



Luchtkwaliteit in de kas  
voor mens, dier en gewas



PT projectnummer: 13415

Status: DEFINITIEF

Datum: 18 januari 2010

## PROJECTLEIDING

### Stichting CropEye

Postbus 184

2665 ZK Bleiswijk

Projectleider: Jolanda Heistek

jolanda.heistek@cropeye.com tel: 06 13608752



Dit onderzoek wordt financieel ondersteund door:



## UITVOERENDE BEDRIJVEN

### **Blgg**

Zwethlaan 54, 2675 LB Honselersdijk

Contactpersoon: Dr Jos Wubben



### **EMS**

Raiffeisenstraat 24, 4697 CG Sint Annaland

Contactpersoon: Ir Jan Kees Boerman



### **growTechnology**

Duikerweg 7A, 5145 NV Waalwijk

Contactpersoon: Dr Anton Blaakmeer



### **IRAS-UU**

Jenalaan 18d, 3508 TD Utrecht

Contactpersoon: Prof. Dr Dick Heederik



### **Innogrow**

Dublinstraat 32, 2713 HS Zoetermeer

Contactpersoon: Herbert Stolker



### **Interpolis**

Louis Braillelaan 100, 2719 EK Zoetermeer

Contactpersoon: Peter van der Sar



## INHOUDSOPGAVE

	Blz
1. Samenvatting	4
2. Inleiding	6
3. Doelstelling	7
4. Werkwijze	8
4.1 Bedrijvenscan luchtkwaliteit gassen m.b.t. humane en plant gezondheid	8
4.2 Korte omschrijving van de te gebruiken apparatuur	9
5. Resultaten	11
5.1 Gassen m.b.t. humane en plant gezondheid	11
5.1.1 Totaal meting NO <sub>x</sub> , NO en NO <sub>2</sub>	11
5.1.2 Online meting NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , Etheen, NH <sub>3</sub> (ammoniak) en Aldehyden in relatie tot de plant	14
5.1.3 Microklimaat irt luchtkwaliteit; plantstress meting met de GrowWatch	20
5.2 Techniek scan	27
5.3 Literatuuronderzoek gassen	28
6. Discussie en conclusie	30
7. Aanbevelingen	32
8. Kennisoverdracht	34

## 1. SAMENVATTING

Geconditioneerd telen in de glastuinbouw resulteert in minder vrije uitwisseling van kaslucht met de buitenlucht. Hiermee neemt het risico toe dat eventueel schadelijke gassen in de kas ophopen waardoor schadedrempels voor het gewas overschreden worden en daadwerkelijke schade optreedt. De belangrijkste bron van schadelijke gassen in de glastuinbouw is waarschijnlijk de CO<sub>2</sub> dosering met behulp van gereinigde rookgassen van de WKK. Relevante gassen die in het rookgaskanaal van de WKK voorkomen zijn naast CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, etheen en aldehyden. Voor het veilig doseren van CO<sub>2</sub> middels het rookgaskanaal zijn drempelwaarden bekend uit literatuurdata ten aanzien van concentratie van schadelijke gassen die meegedoseerd worden. Concentratie van gassen in het rookgaskanaal kunnen gemeten worden. Bij overschrijding van deze waarden dient de CO<sub>2</sub> dosering stopgezet te worden, echter dan kan er al sprake zijn risico niveaus in de kas.

De bewaking van de kwaliteit van CO<sub>2</sub> blijkt vaak betrekkelijk, omdat er verontreinigingen mee gezogen kunnen worden op een punt in de installatie voorbij het meetpunt van de bewaking. Het luchtdicht aanleggen en luchtdicht houden van de CO<sub>2</sub>-doseerinstallatie is daarom een blijvend aandachtspunt.

Het veelvuldig over- en weer terugschakelen naar deellast van de WK-installatie heeft gevolgen voor de kwaliteit van de CO<sub>2</sub> en de gewasgroei bij weinig ventileren. Dit wordt door de bewaking niet gesignaleerd omdat de achteruitgang van korte duur is. Het verdient daarom aanbeveling om de CO<sub>2</sub>-dosering tijdelijk te staken wanneer de deel last van de machine wordt gewijzigd.

Het effect van uitstoot van rookgassen uit de schoorsteen van WK-installaties zonder rookgasreinigers moet niet worden onderschat. Afhankelijk van locatie van de WK-installatie t.o.v. de kas, de lengte van de schoorsteen en omstandigheden zoals het weer en de mate van ventileren kan dit leiden tot ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas. Het verdient aanbeveling om hier rekening mee te houden bij de plaatsing van installaties en bij bestaande installaties de rookgasreiniger zonodig altijd aan te houden ook wanneer er geen CO<sub>2</sub>-behoefte bestaat.

Recent zijn normen berekend van effectgrenswaarden die aangehouden kunnen worden voor bepaling van het risico op schade als gevolg van gehalte van schadelijke gassen in de kaslucht. Deze berekende effectgrenswaarden voor planten zijn laag (NO<sub>x</sub> 40 ppb en etheen 11 ppb) en liggen op een niveau dat in de praktijk, met name in de wintermaanden en bij lage ventilatievoud, regelmatig overschreden wordt (gemiddeld een factor 3). Ook voor de medewerkers in de kas kan NO met name in de wintermaanden een potentieel risicofactor zijn. Dit duidt op een potentieel risico. Het ontbreekt echter aan relevante

recente onderzoeksinformatie over de schadelijkheid van gassen voor alle glastuinbouwgewassen onder de huidige teeltcondities. Aanvullend onderzoek naar effectgrenswaarden is gewenst.

Er zouden veel vaker kasluchtmetingen moeten worden uitgevoerd naar ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas. In de praktijk van vandaag de dag wordt hier alleen voor gekozen bij twijfel over de gewasgroei. Het zou echter veel vaker moeten plaatsvinden voor bijvoorbeeld een heel teeltseizoen. Van belang is wel dat de informatie snel en overzichtelijk beschikbaar is waardoor nader onderzoek naar de bron steeds snel en doeltreffend kan worden ingezet.

## 2. INLEIDING

Minder ventileren en uitwisselen van kaslucht met de buitenlucht kan ongewenste neveneffecten bewerkstelligen. Dit heeft als voordeel dat er op energie bespaard kan worden en mogelijk hogere productieniveaus haalbaar zijn m.n. doordat met hogere CO<sub>2</sub> waarden geteeld kan worden. In de wintermaanden zijn alle kassen in principe gesloten, omdat er weinig gelucht wordt.

Het risico op het toenemen van schadelijke componenten (o.a. gassen), door ophoping is groter, zeker wanneer er sprake is van verontreinigde bronnen in de kassen of in de buurt van de kassen. Deze bronnen kunnen bestaan uit WKK installaties of ketels, maar ook andere rookgasproducerende apparatuur (voorheftruck, pulse fog etc.).

De rookgassen van WKK installaties, waarin de CO<sub>2</sub> aanwezig is, kunnen gereinigd worden van de schadelijke componenten. NO<sub>x</sub> (NO en NO<sub>2</sub>) en C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (etheen of ethyleen), ammoniak (CH<sub>4</sub>) en aldehyden door rookgasreinigers. Echter uitstoot van WKK, ketel of andere bronnen rondom de kas kunnen van invloed zijn op de luchtkwaliteit in de kas.

Dit probleem herkennen de deelnemende tuinbouwbedrijven en baseren dat op hun 'groene gevoel'. De planten reageren anders (zien er anders uit) en het 'ruikt' anders in de kas. Het is wenselijk om die 'groene vingers' om te zetten in meten en daarmee te weten wat er gebeurt en vervolgens in te grijpen. In dit project is er gemeten in een productieomgeving, waarin niet de uiterste grenzen van systemen worden uitgetest, om die reden zijn er niet altijd direct verbanden aan te tonen tussen verontreinigde lucht en vermindering van plantkwaliteit, terwijl die er voor het oog en gevoel van de tuinders wel zijn. In een vervolg project (PT/LNV 13415.02) zijn de extreme situaties nader onderzocht (zie rapport Luchtkwaliteit in de Kas; Uitbreiding Praktijktest AirQ4 Energie, Jolanda Heistek, CropEye, 4 februari 2010).

De vraagstelling van dit project is; wat is de luchtkwaliteit in de kas op basis van metingen aan (bekende) gassen in verschillende seizoenen van het jaar en vanuit verschillende invalshoeken; teelttechnisch en technisch.

### 3. DOELSTELLING

Op basis van de leerpunten uit de eerdere AirQ projecten heeft het projectteam zich als doelgesteld om in een bedrijvenscan de luchtkwaliteit gedurende een 'geheel' teeltseizoen te monitoren. Daaruit kunnen conclusies worden getrokken wat betreft risicoperioden, bronnen van verontreiniging en oplossingen (techniek, teelt). In eerste instantie zullen die conclusies betrekking hebben op de deelnemende bedrijven. De algemene conclusies zullen toepasbaar zijn voor de gehele sector.

Naast de inhoudelijke kennisverhoging is er tevens aandacht besteedt aan de sociale aspecten. Die hebben betrekking op het bewustwording proces van de tuinbouwondernemer, maar ook toeleveranciers van de aanwezigheid en effecten van luchtverontreinigingcomponenten in en om de kas en de bronnen daarvan.

Verder is het werken met verschillende monitorsystemen en data-interpretatie van de data uit die systemen in combinatie met nadere data (klimaatcomputer) en omstandigheden in en om de kas een 'nieuwe' manier van werken; leren monitoren.

#### **Technische, Energie en Sociale doelstellingen:**

- Direct toepasbare oplossingen voor bronnen/effecten van luchtverontreiniging-componenten op basis van bekende systemen/situaties.
- Oplossingsrichtingen voor bekende bronnen, welke door toeleveranciers moeten worden uitgewerkt (systeemaanpassing).
- Handvaten voor ontwikkeling van prototype monitoringsysteem (meet en advies) door toeleveranciers, welke de luchtkwaliteit in kassen systemen kan bewaken op plant en mens niveau.
- Kennisoverdracht m.b.t. bronnen die luchtverontreinigingcomponenten kan leveren en het effect daarvan.
- Inzicht in de grenzen van optimaal telen i.r.t. luchtkwaliteit en daarmee het energieverbruik zo zuinig mogelijk afstellen.

## 4. WERKWIJZE

### 4.1 Bedrijvenscan luchtkwaliteit gassen m.b.t. humane en plant gezondheid (IRAS-UU, EMS, growTechnology)

In drie seizoenen (winter, voorjaar, zomer) zijn meetsessies uitgevoerd van minimaal twee weken in verschillende (6) kassen met drie gewassen (roos, tomaat en Phalaenopsis) en verschillende CO<sub>2</sub> doseringsystemen (zuiver CO<sub>2</sub>, ketel, WKK, OCAP), zie tabel.

