Wildschut

Wageningen Plant Research e-
mail: jeroen.wildschut@wur.nl
tel.: 0252 462121(tevens mobiel)

Guus Braam

Delphy
Team bloembollen
e-mail: G.Braam@delphy.nl
tel.: 0252 688 479 \ 06 538 197 70

Nesad Smailbegovic

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
e-mail: nesad.smailbegovic@rvo.nl
tel.: 088 602 27 85 \ 06 109 468 18