



CATO Engineering
Westervoortsedijk 73
NL – 6827 AV Arnhem
Tel. +31 26 370 11 77
Mob. +31 6 211 933 67
www.cato-engineering.com
info@cato-engineering.com

RAPPORTAGE PT-project: 15124

“CO₂ uit houtstookinstallatie”

Titel	CO2 uit houtstookinstallatie			
Referentie	P14-109 Rapportage			
Auteur	Immanuël Jurg			
Datum	12-november-2015			
Versie	1.0			
	Concept	Voor discussie	Voor vrijgave	Definitief
Status				X



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Productschap



Tuinbouw



INHOUDSOPGAVE

1	Publiekssamenvatting.....	3
1.1	Samenvatting	3
1.2	Contactpersoon	4
1.3	Woord van dank	4
2	Inleiding.....	5
2.1	Introductie.....	5
2.2	Huidige stand der techniek.....	5
2.3	Onderzoeksvragen	6
2.4	Revisie beheer	6
3	Materialen en methoden	7
3.1	Algemeen overzicht.....	7
3.2	Gebruikte methode.....	7
3.3	Gebruikte materialen.....	8
3.4	Analysemethode	8
4	Resultaten	9
5	Discussie	11
6	Conclusie	12

BIJLAGEN:

- P14-109-01 P&ID CO2 verwijdering.pdf
- P14-109 Imtech-Host 1646PID01_originele situatie.pdf



1 Publiekssamenvatting

1.1 Samenvatting

Binnen de kassenbouw wordt kooldioxide (CO₂) in de kassen gedoseerd om de groei van planten te bevorderen. Op dit moment zijn veel gebruikte manieren om aan deze CO₂ te komen: verbranden aardgas in een gasmotor, vloeibaar CO₂ kopen in tanks of gasvormige CO₂ kopen bij OCAP vanuit een "dedicated pipe". Allen hebben hun specifieke nadelen (prijs, lage rentabiliteit, overschot aan warmte e.d.).

Een vierde mogelijkheid is om CO₂ uit rookgassen te verwijderen met een aminewasser waarna de CO₂ lokaal gebruikt kan worden in de kassen. Voordeel van deze oplossing is de lage operationele kosten. Dit omdat geen verdere bewerkingen zoals comprimeren, drogen en koelen nodig is. Ook is er geen wegtransport nodig omdat productie van CO₂ en de afname geografisch dicht bij elkaar liggen.

Door het ontbreken van kennis over toepassen van een amine wasser om CO₂ uit rookgassen te verwijderen was het noodzakelijk een demo opstelling te realiseren. Belangrijkste onderzoeksvraag die met deze demo opstelling beantwoord moest worden of het mogelijk is om op een betrouwbare en economisch rendabele manier CO₂ te produceren is uit rookgassen van een hout-WKK.

Daartoe is met behulp van een financiële bijdrage van LTO/PT onder het programma "Kas als Energiebron" de niet operationele installatie bij Vink Sion door CATO Engineering omgebouwd. De installatie dient na de ombouw als "proof of principle" om aan de tuinbouw markt aan te tonen dat duurzame CO₂ op een economische en betrouwbare wijze geleverd kan worden volgens specificaties die gelden voor deze toepassing.

Als eerste is er een "Process Flow Diagram (PFD" gemaakt, hierna een massa- en energiebalans en tenslotte een uitgebreide "Piping and instrumentation diagram" (P&ID). De massa- energie balans zijn gebruikt om de specificaties (debiet, temperaturen, drukken e.d.) van de hoofdcomponenten vast te leggen. Vastleggen is gebeurd in een "Instrumentatielijst", "Equipmentlijst" en "Appendagelijst". Alle componenten zijn beoordeeld op juiste werking na de ombouw. Hieruit kwam naar voren dat er diverse aanpassingen noodzakelijk waren.

Onderdeel van het project was plaatsen van diverse sensoren. Deze waren samen met de diverse frequentie regelaars nodig voor een betere proces besturing. Ook is er een "Human Machine Interface" (HMI, beeldscherm) geplaatst om direct proces waarden in te kunnen geven en af te kunnen lezen.