Type kas	Product	Techniek
Open Gesloten	Phalaenopsis	WKK, ketel en OCAP
Open Gesloten	Tomaat	WKK, ketel, ZuiverCO <sub>2</sub>
Open Semi-gesloten	Roos	WKK, zuiver CO <sub>2</sub>

De volgende parameters zijn daarbij bepaald:

- NO<sub>x</sub>, NO en NO<sub>2</sub> (i.r.t. mens en gewas):
  - Totaal meting; ophoping per week [1; Ogawa Sampler]
  - Online meting (minuten) (MACview; EMS).
- Ethyleen, NH<sub>3</sub> (ammoniak) en aldehyden (i.r.t. plant)
  - Online meting (minuten) (MACview; EMS)
- Macroklimaat:
  - Vanuit de klimaatcomputer; omgevingstemperatuur, luchtvochtigheid, gebruik van ventilatie, verbrandings- en verwarmingsinstallaties (o.a. WKK)
- Microklimaat
  - Meting door de GrowWatch (growTechnology).



## 4.2 Korte omschrijving van de te gebruiken apparatuur

### Gasmetingen

Alle gasmetingen worden stationair uitgevoerd op verschillende representatieve plaatsen in de kas gedurende de benodigde periode.

Voor NO<sub>x</sub> is algemeen bekend dat dit een negatief effect heeft op de gezondheid (luchtweg aandoeningen) van de mens. Wat betreft de planten is bekend dat NO<sub>x</sub> tot een verminderde groei, productieverlies en bladverbranding kan leiden. NO<sub>x</sub> wordt deels opgenomen door de plant, de niveaus hiervan zijn niet bekend (pers. com. T. Dueck, WUR-GTB).



NO<sub>x</sub>-monsters worden genomen met de Ogawa Sampler (Ogawa & Co., USA, Inc.), een passieve monstermethode op basis van diffusie. De Ogawa Sampler bevat 2 filters, die van tevoren worden gecoat volgens het protocol van de fabrikant. De samplers werden op verschillende plaatsen in de kas opgehangen en een week later weer verzameld. De verzamelde monsters en blanco's werden volgens protocol verwerkt en gemeten met een spectrofotometer.

EMS maakt gebruik van haar online NO<sub>x</sub> en ethyleen analyse sensor (MAC View) zoals eerder gebruikt in de pilots. De MACView® producten kunnen de gemeten concentraties weergeven, registreren en zonodig kunnen de MACView® producten extern alarmeren. De methaan, ammoniak en aldehyde sensoren die ontwikkeld zijn voor andere sectoren zullen aan dit systeem worden gekoppeld. De sensoren worden op verschillende plaatsen in de kas geplaatst en kunnen online worden uitgelezen.



## GrowWatch (growTechnology)

De GrowWatch is uitgerust met een fotosynthese meter (Moni-head). Met deze fotosynthese meter is het mogelijk om zowel 's nachts als overdag de maximale fotosynthese capaciteit te meten. Hiervoor zendt de fotosynthese meter met een bepaalde interval een zeer sterke lichtpuls ( $3000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) uit. Door deze lichtpuls worden alle chlorofyl systemen in zeer korte tijd aangeslagen. De opgevangen energie kan door de plant echter niet zo snel verwerkt worden in de aanmaak van ATP en NADPH. De plant gaat daarom de opgevangen energie voor 97% omzetten in warmte en voor 3% in licht. Met de fotosynthese meter wordt, via een ingewikkeld filter systeem, de hoeveelheid door de plant uitgezonden licht gemeten. De verhouding tussen het hoeveelheid licht dat de plant 's nachts en overdag uitzendt is een maat voor de hoeveelheid stress. Bij een stress waarde van 1 heeft de plant per definitie 50% van z'n chlorofyl systemen uitgeschakeld. Bij hogere stress waarden schakelt de plant steeds meer chlorofyl systemen uit om zich te beschermen tegen de over dosis aan licht. Bij normale C3 planten kan de stress waarde beïnvloed worden door de hoeveelheid licht,  $\text{CO}_2$  concentratie, stand van de huidmondjes, beschikbaarheid van water, toepassing van herbicides/insecticides/fungicides eventueel in combinatie van een uitvloeier, etc.

De sensoren van een GrowWatch kunnen de volgende zaken meten en berekende waarden worden afgeleid.:

- Bladtemperatuur
- Photosynthese
- PAR licht
- EC
- Tensiometer
- Vrucht/stam diameter
- RH
- Omgevingstemperatuur
- Vochtgehalte in medium
- Koolzuur



## 5. RESULTATEN

### 5.1 Gassen m.b.t. humane en plant gezondheid (IRAS-UU, EMS, growTechnology)

In drie seizoenen (winter, voorjaar, zomer) in meetsessies van ca 2 weken uitgevoerd in 6 kassen met drie gewassen (roos, tomaat en Phalaenopsis) en verschillende CO<sub>2</sub> doseringssystemen (zuiver, WKK, OCAP, ketel)

#### 5.1.1 Totaal meting NO<sub>x</sub>, NO en NO<sub>2</sub> (i.r.t. mens); Ogawa Sampler (IRAS-UU)

##### Achtergrond

In het voorjaar van 2007 en de winter van 2008 zijn pilot studies uitgevoerd naar het voorkomen van waarschijnlijke luchtverontreinigingcomponenten in enkele gesloten kassen. Deze pilot studies zijn gericht op blootstelling aan NO<sub>x</sub> (NO en NO<sub>2</sub> samen, een tweetal verbrandingsgassen). Daaruit kwam naar voren dat de NO<sub>x</sub> verontreiniging verhoogd kan zijn ten opzichte van bestaande Nederlandse grenswaarden in gesloten kassen. Omdat NO<sub>x</sub> geassocieerd is met relatief ernstige effecten op de gezondheid was dit een punt van zorg voor de in de kas vertoevende medewerkers. Tegelijkertijd werd in een andere gesloten kas juist een verlaagd niveau vastgesteld ten opzichte van achtergrondniveaus. Om een beter beeld van de blootstelling te krijgen is besloten metingen uit te voeren over een periode van enkele meetmaanden verspreid over een jaar zodat inzicht wordt gekregen in de blootstelling tijdens verschillende seizoenen.

##### NO<sub>x</sub>

NO<sub>x</sub>-monsters werden genomen met de Ogawa Sampler (Ogawa & Co., USA, Inc.), een passieve monstermethode op basis van diffusie. De Ogawa Sampler bevat 2 filters, die van tevoren werden gecoat volgens het protocol van de fabrikant (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> Sampling Protocol Using the Ogawa Sampler, 1998). De samplers werden op verschillende plaatsen in de kas opgehangen en een week later weer verzameld. De verzamelde monsters en blanco's werden volgens protocol verwerkt en gemeten met een spectrofotometer.

##### Resultaten metingen naar NO<sub>x</sub> in kassen in de winter en zomer 2009

In de tomatenkas, in beide rozenkassen en in beide kassen met Phalaenopsis zijn de NO concentratie en de NO<sub>x</sub> concentratie verhoogd ten opzichte van de buitenluchtconcentraties. Dit betekent dat er bronnen van NO in de kassen zijn. Mogelijke bronnen zijn verwarmingsinstallaties, gebruik van meststoffen en activiteit van planten en micro-organismen. De bron van NO<sub>2</sub> in de ketel/opslag/laadruimte zou gezocht kunnen worden bij de aanwezige ketel, de rokers of het vrachtverkeer dat vanuit deze ruimte laadt en lost.

De metingen laten zien dat de niveaus in de winter wederom hoger (conform AirQ3) zijn dan in de zomer. Afhankelijk van de specifieke meetplek kunnen verschillen tussen een factor 2-10 optreden. Ook lijken in de zomer duidelijker verschillen tussen kassen/teelten te bestaan. Mogelijk dat dit samenhangt met ventilatiepraktijken die gewasspecifiek zijn.

## **Conclusies**

Het beeld dat uit de pilot metingen (AirQ2-3) naar voren kwam is bevestigd door deze uitgebreidere meetserie. Wel is een beter beeld ontstaan van de variatie in de blootstelling over de tijd en variatie in de kassen. De niveaus NO<sub>x</sub> blijken in de winter hoger dan in zomer en dit verschil bedraagt een factor 2 tot 3 maximaal. De achtergrondniveaus buiten komen overeen met verwachtingen welke zijn gebaseerd op de resultaten van lange meetreeksen die worden vastgelegd met het landelijk meetnet. In een enkel geval worden verhoogde achtergrondniveaus vastgesteld, vermoedelijk lokale bronnen zoals de eigen installatie die in geval van stabiel weer de lokale achtergrondconcentratie zeer sterk beïnvloed. Niveaus in de kassen zijn in het algemeen hoger dan de niveaus buiten de kassen. Dit wijst op de aanwezigheid van zeer lokale bronnen en verschil in ventilatie tussen verschillende locaties in de kassen.

Er bestaan nationale grenswaarden voor de buitenlucht voor NO<sub>2</sub>. Deze zijn gebaseerd op EU-richtlijnen en bedragen 40 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde en 200 µg/m<sup>3</sup> als uurgemiddelde. Hoewel voor dit onderzoek geen jaargemiddelde waarden beschikbaar zijn en op basis van deze metingen een betrouwbaar jaargemiddelde ook niet kan worden berekenen wijzen de verhoogde niveaus in meerdere kassen erop dat deze waarden waarschijnlijk regelmatig worden overschreden. Omdat week gemiddelde concentraties vaak gelijk of hoger zijn aan de grenswaarde uitgedrukt als uurgemiddelde (200 µg/m<sup>3</sup>) kan worden gesteld dat uurgemiddelde niveaus vermoedelijk regelmatig hoger zijn dan de gestelde 200 µg/m<sup>3</sup>. Daarmee is de blootstelling binnen in de kassen regelmatig hoger dan in de buitenlucht en ook hoger dan de bestaande grenswaarden voor de buitenlucht.

Grenswaarden voor de werkomgeving voor NO en NO<sub>2</sub> worden vermoedelijk zo nu en dan overschreden in geval van NO<sub>2</sub>. Grenswaarden voor de werkomgeving zijn gedefinieerd voor een periode van 8 uur blootstelling (TGG) of korter. Zo gelden voor de werkplek voor stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) publieke MAC waarden van 0,4 mg/m<sup>3</sup> TGG (Tijd Gewogen gemiddelde) over 8 uur) en 1 mg/m<sup>3</sup> TGG-15min. De gevonden concentraties liggen altijd lager dan 10% van de MAC waarde (respectievelijk 0,1 mg/m<sup>3</sup>). De gemeten concentraties zijn weekgemiddelden het is niet uit te sluiten bij een weekgemiddelde rond de 10% van de MAC waarde dat op een dag in die week de concentratie rond of boven de MAC waarde ligt en dat deze hoge concentratie in de week gecompenseerd wordt door een lage concentratie waardoor het gemiddelde rond 10% van de MAC uitkomt. Gezien het lage gemiddelde niveau over alle kassen is deze kans op MAC waarde overschrijding gering en in de praktijk

verwaarloosbaar.

