



Luchtkwaliteit in de Kas; *Uitbreiding Praktijktest AirQ4 Energie*



VERTROUWELIJK

PT/LNV projectnummer: 13415.02

Status: definitief

Datum: 4 februari 2010

PROJECTLEIDING

Stichting CropEye

Postbus 184

2665 ZK Bleiswijk

Projectleider: Jolanda Heistek

jolanda.heistek@cropeye.com

06 13608752



Dit onderzoek wordt financieel ondersteund door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en GasTerra in het kader van het gezamenlijke energieonderzoek binnen het programma "Kas als Energiebron".



UITVOERENDE BEDRIJVEN

Fa. Wijnen paprika's

Sevenumseweg 2B, 5971 NL Grubbenvorst

Contactpersoon: Pieter Wijnen, Hans Opstals



EMS

Raiffeisenstraat 24, 4697 CG Sint Annaland

Contactpersoon: Ir. Jan Kees Boerman



MACView
MEASUREMENT
TECHNOLOGY

GrowTechnology

Duikerweg 7A, 5145 NV Waalwijk

Contactpersoon: Dr. Anton Blaakmeer



Interpolis

Louis Braillelaan 100, 2719 EK Zoetermeer

Contactpersoon: Peter van der Sar

Interpolis



Jenbacher

Kelvinring 58, 2952 BG Alblasserdam

Contactpersoon: Jasper Tersteeg, Therry Platteel



Van Lipzig Tuinderijen B.V.

Nieuw Erf 3, 5971 PL Grubbenvorst

Contactpersoon: Fank van Lipzig

Van Lipzig Tuinderijen B.V.

4EverGreen

Zoekweg 12-20, 4651 PS Steenbergen

Contactpersoon; Dennis Grootsholten



Met dank aan;

Deelnemende tuinbouwbedrijven AirQ4 energie voor aanbevelingen en advies.

Dr. Tom Dueck (WageningenUR Glastuinbouw) voor de actieve bijdrage en kennisoverdracht tijdens de evaluatie bijeenkomst.

Leo Oprel (ministerie LNV) en Dennis Medema (Productschap Tuinbouw) voor het advies en aanbevelingen bij het tot stand komen van de projectaanvraag en vertaling naar de praktijk.

INHOUDSOPGAVE

1. Samenvatting	4
2. Inleiding	5
3. Doelstelling	6
4. Werkwijze	7
4.1 Bedrijfsscan luchtkwaliteit Gassen	7
4.2 korte omschrijving apparatuur	8
4.3 interventies	11
5. Resultaten	12
5.1 Effectmeting van de luchtkwaliteit op de variaties van de CO ₂ bemesting in de kas (EMS)	12
5.2 WKK en RookGasReinigers (RGR); Installatie (Jenbacher)	26
5.3 Techniek scan (Interpolis)	28
5.4 Stressmeting in de plant; GrowWatch (growTechnology)	29
6. Discussie, conclusie en aanbevelingen	31
7. Literatuur	34

Bijlage:

1. Meetplan Wijnen

1. SAMENVATTING

Minder ventileren en uitwisselen van kaslucht met de buitenlucht kan ongewenste neveneffecten bewerkstelligen. Het risico op het toenemen van schadelijke componenten (o.a. gassen), door ophoping is groter. Maar het heeft als voordeel dat er op energie bespaard kan worden en mogelijk hogere productieniveaus haalbaar zijn door met hogere CO₂ waarden te telen. De rookgassen van WKK installaties, waaruit CO₂ wordt toegediend, kunnen gereinigd worden van de schadelijke componenten: NO_x (NO en NO₂) en C₂H₄ (etheen) door rookgasreinigers.

In een kas met als testgewas jonge komkommerplanten is een serie metingen verricht, waarbij extreme situaties zijn aangelegd in relatie tot de CO₂ dosering, die zouden kunnen leiden tot verontreiniging van de lucht. In de kas zijn gestandaardiseerde metingen ingezet die continue de veranderde luchtsamenstelling monitoren en de reactie hierop van de plant. Hiervoor zijn de NO_x (NO en NO₂), C₂H₄ (etheen), NH₃ (ammoniak) en aldehyden on line sensorsysteem van MACview (EMS) [1] en de plantstress sensor GrowWatch van (growTechnology) gebruikt. De interventies die o.a. zijn ingezet zijn; Deellast draaien tot 60%, variatie inspuiting ureum en variatie in vrijgave temperatuur (o.a. 300 graden C).

De metingen zijn uitgevoerd door een projectteam, onder regie van CropEye, waarin tuinbouwbedrijven, toeleveranciers van apparatuur en Interpolis vertegenwoordigd zijn. Het onderzoek is financieel ondersteund door het Productschap Tuinbouw, GasTerra en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van het programma Kas als Energiebron. Het onderzoek is aanvullend op het AirQ energie programma, waarin op praktijkbedrijven de kasluchtsamenstelling over een geheel teeltseizoen worden gevolgd en oplossingen voor verbetering van luchtkwaliteit worden ontwikkeld.

Op basis van de verrichte metingen en interventies zijn de algemene leerpunten;

- NO is een marker voor WKK/RGR effect in de kas. C₂H₄ is een mogelijke marker voor ketel effect.
- Luchtdicht aanleggen en houden van de CO₂-doseerinstallatie.
- CO₂-dosering tijdelijk staken wanneer de deel last van de machine wordt gewijzigd.
- Plaatsing van nieuwe CO₂-doseerinstallatie op strategische plaats (m.n. de schoorsteen van WK-installaties zonder rookgasreinigers).
- De rookgasreiniger zonodig altijd aan te houden ook wanneer er geen CO₂-behoefte bestaat.

Er zouden veel vaker kasluchtmetingen moeten worden uitgevoerd naar ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas over een heel teeltseizoen (op verschillende hoogtes) in de kas om preventief te kunnen handelen. Maar ook monitoring voor controle op 'veroudering' van systemen; verloop van alarmgrens/setpoint. Kasluchtmetingen moeten een onderdeel zijn van het risicomanagement in de kas. Meer kennis moet worden gekregen over effect van verschillend ontwikkelstadia gewas, dichtheid gewas in de kas (CO₂ verschil onder/boven) en klimaat effect (instraling, schermen).

2. INLEIDING

Minder ventileren en uitwisselen van kaslucht met de buitenlucht kan ongewenste neveneffecten bewerkstelligen. Het risico op het toenemen van schadelijke componenten (o.a. gassen), door ophoping is groter. Maar het heeft als voordeel dat er op energie bespaard kan worden en mogelijk hogere productieniveaus haalbaar zijn m.n. doordat met hogere CO₂ waarden geteeld kan worden.

In het project AirQ4 energie (LNV/PT nr 13415) [2, 3 en 4] zijn op basis van praktijkmetingen gedurende een heel teeltseizoen, onderzoek verricht naar luchtkwaliteit. De bronnen van schadelijke gassen in de glastuinbouw zijn naast de CO₂ dosering met behulp van ketel en gereinigde rookgassen van de WKK ook omgevingsfactoren van bronnen met verbrandingsprocessen zoals: Pulsfog systemen, schoorstenen (te laag of uitlaat te dicht bij inlaat), bladblazers, tractors, heftrucks, grasmaaiers, vrachtwagens in laadstations, etc. Af en toe iets lucht in de kas zetten kan zinvol zijn om de luchtkwaliteit bij te stellen.

De rookgassen van WKK installaties, waaruit CO₂ wordt toegediend, kunnen gereinigd worden van de schadelijke componenten: NO_x (NO en NO₂) en C₂H₄ (etheen) door rookgasreinigers. In AirQ4 Energie is er gemeten in een productieomgeving, waarbij de uiterste grenzen van systemen niet kunnen worden uitgetest.

De firma Wijnen Paprika BV. heeft vanaf het voorjaar 2009 zichtbare plant- en vruchtschade (mede geconstateerd door Tom Dueck (WUR) en onafhankelijke teeltadviseurs van LUCEL) die mogelijk in verband kunnen worden gebracht met verontreinigde lucht. Er is afgelopen zomer (door EMS) een verkennende luchtkwaliteitsmeting uitgevoerd en daarbij een relatie gelegd tussen hoge NO_x waarden op plant niveau en het CO₂ doseren.

Afgelopen najaar was een deel van het nieuwbouw project bij de firma Wijnen gereed. In deze kas is een serie meetsessie verricht, waarbij extreme situaties zijn aangelegd in relatie tot de CO₂ dosering, die zouden kunnen leiden tot verontreiniging van de lucht. Om in de kas klimaat op te bouwen en plantreactie vs luchtkwaliteit te monitoren is als testgewas komkommer gebruikt.

De vraagstelling van dit project is; wat is de luchtkwaliteit in een praktijkkas op basis van metingen aan (bekende) gassen bij verschillende (extreme) situaties m.b.t. CO₂ dosering (o.a. vanuit de WKK).

3. DOELSTELLING

Op basis van de leerpunten uit de eerdere AirQ projecten heeft het projectteam zich als doelgesteld om in een bedrijvenscan de luchtkwaliteit bij verschillende bedrijven te monitoren. Kennisverspreiding kan het beste als de metingen in regio's plaatsvinden. Het uitvoeren van de metingen in Grubbenvorst heeft dus naast een inhoudelijk doel ook een positieve bijdrage aan de kennisverspreiding en bewustwording bij meerdere tuinbouwondernemers en toeleveranciers.

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

Technische, Energie en Sociale doelstellingen

- Direct toepasbare kennis m.b.t. instellingen/grenzen van WKK installaties voor tuinbouw-ondernemers. Oplossingsrichtingen, welke door toeleveranciers moeten worden uitgewerkt (systeemaanpassing).
- Handvatten (begrenzing) voor toepassing van luchtkwaliteit bewakingsysteem (meet en advies).
- Kennisoverdracht m.b.t. luchtverontreinigingcomponenten vanuit WKK en het effect daarvan.
- Door het verkrijgen van inzicht in de grenzen van optimaal telen i.r.t. luchtkwaliteit kan het energieverbruik zo zuinig mogelijk worden afgesteld.