Gedurende het project bleken toch meer aanpassingen nodig dan in eerste instantie ingeschat. Er waren een aantal tegenvallers, is er in een aantal gevallen gekozen voor een luxere oplossing om meer sturing of inzicht in proces te krijgen. Ook zijn er aanpassingen gedaan om de betrouwbaarheid te verhogen.

Tijdens de inbedrijfstelling zijn de ontwerp uitgangspunten vergeleken met de werkelijke proces condities. Hieruit bleek dat de aannames gedaan tijdens het ontwerp corresponderen met de proces condities. De installatie is eenvoudig te starten. Eenmalig instellen van de proceswaarden is voldoende, waarna de besturing deze binnen een nauwe bandbreedte controleert.

Door succesvol afronden van dit project is aangetoond dat CO₂ te produceren is uit rookgassen en deze direct toe te passen in kassen. De hoeveelheid geproduceerde CO₂ is in lijn met uitgangspunten. Gedurende de komende maanden wordt een verdere vergroting van de capaciteit verwacht.

Door uitvoeren van dit project heeft CATO Engineering inzicht gekregen in de werkelijk te bereiken (proces)technische werking om toekomstige installatie optimaal te kunnen ontwerpen. Vink Sion heeft inzicht gekregen in de operationele kosten voor produceren van CO₂ met een amine wasser. Deze kennis zal komende jaren verder uitgebreid worden.

De installatie heeft bewezen dat de uitgangspunten voor ontwerp kloppen met de gerealiseerde proces waarden. Uit de berekeningen en de meetwaarden is gebleken dat de installatie bij een rekenprijs van e.0,15 e/kW elektrisch een operationele kostprijs van 20-25 euro/ton geproduceerde CO₂ heeft.

Door de bijdrage van LTO/PT is het voor CATO Engineering mogelijk geweest om dit project succesvol af te ronden. Waarvoor onze dank!

1.2 Contactpersoon

Contact persoon voor vragen over deze rapportage is:

CATO Engineering

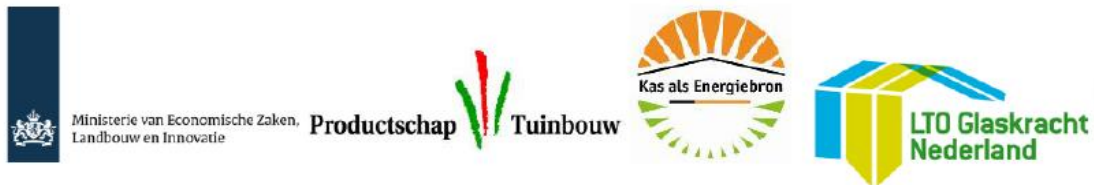
Immanuel Jurg

+31 6 211 933 67

Immanuel.jurg@cato-engineering.com

1.3 Woord van dank

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van het ministerie van EZ, het Productschap Tuinbouw en "Kas als Energiebron".



Verder willen wij Vink Sion (<http://www.vinksion.nl/>) en Powerspex (<http://www.powerspex.nl/>) bedanken voor de ondersteuning.

CATO Engineering is allen zeer erkentelijk voor de respectievelijke bijdragen om dit project succesvol af te ronden.

2 Inleiding

2.1 Introductie

Binnen de kassenbouw worden tijdens het seizoen bij een aantal gewassen kooldioxide (CO₂) in de kassen gedoseerd. Een gewas waarbij dat gebeurt zijn paprika's. Op dit moment zijn veel gebruikte manieren om aan deze CO₂ te komen: verbranden aardgas in een gasmotor, vloeibaar CO₂ kopen in tanks of gasvormige CO₂ kopen bij OCAP uit een "dedicated pipe". Allen hebben hun specifieke nadelen (prijs, lage rentabiliteit, overschot aan warmte e.d.).

Een vierde mogelijkheid is om CO₂ uit rookgassen te verwijderen en lokaal (in de directe nabijheid) gasvormig te gebruiken. Voordeel van deze oplossing is de lage operationele kosten. Dit omdat geen verdere bewerking nodig is. De kosten voor vloeibaar maken en/of tot hoge druk te comprimeren vervallen. Ook hoeft de gasvormige CO₂ niet gedroogd en (ver) getransporteerd te worden. Tot op heden gebeurde deze vierde manier in Nederland niet, met het succesvol afronden van dit project is hier verandering in gekomen.