Voor stikstofmonoxide (NO) geldt op de werkplek een publieke MAC waarde van 0,25 mg/m<sup>3</sup> TGG-8u (250 µg/m<sup>3</sup>). Gezien het feit dat niveaus tussen de 100 en 200 µg/m<sup>3</sup> gedurende een week regelmatig voorkomen in de wintermaanden bij de desbetreffende telers, is regelmatige overschrijding van de MAC waarde gedurende een dag niet uit te sluiten en relatief waarschijnlijk. Gezien de relatief stabiele niveaus en de niet zeer grote variatie in de tijd, worden geen grote MAC-waarde overschrijdingen verwacht. Een eventueel risico bestaat alleen in de winter. Algemeen punt van zorg is dat vooral nog weinig inzicht bestaat in de precieze bronnen van NO<sub>2</sub> en NO binnen de kassen. Om hier het maximale uit de gegevens te halen is het raadzaam de gegevens verder in detail met de ondernemers door te nemen en eventuele samenhang tussen locatie, eventuele bronnen bij een locatie en de gemeten concentratie verder te proberen te interpreteren.



### **5.1.2 Online meting NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Etheen, NH<sub>3</sub> (ammoniak) en Aldehyden in relatie tot de plant (MACview; EMS).**

#### **Inleiding**

In alle kassen is gemeten met analysers voor C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (etheen), NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> (Ammoniak), Aldehyden (waarvan meest voorkomend is Formaldehyde) en methaan. De methaan meting is na verloop van tijd vervallen wegens gebrek aan resolutie op het meetsignaal. Alle metingen zijn per teler verricht op twee verschillende kassen onder verschillende omstandigheden.

Tijdens het meettraject kwam naar voren dat de seizoenen specifieke aandachtspunten met zich meebrachten. Zodoende zijn in overleg extra testen ingelast. De testen die bijzonder waren, waren de testen waarbij gekeken is naar de verdeling van gassen in de kas in de hoogte (tomaat).

Geprobeerd is om koppelingen te maken tussen de klimaatcomputers. Dit is ten dele gelukt. Het mobiele karakter van de meetsystemen maakt dat koppelingen niet eenvoudig te leggen zijn. Permanent opgestelde systemen zijn eenvoudiger te koppelen. Dit is gecompenseerd doordat EMS tijdens het meettraject zelf een tijdelijke software tool heeft ontwikkeld waarmee data uit allerlei bestanden kon worden gesynchroniseerd. Hieruit was voor het eerst niet alleen een verband in trendlijnen te ontdekken, maar waren er ook statistische relaties uit te extraheren.

Op alle bedrijven konden de analysers real-time gevolgd worden. Voor en tijdens het meettraject zijn de analysers gekalibreerd. Er waren geen grote afwijkingen op de kalibraties voor en na controle. De afwijkingen die er waren zijn gecorrigeerd en verwerkt in de meetdata.

#### **Samenvatting van de resultaten**

In AirQ3 is er in een aantal semi-gesloten en gesloten kassen NO en ethyleen gemeten. De verschillen tussen de telers waren groot. Er zijn tussen de kassen onderling geen patronen te vinden van bepaalde concentraties. De patronen van de concentraties zijn per kas uniek en zullen primair bepaald zijn door de aansturing van klimaatcomputers en andere apparatuur. Met name het luchtrekime en de combinatie van aanwezige bronnen bepaalt wat er met de ethyleen en NO concentraties in de kas gebeurt.

In AirQ4 is bevestigd dat de data die gegenereerd is verbanden heeft met de omgeving. De omgevingsfactoren die de concentraties bepalen zijn divers. Voor NO, NO<sub>2</sub> en etheen zijn die omgevingsfactoren de bronnen van verbrandingsprocessen zoals:

- Gewas (alleen C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, normaal wel zeer weinig uitstoot)
- Buitenlucht
- Pulsfog systemen
- WKK / ketels / rookgasreinigers
- Periferie rondom WKK/ketels/rookgasreinigers, zoals defecte kleppen/pakkingen.
- Schoorstenen (te laag of uitlaat te dicht bij inlaat).
- Acethyleen bemesting (Alleen C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)
- Mesthoop / compostering
- Bladblazers, tractors, heftrucks, grasmaaiers, ruimmachines

Door de aanwezigheid van deze pieken en verdachte situaties in de kas is een permanent meetsysteem voor gasconcentraties op kasluchtniveau belangrijk. Echter het belang en het nut wordt door de telers niet altijd meteen gezien. Pas als de telers er mee geconfronteerd worden ziet men de noodzaak ervan in. Gedurende alle AirQ projecten is het bewustzijn hiervan sterk vergroot en worden de deelnemers van AirQ door verschillende bedrijven (telers en toeleveranciers) benaderd.

Tijdens het AirQ4 traject is met grote regelmaat (tweewekelijks evaluatie sessie met alle deelnemende telers op meetbedrijf) data verwerkt en besproken met de telers. Hieruit ontstond interactie en kwamen veel vervolg en actiepunten (oplossingen). Voor het eerst is het gelukt om de relatie van etheen en NO verhoging vast te stellen in relatie tot CO<sub>2</sub> dosering (tomaat). NO en etheen komen bijna altijd direct uit de CO<sub>2</sub> dosering. Bijgebruik van zuivere CO<sub>2</sub> is de concentratie NO en etheen altijd laag.



Verder zijn de gegevens van de rozenteler interessant. Deze laten zien dat de invloeden van WKK / ketels / rookgasreinigers en periferie belangrijke factoren zijn voor de luchtkwaliteit. N.a.v. deze gevolgen zijn ook de testen bij paprika geïnitieerd (PT/LNV nr 13415.02). Uit de testen bij paprika zijn een aantal interessante gegevens naar voren gekomen die effecten verklaren die in AirQ4 en AirQ3 gezien zijn. Deze bevindingen worden in een separaat rapport weergegeven.

Alle data is overgedragen aan de telers en de algemene conclusies hieruit zijn verwerkt in dit rapport en de verdere externe communicatie.

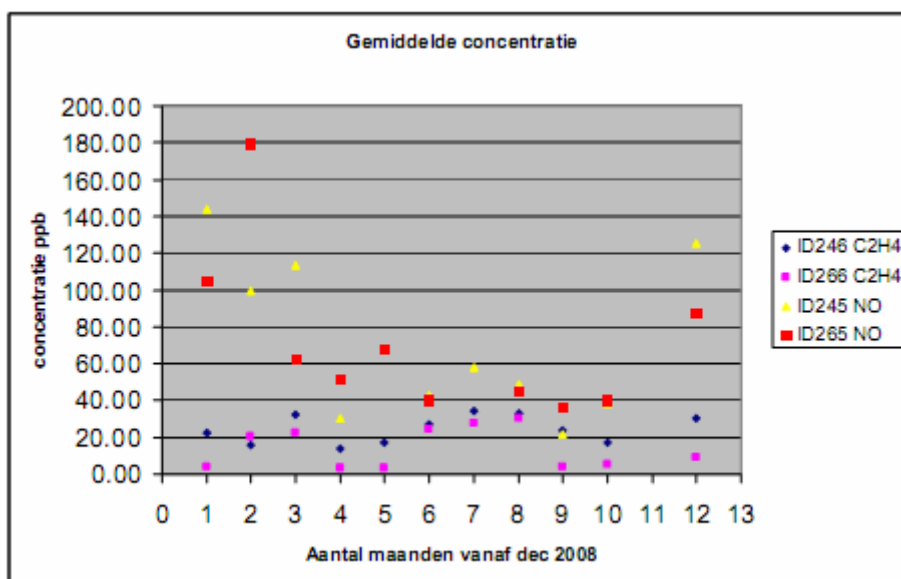
De koppeling met datasystemen viel tegen. Door een tijdelijke synchronisatie tool te ontwikkelen door EMS konden wel onderlinge verbanden en relaties tussen parameters gelegd worden. Een mogelijk adviesprotocol is zeer lastig te implementeren, hiervoor is nog meer kennis (effectwaarden) noodzakelijk. De enige manier om te bepalen of de luchtkwaliteit voldoende is, is door te meten op plantniveau in de kas (advies Interpolis).

De homogeniteit van de luchtsamenstelling is bepaald in de hoogte van de kas. De hoogte van de kas is bepalend voor de representatieve waarden. We adviseren om een gemiddelde gewashoogte aan te houden voor de luchtsampling. Dit omdat zowel onderin alsook boven uitersten kunnen voorkomen.

Af en toe iets lucht in de kas zetten kan zinvol zijn bij het gebruik van real-time meetapparatuur. Zonder meetapparatuur weet men echter niet of het nodig is en verspilt men wellicht energie.

### Gemiddelde concentraties

In de onderstaande grafiek is de gemiddelde concentratie per maand uitgezet tegen het aantal meetmaanden. Daaruit komen voor etheen over het gehele jaar gemiddeld relatief lage waarden voor. Echter deze waarden overstijgen wel geregeld de advies grenswaarde van 11 ppb. Voor NO zijn de gegevens daarentegen heel uiteenlopend. In de echte wintermaanden zijn de NO concentraties hoger is dan in de zomer. Verder is er sprake van een sterke overschrijding (ca factor 3) van grenswaarden (40 ppb). Opgemerkt moet worden dat de analysers hebben gestaan op verschillende bedrijven en verschillende afdelingen door het jaar heen.