4. WERKWIJZE

4.1 Bedrijfsscan luchtkwaliteit Gassen:

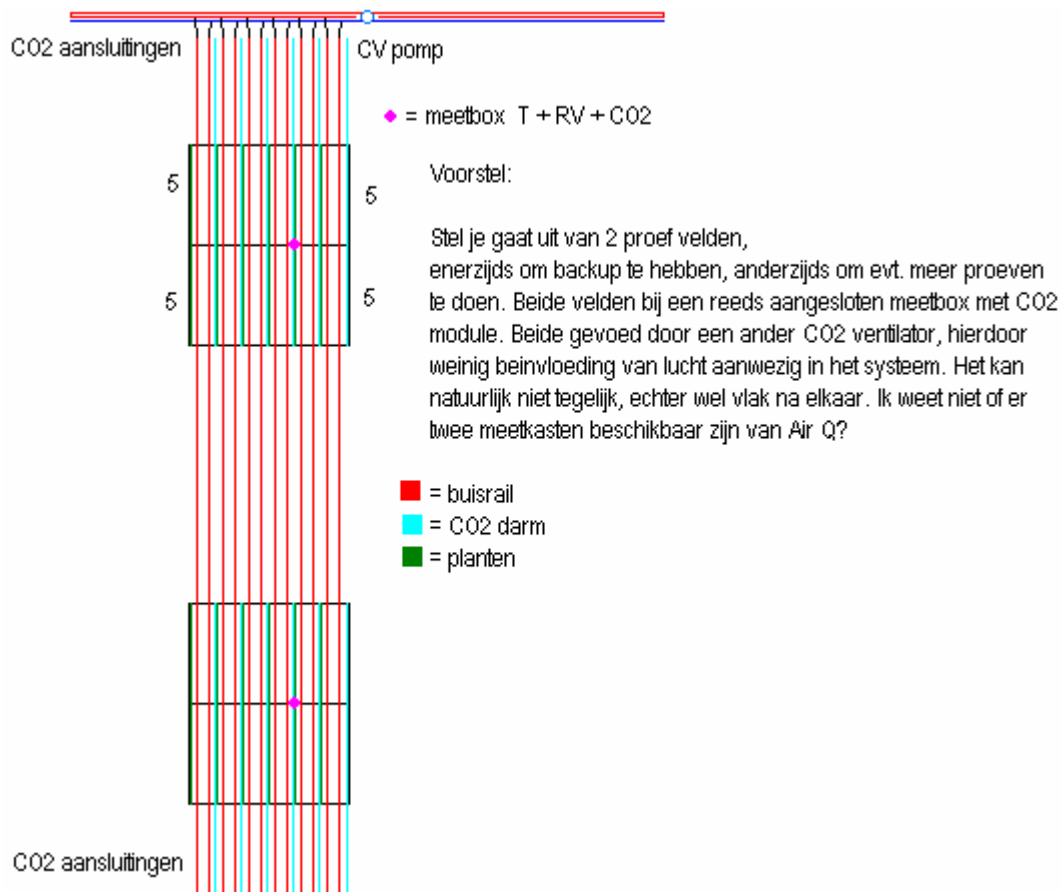
Bij het tuinbouwbedrijf Wijnen Paprika BV (locatie Grubbenvorst) zijn metingen verricht in de nieuwbouw kas. Voor het behalen van snel resultaat zijn komkommerplanten gebruikt als testgewas. Dit gewas is in het algemeen meer gevoelig voor (schadelijke) omgevingscomponenten dan Paprika, het reageert sneller; bloemabortie als gevolg door ethyleen en bladschade als gevolg van NO_x. Voor de komkommerplanten is het 'kas in de kas' principe gebruikt. In de nieuwbouw kas (kas C4, afdeling 14) is met plastic twee kleine compartimenten gemaakt waarbinnen met een meetbox het klimaat gestuurd en CO₂ gedoseerd kon worden, zie Figuur 1. Zijkant van de proefopstelling is gewoon plastic, bovenkant geperforeerde anti-condens folie, deze is in tweede helft (17-11-'09) van de proef verwijderd.

Begin december 2009 is de proefopstelling verwijderd en is het productiegewas (Paprika) gepland. De metingen zijn nog enkele dagen gevolgd om het 'opstarten' van de kas te volgen.

Gedurende zes weken zijn gestandaardiseerde metingen in de proefvelden ingezet;

- NO_x (NO en NO₂); Online meting (minuten) (MACview; EMS [1]).
- C₂H₄ (etheen), NH₃ (ammoniak) en Aldehyden. Online meting (minuten) (MACview; EMS [1])
- Macroklimaat; Vanuit de klimaatcomputer (uitlezen via Priva Fusion); o.a. omgevingstemperatuur, luchtvochtigheid, ventilatie, WKK standen etc.
- Microklimaat; plantsensorsysteem (GrowWatch; GrowTechnology); o.a. RH, PAR licht, bladtemperatuur, fotosynthese.





Figuur 1; schematische weergave van de twee proefvelden in kas C4 (afdeling 14).

4.2 Korte omschrijving van de apparatuur

WKK installatie en Rookgasreiniger

De tests zijn uitgevoerd door Jenbacher i.s.m. Wijnen met de volgende motoren.

- Motor: 1

Jenbacher

Type: JMS 624 met een vermogen van 4010 KW

CODiNOx RGR,

Type: SEQ

- Motor: 2

Jenbacher

Type: JMS 620 met een vermogen van 3041 KW

CODiNOx RGR,

Type: SEQ

- Motor: 6

Jenbacher

Type: JMS 624 met een vermogen van 4010 KW

CODiNOx RGR,

Type: SEQ met NOx raw sensor.

De NOx Raw sensor reageert sneller op veranderingen van de motor, waardoor de ureum injectie direct aangepast wordt.

Klimaatcomputer (Priva)

Parameters die gebruikt zijn in de data-analyse i.r.t. luchtkwaliteit;:

Buiten

- Straling
- Windsnelheid
- Windrichting
- Buitentemperatuur

Binnen(Kas)

- Temperatuur
- Luchtvochtigheid
- Raamstanden (luw/wind in %)
- belichting aan/uit
- CO₂-concentratie
- CO₂-dosering aan/uit
- CO₂-ventilator naar de kas open/dicht
- NO_x (NO en NO₂)-meting kas
- etheenmeting kas
- etheenmeting COdiNO_x (via Jenbacher)
- WKK aan/uit.



Verder

- welke CO₂-bron is actief: zuiver/OCAP/ROCA/rookgasreiniger/ketel
- welke stookinstallatie is aan: ketel/WK-installatie
- rookgasreiniger aan (wordt er ureum geïnjecteerd); soms uitgezet i.v.m. bezuinigen.
- meting NO/NO₂/etheen op het punt waar buitenlucht wordt bijgemengd

Gasmetingen (NO_x, C₂H₄, NO_x, aldehyden)

Alle gasmetingen zijn stationair uitgevoerd met twee individuele sensorsets op representatieve plaatsen (bij de meetbox) in de twee proefvelden. De online NO_x en ethyleen analyse sensor (MACView van EMS) zoals eerder gebruikt in de andere AirQ projecten is ingezet hieraan zijn de ammoniak en aldehyden sensoren gekoppeld. De sensoren kunnen realtime metingen uitvoeren en worden online 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, 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
- Fotosynthese
- PAR licht
- EC
- Vrucht/stam diameter
- RH
- Omgevingstemperatuur
- Vochtgehalte in medium
- Koolzuur



4.3 Interventies

De relaties tussen gemeten gasniveaus en het micro/macro klimaat zijn onderzocht. De meetsessie zijn uitgevoerd onder aangepaste omstandigheden (gestuurde interventie). Samen met de betrokken tuinbouwondernemers, toeleveranciers en experts zijn de verschillende interventies gedefinieerd. Deze instellingen moeten inzicht geven in de oorzaak van het probleem; WKK motor (verbranding), rookgasreiniger (ureuminspuiting), toevoer van CO₂ naar de kas, andere bron. De interventies zijn in detail beschreven in een meetplan, zie bijlage 1. In hoofdlijnen zijn de volgende situaties getest;

- Droogstoken en nulmeting.
- Deellast draaien van 100% → 70% → 60%.
- CO₂ doseren met ketel 1 en 2.
- Variatie inspuiting ureum
- Variatie in vrijgave temperatuur; i.p.v. 380 graden vrijgave bij 300 graden

De waarden zijn getoetst aan de bestaande effectgrenswaarden voor NOx en etheen voor de plant [5];

	Effectgrenswaarde	Belasting
NOx	40 ppb	24 uur
	16 ppb	jaar
Etheen	11 ppb	8 uur
	5 ppb	4 weken



5. RESULTATEN

In de nieuwbouw kas (kas C4, afdeling 14) is met plastic twee kleine compartimenten gemaakt waarbinnen met een meetbox het klimaat gestuurd en CO₂ gedoseerd kon worden, zie Figuur 1. Zijkant van de proefopstelling is gewoon plastic, bovenkant geperforeerde anti-condens folie, deze is in tweede helft (17-11-'09) van de proef verwijderd. Begin december 2009 is de proefopstelling verwijderd en is het productiegewas (Paprika) gepland. De metingen zijn nog enkele dagen gevolgd om het 'opstarten' van de kas te volgen.

Gedurende zes weken zijn gestandaardiseerde metingen in de proefvelden ingezet om het effect van interventies te bepalen. De meest opmerkelijke resultaten zijn in dit rapport beschreven en als samenvattende conclusie weergegeven in Tabel 1.

5.1 Effectmeting van de luchtkwaliteit op de variaties van de CO₂ bemesting in de kas (EMS)

In de periode van 25-10-2009 t/m 27-11-2009 zijn op het bedrijf van Wijnen Paprika's effectmetingen van de luchtkwaliteit op de variaties van de CO₂ bemesting in de kas verricht. In alle kassen is gemeten met analysers voor C₂H₄, NO, NO₂, Ammoniak en aldehyden (online meting (minuten) (MACview; EMS [1])). Alle metingen zijn op twee locaties uitgevoerd in twee verschillende opstellingen. In een kas zijn twee kleine ruimten (proefopstellingen) gemaakt waarbinnen de proeven op jonge komkommer planten zijn uitgevoerd.

Alle data is met behulp van de synchronisatie tool gemerged.

Data die is ingevoerd in de tool is:

- Data klimaatcomputer (Wijnen paprika's)
- Data analysers (EMS)
- Data COdiNOx (Jenbacher)
- Data van de WKK regeling (Jenbacher) / ketel regeling

Er zijn een aantal interventies die er concreet uitsprongen. De overige testen hebben geen duidelijke relaties of verhoogde risico factoren aangetoond. Additioneel zijn nog realtime metingen verricht door gezamenlijk EMS en Jenbacher m.b.t. realtime deellast regeling en realtime ureum injectie (zie bijlage 2).

1^e test droogstoken en nulmeting

In het eerste deel van de meetsessies is gekeken of de luchtkwaliteit bij de ingebruikname van de kas een probleem kan zijn. Effecten van vrijkomende aldehyden of andere organische verbindingen kunnen wellicht een probleem zijn. Denk aan nog vers aangebrachte verven op verwarmingsbuizen tijdens het droogstookproces van de eerste

dagen bij de ingebruikname van de kas. Tijdens deze periode zijn geen bijzondere meetwaarden gevonden. De waarden waren relatief laag (C_2H_4 0-10 ppb, NO_2 0-15 ppb en NO 0-4 ppb, aldehyden 0 ppb).

Conclusie: De concentraties van alle metingen waren relatief laag.

Omdat de waarden laag waren kon vanuit een stabiele situatie gestart worden met de overige metingen.

2^e test WKK1 / WKK6

In de 2^e test heeft de WKK in normale last gedraaid. Bij 380°C wordt de injectie van ureum gestart, de vrijgave voor CO_2 bemesting is afhankelijk van de gemeten waardes door de besturing van de rookgasreiniger.

De resultaten laten samengevat zien: 40 ppb piek NO geen deellast, gemiddeld 10 ppb. De effectgrenswaarde ligt op 40 ppb voor 8 uur belasting.

Conclusie: Geen of beperkte risico's

3^e test WKK1 / WKK6

Test 3a

In de 3e test is er met de WKK een deellast gedraaid. Deze deellast was op 70% en op 60%.