2.2 Huidige stand der techniek

De huidige manieren om CO₂ te leveren aan kassen zijn veel toegepast en technisch volwassen. Leveranciers van de technieken zijn o.a.:

- verbranden aardgas in een gasmotor: HUG Engineering/Hanwel
- vloeibaar CO₂ kopen in tanks: Air Liquide, Linde, Air Products.
 - Vloeibaar CO₂ maken is energie intensief. Door over te stappen op gasvormig CO₂ uit de rookgassen wordt er veel elektriciteit bespaard.
 - Doordat de CO₂ wordt geproduceerd waar die verbruikt wordt is er geen transport (vrachtwagens) nodig
- gasvormige CO₂ uit een "dedicated pipe": OCAP
 - voor transport in lange leidingen is drogen en comprimeren tot hoge druk nodig. Dit is energie intensief.

De vierde manier om CO₂ te kunnen produceren is gebruik maken van amine wassers. Amine wasser worden al vele jaren (40-60 jaar) toegepast in de petrochemische industrie. Dit zijn echter allemaal installatie die een mengsel van koolwaterstoffen (meestal CH₄) en CO₂/H₂S moeten verwerken. Daarnaast sinds enkele jaren (8-12 jaar) worden aminewassers voor opwaarderen van biogas tot aardgas gebruikt. Dit zijn nog steeds CH₄/CO₂ mengsels en zijn dus technologisch grotendeels gelijk. Logische vervolgstap is deze kennis toe te passen voor CO₂ verwijdering uit rookgassen.

Er is de laatste jaren veel onderzoek gedaan naar Carbon Capture and Storage (CCS). Hierbij moet CO₂ verwijderd worden uit rookgas. De gassenstelling is anders dan bij klassieke petrochemische toepassingen en praktijktesten geven aan dat hierdoor andere problemen te verwachten zijn. De schaalgrootte van de CCS projecten is veel groter dan geschikt voor tuinbouw toepassingen. Ook de eisen die gesteld worden aan de CO₂ zijn compleet anders. Ondanks het vele onderzoek wat gedaan is naar CCS toepassingen zijn hier niet veel succesvol afgeronde projecten te vinden. Belangrijkste reden lijken de lage kosten voor "carbon credits".

De gas samenstelling van rookgassen uit een houtgestookte centrale zijn totaal anders dan die bij CCS projecten. Daarom konden niet alle resultaten van onderzoek naar CSS toepassingen 1-op-1 kunnen worden toegepast voor dit project. De lacune in kennis over deze toepassing was de belangrijkste reden voor uitvoeren van dit project.

2.3 Onderzoeksvragen

Door het ontbreken van kennis over toepassen van een amine wasser om CO₂ uit rookgassen was het noodzakelijk een pilot c.q. demo opstelling te realiseren. Belangrijke onderzoeksvragen waar antwoord op moet komen zijn:

- Is CO₂ op een betrouwbare en economisch verantwoorde manier te produceren uit rookgassen van een hout-WKK
- bepalen hoeveelheid storingen over langere tijd
- mate van schuimvorming en andere mogelijke proces verstoringen
- hoeveelheid tijd nodig voor onderhoud / bediening
- inzicht in (proces)technische werking om (maximale CO₂ belading in amines, degradatie van amines, specifiek warmte verbruik e.d.)
- inzicht in de operationele kosten voor produceren van CO₂ met een amine wasser.
- Inzicht in de zuiverheid van geproduceerde CO₂ uit de stripper.
- Is de technologie te exporteren naar andere landen

2.4 Revisie beheer

- 0.1 Concept ter interne beoordeling
- 1.0 Definitieve versie

3 Materialen en methoden

Het project was niet een klassiek onderzoek maar had vooral tot doel een werkende demonstratie installatie af te leveren. De installatie bij Vink Sion moet dienen als "proof of concept" en om aan de tuinbouw markt aan te tonen dat duurzame CO₂ op een economische en betrouwbare wijze geleverd kan worden volgens specificaties die gelden voor deze toepassing.

