

# Energiebesparing bij de bewaring van tulpenbollen door ethyleen-gestuurde ventilatie

Dr. H. Gude

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Meerjarenafpraak Energie Bloembollen (KAVB, PT, Min. v. LNV, SenterNovem en telers)



In samenwerking met de firma's Hatech en EMS en CNB Bovenkarspel

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Bloembollen

Adres : Postbus 85  
: 2160 AB Lisse  
Tel. : 0252 - 462121  
Fax : 0252 - 462100  
E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	Pagina
Samenvatting	4
Inleiding	5
Uitvoering en resultaten	6
Conclusies	10
Discussie	10
Kennisoverdracht	10
Bijlage: handout poster open dagen PPO en Kennismarkten Energie	

## Samenvatting

Tijdens de bewaring van tulpenbollen wordt door zgn. 'zure bollen' (door de Fusariumschimmel aangetast) ethyleen geproduceerd. Dit gas heeft schadelijke effecten op de gezonde bollen: in plantgoed veroorzaakt ethyleen overmatige verkleuring en in leverbare bollen bloemverdroging. Om ethyleenschade te voorkómen wordt extreem geventileerd: 100 m<sup>3</sup> lucht per m<sup>3</sup> bollen per uur. Dit ventilatie-advies biedt bescherming tegen een hoeveelheid ethyleengas die wordt geproduceerd door maximaal 5% zure bollen. Doordat alle lucht opgewarmd of afgekoeld moet worden tot de in ingestelde temperatuur kost deze ventilatie zeer veel energie: alleen aan gas al 0.7 PJ; de kosten voor koeling zijn ook enorm maar niet kwantificeerbaar. Gemiddeld over alle in Nederland geteelde tulpen is het zuurpercentage niet hoger dan 2%. Dit betekent dat, over de hele sector gerekend, er veel teveel geventileerd wordt. Uit angst voor ethyleen en omdat het ethyleengehalte tot nu toe niet gemeten kon worden, ventileren kwekers en exporteurs veel meer dan nodig is. Deze 'overkill' aan ventilatie kost zeer veel energie en heeft bovendien schadelijke gevolgen voor het bewaarde product als gevolg van teveel uitdroging. Als het ethyleengehalte gemeten kon worden zou de ventilatie tot een minimum beperkt kunnen worden.

Het doel van dit project was om enkele ethyleensensoren te testen op hun geschiktheid voor het meten van ethyleen in tulpenbollen en vervolgens het principe van energiebesparing door ethyleen-gestuurde ventilatie aan te tonen. Al spoedig bleek de sensor van Hatech/EMS de meest geschikte. Door de sensor gedurende 2 seizoenen in tulpenbollen te testen is deze van een prototype, gevoelig voor storende invloeden, uitontwikkeld in een betrouwbare, gevoelige en nauwkeurige ethyleensensor voor tulpenbewaring. In 2003 is in proefcellen bij CNB Bovenkarspel aangetoond dat de sensor gevoelig kan meten en is in een proefopstelling het principe van ethyleen-gestuurde ventilatie aangetoond. In 2004 is de sensor getest in een grote praktijkcel met tulpenbollen, waarin wat zuur voorkwam. Eerst is het ethyleengehalte continu geregistreerd in een periode waarin de ventilatie handmatig in stappen werd teruggebracht. Hier bleek het ethyleengehalte pas op te lopen tot ca. 70 ppb (de schadedrempel van ethyleen is 100 ppb) bij minder dan 10% van de normaal geadviseerde ventilatie. Vervolgens is de ventilatieklep aangestuurd door het ethyleensignaal: klep open bij ethyleengehaltes boven 70 ppb, klep dicht onder 30 ppb. Half september kon met deze automatisch geregelde ventilatie een energiebesparing van ca. 65% gerealiseerd worden. In de eerste weken na de oogst zijn zure bollen actiever en produceren meer ethyleen, waardoor in die periode waarschijnlijk minder bespaard kan worden. Vanaf half september kan juist nog meer energie bespaard worden. Door de introductie van de ethyleen-gestuurde ventilatie worden ook uitdroging en kwaliteitsverlies tot een minimum beperkt.