*Gemiddelde concentratie per maand (ppb) over metingen van 24 hr gemiddeld per dag i.r.t. het aantal meetmaanden bij de verschillende praktijkbedrijven.*



## Conclusies

### Roos:

- In de periode van 15-12-2008 t/m 13-01-2009 blijkt dat **in de open kas de NO niveaus heel sterk afnemen en dat in de gesloten kas de NO niveaus heel sterk toenemen**. In de open kas zijn tevens de ethyleen niveaus veel lager. De **gemiddelde etheen niveaus in de open kas bedraagt ongeveer 5 ppb. In de gesloten kas bedragen de gemiddelde etheen niveaus ongeveer 30 ppb**. Dit verschil in de open en gesloten kas is toch een punt van aandacht. Opgemerkt moet worden dat het in deze periode behoorlijk hard heeft gevoren. Bij verwarmen met de ketel was dus noodzakelijk.
- De **stressmeting vertoont een correlatie bij een hoge NO waarde** tussen 23-12-2008 en 24-12-2008. Echter deze correlatie komt niet steeds heel duidelijk terug.
- In de winterperiode dec 2008/ jan 2009 is de ethyleen laag. In het voorjaar loopt de waarde juist op. Er zijn met name hoge pieken op de etheen zichtbaar.
- Data van analysers die worden aangesloten op een Hoogendoorn computer wordt standaard maar 2 weken bewaard. De data moet voor bewaren geselecteerd zijn. Indien dit niet is uitgevoerd komt er geen data meer uit het systeem. Een goede data analyse is dan niet meer mogelijk.
- Gebruik van de Pulsfog overschrijdt tijdelijk (04-03-2009 t/m 26-03-2009) alle effectgrenswaarden. Het gewas lijkt er niet direct heel zwaar onder te leiden. **Pulsfog gebruik blijft wel een aandachtspunt**.
- Periode 25-08-2009 t/m 16-09-2009 is een verband met NH<sub>3</sub> en bemesting te zien.
- Bij Roos 4 (periode 25-08-2009 t/m 16-09-2009) was de aandacht op de pieken etheen en NO<sub>2</sub> gericht. Beide waarden waren gemiddeld hoger dan in Roos 2 van diezelfde periode. De toch wel hoge waarden in Roos 4 gaven aanleiding om de nieuwe installatie toch beter te bekijken. Na een scan van Interpolis is gebleken dat er m.b.t. de CO<sub>2</sub> leidingen twee onafgeschermdde bijmengopeningen in de WKK ruimte aanwezig waren die leiden naar Roos 2. Hierop is een modificatie uitgevoerd en zijn de WKK's van Roos 2 en 4 opnieuw nagekeken.

### Phalaenopsis:

- **Zuivere CO<sub>2</sub> (OCAP) dosering** (13-01-2009 t/m 03-03-2009) geeft altijd **waarden die zo goed als nul** zijn in de kas voor zowel etheen alsook NO concentraties.
- Wanneer er geen levering van OCAP CO<sub>2</sub> mogelijk is, is het noodzakelijk dat andere CO<sub>2</sub>-dosering installaties (ketel) van goed onderhoud zijn voorzien, zodat zij 'schone' CO<sub>2</sub> kunnen doseren.

*Tomaat:*

- Boven alsook onderin de kas is de **relatie tussen CO<sub>2</sub> en etheen** duidelijk aanwezig. **Etheen lijkt bovenin de kas veel meer** voor te komen dan onderin de kas. Dit kan er op duiden dat bovenin vanuit de ramen toch een bron aanwezig kan zijn. Beneden in de kas wordt de gemiddelde effectgrenswaarde van ethyleen niet overschreden. Bovenin de kas wordt de gemiddelde effectgrenswaarde in de kas wel overschreden (22-04-2009 t/m 27-05-2009).
- Om deze reden is de **plaats en de hoogte van schoorstenen** dus bepalend. Met name de oudere schoorstenen van 4 meter vormen dus een risico. Rookgas waaiert op deze manier over de kas uit. Een ander gevaar is dat hogere schoorstenen koeler zijn en waarbij de afgekoelde rookgassen verticaal uitgestoten worden i.p.v. horizontaal.
- De relatie tussen CO<sub>2</sub> en NO is zowel bovenin alsook onderin de kas duidelijk aanwezig. Als CO<sub>2</sub> gedoseerd wordt is er ook altijd NO aanwezig. NO komt niet boven de effectgrenswaarde uit (22-04-2009 t/m 27-05-2009).
- Bij lage CO<sub>2</sub> waarden zijn beneden in de kas altijd hogere NO<sub>2</sub> waarden te zien. Bovenin is dit effect niet zichtbaar. Een mogelijke verklaring is dat het opstarten van WKK/rookgasreiniger/ketel bij CO<sub>2</sub> dosering bijdraagt aan een verhoging van slechte verbranding. NO<sub>2</sub> is typisch een gas dat ontstaat bij slechte verbranding (22-04-2009 t/m 27-05-2009).
- Bij grotere raamstanden is er beneden in de kas relatief minder etheen dan bij kleinere raamstanden (22-04-2009 t/m 27-05-2009).



- Bijzonder is dat NO in de kas t.o.v. boven en onderin de kas zeer homogeen is. De gemeten NO waarden zijn zelfs zeer exact over elkaar heen te leggen. Dit is vooral goed te zien in de grafiek waarin NO is uitgezet tegen de raamstanden.
- Er is geen duidelijke relatie aangetroffen tussen de schoorsteen en de windrichting. Het lijkt erop of er t.o.v. van de meetpunten ten zuiden een bron ligt.
- Periode 22-04-2009 t/m 27-05-2009 is een verband met NH<sub>3</sub> en bemesting (watergift) te zien. De NH<sub>3</sub> concentraties zijn onderin sterker dan bovenin.

#### *Algemene risicopunten*

- NO<sub>x</sub> (NO en NO<sub>2</sub> waarden) overschrijden niet de effect grenswaarden, maar zijn wel hoog. Verdere monitoring t.b.v. grenswaarden is toch wel noodzakelijk.
- Ethyleen komt gemiddeld net niet of net wel een aantal keren onder vs. boven de effectgrenswaarden. Blijvend monitoren is raadzaam.
- Door de aanwezigheid van deze pieken en verdachte situaties in de kas is een permanent meetsysteem erg belangrijk. Echter het belang en het nut wordt door de telers niet meteen gezien. Pas als de telers er mee geconfronteerd worden ziet men de noodzaak ervan in.
- Koppeling naar de klimaatcomputer was mogelijk, maar nog geen succes. Per februari 2010 komt EMS met vernieuwde analyser speciaal geschikt voor koppelingen met NO / C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> waarbij deze ingezet kan worden.
- Het **effect van het openen van ramen in de winterperiode is altijd goed zichtbaar**. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> en NO concentraties in de kas dalen dan. Luchten is dus een relatief simpele oplossing voor tijdelijke verbetering van luchtkwaliteit.
- De **plaats en de hoogte van schoorstenen** is bepalend. Met name de oudere schoorstenen van 4 meter vormen dus een risico. Rookgas waaiert op deze manier over de kas uit. Een ander gevaar is dat hogere schoorstenen koeler zijn en waarbij de afgekoelde rookgassen verticaal uitgestoten worden i.p.v. horizontaal.
- Gebruik van de Pulsfog overschrijdt tijdelijk alle effectgrenswaarden.
- Het opstarten van WKK/rookgasreiniger/ketel bij CO<sub>2</sub> dosering draagt bij aan een verhoging van slechte verbranding. NO<sub>2</sub> is typisch een gas dat ontstaat bij slechte verbranding.
- Aanwezigheid van onafgeschermd bijmengopeningen in de WKK ruimte in plaats van aanzuiging van buitenlucht als bijmenglucht.
- Er is een verband met NH<sub>3</sub> en bemesting (watergift). De NH<sub>3</sub> concentraties kunnen relatief hoog oplopen. Het is onbekend wat het effect op de planten is. Planten kunnen NH<sub>3</sub> opnemen, maar te hoge waarden kunnen schadelijk zijn, exacte effectwaarden zijn niet bekend (pers. com T. Dueck WUR-GTB).

### **5.1.3 Microklimaat i.r.t. luchtkwaliteit; plantstress meting met de GrowWatch (growTechnology)**

#### **Samenvatting**

De in de literatuur op gegeven grenswaarden zijn bij Phalaenopsis alleen overschreden voor ethyleen. Er is echter geen plantschade bij Phalaenopsis vastgesteld. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat we alleen gemeten hebben aan planten in de opkweekfase. Mogelijk kunnen de hogere ethyleenwaardes wel gevolgen hebben in de koeling en in de afkweek fase. Dit zou verder onderzocht moeten worden. Het is namelijk bekend dat in de winterperiode meer knopverdroging plaats vindt, mogelijk als gevolg van hogere ethyleen waarden, dan in de andere periodes.

Er zijn met enige regelmaat hoge ammoniak waarden gemeten. Deze hoge waarden vielen samen (met vertraging van enkele uren) met de watergift. Op beide meet- locaties is dit verband tussen hoge ammoniak waarden en watergift vastgesteld. Een verklaring voor de hoge ammoniak waarde is niet gevonden en zou verder onderzocht moeten worden.

Met de GrowWatch is duidelijke (licht) stress gemeten. Deze stress werd veroorzaakt door uitputting van de in de nacht aangelegde CO<sub>2</sub> in de vorm van malaat. Als de malaat voorraad opraakt gaan de planten namelijk de huidmondjes openen om zodoende rechtstreeks CO<sub>2</sub> uit te lucht op te nemen. Indien op dat moment de CO<sub>2</sub> concentratie niet hoog genoeg is, resulteert dit in lichtstress. De lichtstress kan op dat moment voorkomen worden door meer CO<sub>2</sub> aan te bieden of door licht weg te schermen. Teelttechnisch heeft het eerste de voorkeur omdat er op die manier meer suikers worden aangemaakt.

Tijdens het AirQ project zijn alle data in detail met de ondernemers gecommuniceerd. In de algemene rapportage is Phalaenopsis in detail nader uitgewerkt. Aanpassingen welke in de teelt tijdens de looptijd van het AirQ project hebben plaatsgevonden zijn verhoging van de CO<sub>2</sub> concentratie bij Phalaenopsis samen met een verschuiving van de dosering in de tijd. Daarnaast wordt de assimilatie belichting nu in twee keer fases ingeschakeld.

Bij tomaat is juist de concentratie naar beneden aangepast omdat daar regelmatig te hoge CO<sub>2</sub> waarden werden gemeten.

#### **Inleiding**

Voor Phalaenopsis zijn er op twee locaties in drie seizoenen gasmetingen verricht door EMS. De gemeten gassen zijn NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, etheen en formaldehyde. Elke 20 minuten is er een meting verricht. De resultaten van deze metingen worden hieronder beschreven. Uit literatuur onderzoek van Bgg komt naar voren dat de grenswaarden voor NO<sub>x</sub> rond de 40 ppb ligt (24hrs gemiddelde). Voor etheen is deze waarde 11 ppb voor een

blootstellingperiode van 8 uur. Daarnaast wordt nog vermeld dat schadedrempels kunnen ontstaan bij kortstondige blootstelling aan gas concentraties boven de 500 tot 1000 ppb. Er worden geen specifieke waarden vermeld voor formaldehyde. Voor NH<sub>3</sub> is er een grenswaarde beschreven van 200 ppb (CO<sub>2</sub>-in de glastuinbouw; Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente 1999).