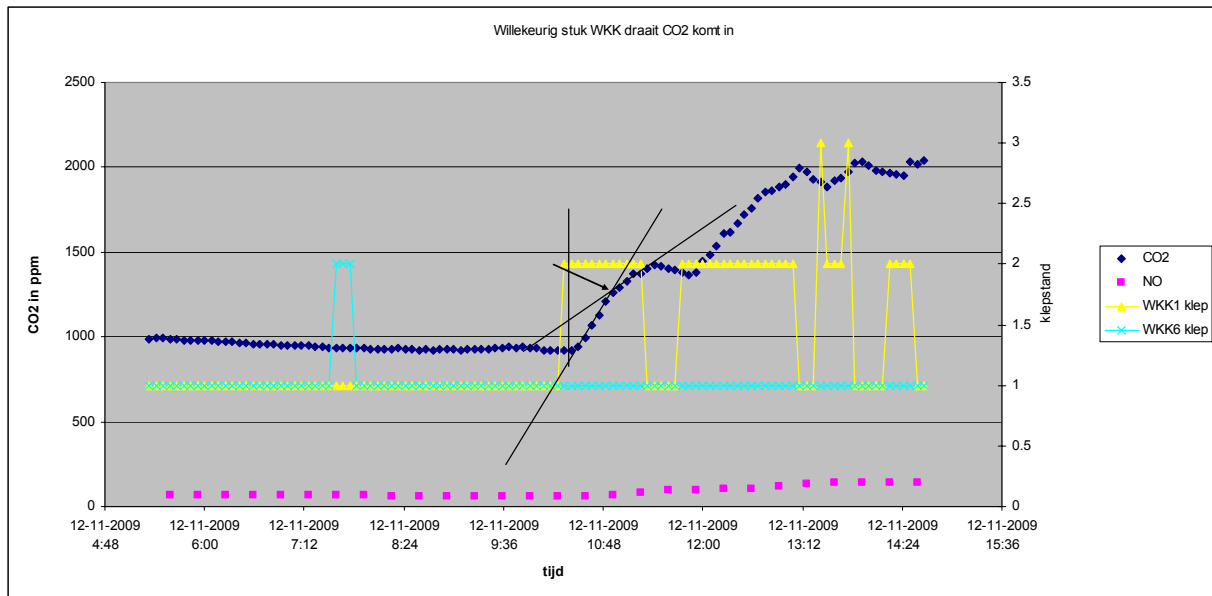
De *conclusie / uitkomst* van het draaien onder deellast is:

180 ppb piek NO , Gemiddeld 90 ppb, dus veel hoger dan effectgrenswaarde (40 ppb).

Er moet worden vermeden om van vermogen te wisselen tijdens CO_2 dosering, m.a.w. CO_2 vraag moet worden 'weggeschakeld' alvorens van vermogen te wisselen.

12-11-2009 is een verhoging NO te zien bij afbouwen vermogen naar 60%. Zie de grafiek hierna:





Conclusie: De deellast inschakelmomenten vormen een risico.

Test 3b; Terugregelen WKK 1 en 6 en realtime meten van kaslucht samenstelling

Er zijn op deze 3^e test één additionele test gedraaid waarbij op verzoek vanuit leden van het AirQ project realtime is gekeken naar de deellast sturing. Er vond afstemming met EMS en Jenbacher plaats over de momenten waarop deze deellast werd ingeschakeld. Tevens werd de vrijgave CO₂ uitgevoerd. Realtime heeft EMS data verzameld m.b.t. de uitstoot van NO en etheen. Met name NO laat heel mooi zien dat er onmiddellijk een verhoging intreedt bij het inschakelen van deellasten.

Op 19-11-2009 zijn WKK1 en WKK6 teruggeregeld. Het doel van deze test is om na te gaan wat dit voor effect geeft op C₂H₄/NO/NO₂. Voor de volledigheid is deze test uitgevoerd met: C₂H₄/NO/NO₂/NH₃/CH₂O (Formaldehyde).

Het afbouwen en het opbouwen van het vermogen (deellast) van de WKK1 en WKK6 van 100% naar 60% heeft plaatsgevonden op 19-11-2009 terwijl er een realtime meting plaats vond van etheen, NO, NO₂, ammoniak en aldehyden in de kas. Dit houdt in dat er per seconde gemeten en per seconde gelogd werd. Van 10:00 tot 11:06 loopt de concentratie van NO op van 9 ppb naar 42.5 ppb over een lineaire lijn. Er vindt tijdens afbouwen vermogen dus een toename plaats van 0.51 ppb NO per minuut in de kas. De toename is dus duidelijk toe te schrijven aan het afbouwen vermogen van de WKK. Op het totaal van de effectgrenswaarde van NO is dit relatief weinig. Echter de verwachting is dat als dit continu zou doorgaan met ramen dicht een ophopend effect zal hebben.

Duidelijk aangetoond is dat afbouwen vermogen ook in de kas een NO toename van de concentratie veroorzaakt. Een motor die op deze manier een aantal uur achter elkaar loopt en een aantal keer achter elkaar in deellast wordt geplaatst laat in een aantal uur doseren een concentratie achter die dicht tegen of over de effectgrenswaarde van het

gewas komt.

NO kan worden opgenomen door het gewas bij lage concentratie (<40 ppb, T.Dueck WUR-GTB), echter bij hoge concentratie kan er wel een negatief effect zijn. Het is niet bekend hoe hoog de NO opname capaciteit van een vruchtdragend gewas.

Saillant detail is dat de kortdurende afname van NO te zien is op de grafiek wanneer er om 10:06 een motor in storing is gegaan (Rood omcirkeld, zie hieronder). Het aanbod in totaal is immers minder.

Op de concentratie van etheen, NO₂, NH₃ en aldehyden was geen toename van de concentratie meetbaar.

Tijdschema GA's:

9:57 uur: meet-mode start

10:25 uur: zero-mode start

10:30 uur: meet-mode start

11:12 uur: zero-mode start

11:26 uur: meet-mode start

Tijdschema WKK:

9.00 uur: wkk gestart op 100%

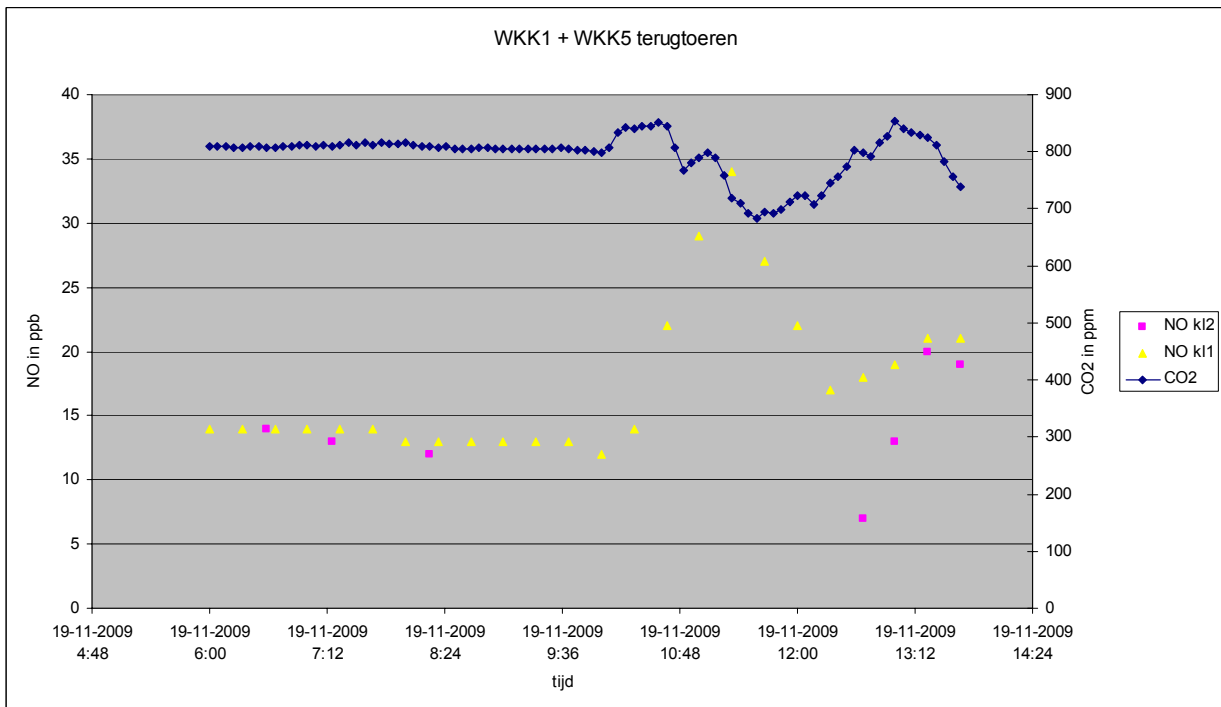
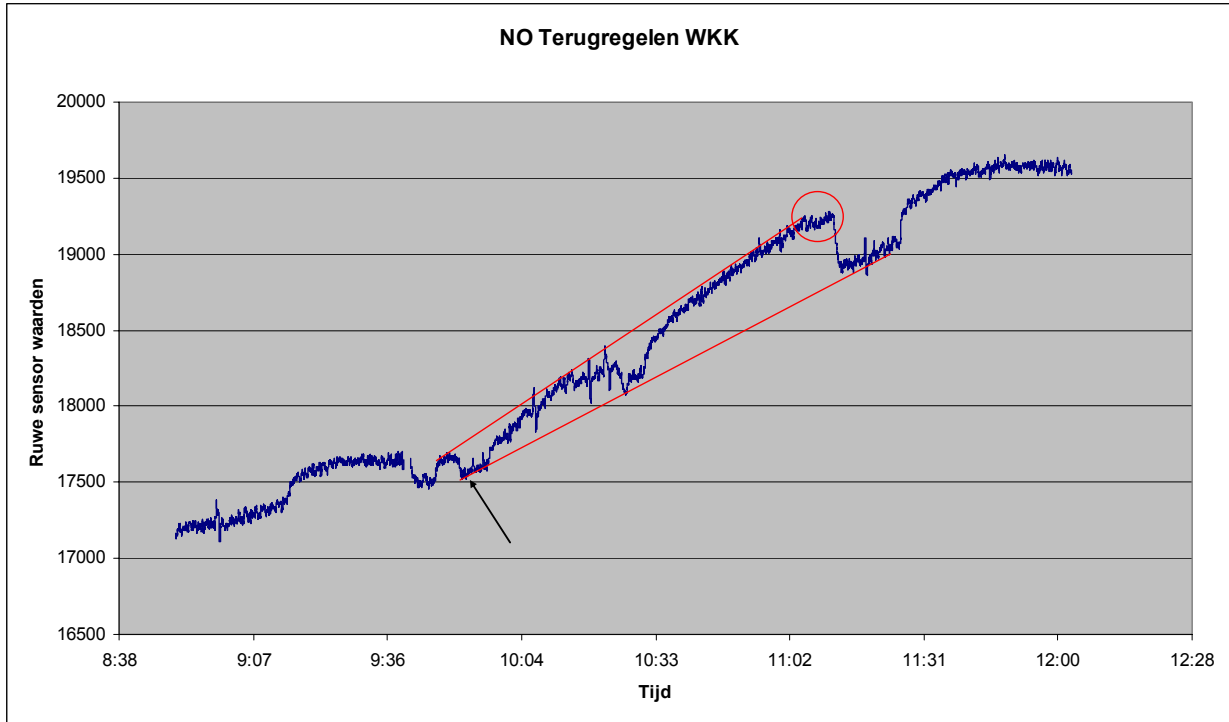
10:00 uur: wkk terug geregeld op 60%