# Inleiding

In Nederland wordt 10.500 ha. tulpen geteeld. Per jaar levert dit een productie op van ongeveer 525.000 m<sup>3</sup> bollen, ruwweg 50% kleine bolmaten (plantgoed) en 50% grote bolmaten (leverbaar). Het plantgoed wordt tussen de oogst en het opnieuw planten ongeveer 4 maanden bewaard, leverbaar gemiddeld 2 à 3 maanden voordat de bloeipreparatie bij lagere temperaturen gestart wordt. De temperatuur wordt tijdens de bewaring nauwkeurig geregeld. Plantgoed bij aflopende temperaturen van 25 °C naar 20 °C, gevolgd door enkele weken 17 °C voor het planten. Leverbare bollen in de regel bij een constante temperatuur van 20 °C. Tijdens de bewaring wordt extreem geventileerd: 100 m<sup>3</sup> lucht per m<sup>3</sup> bollen per uur. Deze extreme ventilatie is noodzakelijk voor het afvoeren van ethyleengas, dat door zure bollen (door de schimmel *Fusarium* aangetast) wordt geproduceerd. Ethyleen tast reeds bij zeer lage concentraties (vanaf 0.1 ppm) de gezonde bollen aan. De effecten van ethyleen worden pas in het volgend groeiseizoen zichtbaar: plantgoed produceert teveel kleine dochterbollen en te weinig leverbare bollen (overmatige 'verklistering') en in leverbare bollen, die verkocht worden voor de bloemproductie, wordt de bloem vernietigd. Voor het afvoeren van dit schadelijke ethyleengas is dus die extreme ventilatie nodig. Omdat alle lucht, die de cel ingeblazen wordt, eerst opgewarmd of afgekoeld moet worden tot precies 20 °C, kost dit ventileren zeer veel energie. Volgens recente gegevens komt 21% van de energie, die nodig is voor de gehele tulpenteelt (inclusief bloemproductie in kassen), voor rekening van het gasverbruik voor opwarming van ventilatielucht tijdens drogen en bewaren (ca. 0.7 PJ voor de gehele tulpensector, gegevens 1995). Steeds meer bedrijven beschikken over koeling op de bewaarcellen om op warme dagen de ventilatielucht te koelen. Voor koeling wordt veel elektriciteit gebruikt. De omvang van dit elektriciteitsverbruik is onbekend, maar zeker is dat daardoor het totale energieverbruik voor ventilatie in de tulpenteelt veel hoger is dan de genoemde 21%.

## Probleemstelling

Uit angst voor ethyleen en omdat het ethyleengehalte in cellen tot nu toe niet gemeten kan worden ventileren kwekers veel meer dan nodig is. Het ventilatie-advies (100 m<sup>3</sup> lucht per m<sup>3</sup> bollen per uur ) is gebaseerd op de aanwezigheid van 5% zure bollen. Gemiddeld over alle bedrijven is het zuurpercentage echter 2% of lager. Bovendien neemt de ethyleenproductie door zure bollen gedurende de laatste 2 à 3 maanden van het bewaarstadium geleidelijk af. Dit betekent dat gedurende de eerste maand meer dan 50% teveel geventileerd wordt en gedurende de laatste maanden nog veel meer. Deze 'overkill' aan ventilatie kost zeer veel energie en heeft bovendien schadelijke gevolgen voor het bewaarde product als gevolg van teveel uitdroging. Hierdoor zijn de bollen gevoeliger voor ziekten en geven ze een slechtere opbrengst in teelt of broeierij (bloemproductie). Als het ethyleengehalte gemeten kon worden zou de ventilatie tot een minimum beperkt kunnen worden.