In Tabel 1 worden de gemiddelde meetwaarden over de drie verschillende seizoenen vermeld. Hieruit blijkt dat zowel voor NO<sub>x</sub> als voor etheen de uit het literatuur onderzoek gevonden grenswaarden ruim worden overschreden. In Tabel 1 liggen de gemiddelde meetwaarden (periode van enkele weken) al ruim boven de 24 hrs waarden voor NO<sub>x</sub> en de 8 hrs waarden voor etheen. Echter uit de individuele data is op te maken dat de piekwaarden van 500 tot 1000 ppb voor de 5 gascomponenten slechts 1 maal wordt overschreden door etheen. De andere gascomponenten blijven ruim onder de genoemde kortstondige grenswaarde.

**Tabel 1.** Overzicht van de gemiddelde meetwaarden van NH<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, etheen en formaldehyde (ppb) voor Phalaenopsis (EMS).

	<b>Kas 1</b>	<b>Kas 2</b>	<b>Grenswaarden (24hrs gem)</b>
<b>Winter</b>	Ketel + OCAP	WKK	
NH <sub>3</sub>	16	9	200
NO	<b>165</b>	<b>100</b>	40(NO <sub>x</sub> )
NO <sub>2</sub>	7	10	
Etheen	18	17	
<b>Lente</b>			
NH <sub>3</sub>	33	55	
NO	n.d.	<b>50</b>	
NO <sub>2</sub>	4	12	
Etheen	<b>24</b>	<b>32</b>	
Formaldehyde	4	n.d.	
<b>Zomer</b>			
NH <sub>3</sub>	38	73	
NO	n.d.	<b>62</b>	
NO <sub>2</sub>	4	9	
Etheen	<b>33</b>	<b>36</b>	
Formaldehyde	6	n.d.	

De productie locatie kas 1 heeft OCAP en ketel gebruikt voor CO<sub>2</sub> dosering. De NO waarden liggen in daar significant hoger dan in kas 2. De NO<sub>2</sub> waarden liggen pieksgewijs hoger in kas 1 dan in kas 2, hoewel het gemiddelde lager is dan in kas 2. Een verklaring voor de pieken zou kunnen zijn dat op deze dagen de ketel is gebruikt voor CO<sub>2</sub> dosering. De productie locatie kas 2 maakt gebruik van de WKK voor CO<sub>2</sub> dosering.

NO<sub>x</sub> en ethyleen concentraties zijn in kas 2 hoger dan in kas 1. Ondanks verschil in waarden per seizoen kan worden geconcludeerd dat CO<sub>2</sub> doseren met een rookgasreiniger meer risico vol is dan met zuivere CO<sub>2</sub> of OCAP. Echter vervolg metingen zijn noodzakelijk om te achterhalen in welke mate verhoogde concentraties NO<sub>x</sub> en etheen schade opleveren aan het gewas.

Metingen verricht gedurende de zomer periode geven gemiddeld lagere concentraties voor CO<sub>2</sub> en etheen, waarbij de verschillen tussen beide productie locaties minder significant zijn. Een verklaring hiervoor is dat tijdens periode gemiddeld een grotere raamstand gehanteerd wordt wat de ventilatiecapaciteit verhoogt en daardoor ophoping van NO<sub>x</sub> en Etheen wordt voorkomen.

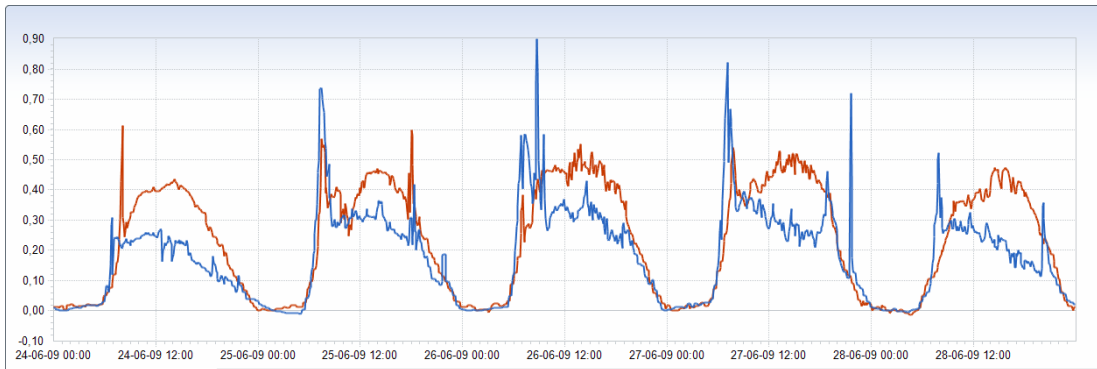
Gemeten NH<sub>3</sub> waarden worden hoger naarmate de dagen warmer worden en of meer licht beschikbaar is. Na analyse is gebleken dat er een verband bestaat tussen gemeten pieken in NH<sub>3</sub> met het moment van irrigatie. Hier ligt een uitdaging om na te gaan wat de oorzaak is van verhoogde NH<sub>3</sub> concentratie op de dag na irrigatie. Er bestaat een mogelijkheid dat een stikstof verbinding door middel van fotokatalyse wordt omgezet in NH<sub>3</sub>.

Op het moment wordt gewerkt aan een koppeling van de klimaat computer met gasanalyse apparatuur om zo real-time inzichtelijk te maken welke processen eventuele oorzaken zouden kunnen zijn van ongewone veranderingen in NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en etheen concentraties. Door deze data te koppelen aan GrowWatch data kan worden geanalyseerd wat deze veranderde concentraties voor invloed hebben op het gedrag van de plant. Door metingen real-time inzichtelijk te maken kunnen eventuele problemen snel worden geanalyseerd en gepubliceerd, zodat de gehele sector hiermee voordeel kan behalen.



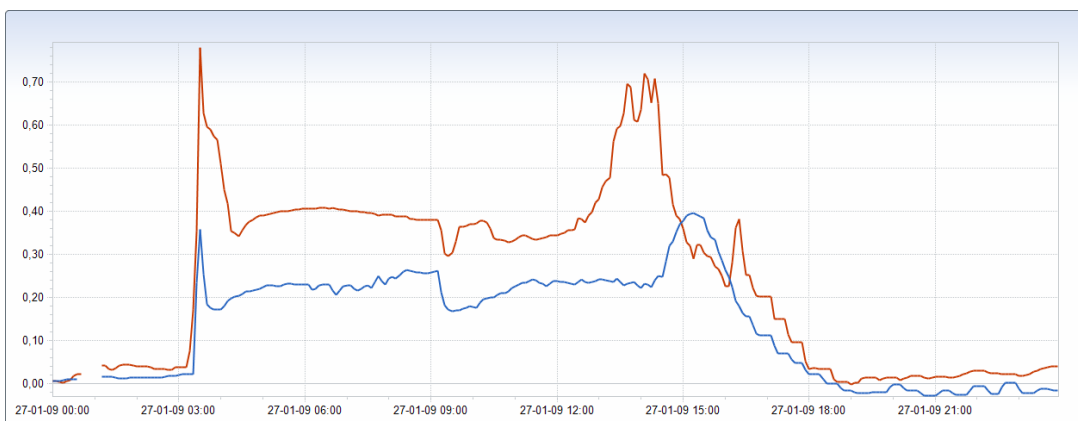
## GrowWatch metingen Phalaenopsis

Phalaenopsis planten behoren tot de groep van CAM (Crassulacean Acid Metabolism) planten. Deze planten nemen in tegenstelling tot C3 planten 's nachts CO<sub>2</sub> op en houden overdag zo veel mogelijk hun huidmondjes gesloten om zich te beschermen tegen uitdroging. Uit ervaring hebben we de maximale stress waarde voor CAM planten op een 0,5 gezet. Deze waarde wordt in de teelt bij Phalaenopsis zelden overschreden. De hogere stress waarden in kas 2 ten opzichte van kas 1 worden veroorzaakt door het feit dat er in kas 2 meer licht wordt toegelaten.



**Grafiek 1.** Stress metingen in kas 1 (blauwe lijn) en kas 2 (rode lijn).

Bij het aanschakelen (zie Grafiek 2) van de belichting zie je dat de plant even in de stress gaat. Dit wordt hoogst waarschijnlijk veroorzaakt doordat het 's nachts opgenomen CO<sub>2</sub> eerst vrij gemaakt moet worden voordat het beschikbaar is om omgezet te worden in suiker. Indien de assimilatiebelichting in fasen kan worden aangeschakeld heeft dit de voorkeur boven het in een keer aanschakelen van het licht. De plant wordt dan als het ware geactiveerd.



**Grafiek 2.** Stress meting in kas 2 (rode lijn) en kas 1 (blauwe lijn).

In de middag kunnen de planten opnieuw in de stress gaan. Dit wordt veroorzaakt doordat op dat moment het malaat opraakt. De Phalaenopsis planten gaan dan hun huidmondjes openen om rechtstreeks CO<sub>2</sub> uit de lucht op te nemen. Dit gaat gepaard met stress. Indien op het juiste moment voldoende CO<sub>2</sub> wordt gegeven kan deze stress piek in de

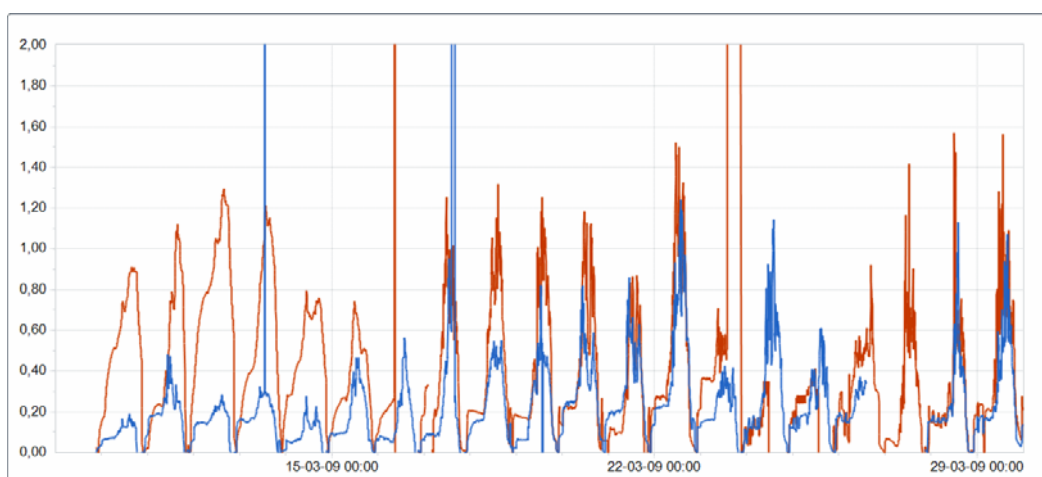
middag volledig onderdrukt worden (zie verschil in CO<sub>2</sub> waarden op beide productie locaties in Grafiek 4). In de praktijk kom ik op andere bedrijven stress waardes tegen welke in de middag op kunnen lopen naar waardes van 2 gedurende enkele uren. Bij deze hoge waarden wordt er meer schade aan de plant aangebracht dan dat er groei plaats vindt. De reden hiervan is dat bij deze hoge stress waarden de plant veel energie gaat omzetten in warmte. Bij dit proces komen ook radicalen vrij. Deze radicalen reageren vervolgens met allerlei eiwitten. De eiwitten worden hierdoor afgebroken en moeten door de plant weer opnieuw worden aangemaakt of worden hersteld. Voor dit proces is energie nodig welke dus niet beschikbaar is voor groei. Telers waar 's middags hoge stress waarden worden bereikt hebben, indien er geen voldoende CO<sub>2</sub> gedoseerd kan worden, er meer baat bij als het doek wordt dicht getrokken. Het tijdstip waarbij de planten in de stress gaan is afhankelijk van wanneer een bepaalde lichtsom is bereikt welke aansluit bij de CO<sub>2</sub> voorraad in de bladeren van de plant.