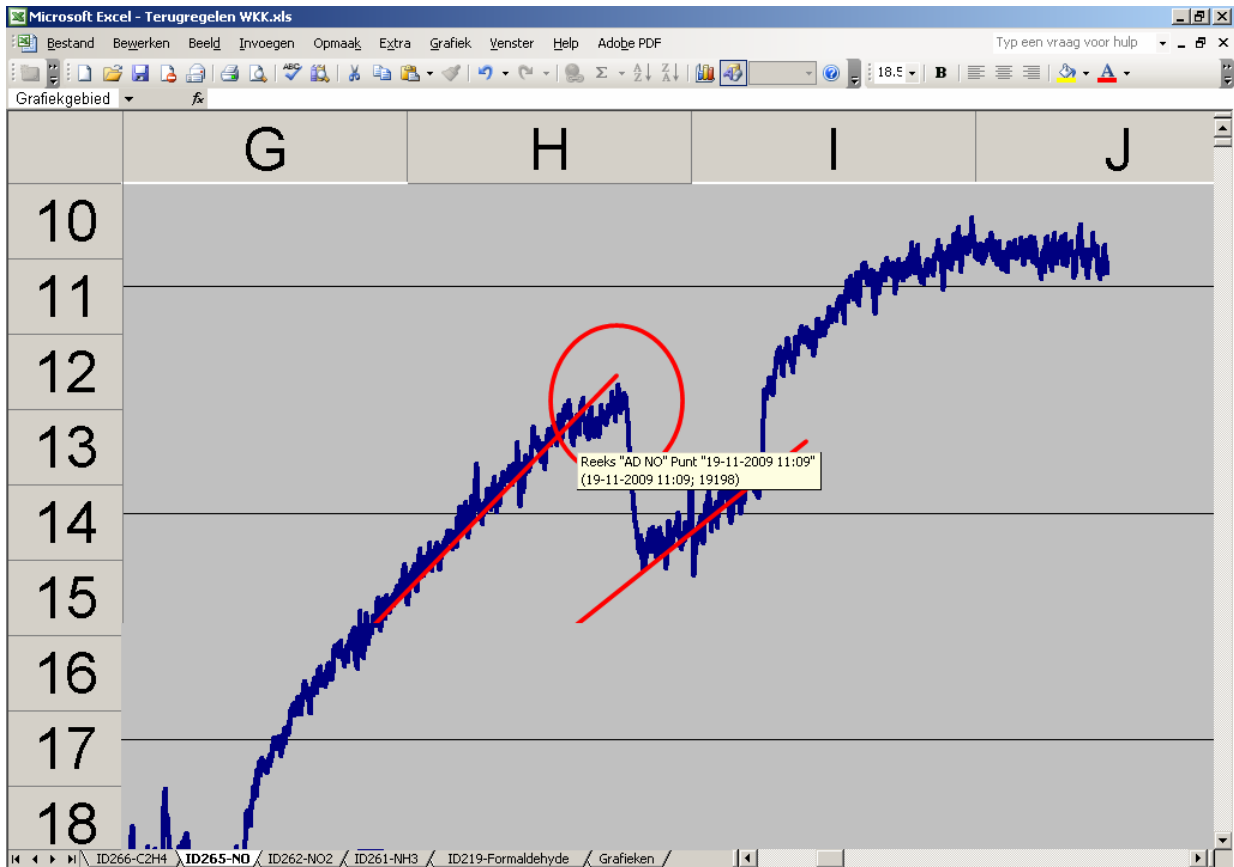
11:06 uur: motor is in storing gegaan door te hoge temperatuur (pers com. Jenbacher TP)
toen draaide hij op 60%.

11:15 uur: weer opgestart naar 100%

Conclusie: De deellast inschakelmomenten vormen een risico.







NO deellast regelen WKK, waarbij duidelijk te zien is dat de WKK aan het einde in storing gaat. In de rode cirkel is duidelijk te zien dat de middellijn niet meer in de trendlijn ligt van het signaal. Er treedt een kortdurende verandering op.

4^e test Ureum inspuiting C6

Realtime meten en regelen ureum injectie C6

Doel van deze test: Dinsdag 24-11-2009 om 10:00 start WKK C6 met een gewijzigde instelling op vrijgave voor injectie. De ureum wordt dan geïnjecteerd bij een temperatuur van 300 gr.C i.p.v. 380 gr.Celcius.

Tijdschema's:

9:15 uur: Start loggen. GA's in zero-mode

9:25 uur: GA's in meet-mode

9:45 uur: Ureum injectie vrijgegeven

9:45 uur: WKK op bedrijfstemperatuur.

10:54 uur: GA's in zero-mode

11:45 uur: Einde test.

Een eventuele verhoging van de gemeten waardes in de proefkas kunnen alleen het eerste half uur gemeten worden, indien aanwezig, omdat na opstarten de temperatuur van de reactor uiteindelijk op 380°C komt. Omdat de injectie van ureum wordt vrijgegeven bij 300°C, zal na bemeting door het COdiNOx besturingssyteem, de CO₂ klep worden opengestuurd. Dit betekent dat de gemeten waardes beneden de alarmgrens liggen.

Er werd weer realtime gemeten van etheen, NO, NO₂, ammoniak en aldehyden in de kas. Dit houdt in dat er per seconde gemeten en per seconde gelogd werd. Bij aanvang om 9:14. Van 10:00 tot 11:06 loopt de concentratie van NO op van 9 ppb naar 42.5 ppb over een lineaire lijn. Er vindt dus een toename plaats van 0.51 ppb per minuut.

Ureum injectie C6 van 9:30 naar 10:50 gaat de NO concentratie in de kas in 1 uur 20 minuten van 18 ppb naar 33 ppb !

Conclusie is dat NO meting in de kas m.b.t. WKK monitoring leidend is. De overige stoffen werden op dat moment voor en na de testen niet waargenomen.

5^e test Ureum inspuiting C1

Realtime meten en regelen ureum injectie C1.

De ureum injectie van motor WKK C1 van 10:00 naar 10:30 gaat de NO concentratie in de kas in 30 minuten van 9 ppb naar 32 ppb !

6^e test Doseren met ketel

Wanneer er CO₂ dosering plaatsvindt met de ketel zijn de NO (ca 12 ppb) en etheen (ca 1 ppb) waarden relatief laag. Opmerkelijk is dat voor zowel etheen als NO er hoge concentraties worden gemeten als de klep van CO₂ dosering van de ketel aangeeft niet open te staan. Dit is nader behandeld in het volgende item.

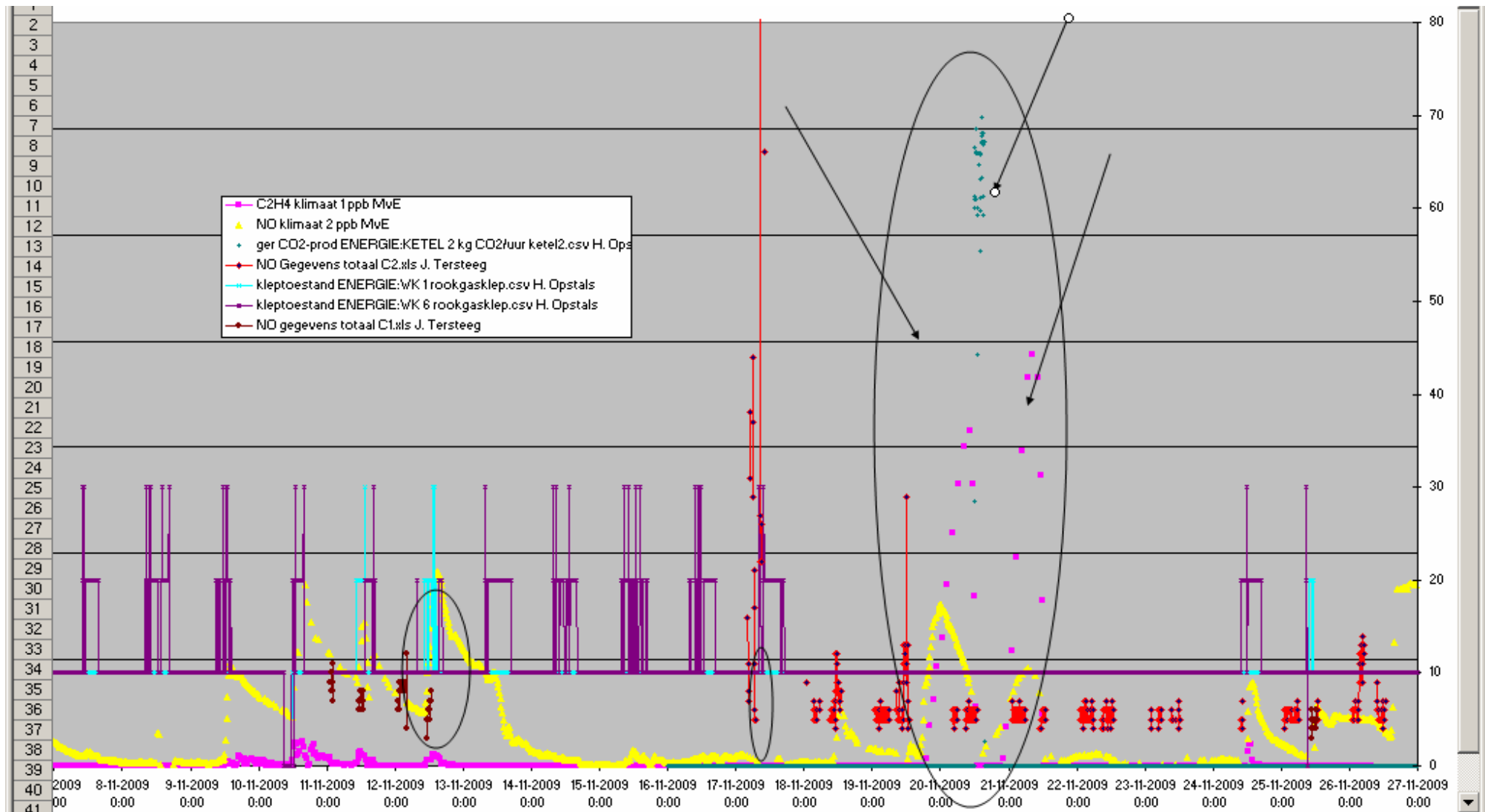
Conclusie: Geen verhoogd risico gevonden voor NO en etheen bij CO₂ dosering met ketel.

Overige bevindingen:

- Opvallend is dat op 20-11-2009 en op 21-11-2009 tot 2x toe verhoogde NO en C₂H₄ waarden voorbij komen met verhoogde CO₂ waarden. Volgens de data (klimaatcomputer) staat er dan niets ingeschakeld; Geen CO₂ vraag. Toch is de CO₂ structureel hoger.

Oorzaak waardoor hoge etheenpieken aanwezig zijn is onbekend. Er is lang naar gezocht. Er is in die periode wel met een (brandstof gemotoriseerde) robot gereden, echter in andere compartimenten. Verder waren de pieken 's nachts te zien en zijn deze niet te rijmen met de situatie. Zowel NO alsook etheen lagen over elkaar heen, tot 2x reproduceerbaar op 20-11-2009 en op 21-11-2009 beide 's nachts. Zie afbeelding hieronder.

Theoretisch is er een hoog risico. Er is echter niets zichtbaar aan gewas geconstateerd gedurende meetmoment. Er kan niet worden uitgesloten dat er schade optreedt in een later stadium, bijvoorbeeld bij vruchtzetting?