3.1 Algemeen overzicht

Vink Sion (Beetgum) is een tuinder die een houtgestookte elektrische centrale bedrijft. Hierbij worden houtsnippers omgezet in elektriciteit en warmte. De elektriciteit wordt als groene stroom verkocht en de warmte wordt gebruikt voor verwarmen van de kassen. Vink-Sion kweekt paprika's en gebruikt CO₂ dosering om de kweek te bevorderen. Op dit moment wordt vloeibare CO₂ hiervoor gebruikt.

Bij Vink-Sion stond een niet werkende CO₂ afvanginstallatie. CATO Engineering heeft deze installatie compleet aangepast en opnieuw in bedrijf genomen. Volgende stap zal zijn de capaciteit te verhogen door verdere proces optimalisatie en mechanische aanpassingen.

3.2 Gebruikte methode

Als eerste is er een PFD gemaakt, hierna een massa- en energiebalans en tenslotte een uitgebreide P&ID. Zie voor oorspronkelijke P&ID bijlage "*P14-109 Imtech-Host 1646PID01_originele situatie.pdf*" en de "as built" P&ID bijlage "*P14-109-01 P&ID CO2 verwijdering.pdf*".

Belangrijkste resultaten van de massa- energie balans zijn de specificaties (debiet, temperaturen, drukken e.d.) van de hoofdcomponenten. De massa- en energiebalans zijn o.a. vastgelegd in een Excel sheet. De hoofdcomponenten bestaan uit:

- DC-101 Direct contact koeler (diameter / packing hoogte / vloeistof verdeler)
- AB-201 Absorber (diameter / packing hoogte / vloeistof verdeler)
- ST-401 Stripper (diameter / packing hoogte / vloeistof verdeler)
- HX-201 Lean koeler (warmte wisselaar)
- HX-401 Lean/Rich warmte wisselaar
- HX-431 Reboiler
- P-403 Reboiler pomp
- P-201 en P-401 Amine recirculatie pompen
- P-621, P101 en P611 Koelwater recirculatie pompen
- HX-601 Koeltoren
- Besturing en instrumentatie

Al de hoofdcomponenten zijn volgens "de regels der techniek" beoordeeld op juiste functie na de ombouw. Hieruit kwam naar voren dat er diverse aanpassingen noodzakelijk waren.

Ook is er een "Instrumentatielijst", "Equipmentlijst" en "Appendagelijst" opgesteld. Gedeeltelijk is de bestaande documentatie zoals die afgeleverd was door Imtech-Host gedigitaliseerd.

3.3 Gebruikte materialen

CATO Engineering heeft de aanpassingen uitgevoerd op basis van haar eigen proces berekeningen. De basis van deze berekening is in openbare literatuur beschikbare informatie met hierin verwerkt de specifieke ervaring opgedaan over de afgelopen jaren.

De gegevens uit de massa- en energiebalans zijn gebruikt voor specificeren van de nieuw aan te schaffen componenten. Belangrijkste componenten die nieuw aangeschaft zijn omdat ze niet voldeden aan de nieuwe eisen of niet aanwezig waren zijn:

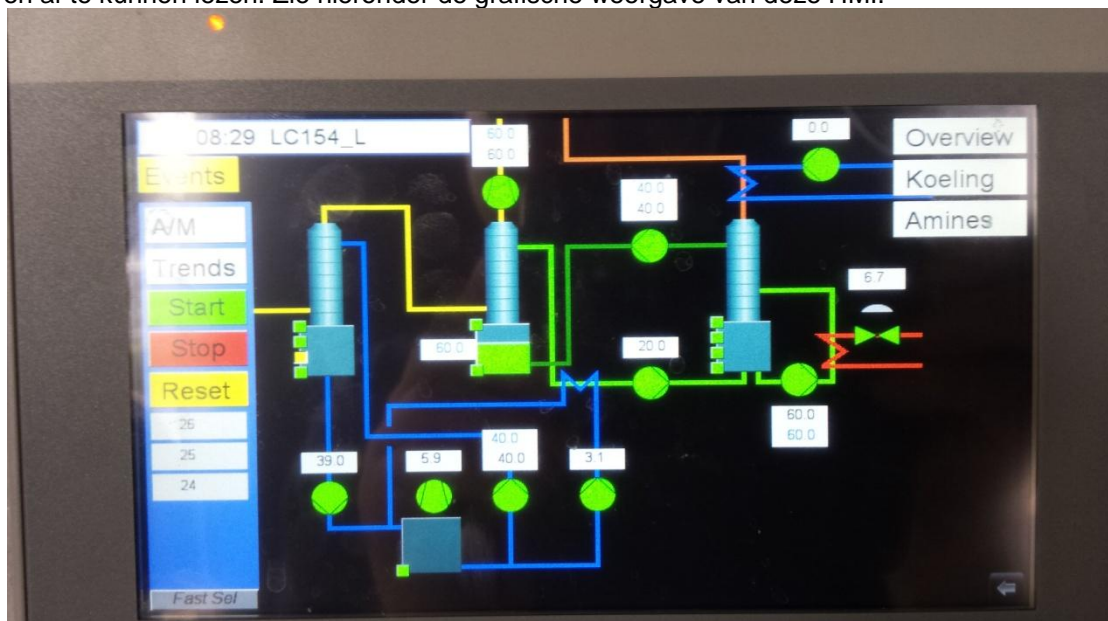
- HX-431 Reboiler (niet aanwezig)
- P403 Reboiler pomp (niet aanwezig)
- SV-402 Condensaat opvangvat (niet aanwezig)
- P405 condensaat pomp reboiler (niet aanwezig)
- P621 Recirculatie pomp koelwater (vervangen ivm niet mogelijkheid tot frequentie regelen)
- SC-401 Natwasser (niet aanwezig)
- P406 Condensaat pomp (niet aanwezig)
- SV-403 Actief kool vat (aanwezig, gevuld met nieuwe korrels)
- F405 blower (niet aanwezig)
- Diverse instrumentatie (allen niet aanwezig) om installatie beter te kunnen monitoren en/of aansturen.
- Diverse frequentie regelaars (allen niet aanwezig) om installatie beter aan te kunnen sturen.
- Leidingwerk tussen direct contact koeler DC-101 en koeltoren HX-601.

Zie voor verwijzing van de TAG-nummers de bijlage "P14-109-01 P&ID CO2 verwijdering.pdf".

3.4 Analyse methode

Onderdeel van het project was plaatsen van diverse sensoren. Deze waren samen met de diverse frequentie regelaars nodig voor een betere proces besturing.

Ook is er een HMI (zie foto hieronder) geplaatst om direct proces waarden in te kunnen geven en af te kunnen lezen. Zie hieronder de grafische weergave van deze HMI.



Door de installatie uit te voeren met bovenstaande HMI en meerdere additionele sensoren is er ook inzicht in de proces waarden.

4 Resultaten

Gedurende het project bleken toch meer aanpassingen nodig dan in eerste instantie ingeschat. Er waren een aantal tegenvallers, daarnaast is in aantal gevallen gekozen voor een "luxere" oplossing om meer sturing of inzicht in proces te hebben. Ook zijn er aanpassingen gedaan om de "betrouwbaarheid" te verhogen. Ten opzichte van de begroting zijn de belangrijkste aanpassingen/uitbreidingen:

- P621 recirculatie pomp koelwater. De oude bleek niet frequentie aangestuurd te kunnen worden
- LICA 221 niveau sensor. De oude sensoren bleken onder de proces condities niet te werken
- HX-431 reboiler. Door foutieve aanname over stoomdruk/temperatuur bleek in eerste instantie bestelde reboiler niet geschikt.
- LA ---: uitgebreid met diverse hoog/laag alarmen
- Profibus DP: gedurende inbedrijfstelling veel storingen met dit bus systeem. Uiteindelijke is de besturingskast omgebouwd naar een conventionele 4-20 mA aansturing
- P-405 condensaat pomp (en SV-402): tijdens inbedrijfstelling bleek de stoomdruk te gering om condensaat terug te pompen naar de ontgasser.
- SC-401 natwasser: tijdens inbedrijfstelling bleek de CO2 nog sporen van amines te bevatten. Amines hebben een sterke geur. Daarom is gekozen voor een wasser om de amines die met de CO2 uit de stripper komen grotendeels te verwijderen.
- SV-403 actief kool vat: om extra veiligheid te creëren is een actief kool vat geplaatst die de laatste mogelijke verontreinigingen uit de CO2 verwijderd.
- F405 blower: om de door weerstand van leidingwerk te overbruggen.
- HCV 431 hand bediende klep: na inbedrijfstelling bleek dat zeer waarschijnlijk aanzienlijk meer CO2 geproduceerd kan worden. Doordat er niet meer stoom direct geïnjecteerd word in de stripper wordt minder stoom verbruikt. Deze surplus willen we nu aan de reboiler doseren door een handbediende klep parallel aan de stoomklep CV-431.