#### *Meetsessie I Roos: 12 december 2008 tot 12 januari 2009*

Tijdens de eerste meetsessie voor Roos werd het gewas continu belicht. Hierdoor kon de stress niet vastgesteld worden. De reden hiervan is de fotosysteem van de plant, door het ontbreken van een donkerperiode, geen rust krijgt. Hierdoor kan de maximale fotosynthese capaciteit niet gemeten worden. De maximale fotosynthese capaciteit is noodzakelijk voor het berekenen van de stress waarde.

#### *Meetsessie II Roos: 9 tot 29 maart 2009*

In deze meetperiode is er elke een donkerperiode van ongeveer 4 uur geweest. Dit is voldoende om de maximale fotosynthese capaciteit te meten. Daardoor kunnen de stress waarden correct worden gemeten.



**Grafiek 3.** Stress metingen tijdens tweede meetsessie.



Bij normale C3 planten ligt grenswaarde rond de 1. Hogere waarden zijn geen probleem indien plant op dat moment ook veel droge stof aanmaakt. Patroon is vrij normaal en er zitten geen uitschieters in de grafiek welke niet te verklaren zijn door het gemeten klimaat (instraling en VPD).

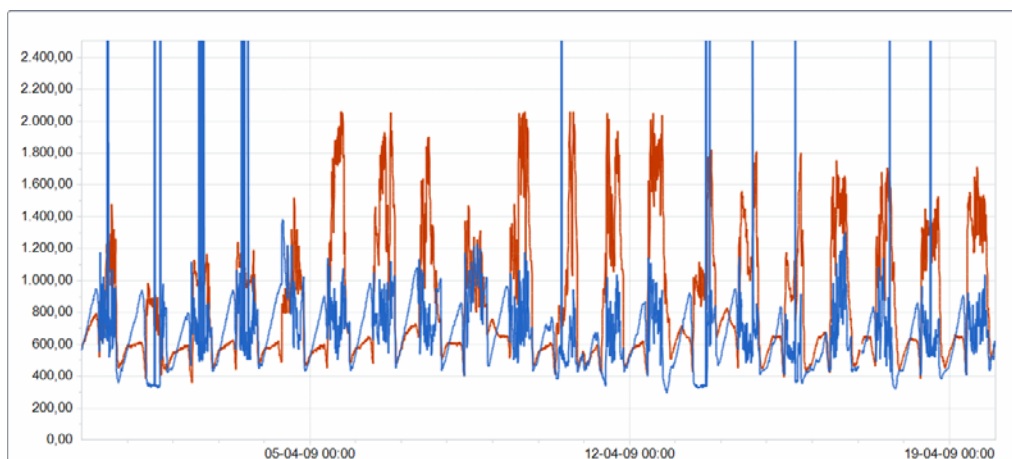
*Meetsessie III Roos: 25 augustus tot 13 september 2009*

Hoge CO<sub>2</sub> waarden in kas 4. De range van de CO<sub>2</sub> sensor loopt tot 2000 ppm. Deze waarde van 2000 ppm wordt meerdere keren gedurende langere tijd overschreden. Dit is door de ondernemer aangepast. Bij eventuele vervuiling wordt er daarom onnodig risico gelopen, dit is een algemeen aandachtspunt.

### **GrowWatch metingen tomaat**

*Meetsessie I Tomaat: 1 tot 20 april 2009*

Laatste twee weken hoge, hoger dan noodzakelijk, CO<sub>2</sub> concentraties in de gesloten kas. Bij eventuele verontreinigen van de CO<sub>2</sub> wordt er in de gesloten kas meer risico gelopen dan noodzakelijk. Waarden boven de 1200 ppm hebben geen toegevoegde waarde voor de fotosynthese.

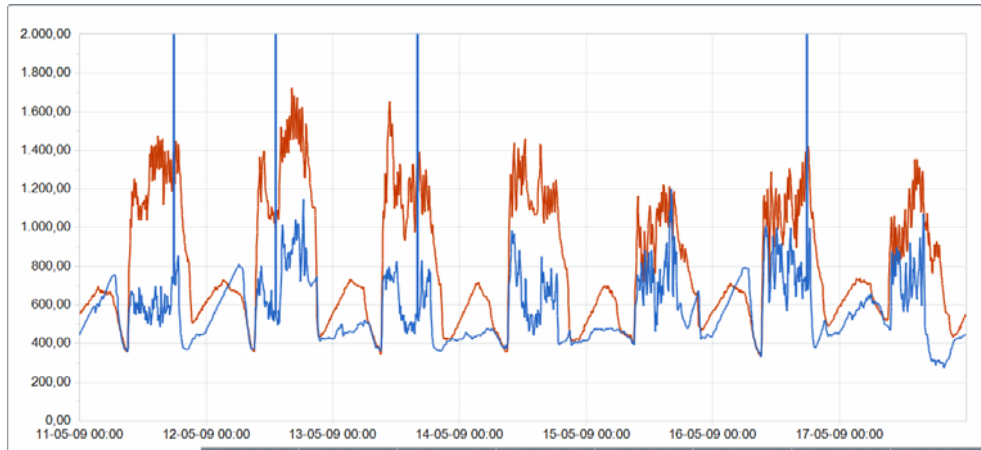


**Grafiek 4.** CO<sub>2</sub> waarden in de open (blauwe lijn) en gesloten (rode lijn) kas.

In de gesloten kas worden regelmatig en langdurig concentraties boven de 1200 ppm gemeten.

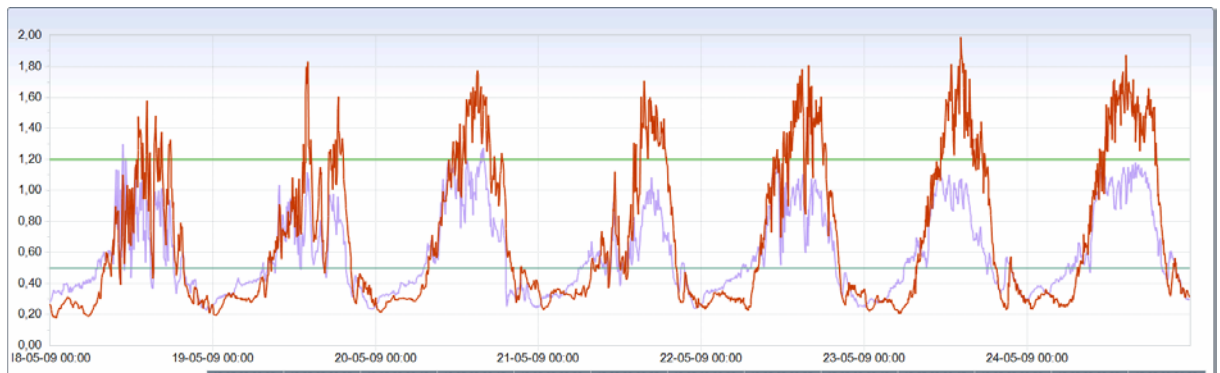
Meetsessie II + III Tomaat: 20 april tot 25 mei.

Ook in deze periode worden en hogere CO<sub>2</sub> waardes gemeten in de gesloten kas. Bij eventuele verontreinigen van de CO<sub>2</sub> wordt er in de gesloten kas meer risico gelopen dan noodzakelijk. Waarden boven de 1200 ppm hebben nauwelijks een toegevoegde waarde voor de fotosynthese.



**Grafiek 5.** CO<sub>2</sub> waardes in open (blauwe lijn) en gesloten (rode lijn) kas.

Plafond waarde is naar beneden bijgesteld. Maximale CO<sub>2</sub> waardes in de gesloten kas is nu 200 tot 400 ppm lager dan voorheen.



**Grafiek 6.** VPD in de open (rode lijn) en gesloten (paarse lijn) kas.

In de gesloten kas is de VPD de gehele dag binnen de aangegeven bandbreedtes. In de gesloten kas kunnen de planten de huidmondjes volledig open houden wat de opname van CO<sub>2</sub> bevordert.

## 5.2 Techniek scan (Interpolis)

Tijdens de tweewekelijkse data analyse van de luchtkwaliteit met de ondernemers is door Interpolis met name aandacht besteed aan de inrichting en mogelijke risicoaspecten die betrekking hebben op het ketelhuis, WKK en Rookgasreiniger. Tijdens de meetsessie zijn daarbij een aantal risicopunten aangepast door de ondernemers en hun toeleveranciers/installateurs. De algemene leerpunten zijn hieronder weergegeven.

De bewaking van de kwaliteit van CO<sub>2</sub> blijkt vaak betrekkelijk, omdat er verontreinigingen mee gezogen kunnen worden op een punt in de installatie voorbij het meetpunt van de bewaking. Het luchtdicht aanleggen en luchtdicht houden van de CO<sub>2</sub>-doseerinstallatie is daarom een blijvend aandachtspunt.

Het veelvuldig over- en weer terugschakelen naar deellast van de WK-installatie heeft gevolgen voor de kwaliteit van de CO<sub>2</sub>. Dit wordt door de bewaking niet gesignaleerd omdat de achteruitgang van korte duur is. Wanneer meerdere malen per dag wordt overgeschakeld naar deellast kan dit, afhankelijk van de mate van ventileren in de kas, gevolgen hebben voor de gewasgroei. Het verdient daarom aanbeveling om de CO<sub>2</sub>-dosering tijdelijk te staken wanneer de deel last van de machine wordt gewijzigd.