Ongeveer 17 jaar geleden is door het bedrijf Nieaf-Smitt een ethyleen-meetapparaat voor bollencellen op de markt gebracht. Ondanks de voor die tijd hoge aanschafprijs (ca. 15.000 Gulden) is het apparaat door veel tulpentelers aangeschaft. Het apparaat bleek echter niet te voldoen en na een jaar werd het door niemand meer gebruikt, wat een enorme schadepost voor de bollenbedrijven betekende. Tot 2001 zijn er geen betrouwbare en betaalbare ethyleensensoren op de markt gebracht.

Rond 2001 zijn enkele elektronische sensoren op de markt gekomen, die volgens opgave van de fabrikanten ethyleen zouden kunnen meten. De sensoren, in de prijsklasse van rond de € 9000, waren nog niet geschikt voor elektronische uitlezing op een celcomputer en bovendien was niet bekend hoe nauwkeurig ze werkten en of de meters kruisgevoeligheid vertoonden (d.w.z. of ook andere gassen bijdroegen aan het meetsignaal).

**Doel** van dit project was om enkele ethyleensensoren te testen op hun geschiktheid voor het meten van ethyleen in tulpenbewaarcellen en vervolgens het principe van energiebesparing door ethyleen-gestuurde ventilatie aan te tonen. De sensoren zijn getest op gevoeligheid, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid en op de mogelijkheid om de celklimaatcomputer aan te sturen met het ethyleensignaal.

## Uitvoering en resultaten

In 2002 is een bedrijf (A) benaderd met het verzoek mee te werken aan de hierboven beschreven doelstelling. Het bedrijf heeft toegezegd de meter, die op dat moment alleen in de 'hand-held' vorm voor directe uitlezing beschikbaar was, tegen een vergoeding, geschikt te maken voor data-logging via een computer en een interface te ontwikkelen voor koppeling aan een klimaatcomputer. Vervolgens zou dit systeem op een bollenbedrijf getest worden. In het voorjaar van 2003 bleek het bedrijf de toezeggingen niet waar te kunnen maken en is de beoogde samenwerking beëindigd. Achteraf bleek de betreffende sensor ook minder geschikt vanwege onnauwkeurigheid en kruisgevoeligheid.

In mei/juni van 2003 is contact gelegd met de Firma Hatech, bekend als leverancier van de 'Kitagawa-buisjes' voor ethyleenbepaling. Hatech is een samenwerking aangegaan met EMS, een bedrijf gespecialiseerd in elektronische meetsensoren. De combinatie Hatech/EMS heeft toegezegd een ethyleensensor te leveren en deze geschikt te maken voor ethyleenmeting in tulpecellen, gekoppeld aan de celcomputer.



Afbeelding 1. Het prototype van de Hatech/EMS ethyleensensor

### **Proeven in kleine proefcellen in 2003 bij CNB Bovenkarspel**

CNB Bovenkarspel heeft medewerking verleend aan de uitvoering van de proeven in de vorm van het beschikbaar stellen van proefcellen en wat grotere bewaarcellen. Daarnaast is enthousiaste medewerking verleend door management en technische specialisten van CNB. In augustus en september zijn de meters bij Hatech/EMS getest en geijkt. PPO heeft gezonde en zure tulpenbollen geleverd voor de eerste proeven met de meter op het lab en heeft de medewerkers van Hatech/EMS wegwijs gemaakt in het probleem van zure tulpen en ethyleen. Op het lab bleek de meter zeer gevoelig en reproduceerbaar ethyleen (verdunningen van zuiver ethyleengas) te kunnen meten.