De tegenslagen hebben zowel financieel consequenties gehad maar vooral ook vertragingen opgeleverd. Het project heeft helaas voor alle partijen tot een aanzienlijke project overschrijding geleid.

Tijdens de inbedrijfstelling (IBS) zijn de ontwerp uitgangspunten vergeleken met de werkelijke proces condities. Hieruit bleek dat de aannames gedaan tijdens het ontwerp corresponderen met de proces condities. De installatie produceert (voor plaatsen van hand bediende by-pass) ongeveer 200 kg/h CO2. Dit is in lijn met de doelstelling. We verwachten deze capaciteit in komende maanden door verdere aanpassingen te verhogen tot 300-400 kg/h.

Belangrijk is om deze proces condities over langere periode te monitoren om te zien of afwijkingen ontstaan. Dit kan bijvoorbeeld als gevolg van degradatie door zuurstof die aanwezig is in de rookgassen, door thermische degradatie tijdens regeneratie of vervuiling door stofdeeltjes.

Tijdens inbedrijfstelling waren er diverse storingen die met de vloeistof niveaus te maken hadden. Na aanpassing van de regeling, setpoints, werkelijke vloeistof niveaus en aanpassen schakelpunten hoog/laag alarmen was dit opgelost.

In eerste instantie was de installatie niet voorzien van een condensaat pomp voor de reboiler. Hierdoor duurde het erg lang voordat de installatie op temperatuur was. Na plaatsen van de perslucht aangedreven pomp was dit fenomeen verdwenen.

Er waren problemen verwacht met de amine recirculatie pomp P401 door cavitatie. Omdat de amines in de sump van de stripper tegen kookpunt aan zitten is de uitvoering van leidingwerk naar de pomp kritisch. Dit was en is in de huidige situatie nog steeds niet op de meest gewenste manier uitgevoerd. Gelukkig bleek tijdens de inbedrijfstelling de pomp te voldoen. Een belangrijke reden waarom beiden geen problemen opleverden is het verhogen van het vloeistof niveau in de stripper. Hierdoor ontstaat meer voordruk op de pomp.

Ook werden er problemen verwacht met de lean/rich warmte wisselaar. Verwacht werd dat CO2 al gedeeltelijk vrij zou komen in de L/R warmte wisselaar en dat hierdoor hoge leidingsnelheden in leidingwerk tussen L/R en stripper zouden ontstaan. Gelukkig bleek tijdens de IBS de warmte wisselaar te voldoen. Het is mogelijk dat de pomp en de warmte wisselaar verhogen van de CO2 productie alsnog problemen op gaan leveren.

Na de inbedrijfstelling blijkt dat de installatie eenvoudig te starten is. Eenmalig instellen van de proceswaarden is voldoende, waarna de besturing deze binnen een nauwe bandbreedte controleert.

5 Discussie

Door succesvol afronden van dit project is aangetoond dat CO₂ te produceren is uit rookgassen en deze direct toe te passen in kassen. Dit bleek uit een meting van de CO₂ kwaliteit tijdens productie. Door SGS (gecertificeerd meet bedrijf) zijn de emissie/verontreinigingen in de CO₂ gemeten en bleek dat de CO₂ niet alleen van "food grade" kwaliteit was maar ook dat veel stoffen onder de detectie grens zaten. Er wordt een >99,9% zuiverheid CO₂ geproduceerd. De hoeveelheid geproduceerde CO₂ is in lijn met uitgangspunten. Gedurende de komende maanden wordt een verdere vergroting van de capaciteit verwacht.

Het aanpassen van een bestaande installatie binnen een strak budget is niet eenvoudig gebleken. Doordat niet alle informatie vooraf (en digitaal) beschikbaar was moesten extra project kosten gemaakt worden. Omdat CATO niet de oorspronkelijke leverancier was waren van veel mechanische componenten niet de juiste specificaties aanwezig. Dit heeft tot extra werk en foute berekening van de reboiler geleid.