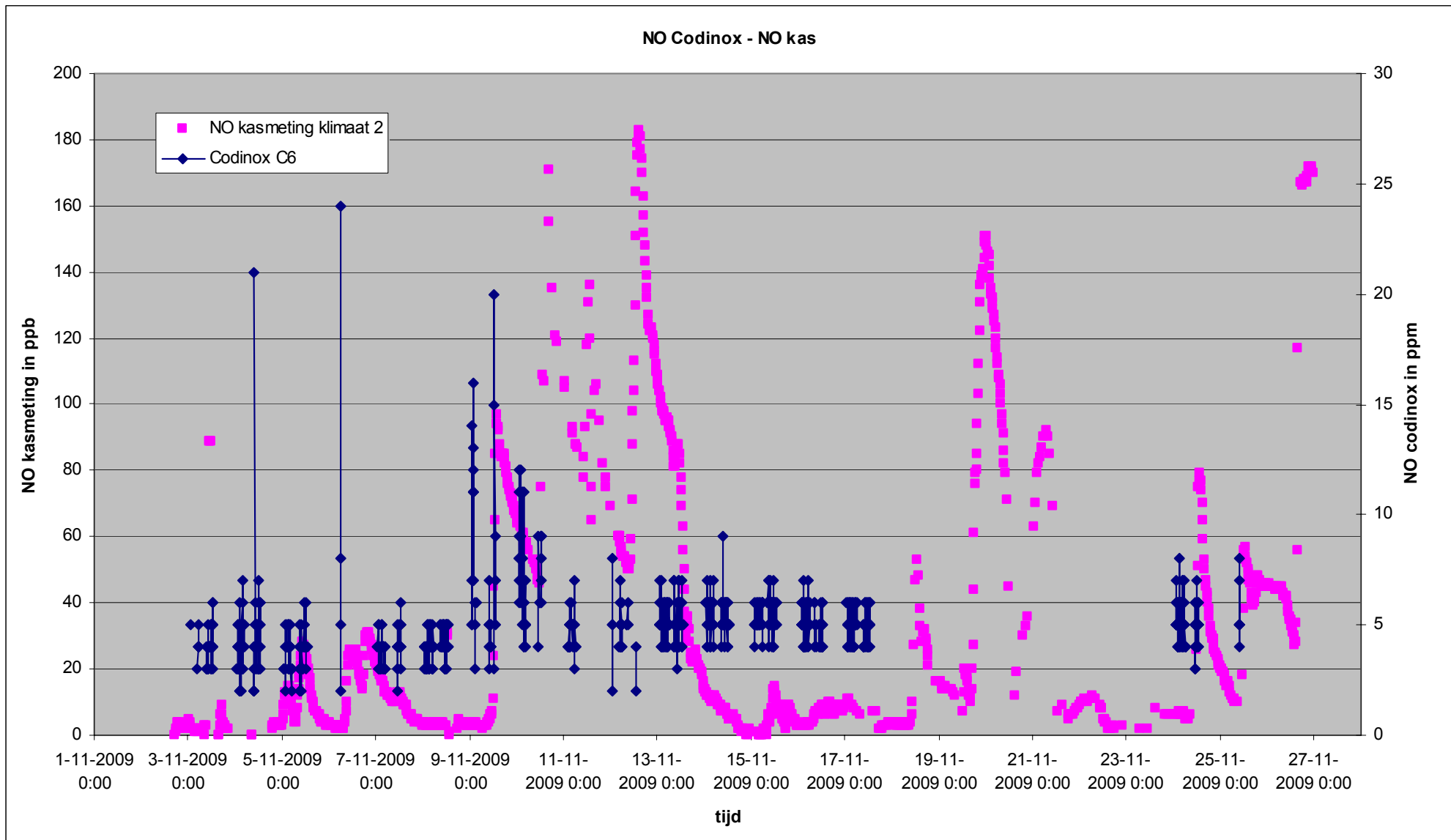
Schaaldelen voor NO/C₂H₄ is 10 ppb per lijn op de y-as, voor CO₂ 100 ppm per lijn op de y-as. Zie de 2 afzonderlijke pieken.

Groen = CO₂ Paars = C₂H₄ Blauw = NO

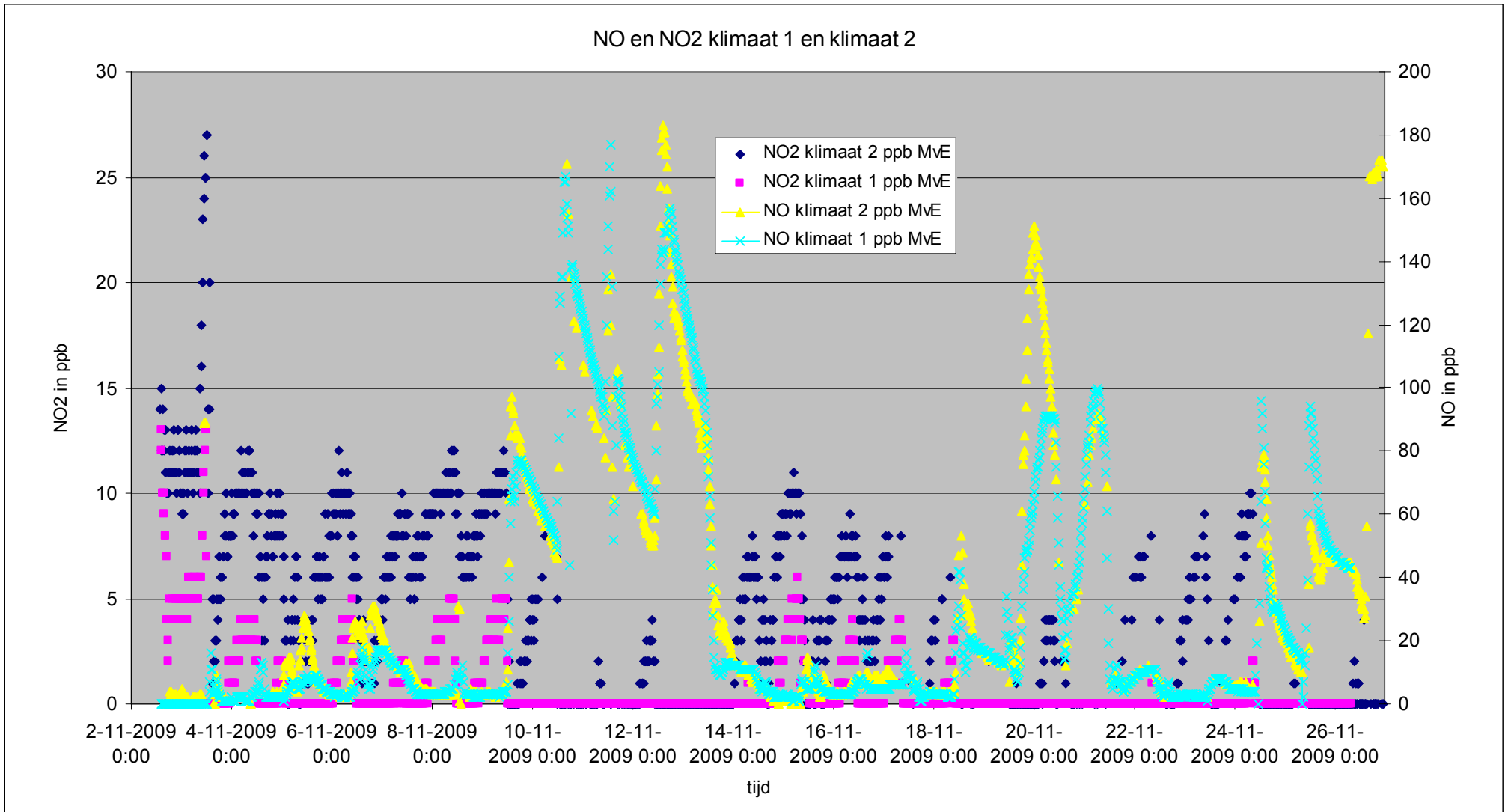
- M.b.t. de stress monitor (GrowWatch) zijn een aantal parameters zoals NO en ethyleen uitgezet tegen de stress. Er is geen correlatie gevonden tussen deze waarden.
- NH₃ blijft een aandachtspunt. Er zijn ook nu weer pieken NH₃ gevonden. Dit is niet verder onderzocht. Pers. com. T. Dueck WUR-GTB; NH₃ is tot een bepaalde concentratie een voedingsbron daarboven kan het een toxisch effect hebben, m.n. in het donker.
- De aldehyden (formaldehyde) concentraties zijn over het algemeen heel laag.
- NO₂ bleef gedurende de hele periode laag. Er kwam een enkele piek voor van 25 ppb met gemiddelde pieken van tussen de 10 en 15 ppb. Verwaarloosbaar laag dus. NO blijft wel een aandachtspunt.
- Op 3-11-2009 is er door Jenbacher een ijkmeting uitgevoerd aan de CODiNOx. Er was geen vrijgave en toch is er tegelijkertijd een piek te zien op zowel de CODiNOx alsook de etheen/NOX meting in de kas? Onduidelijk waarom en hoe dit ontstaan kan zijn. Theoretisch kan dit niets met elkaar te maken hebben.

Er is geprobeerd om een relatie te leggen tussen de NO van de kasmetingen en de NO gegevens van de CODiNOx. Duidelijk te zien is dat er een aantal pieken duidelijk over elkaar liggen. Echter ook duidelijk is er in de kas een verhoging te zien die op de CODiNOx niet herleidbaar is. Hieronder is de grafiek weergegeven.

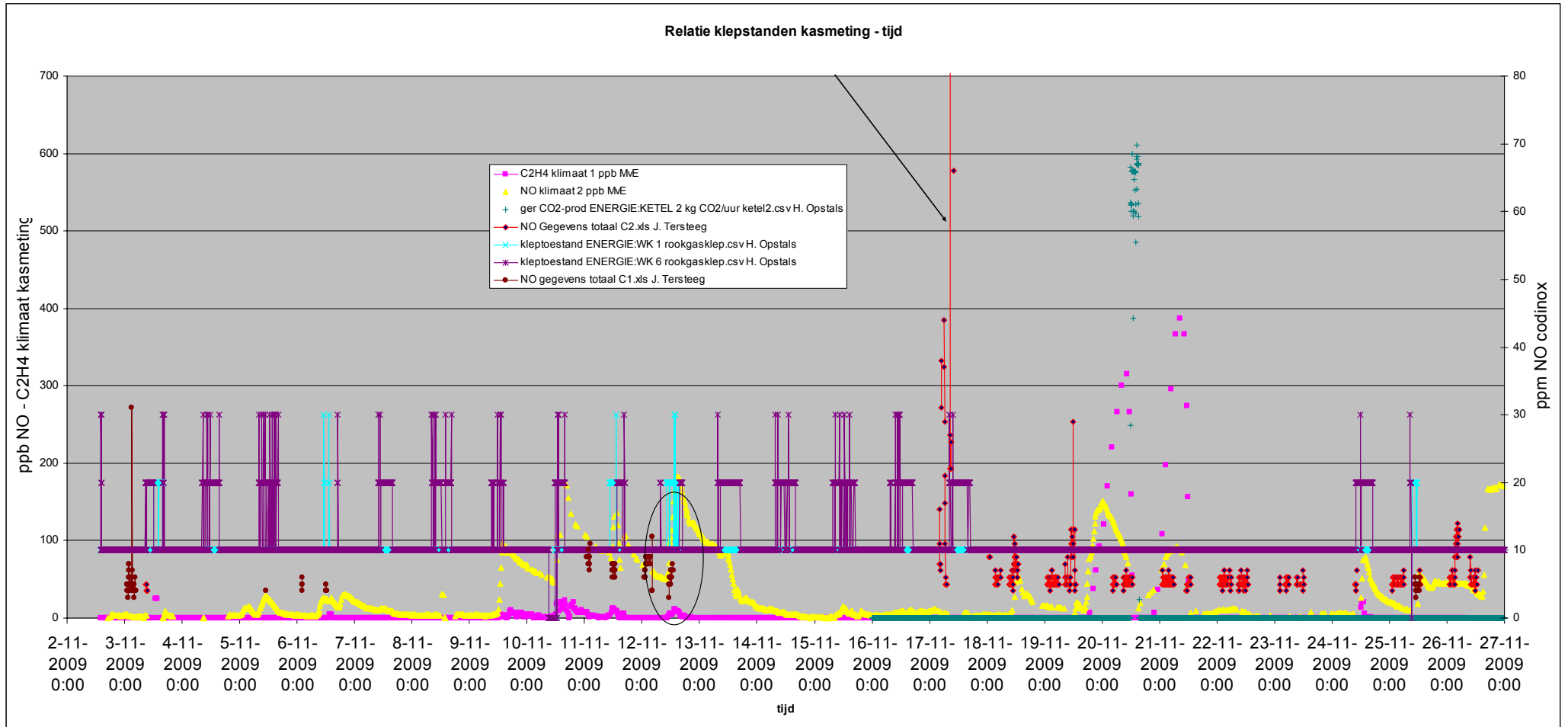
CODiNOx ppm rechter y-as en kas meting linker y-as.