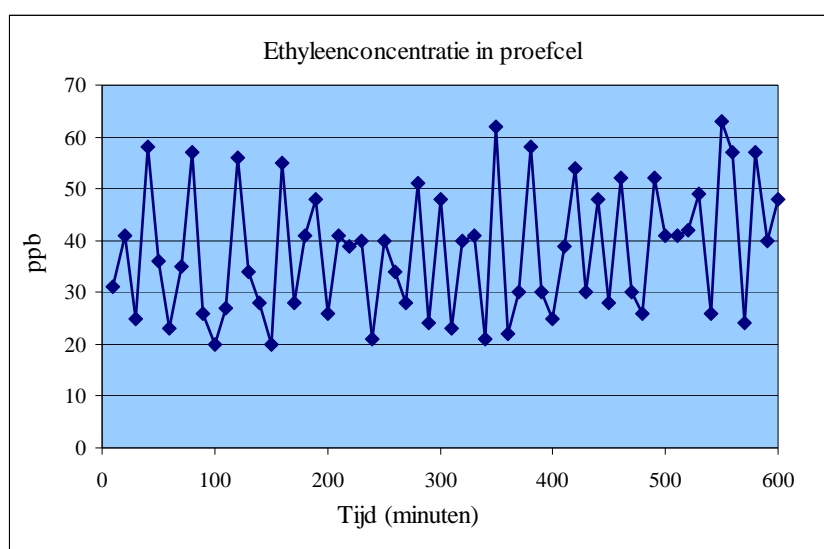
De meter bleek echter gevoelig voor veranderingen in temperatuur, RV en CO<sub>2</sub> gehalten. In een nieuwe versie van de meter zijn sensoren voor deze parameters toegevoegd, zodat effecten van temperatuur, RV en CO<sub>2</sub> op de ethyleenmeting software-matig geëlimineerd kunnen worden. Begin oktober zijn de meters aangebracht in proefcellen bij CNB. De proefcellen bij CNB hebben een inhoud van ongeveer 1.5 m<sup>3</sup> en zijn alle voorzien van een eigen temperatuur-, RV, en ventilatieregeling.

In een proefcel met bollen, waar het percentage zure bollen gevarieerd werd, bleek de meter zeer snel en gevoelig veranderingen in de ethyleenconcentratie te kunnen meten, zelfs in het lage concentratiebereik van rond de 10 ppb (0.01 ppm).

Vervolgens is in de perspex afdichtplaat aan de voorzijde van een proefcel een klein ventilatortje geplaatst dat werd in- of uitgeschakeld wanneer het ethyleengehalte boven resp. onder een bepaalde grenswaarde kwam. Door inbrengen van verse lucht zakt de ethyleenconcentratie. In

onderstaande figuur is het concentratieverloop van ethyleen in de proefcel weergegeven, waarbij de ventilator werd ingeschakeld bij waarden boven 50 à 60 ppb en uitgeschakeld bij waarden onder 20 à 30 ppb. Door deze automatische ventilatieregeling werd het ethyleenniveau tussen de ingestelde grenswaarden gehouden.

Deze proef toont aan dat de meter gevoelig en nauwkeurig meet en dat het ethyleengehalte onder de schadedrempel kan worden gehouden door met het ethyleensignaal een ventilator aan te sturen ***Hiermee is de mogelijkheid van energiebesparing door ethyleen-gestuurde ventilatie aangetoond.***



Figuur 1. Het principe van ethyleen-gestuurde ventilatie. Ethyleengehaltes in een proefcel met zure bollen. Ventilator aan bij waarden boven 50 à 60 ppb, ventilator uit bij waarden onder 20 à 30 ppb.

In het najaar van 2003 en in het voorjaar van 2004 is de meter verder geoptimaliseerd. Correcties voor schommelingen in temperatuur, RV en CO<sub>2</sub>-gehalten zijn verbeterd, een techniek voor het uitvoeren van een nulmeting is ingebouwd en er is gekeken naar de kruisgevoeligheid voor andere voorkomende gassen, zoals methaan, ethaan, ethanol etc. Ook de mogelijk storende invloed van Actellic (een gas dat toegepast wordt voor doding van mijten) is onderzocht. Hiertoe zijn door PPO gezonde en zure bollen, al dan niet behandeld met Actellic geleverd voor proeven op het lab. Beïnvloeding van het meetsignaal door genoemde gassen is verwaarloosbaar klein. Bovendien is het vóórkomen van genoemde gassen, behalve Actellic, in tulpencellen onwaarschijnlijk.