Vooraf de problemen met ProfibusDP waren niet verwacht en hebben een grote vertraging opgeleverd. Door personele bezetting binnen Powerspex was het niet mogelijk in één ruk de inbedrijfstelling uit te voeren.

Door uitvoeren van dit project heeft CATO inzicht gekregen in de werkelijk te bereiken (proces)technische werking om toekomstige installatie optimaal te kunnen ontwerpen. Vink Sion heeft inzicht gekregen in de operationele kosten voor produceren van CO₂ met een amine wasser. Deze kennis zal komende jaren verder uitgebreid worden.

De CO₂ komende uit de installatie zal voor langere tijd gedoseerd worden aan een klein gedeelte van de kassen (test kas). Hiermee is niet alleen inzicht te verkrijgen over de micro verontreinigingen maar ook over de meeropbrengsten bij verhoogde CO₂ concentratie. Als verwachte capaciteit na optimalisatie bereikt gaat worden zal er een permanente leiding aangelegd worden naar de gehele kassen.

Gedurende het project is CATO meerdere keren door tuinders en kassenbouwers benaderd om de huidige status te bespreken. Ook heeft CATO het genoegen gehad een presentatie te mogen geven aan diverse tuinders. Deze presentatie is gegeven bij ARN Weurt op uitnodiging van EnergyMatters.

Recentelijk heeft CATO met Energy4Growth een exclusiviteitsovereenkomst getekend voor de UK markt. Duidelijk is dat er grote interesse is vanuit de markt voor deze oplossing. Dit blijkt ook uit de meerdere aanvragen die CATO ontvangen heeft. Enige terughoudendheid blijft echter noodzakelijk. De rookgas samenstelling zal per project verschillen, waardoor projectrisico's blijven bestaan. Door van te voren literatuur onderzoek te doen, testen uit te voeren en gezond verstand moeten deze risico's geminimaliseerd worden.

Graag wil CATO de opgedane kennis ook in de toekomst blijven presenteren tijdens symposia of artikelen in vakbladen. CATO ziet voor de ontwikkelde technologie een mooie nichemarkt en verwacht zeker in de toekomst meerdere van dit soort installatie te gaan leveren.

Er blijven ook nog een aantal vragen (meest belangrijke de levensduur van de amines en werkelijke onderhoudskosten) openstaan die in komende jaren beantwoord moeten worden. Deze zijn alleen te beantwoorden nadat de installatie enige jaren heeft gedraaid.

6 Conclusie

Door uitvoeren van dit project heeft CATO Engineering inzicht gekregen in de werkelijk te bereiken (proces)technische werking om toekomstige installatie optimaal te kunnen ontwerpen. Er is detail inzicht in verkregen in de (proces)technische werking (maximale CO₂ belading in amines, degradatie van amines, specifiek warmte verbruik e.d.) en deze zijn in lijn met de in uitgangspunten.

Tijdens een meet sessie is gemeten dat de CO₂ van de gewenste "food grade" kwaliteit is. Geplande vervolgstap is meten effect van de geproduceerde CO₂ onder geconditioneerde omstandigheden bij bijvoorbeeld de WUR.

Doordat de uitgangspunten bevestigd zijn blijkt de eerder aangenomen operationele kostprijs van e. 20-25,-/ton voor CO₂ te kloppen. Hieruit kan ook worden geconcludeerd dat deze techniek op een economische wijze CO₂ kan produceren voor lokaal gebruik.

Gedurende het project is veel onmisbare informatie verzameld. Het bleek nog niet zo eenvoudig een oude installatie die langere tijd stil heeft gestaan weer in bedrijf te nemen. Zeker niet binnen het gestelde budget. Het is erg lastig is om een bestaande niet optimaal functionerende installatie een goed werkende installatie te maken.

Uit de meer dan verwachte interesse uit het buitenland kan worden geconcludeerd dat de ontwikkelde techniek te exporteren is.

De effecten op langere termijn van verontreinigingen in de rookgassen op de levensduur van de amines moet nog worden bepaald. Toekomstig onderzoek zal zich waarschijnlijk richten op de voor bendeling van de rookgassen om de levensduur van de amines te verlengen. Dit geldt ook voor de werkelijke onderhoudskosten over een langere periode en bepaling van de betrouwbaarheid.