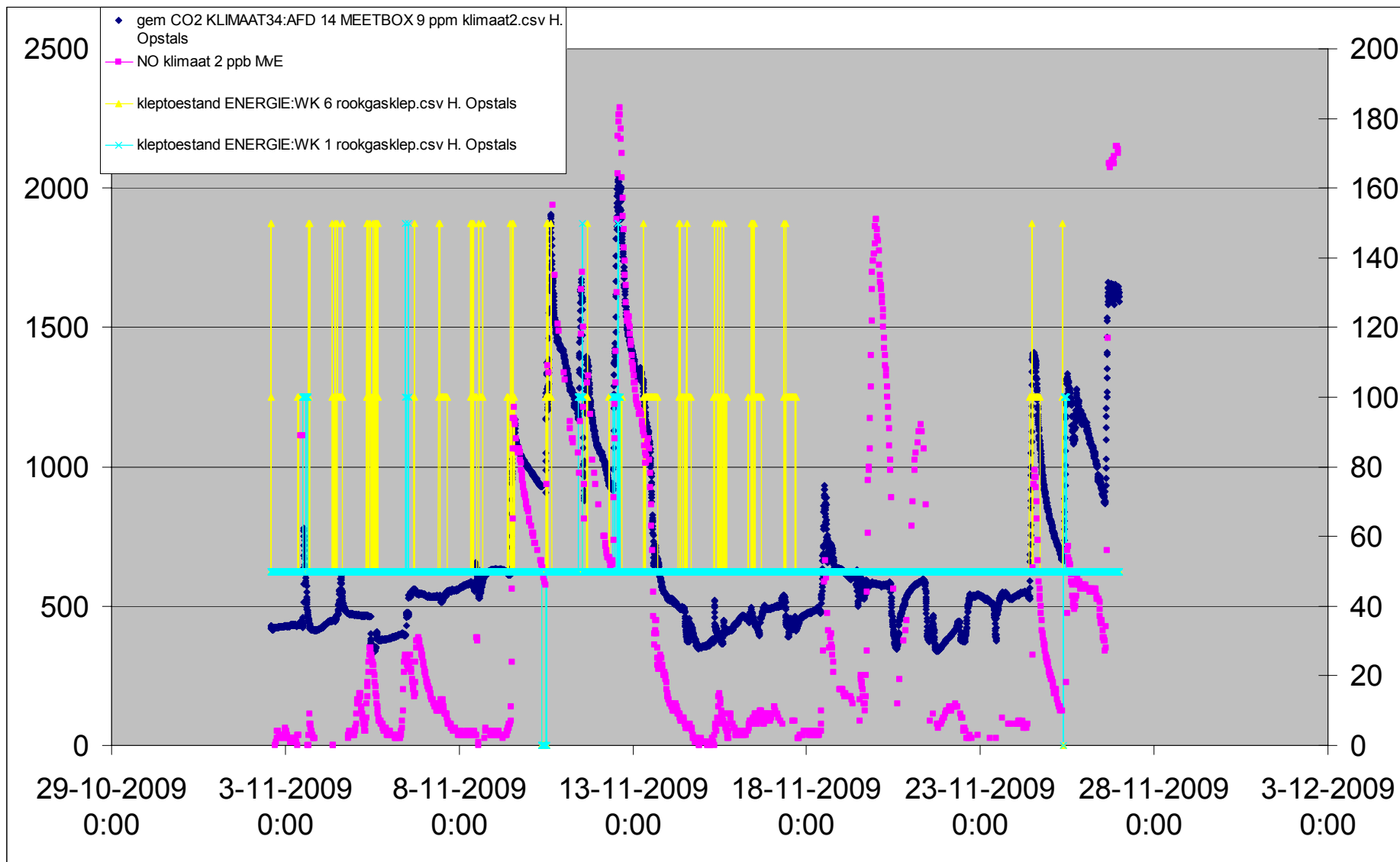
- De NO en NO₂ gegevens van klimaat 1 en klimaat 2 zijn over elkaar heen gelegd. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de klimaten ongeveer hetzelfde zijn. Ook de uitslag van de NO ligt heel duidelijk over elkaar heen. Zie onderstaande grafiek:



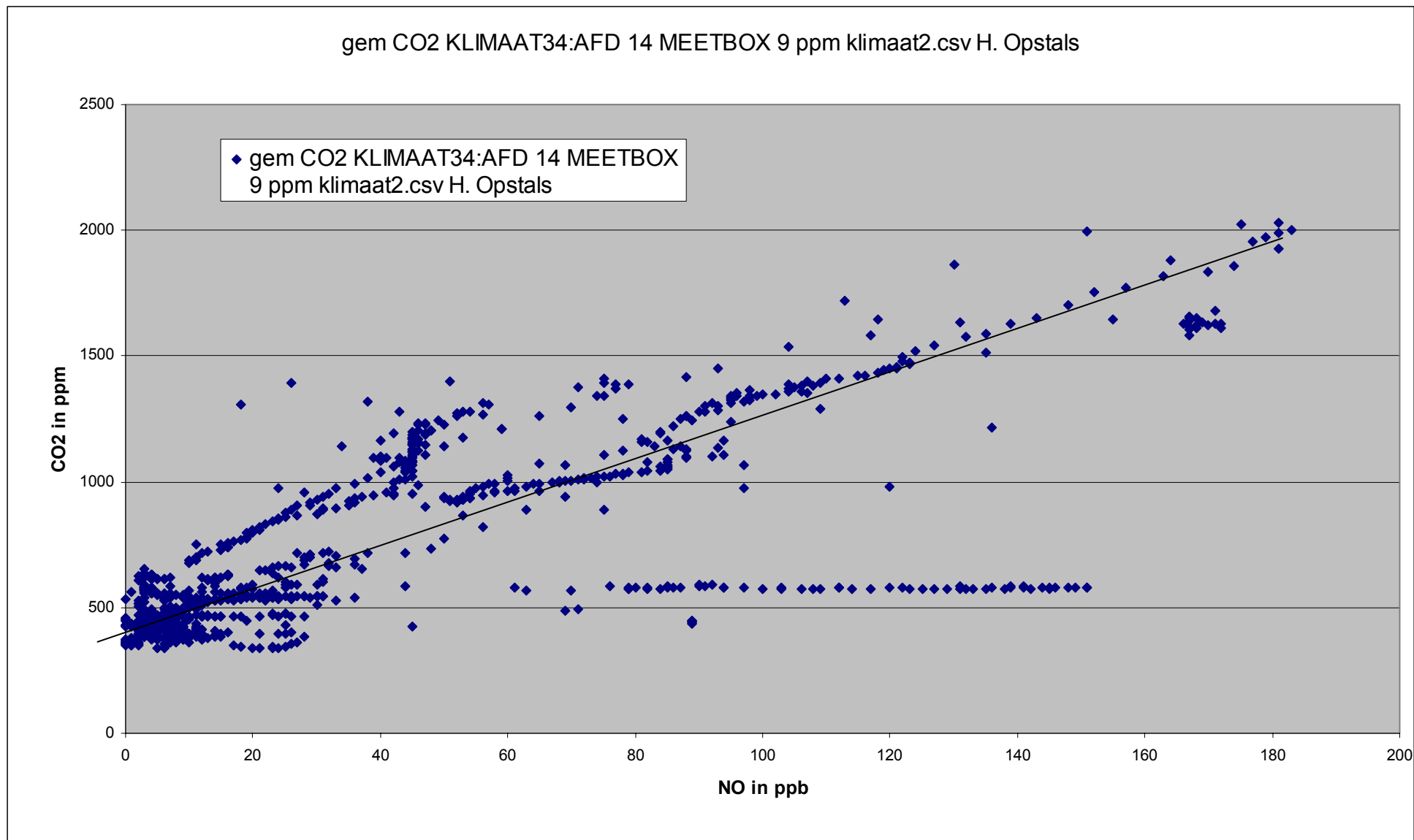
Relatie klepstand WKK 6, klepstand WKK 1, CO₂ en NO gemeten in de kas



Relatie klepstand WKK 6, klepstand WKK 1, CO2 en NO gemeten in de kas. Op de x-as de tijd, op de linker y-as de concentratie CO2 in ppm en rechts de concentratie van de NO meting in de kas in ppb.



CO₂ afgezet tegen de NO waarden in de kas.



5.2 WKK en RookGasReinigers (RGR); Installatie (Jenbacher)

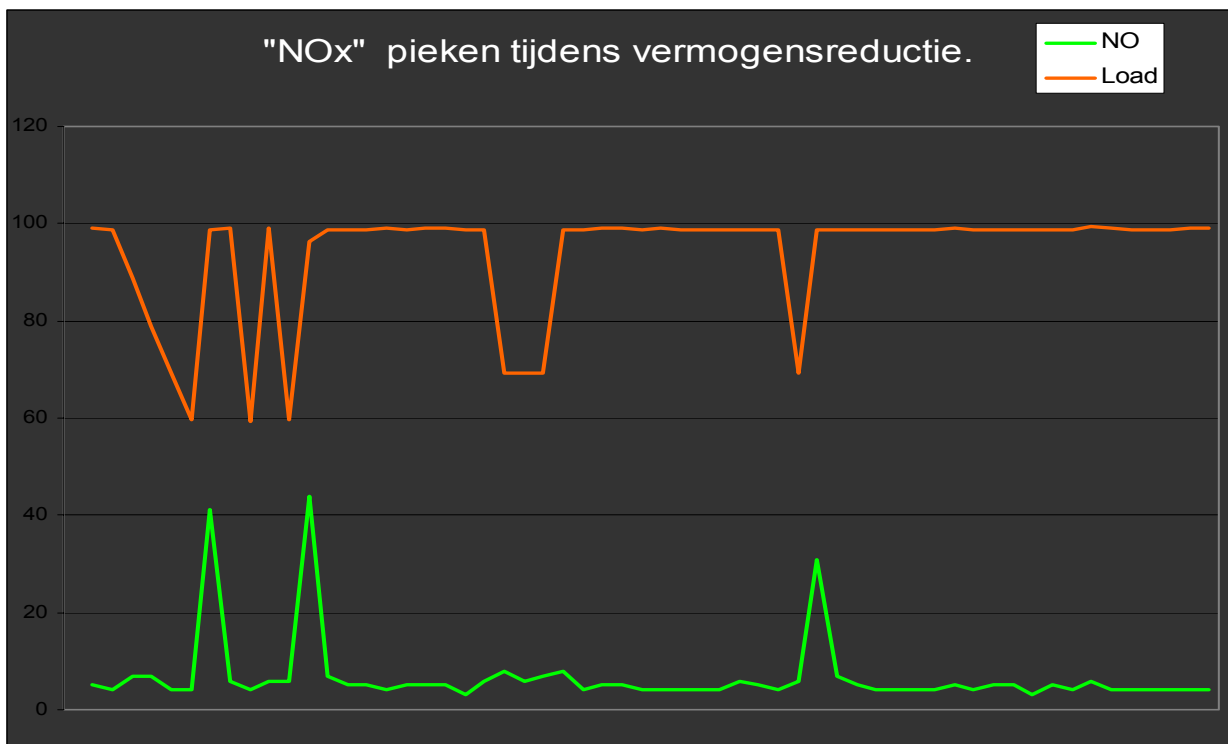
Tijdens de verschillende interventies is het volgende naar voren gekomen, bij metingen op de WK-installatie.