### **Proeven op praktijkschaal in 2004 bij CNB Bovenkarspel**

In 2004 is de sensor ingezet in een grote praktijkcel bij CNB Bovenkarspel, waarin partijen bollen met wat zuur bij 20 °C werden bewaard. In de eerste fase van deze bewaring is het ethyleengehalte continu geregistreerd en is handmatig de ventilatie geregeld door het variëren van de klepstand. Een klepstand van 100% betekent dat de volledige capaciteit van de ventilatie benut wordt (55.000 m<sup>3</sup> lucht per uur). Een klepstand van 0% betekent dat de klep volledig gesloten is en er niet geventileerd wordt. In een latere fase van de bewaring is het ethyleensignaal rechtstreeks gekoppeld aan de ventilatieklep. Bij ethyleenwaarden boven 70 ppb werd de klep opengestuurd en bij waarden onder de 20 ppb gesloten. De resultaten van de eerste fase met handmatige ventilatieregeling zijn weergegeven in Tabel 1. Het ethyleenverloop tijdens de automatisch op ethyleen geregelde ventilatie is weergegeven in Figuur 2.

Uit tabel 1 blijkt dat het ethyleengehalte tijdens de periode met maximale ventilatie (100% klepstand) extreem laag was: 8 – 11 ppb, dat is 10 maal lager dan de schadedrempel van 100 ppb (0.1 ppm). Deze hoeveelheid lucht is dan ook 1.55 maal de geadviseerde ventilatiehoeveelheid (100 m<sup>3</sup> lucht per m<sup>3</sup> bollen per uur). Bij een klepstand van 50%, wat overeenkwam met 82% van de geadviseerde ventilatie was het ethyleengehalte nog steeds erg laag, 9 – 13 ppb. Bij een klepstand van 25% werd een ethyleengehalte van 20 – 30 ppb gemeten, een zeer veilig