Het effect van uitstoot van rookgassen uit de schoorsteen van WK-installaties zonder rookgasreinigers moet niet worden onderschat. Afhankelijk van locatie van de WK-installatie t.o.v. de kas, de lengte van de schoorsteen en omstandigheden zoals het weer en de mate van ventileren kan dit leiden tot ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas. Het verdient aanbeveling om hier rekening mee te houden bij de plaatsing van installaties en bij bestaande installaties de rookgasreiniger zonodig altijd aan te houden ook wanneer er geen CO<sub>2</sub>-behoefte bestaat.

Er zou veel vaker kasluchtmetingen moeten worden uitgevoerd naar ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas. In de praktijk van vandaag de dag wordt hier alleen voor gekozen bij twijfel over de gewasgroei. Het zou echter veel vaker moeten plaatsvinden voor bijvoorbeeld een heel teeltseizoen. Van belang is wel dat de informatie snel en overzichtelijk beschikbaar is waardoor nader onderzoek naar de bron steeds snel en doeltreffend kan worden ingezet.

### 5.3 Literatuuronderzoek gassen (Blgg)

Het ondernemersplatform AirQ wil wat betreft het thema luchtkwaliteit een informatiebron zijn/leveren voor de sector m.b.t. alle gegevens die er in verschillende (internationale) onderzoeken en gewassen bepaald zijn en de praktijkervaring van de meetbedrijven. Een aanzet hiervoor is dit rapport en de publicaties die daaruit wordt vloeien. De belangrijkste punten uit het literatuuronderzoek zijn;

#### *Aanpak:*

Er zijn een aantal vragen die in deze deskstudie aan de orde komen namelijk:

- Welke schadelijke gassen worden in kassen gemeten.
- Wat zijn de belangrijkste interne en externe bronnen van deze gassen.
- Welke niveaus van welke gassen worden door WKKs geproduceerd. Wat zijn toelaatbare gehalten.
- Welke verschillende typen rookgasreinigers zijn er en wat is de effectiviteit van de werking.
- Met welke effectgrenswaarden moeten we rekening houden tijdens de teelt. Wat zijn betrouwbare waarden en op welke manier zijn deze verkregen.
- Hoe kunnen niveaus van gassen op een effectieve en praktische manier gemeten worden.

In eerste instantie is een breed literatuur onderzoek uitgevoerd waarbij gezocht is naar beschikbare informatie in wetenschappelijke literatuur. Daarnaast is gekeken naar algemene informatie die nationaal en internationaal beschikbaar is op internet.

#### **Conclusies**

Er zijn de afgelopen jaren een aantal bruikbare rapporten verschenen omtrent het gebruik van CO<sub>2</sub> bemesting vanuit de rookgassen van WKK en hiermee samenhangende risico's in relatie tot overschrijding van effectgrenswaarden. Voor al deze rapportages geldt dat er verwezen wordt naar dezelfde set historische meetdata. Dit betreft met name onderzoek uitgevoerd door het toenmalige proefstation (huidige WUR glastuinbouw) (Kiel, Nederhoff, and Rijdsdijk 1991) en een rapportage van het WHO (Anonymus 2001).

Etheen en NO<sub>x</sub> zijn de belangrijkste schadelijke gassen die in kassen gemeten worden. In het verleden was SO<sub>2</sub> ook relevant maar in de huidige gasgestookte installaties is deze verontreiniging nauwelijks van belang. Het basisniveau van Etheen en NO<sub>x</sub> wordt gevormd door wat in de buitenlucht gevonden wordt. Door het doseren van CO<sub>2</sub> middels gereinigde rookgassen neemt vooral de NO<sub>x</sub> concentratie in de kaslucht toe. Het reinigen van rookgassen reduceert de hoeveelheid schadelijk gassen met ongeveer 90%. Hiermee neemt het risico op overschrijdingen van schadelijke drempelwaarden aanzienlijk af maar deze is nog niet volledig gereduceerd. Incidenteel kunnen ook ongereinigde rookgassen via de buitenlucht de kas binnenkomen. De plaatsing van het rookgaskanaal is hierbij van belang.

In de praktijk wordt op verschillende niveaus gecontroleerd of schadelijke gassen in de kas aanwezig zijn. Allereerst kunnen gereinigde rookgassen gemeten worden op aanwezigheid van schadelijke gassen. Bij overschrijding van de norm wordt het doseren gestopt. De normen die hiervoor in de praktijk gehanteerd worden zijn afkomstig van het onderzoek dat onder andere door het voormalig proefstation uitgevoerd is (Kiel, Nederhoff, and Rijdsdijk 1991). Bij het hanteren van deze normen wordt rekening gehouden met de gewenste CO<sub>2</sub> dosering en met de ventilatievoud die in de kas aangehouden wordt. Er zijn diverse commerciële apparaten beschikbaar voor het meten van concentratie van gassen in de gereinigde rookgassen.

Risico op schade kan ook bepaald worden door de concentratie van schadelijke stoffen in de kaslucht te meten. De gemeten niveaus zijn hier aanzienlijk lager dan in het rookgaskanaal en hierdoor worden ook hogere eisen aan de apparatuur gesteld. De onderzoeksinformatie op basis waarvan grenswaarden voor kaslucht vastgesteld zijn is beperkt. Dieleman heeft een uitgebreide analyse gedaan en onder andere op basis van beschikbare informatie vanuit de WHO rapportage nieuwe effectgrenswaarden voor in de kas berekend. De voorgestelde effectgrenswaarden zijn laag en liggen op een niveau dat in de praktijk ook regelmatig gemeten wordt in kassen. Dit zou betekenen dat de gewasgroei ook beïnvloed wordt als gevolg van de schadelijke gassen die met de rookgassen de kas in gedoseerd worden. Echter het onderzoek waarop deze effectgrenswaarden beredeneerd zijn is veelal enkele tientallen jaren oud. Een update met nieuwe onderzoeksresultaten is gewenst omdat de manier van telen de laatste jaren veranderd is; rassen zijn anders, teeltsystemen zijn veranderd, en er worden aanzienlijk hogere productiecijfers gehaald. Het bepalen van betrouwbare effectgrenswaarden is echter ook zeer omvangrijk. Verschillende cultivars van een gewastype reageren niet altijd gelijk. Verschillende gewassen kunnen ook verschillend reageren. Daarnaast kunnen we nog onderscheid maken tussen chronische belasting en een korte blootstelling en wat voor type effecten wil je meten.

Directe schade is vaak eenvoudig te meten maar bijvoorbeeld effecten op gewasgroei zijn lastig te meten en in praktijk ook vaak lastig waar te nemen.

## 6. DISCUSSIE EN CONCLUSIE

### Luchtkwaliteit in relatie tot de mens

De niveaus NO<sub>x</sub> blijken in de winter hoger dan in de zomer en dit verschil bedraagt een factor 2 tot 3. In een enkel geval worden verhoogde achtergrondniveaus vastgesteld, vermoedelijk lokale bronnen zoals de eigen installatie die in geval van stabiel weer de lokale achtergrondconcentratie zeer sterk beïnvloed. Niveaus in de kassen zijn in het algemeen hoger dan de niveaus buiten de kassen. Dit wijst op de aanwezigheid van zeer lokale bronnen en verschil in ventilatie tussen verschillende locaties in de kassen.

Er bestaan nationale grenswaarden voor de buitenlucht voor NO<sub>2</sub>. Deze zijn gebaseerd op EU-richtlijnen en bedragen 40 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde en 200 µg/m<sup>3</sup> als uurgemiddelde. De verhoogde niveaus in meerdere kassen wijzen erop dat deze waarden waarschijnlijk regelmatig worden overschreden. Daarmee is de blootstelling binnen in de kassen regelmatig hoger dan in de buitenlucht en ook hoger dan de bestaande grenswaarden voor de buitenlucht.

Grenswaarden voor de werkomgeving voor NO en NO<sub>2</sub> worden vermoedelijk zo nu en dan overschreden in geval van NO<sub>2</sub>. Gezien het lage gemiddelde niveau over alle kassen is deze kans op MAC waarde overschrijding gering en in de praktijk verwaarloosbaar. Voor stikstofmonoxide (NO) geldt op de werkplek een publieke MAC waarde van 0,25 mg/m<sup>3</sup> TGG-8u (250 µg/m<sup>3</sup>). Gezien het feit dat niveaus tussen de 100 en 200 µg/m<sup>3</sup> gedurende een week regelmatig voorkomen in de wintermaanden bij ondermeer roos, tomaat en Phalaenopsis is regelmatige overschrijding van de MAC waarde gedurende een dag niet uit te sluiten en relatief waarschijnlijk. Een eventueel risico bestaat alleen in de winter.

### Luchtkwaliteit in relatie tot de plant

In een aantal semi-gesloten en gesloten kassen is NO<sub>x</sub> en etheen gemeten. De verschillen tussen de telers waren groot. De patronen van de concentraties zijn per kas uniek. Met name het luchtrekime en de combinatie van aanwezige bronnen bepaalt wat er met de ethyleen en NO concentraties in de kas gebeurt.

De omgevingsfactoren, naast buitenlucht, die de concentraties bepalen zijn divers:

- CO<sub>2</sub> dosering installaties; WKK/ketels/rookgasreinigers en periferie daaromheen defecte kleppen en of pakkingen, onafgeschermdde bijmengopeningen, schoorstenen.
- Randapparatuur in en om de kas; Pulsfog, bladblazers, tractors, heftrucks, grasmaaiers, ruimmachines, etc.

Er is duidelijk een relatie van etheen en NO in relatie tot CO<sub>2</sub> dosering. Bij gebruik van zuivere CO<sub>2</sub> is de concentratie NO en etheen altijd laag. Voor etheen zijn over het gehele jaar gemiddeld relatief lage waarden gemeten. Echter deze waarden overstijgen wel geregeld de advies grenswaarde van 11 ppb. Voor NO zijn de gegevens daarentegen heel

uiteenlopend. In de echte wintermaanden zijn de NO concentraties veel hoger dan in de zomer. Verder is er sprake van een sterke overschrijding (ca factor 3) van grenswaarden (40 ppb). Af en toe iets lucht in de kas zetten kan zinvol zijn om de luchtkwaliteit bij te stellen. Zonder gebruik van real-time meetapparatuur weet men echter niet of het nodig is en verspilt men wellicht energie.

### **CO<sub>2</sub> dosering installaties**

De bewaking van de kwaliteit van CO<sub>2</sub> blijkt vaak betrekkelijk, omdat er verontreinigingen mee gezogen kunnen worden op een punt in de installatie voorbij het meetpunt van de bewaking. Het luchtdicht aanleggen en luchtdicht houden van de CO<sub>2</sub>-doseerinstallatie is daarom een blijvend aandachtspunt.