Wat is opgevallen is dat de NO_x waarden tijdens veranderen van vermogen hoge pieken veroorzaken in de gemeten waardes (tot 40 ppm NO_x); deellast draaien.

Tijdens de hoge pieken gaat de CO₂ klep dicht omdat de gemeten waarden boven het alarmpunt uitkomen, echter gaat er vanwege vertraging in het meetsysteem en looptijd van de CO₂ klep een gedeelte van de hoge waarden de tuin in.

Deze hoge pieken zijn niet in de tuin waargenomen omdat we dit maar enkele keren hebben gedaan en gedurende een korte periode, maar het zal zeker waarneembaar zijn wanneer een motor meerdere keren per dag vermogen reduceert. In de praktijk kan dit tot wel 10 keer per dag gebeuren.

In Grafiek 1 zijn de pieken gezien zoals gemeten op motor:1. Nox (ppm) tijdens vermogensreductie.

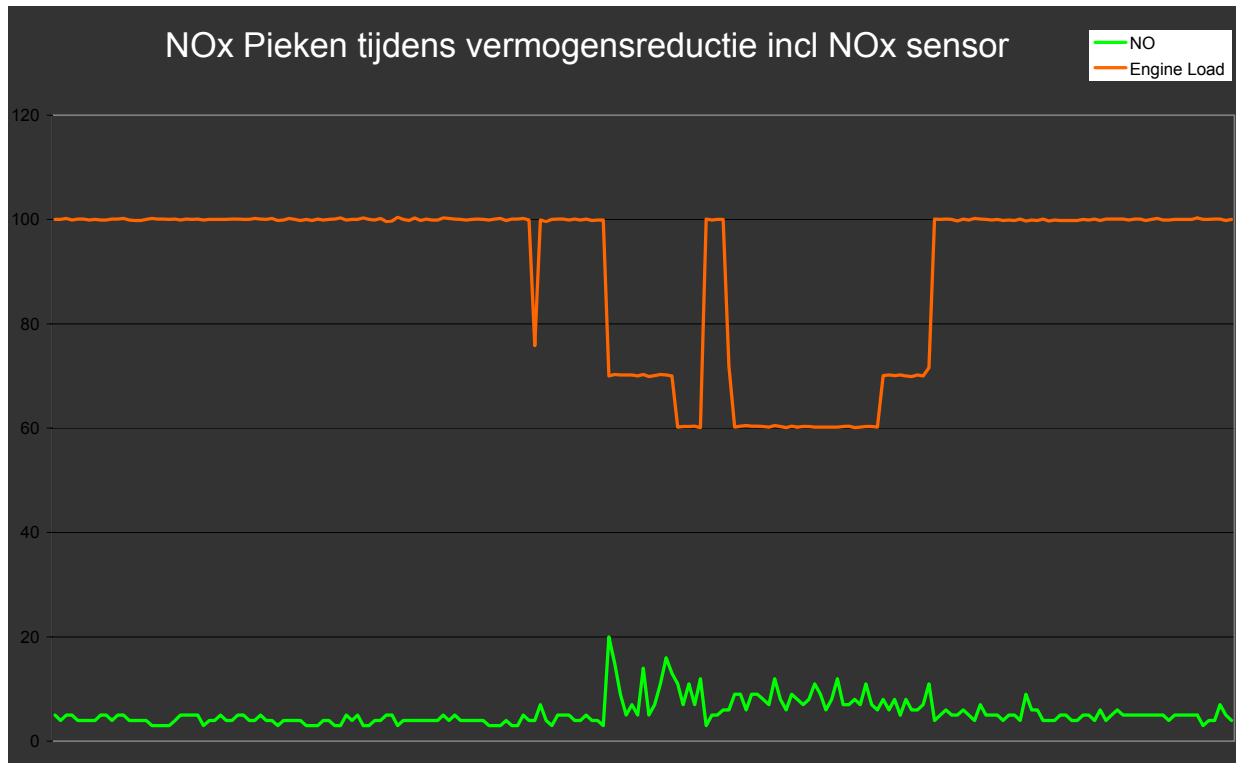


Dezelfde test zoals hierboven is ook op een andere motor (WKK6) uitgevoerd, welke is uitgevoerd met een extra NO_x sensor, die er voor zorgt dat een verandering in rookgassen eerder gemeten kan worden.

Hierdoor kan er ook eerder een actie genomen worden in de ureuminjectie. Deze optie is bij nieuwe installaties standaard voor de CODiNO_x systemen.

Hieronder een grafiek van de pieken die gemeten zijn tijdens vermogensreductie. Zoals te zien is zijn de maximale pieken met 50% verminderd.

Grafiek 2 NOx (ppm) tijdens motorreductie



Oplossing voor de systemen van voor 2010.

Aangezien dit alleen bij de nieuwste systemen (vanaf 2010) een standaard optie is, is het erg verstandig om bij de overige systemen de CO₂ vraag tijdelijk weg te halen bij de CODiNOx zodat de CO₂ klep dicht staat op het moment van de hoge piek.

Na 1 minuut kan de CO₂ vraag weer bij de CODiNOx gelegd worden en zal het systeem zich aanpassen aan de nieuwe situatie en de CO₂ klep na enkele minuten weer open zal gaan.

Bij de test met variatie in ureuminspuiting is het duidelijk geworden dat het belangrijk is om na te gaan bij veroudering van de systemen (blokken) hoe vaak de alarmgrens wordt overschreden. Dit geeft een indicatie voor risico in de kas. Veroudering van het systeem geeft meer ureumverbruik en kans op NOx productie uit ongebruikt ureum. Oplossing kan zijn het materiaal van de katalysator te reinigen e/o te vervangen.

5.3 Techniek scan (Interpolis)

Tijdens de data analyse van de luchtkwaliteit 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 bij AirQ Wijnen werd ook het project AirQ4 Energie geëvalueerd en afgerond. De kennis vanuit beide projecten is gecombineerd en gebruikt ten tijde van de analyses/evaluaties (kennisoverdracht).

De algemene leerpunten zijn hieronder weergegeven.

De bewaking van de kwaliteit van CO₂ 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 CO₂-doseerinstallatie is daarom een blijvend aandachtspunt.

Het veelvuldig over- en weer terugschakelen naar deellast van de WKK-installatie heeft gevolgen voor de kwaliteit van de CO₂. 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 CO₂-dosering tijdelijk te staken wanneer de deel last van de machine wordt gewijzigd.



Het effect van uitstoot van rookgassen uit de schoorsteen van WKK-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 CO₂-behoefte bestaat.

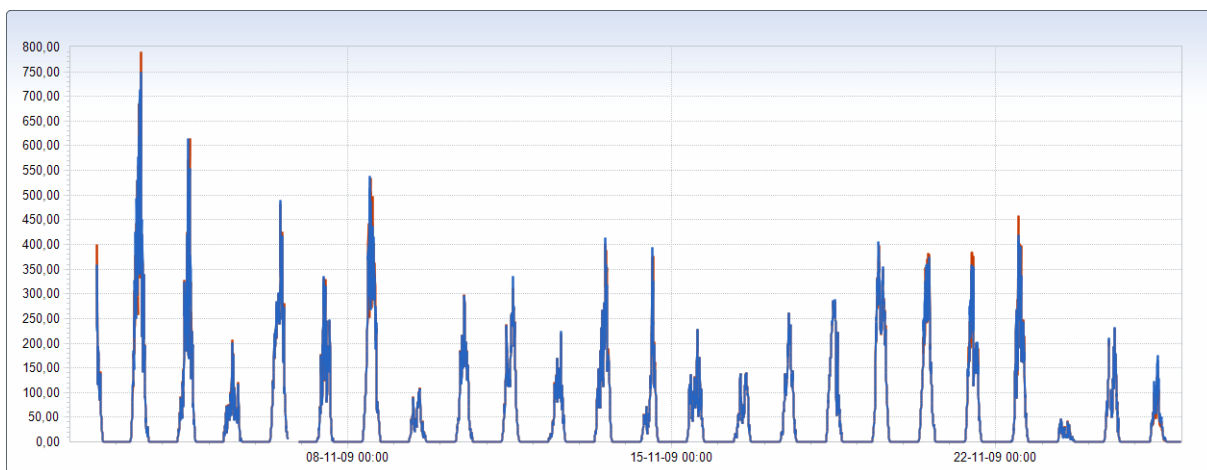
Er zou veel vaker kasluchtmetingen moeten worden uitgevoerd naar ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas. In de praktijk van vandaag de dag wordt hier alleen voor gekozen bij twijfel over de gewasgroei. Het zou echter veel vaker moeten plaatsvinden voor bijvoorbeeld een heel teeltseizoen. 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.

5.4 Stressmeting in de plant; GrowWatch (growTechnology)

In november 2009 hebben uitgebreide testen plaats gevonden bij de Firma Wijnen. Het doel is om na te gaan welke WKK in het voorjaar grote schade aan hun paprika gewas heeft veroorzaakt. Firma Wijnen heeft hiervoor in een nog lege kas twee proef compartimenten aangelegd. Deze compartimenten zijn afgeschermd wat betreft klimaat en CO₂ regeling van de resterende 10 hectare kas.

In dit geval is er gekozen om de metingen te verrichten aan jonge komkommer planten. De reden dat er voor komkommer planten is gekozen is twee ledig. Ten eerste is komkommer een veel gevoeliger gewas dan paprika. Daarnaast is de groeisnelheid van komkommer vele malen groter dan van paprika. Afwijking op plant niveau kan daardoor veel eerder visueel worden waargenomen.

De hoeveelheid gemeten PAR licht (Grafiek 1) is in de maand november uiteraard lager dan in het voorjaar en de zomer metingen bij Roos en Tomaat (zie rapport AirQ4 Energie). De planten hebben het hierdoor dus niet "zwaar" te verduren gehad.