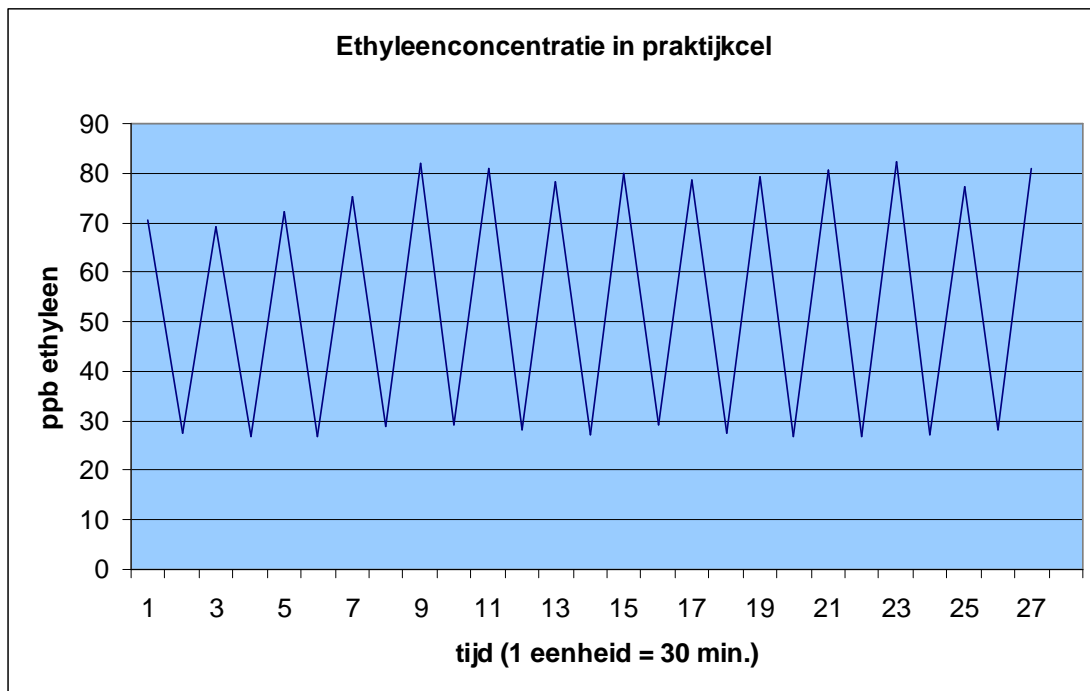
ethyleengehalte met slechts 30% van het ventilatie-advies, en dus ook slechts 30% van het normale energieverbruik. Bij een klepstand van 10% en slechts 8% van het ventilatie-advies was het ethyleenniveau beduidend hoger, maar nog steeds ruim onder de schadedrempel van 100 ppb. In de laatste periode van deze proef werd bij een klepstand van 25% een hoger ethyleengehalte gemeten dan in de periode daarvoor met 25% (30 – 40 tegenover 20 – 30). Deze stijging is veroorzaakt door het in de cel plaatsen van een partij bollen met een hoger zuurgehalte dan in de periode daarvoor. Het betreft hier immers een praktijkcel, waar gedurende het bewaarperiode regelmatig bollen in- en uitgereden worden.

periode	Klepstand (%)	Hoeveelheid lucht/uur	% lucht t.o.v. advies	Ethyleenconc. (ppb)
13-9 tot 14-9	100	55.000 m <sup>3</sup>	<b>155</b>	<b>8 - 11</b>
14-9 tot 15-9	50	29.000	<b>82</b>	<b>9 - 13</b>
15-9 tot 17-9	25	10.500	<b>30</b>	<b>20 - 30</b>
17-9 één dag	10	2.700	<b>8</b>	<b>65 - 75</b>
17-9 tot 24-9	25	10.500	<b>30</b>	<b>30 - 40</b>

Tabel 1. Handmatige instelling van de ventilatieklep, de bijbehorende luchthoeveelheid, ook uitgedrukt in het percentage lucht ten opzichte van het advies (hierbij is de luchthoeveelheid berekend per m<sup>3</sup> bollen en vervolgens uitgedrukt als percentage van het advies van 100 m<sup>3</sup> lucht per m<sup>3</sup> bollen per uur) en de gemeten ethyleengehaltes.

In Figuur 2 is het verloop van het ethyleengehalte weergegeven in de situatie waarbij de ventilatie geregeld werd op ethyleen. Het verloop laat duidelijk zien dat door het openen en sluiten van de klep het ethyleengehalte keurig tussen de ingestelde grenzen van 30 en 70 à 80 ppb bleef. De gemiddelde klepstand kon niet geregistreerd worden, maar naar schatting bedroeg de ventilatie gemiddeld ongeveer 35% van het advies. Dit komt neer op een energiebesparing van ca. 65% ! Het ethyleenverloop vertoonde scherpe pieken en dalen. Dit is veroorzaakt door de eenvoud van de toegepaste regeling. De klep kon alleen volledig open en dicht gestuurd worden. In de toekomst zal dit beeld rustiger zijn omdat de klep dan geleidelijk open en dicht gestuurd wordt binnen een zgn. P-band (een traploze opening van de klep van 0 naar 100% in een concentratiegebied van ethyleen, bijvoorbeeld tussen 30 en 80 ppb).





Figuur 2. Ethyleengehalte in praktijkcel, waarbij de ventilatie automatisch geregeld werd op basis van het ethyleenniveau. Klep volledig open bij waarden boven 70 à 80 ppb, klep dicht bij waarden onder 30 ppb.