Het veelvuldig over- en weer terugschakelen naar deellast van de WK-installatie heeft gevolgen voor de kwaliteit van de CO<sub>2</sub> en de gewasgroei bij weinig ventileren. Dit wordt door de bewaking niet gesignaleerd omdat de achteruitgang van korte duur is. Het verdient daarom aanbeveling om de CO<sub>2</sub>-dosering tijdelijk te staken wanneer de deel last van de machine wordt gewijzigd.

Het effect van uitstoot van rookgassen uit de schoorsteen van WK-installaties zonder rookgasreinigers moet niet worden onderschat. Afhankelijk van locatie van de WK-installatie t.o.v. de kas, de lengte van de schoorsteen en omstandigheden zoals het weer en de mate van ventileren kan dit leiden tot ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas. Het verdient aanbeveling om hier rekening mee te houden bij de plaatsing van installaties en bij bestaande installaties de rookgasreiniger zonodig altijd aan te houden ook wanneer er geen CO<sub>2</sub>-behoefte bestaat.

Er zou veel vaker kasluchtmetingen moeten worden uitgevoerd naar ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas. In de praktijk van vandaag de dag wordt hier alleen voor gekozen bij twijfel over de gewasgroei. Het zou echter veel vaker moeten plaatsvinden voor bijvoorbeeld een heel teeltseizoen. Van belang is wel dat de informatie snel en overzichtelijk beschikbaar is waardoor nader onderzoek naar de bron steeds snel en doeltreffend kan worden ingezet.

### **Algemeen**

Door de aanwezigheid van pieken van schadelijke gassen en verdachte situaties in de kas is een permanent meetsysteem voor gasconcentraties op kasluchtniveau belangrijk. Echter het belang en het nut wordt door de telers niet meteen gezien. Pas als de telers er mee geconfronteerd worden ziet men de noodzaak ervan in, door de communicatie en kennisverspreiding van de AirQ projecten is het bewustzijn bij verschillende ondernemers en toeleveranciers verhoogd. Maar dat proces is nog niet klaar en heeft ook nog verdere kennisontwikkeling nodig om tot een volledige oplossing te komen.

## 7. AANBEVELINGEN

### Gassen in relatie tot arbeid

Grenswaarden voor de werkomgeving voor NO en NO<sub>2</sub> worden vermoedelijk zo nu en dan overschreden in geval van NO<sub>2</sub>. Gezien het feit dat hoge niveaus gedurende een week regelmatig voorkomen in de wintermaanden, is regelmatige overschrijding van de MAC waarde gedurende een dag niet uit te sluiten en relatief waarschijnlijk. Algemeen punt van zorg is dat vooral nog weinig inzicht bestaat in de precieze bronnen van NO<sub>2</sub> en NO binnen de kassen. Om hier het maximale uit de gegevens te halen en over te gaan op verbetering van het bewustzijn van deze risico's en risico preventie is het raadzaam de gegevens van meerdere bedrijven te verzamelen en in detail met de ondernemers door te nemen en eventuele samenhang tussen locatie, eventuele bronnen bij een locatie en de gemeten concentratie verder te interpreteren en tot oplossingen (technisch, teelttechnisch (luchten)) te komen. Hierdoor wordt het dossier van de potentiële bronnen en oplossingen meer inzichtelijk en kan dat als checklist worden toegepast voor de gehele sector.

**Luchtkwaliteit in relatie tot de plant; aanbevelingen voor AirQ5** door o.a. deelnemende bedrijven, LTO gewascommissie roos, individuele telers, onderzoeksinstellingen.

### Gewas

- De homogeniteit van de kaslucht gezien op het totale oppervlak van de kas. Dit is nog niet onderzocht en was ook een vraag van de rozentelers (LTO gewascommissie roos). Hiervoor zijn een aantal systemen nodig die verspreid over de kas meetwaarden moeten verzamelen. Het is niet duidelijk hoe representatief 1 systeem is voor welk oppervlakte.
- Cultivars, ontwikkelstadia en klimaatcondities spelen een rol. Zolang als de effectgrenswaarden van verschillende gewassen (cultivars) niet duidelijk of bekend zijn is het zaak om de algemene schadedrempels of effectgrenswaarden van de WHO te hanteren voor gewassen.
- De in de literatuur op gegeven grenswaarden zijn bij Phalaenopsis alleen overschreden voor ethyleen. Er is echter geen plantschade bij Phalaenopsis vastgesteld. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat we alleen gemeten hebben aan planten in de opkweekfase. Mogelijk kunnen de hogere ethyleenwaardes wel gevolgen hebben in de koeling en in de afkweek fase. Dit zou verder onderzocht moeten worden. Het is namelijk bekend bij een aantal telers dat in de winterperiode meer knopverdroging plaats vind, mogelijk als gevolg van hogere ethyleen waarden, dan in de andere periodes.
- Wat zijn de mogelijkheden om geautomatiseerd overschreden grenswaarden te detecteren en door te melden aan de teler? Welke factoren bepalen wat deze



grenswaarden moeten zijn. De uit de literatuur herleide effectgrenswaarden zijn in de praktijk niet altijd bruikbaar. Zo is NO vaak veel lager en plotseling hoger en kan ethyleen heel laag zijn en kan de gemiddelde waarde geleidelijk aan naar de effectgrenswaarde toe kruipen.

- Uit de gegevens van de projecten AirQ4 en het vervolg bij Wijnen komt naar voren dat methaan (CH<sub>4</sub>) en koolmonoxide (CO) nog een rol kunnen spelen. Dit wordt ook gebaseerd op de informatie van telers die zich recent hebben aangemeld bij het airQ-ondernemersplatform.
- Niet duidelijk is of met het beluchtingsregime in de zomer een voordeel behaald kan worden tussen een optimum van de luchtkwaliteit en de energiebesparing. Dit moet nog verder onderzocht worden en kan eigenlijk alleen met een regeling.

### *Techniek*

- In kaart brengen van de gebruikte installaties (techniekscan) en regelprogramma's per teler. Deze gegevens moeten vervolgens afgezet worden tegen de luchtkwaliteit. In dit project bleek dat er een aantal 'technische' aspecten aanwezig waren, zowel in bestaande als nieuwbouw kassen, die onnodig risico geven en met een 'simpele' oplossing te voorkomen zijn.
- De koppeling met datasystemen viel tegen. De verwachting is dat als de data real-time gekoppeld is dat de telers meer interactie zullen uitvoeren. Dit moet absoluut een aandachtspunt zijn voor de toekomst. Inmiddels zijn contacten gelegd tussen de fabrikanten van apparatuur hoe dit te koppelen.
- De plaats van CO<sub>2</sub> sensoren is in dit kader ook belangrijk. In dichte gewassen is bekend dat de CO<sub>2</sub> concentraties onderin sterk verschillen van CO<sub>2</sub> concentraties bovenin. Dit kan bij overdosering leiden tot schade aan het gewas.

Verdere bewustwording bij de telers moet plaatsvinden *Hoe kan de kennis verdeeld en uitgebreid worden?* Dit kan door lezingen, workshops, demonstratieprojecten, bedrijfsbezoeken te organiseren. Er moet meer gericht advies zijn voor de teler. Echter er zijn maar een beperkt aantal mensen die de materie op dit moment enigszins begrijpen. Tijdens het AirQ4 project hebben zich meer bedrijven aangesloten bij het projectteam; ondernemers- en kennisplatform. Dit is al een eerste stap naar kennisbundeling, -verdieping en -verspreiding in AirQ5 zal hier nog sterker op worden ingezet.

## 8. KENNISOVERDRACHT

In het projectteam zijn er ten tijde van de meetsessies in de drie seizoenen tweewekelijks overlegmomenten geweest van de data. Hierbij is data overdracht (grafieken) geweest en de bevindingen zijn in rapportages weergegeven. De conclusies uit deze meeting zijn weergegeven in dit eindverslag en gecommuniceerd met andere bedrijven in de sector.

Na evaluatie momenten in het project zijn de bevindingen gepubliceerd in vakbladen. Deze publicaties zullen komende weken nog verder worden aangevuld met conclusies en feiten uit het eindrapport.

In samenwerking met Interpolis en pincAgro zal er een opzet worden gemaakt voor een do's en don'ts lijst die kan bijdrage aan risico preventie voor de telers. Deze conceptlijst zal openbaar worden gemaakt op o.a. de website van pincAgro. Verspreiding van deze lijst zal in overleg met Productschap Tuinbouw/LNV (Dennis Medema/Leo Oprel) plaatsvinden. Mogelijkheid is de lijst als download op verschillende websites (Productschap Tuinbouw, CropEye, LTO Groeiservice) te publiceren, te verzenden via nieuwsbrieven van LTO Groeiservice of vakbladen (GTT).

De kennisoverdracht vanuit het project is weergegeven in onderstaand tabel.

\*; *publicatie in opmaak*

<b>Uitvoerder</b>	<b>Activiteit</b>	<b>Specificatie</b>	<b>Doelgroep</b>	<b>Datum</b>
CropEye	Persberichten	AgriHolland, Bloemisterij, G&F, etc.	Tuinbouwcluster	november 2008, maart 2010*
CropEye	Informatie-flyers	Website CropEye en netwerk CropEye	Agro-breed	november 2008- januari 2010
CropEye Projectteam	Tuinders bijeenkomst	Tweewekelijks	Projectteam	2009-2010
CropEye Projectteam	Evaluatiemeeting		Projectteam en opdrachtgevers	25 juni 2009 15 december 2009
CropEye, EMS, growTechnology, Interpolis	Bijeenkomst luchtkwaliteit	LTO Groeiservice	Rozen telers	12 november 2009
CropEye	Artikels vakbladen	Onder glas	Alle telers	Maart 2009, Februari 2010

		GTT	Toeleveranciers, telers	Augustus 2009 April 2010*
		Vakblad Bloemisterij	Toeleveranciers, telers	20 november 2009 April 2010*
CropEye	Gewasnieuwsbrie f	LTO groeiservice	Telers (tomaat, paprika, roos)	januari/april2010*
CropEye, EMS, Interpolis	Kennisoverdracht	Bedrijfbezoek	2 paprika telers, 1 tomaat teler chrysantenteler, 3 rozentelers ea	Zomer 2009- Januari 2010
CropEye	Eindrapport	Productschap Tuinbouw/LNV	Agro-keten	Januari 2010
CropEye, Interpolis, PincAgro	Preventie overzicht	Do's en don'ts	Telers, toeleveranciers	April 2010*