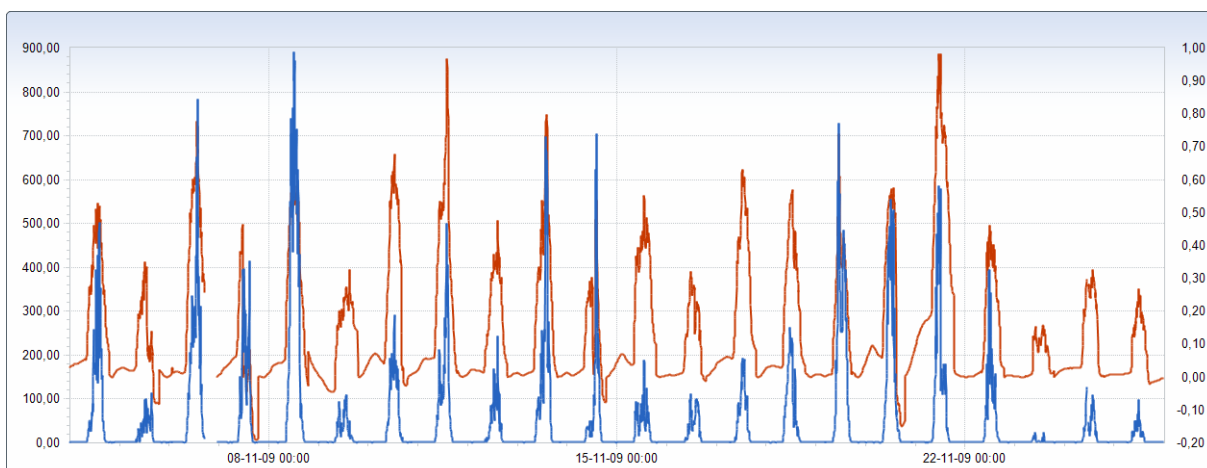
Grafiek 1. Par licht metingen in de nieuwe kas bij Wijnen. Gemiddelde maximale waarde op de dag ligt zo rond de 250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

In het begin is men voorzichtig geweest met het doseren van CO₂. De reden hiervan is het idee dat hogere CO₂ concentraties giftig zijn voor jonge komkommer planten. Dit is echter niet het geval. De voor komkommer bekende term brandkoppen komt doordat op sommige momenten het gewas zich niet voldoende kan koelen en niet door toxiciteit voor CO₂. De CO₂ concentratie is later ook verhoogd.



Grafiek 2. Gemeten CO₂ concentratie in ppm in het test compartiment.

In de gehele meetperiode is de gemeten stress niet boven de 1 uitgekomen. Duidelijk is uit de grafiek af te lezen dat bij meer instraling de stress oploopt, echter zonder de grenswaarde te overschrijden. De teeltexperts van Wijnen (ex-komkommer tuinder) hebben tijdens de testperiode nooit een afwijking aan de planten vast kunnen stellen. Dit is in lijn met de GrowWatch metingen.



Grafiek 3. Stress (rode lijn) en hoeveelheid PAR licht (blauwe lijn) op bladniveau.

Conclusie (Pieter Wijnen):

Er is niet vastgesteld wat de gewasschade in het voorjaar van 2009 heeft veroorzaakt. Mogelijk dat door de gekozen test opzet in combinatie met geringe luchting te weinig CO₂ is gedoseerd. Verder was in de meetperiode de lichtintensiteit lager dan in het voorjaar en was er sprake van een jong gewas en geen volgroeid gewas. Een andere meer gewenste oorzaak zou kunnen zijn dat de toenmalige "bron" niet meer aanwezig is.

6. DISCUSSIE, CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Er is niet exact vastgesteld wat de gewasschade in het voorjaar van 2009 heeft veroorzaakt. Mogelijk dat door de gekozen test opzet in combinatie met geringe ventilatie te weinig 'verontreinigd' CO₂ is gedoseerd. Verder was in de meetperiode de lichtintensiteit lager dan in het voorjaar en was er sprake van een jong gewas en geen volgroeid gewas. Het gewasstadium kan effect hebben op de opname capaciteit van een gewas. In het voorjaar is ook meer geschermd (dubbel scherm) wat ophoping van stoffen veroorzaakt kan hebben. Ook het feit dat er toen sprake was van een hoge dichtheid van het gewas en daarvoor 'verminderde' ventilatie (CO₂ verschil factor 3) kan een negatief effect hebben gehad. De bron en het opgetreden effect kunnen ook in een langere periode van elkaar liggen. Een andere meer gewenste oorzaak zou kunnen zijn dat de toenmalige "bron" niet meer aanwezig is. In en rond het praktijkbedrijf zijn verschillende werkzaamheden uitgevoerd voor de nieuwbouw. In het ketelhuis zijn ook werkzaamheden uitgevoerd (lassen) die een negatieve bijdrage hebben kunnen leveren.

Het effectgrenswaarden onderzoek van paprika van T. Dueck (WUR-GTB) heeft geen extra aanvullende informatie opgeleverd, dat een oplossing kan bieden voor de vastgestelde gewasschade in het voorjaar.

Het is nog onbekend hoeveel NO een gewas kan opnemen en omzetten in verschillende ontwikkelstadia (jong → volwassen) en klimaatomstandigheden (licht, T, Rv).

Uit de interventies zijn wel voldoende aandachtspunten gekomen die het risico op verontreiniging kunnen verkleinen. Een overzicht hiervan en het effect en advies hiervoor is weergegeven in de onderstaande samenvattende 'conclusie tabel'.

De algemene leerpunten zijn;

- NO is een marker voor WKK/RGR effect in de kas.
- C₂H₄ is een mogelijke marker voor ketel effect.
- Luchtdicht aanleggen en houden van de CO₂-doseerinstallatie.
- CO₂-dosering tijdelijk staken wanneer de deel last van de machine wordt gewijzigd.
- Rekening houden bij de plaatsing van nieuwe installaties (m.n. de schoorsteen van WK-installaties zonder rookgasreinigers).
- De rookgasreiniger zonodig altijd aan te houden ook wanneer er geen CO₂-behoefte bestaat.

Bij normaal prestatie van een motor (WKK) zijn er geen aanwijzingen voor nadelig effect van olieverbruik op de luchtkwaliteit. In principe wordt alles verbrand in de katalysatoren. Op het testbedrijf zijn er geen 'afwijkingen' geconstateerd aan het olieverbruik.

Op basis van de metingen geen uitspraak te geven over cocktail effect van gassen. Er is een vermoeden dat een combinatie van gassen de weerbaarheid of opname capaciteit van een gewas negatief beïnvloed. Klimaatfactoren (T, lichtintensiteit) en ontwikkelstadium van een gewas zijn ook mogelijke parameters die een invloed hebben op effectgrenswaarden. Bovenstaande is een reële zorg in de sector en van het projectteam. In een vervolgproject zal hiervoor een onderzoeksvoorstel worden geformuleerd i.s.m. T. Dueck (WUR-GTB).

Er zouden veel vaker kasluchtmetingen moeten worden uitgevoerd naar ongewenste concentraties verontreinigingen in de kas over een heel teeltseizoen op verschillende hoogtes in de kas om snel te kunnen reageren. Meer kennis moet worden gekregen over effect van verschillend ontwikkelstadium gewas, dichtheid gewas in de kas (CO₂ verschil onder/boven) en klimaat effect (instraling, schermen). Maar ook monitoring voor controle op 'veroudering' van systemen; verloop van alarmgrens/setpoint.

De resultaten van dit onderzoek zijn een waardevolle aanvulling op de resultaten uit het project AirQ4 Energie [2, 3 en 4], dat recent is afgerond en gerapporteerd. De kennis en vraagtekens van beide onderzoeken worden verwerkt in een vervolg aanvraag die focus zal hebben op een bredere bedrijfsscan; meerdere bedrijven (kennisoverdracht / bewustwording) en aandacht voor luchtkwaliteit in de kas (metingen), inrichting ketelhuis (techniek scan) en effectgrenswaarden (adviesstelsel).

Tabel 1: Interventies, gemeten effect en advies

Interventie	Effect	Advies	Vraagtekens	Opmerkingen
Droogstoken/nulmeting	Concentraties alle metingen relatief laag	Geen risico; planting starten	geen	
Geen; WKK 1 en 6	40 ppb piek NO, gemiddeld 10 ppb	Geen of beperkte risico's	geen	
Deellast draaien van 100%-70%-60%. WKK1 en 6	WKK; hoge NOx waarden (tot 40 ppm NO) → CO ₂ klep dicht. Vanwege vertraging in meetsysteem/looptijd van de CO ₂ klep een deel van de gassen de kas in. EMS: Duidelijk waarneembare verhoging in de kas bij inschakelen deellast; 180 ppb piek NO, Gemiddeld 90 ppb.	Deellast geeft meer risico; vermijden 1. Instaleren van NOx Raw sensor snellere reactie op veranderingen van de motor → ureum injectie direct aangepast → minder hoge NOx pieken 2. Vrijgave CO ₂ dosering ca 15 min. na deellast.	Exacte tijdsinterval voor 'veilige' CO ₂ vrijgave na deellast. Hoeveel verandert die tijd bij 'veroudering' systeem.	NOx Raw sensor is niet op oude installaties mogelijk.
Realtime meting deellast sturing WKK 1 en 6	Toename van 0.51 ppb/min NO in de kas. T.o.v. effectgrenswaarde NO is dit relatief weinig. !Een motor die een aantal uur achter elkaar loopt en een aantal keer achter elkaar in deellast wordt geplaatst laat een concentratie achter dicht tegen/over de gewas effectgrenswaarde!	Deellast inschakelmomenten vormen een risico. 1. Snellere regeling (NOx Raw sensor) 2. Na deellast, vrijgave CO ₂ vertraagd inzetten.		
CO ₂ doseren met ketel 1 en 2.	Hoge pieken NO en nog veel hogere pieken etheen.	Geen verhoogd risico gevonden.	Oorsprong van NO en etheen pieken.	C ₂ H ₄ kan neerslaan.
Variatie inspuiting ureum WKK 1 en 6; Realtime meting	WKK6; NO toename in de kas van 0.51 ppb/min. NO concentratie in de kas in 1 uur 20 minuten van 18 ppb naar 33 ppb! WKK1; NO concentratie in de kas in 30 minuten van 9 ppb naar 32 ppb!	NO meting in de kas m.b.t. WKK monitoring is leidend.	Opname vermogen van NO door planten in verschillende ontwikkel stadia (jong → vrucht dragend). NO grens bij 'oudere' systemen.	Regulatie op NO-waarde in de rookgassen. Alarmgrens op dit moment is 20 ppm.
Variatie in vrijgave temperatuur; i.p.v. 380 graden vrijgave bij 300 graden C. WKK 6 en 2	Geen hoge NOx waarden gedetecteerd in WK installatie. WKK 6 is schoner dan WKK 2	Instaleren van NOx Raw sensor snellere reactie op veranderingen van de motor → ureum injectie direct aangepast → minder hoge NOx pieken		

LITERATUUR

- [1] a/ "Demonstratie van Ethyleengestuurde ventilatie bij de bewaring van tulpenbollen" maart 2006 PPO nr. 360045
 - b/ "Energiebesparing door verminderde circulatie" november 2005 PPO nr. 360069
 - c/ "Ethyleengestuurde ventilatie" december 2006 PPO nr. 360321
 - d/ "State-of-the-Art bewaarsysteem voor tulpenbollen" december 2007 PPO nr. 3236045100
 - e/ "Evaluatie MACView Ethyleen Analyser" Agrotech & Food nr. 915
- [2] Heistek, J.C. Luchtkwaliteit in (semi)gesloten kas, voor mens en gewas; AirQ2, 1 oktober 2007 PT 12866
- [3] Heistek, J.C. Luchtkwaliteit in (semi)gesloten kas, voor mens en gewas; AirQ3, 23 mei 2008, PT 12866
- [4] Heistek, J.C. Luchtkwaliteit in (semi)gesloten kas, voor mens, dier en gewas; AirQ4 Energie. 18 januari 2010, PT/LNV 13415
- [5] Dieleman, A., J. Zwinkels, A. De Gelder, I. Kuiper, F. De Zwart, C. van Dijk, and T. Dueck. 2007. CO2 bij paprika: meerwaarde en beperkingen. WUR glastuinbouw rapporten Nota 494.