Tijdens de proeven zijn eveneens continu de temperatuur, het CO<sub>2</sub>-gehalte en de RV gemeten. Zelfs in situaties waarin extreem geknepen werd op de ventilatie bleven deze parameters binnen de toegestane grenzen.

## Conclusies

Uit de hierboven beschreven proeven kan geconcludeerd worden dat de ethyleensensor van Hatech/EMS nauwkeurig, gevoelig en betrouwbaar ethyleengehaltes in bewaarcellen kan meten, zelfs in het extreem lage gebied van 10 ppb. Door de ventilatie te regelen op basis van het ethyleengehalte kan deze tot een minimum beperkt worden zonder dat de schadedrempel voor ethyleen overschreden wordt. In een representatieve praktijksituatie werd zo in september 2004 een energiebesparing van 65% bereikt.

## Discussie

Dit project heeft geleid tot de ontwikkeling van de eerste betrouwbare en betaalbare ethyleensensor voor bloembollenbewaarcellen, of eigenlijk zelfs de eerste betrouwbare en betaalbare ethyleensensor überhaupt. Natuurlijk was de meter bij aanvang reeds geschikt om ethyleen te meten, maar door het uitontwikkelen van de sensor in tulpencellen zijn alle storende invloeden onder die omstandigheden uitgeschakeld. De keuze voor de Hatech/EMS-sensor heeft dus goed uitgepakt.

Het project heeft laten zien dat ethyleen in tulpencellen goed gemeten kan worden en dat hiermee zeer veel energie bespaard kan worden. In de praktijkproef werd in september een energiebesparing van 65% gerealiseerd. Vroeger in het seizoen zal de potentiële besparing lager uitvallen, omdat zure bollen in die periode actiever zijn en meer ethyleen produceren. In de eerste weken na de oogst is het beperken van de ventilatie sowieso minder relevant, omdat in die periode ook (na)gedroogd wordt. Daar staat tegenover dat in de periode van half september tot planten de energiebesparing nog hoger dan 65% zal uitvallen. In de laatste periode van het jaar kan veilig met minimale klepstanden geventileerd worden. Dit is iets wat kwekers en exporteurs tot nu toe nooit aangedurfd zouden hebben.

De zuuraantasting varieert per jaar en dus zal ook de benodigde ventilatie en de potentiële energiebesparing per jaar verschillen.

Het beperken van de ventilatie is voor kwekers niet alleen financieel interessant vanwege de besparing op de energienota maar ook vanwege het beperken van de uitdroging van de bollen. Door de overkill aan ventilatie, die tot nu toe gegeven wordt uit angst voor ethyleen, droogt het product ook meer uit dan nodig is. Teveel uitdroging leidt tot ongewenst gewichtsverlies en kwaliteitsverlies waardoor de bollen in de teelt of de broeierij minder goed presteren en gevoeliger zijn voor ziekten zoals Fusarium en Penicillium. Door de introductie van de ethyleen-gestuurde ventilatie worden ook uitdroging en kwaliteitsverlies tot een minimum beperkt.

## Kennisoverdracht

Een poster over dit onderwerp (bijgevoegd) is gepresenteerd op de Open Dagen PPO in 2004 en op de Kennismarkten Energie Bloembollen (MJA-E) in 2004 en 2005. Een samenvatting van het onderzoek is reeds opgenomen in de bezoekersbrochure van de Kennismarkten Energie Bloembollen (MJA-E) in 2003.

Een Powerpoint-presentatie over dit onderwerp is gepresenteerd tijdens de Kennismarkten in 2005 en in tal van lezingen voor studieclubs en kringen en cursussen, georganiseerd door Agravis. Tijdens de uitvoering bij CNB zijn de proeven ook bezocht door kwekers en voorlichters.