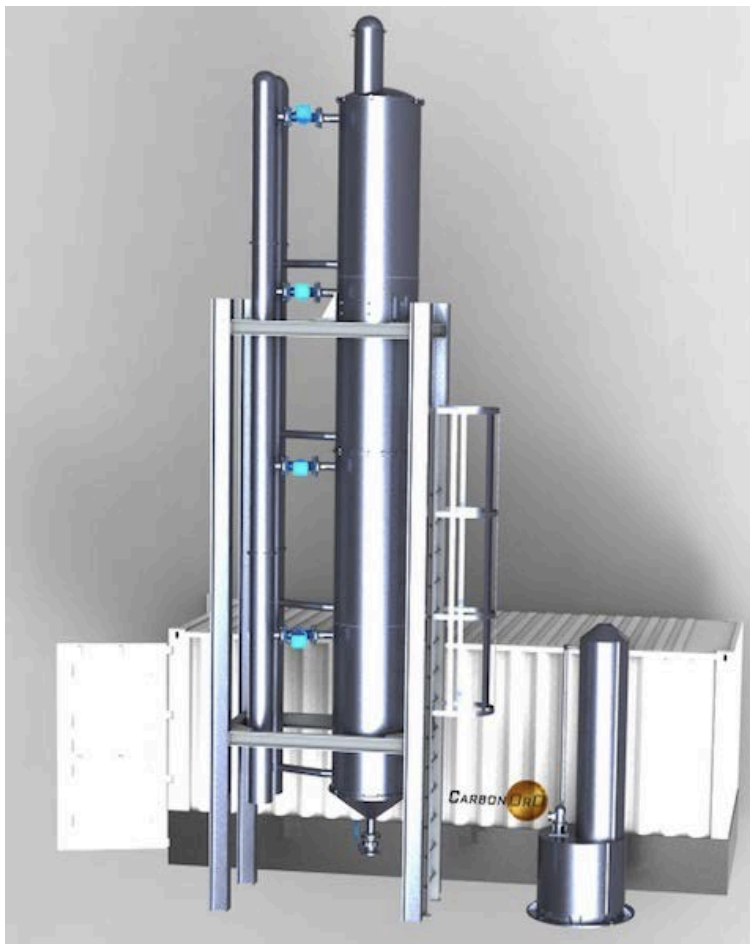


Openbaar eindrapport

Carbon Cycle Container (C3)



2 januari 2019

Een CCUS haalbaarheidsstudie voor de Topsector Energie van:

CarbonOrO B.V.
Eversweg 1
6523 LT Nijmegen

CATO Engineering B.V.
Leemansweg 31 G
6827 BX Arnhem

Hofstetter B.V.
Boeingavenue 8 office 504
1119 PB Schiphol-Rijk

Confidentiality clause

This document is confidential. The material in this project plan is for use by the committee of the "Regeling nationale EZ-subsidies", the Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) and its employees only and is provided solely for the purpose of information in relation to the application for the subsidy application. Neither the whole nor any part of this document may be disclosed to any third party without the prior written consent of CarbonOrO B.V. The copyright of this document is vested in CarbonOrO B.V., 2019.

Inhoudsopgave

| | |
|---|----------|
| 1. Project gegevens | 3 |
| 2. Inhoudelijk eindrapport | 4 |
| 2.1 Samenvatting..... | 4 |
| 2.2 Doelstellingen | 4 |
| 2.3 Resultaten | 5 |
| 2.4 Spin off | 6 |

1. Project gegevens

Projectnummer: TCCU117004

Projecttitel: Carbon Cycle Container (C3)

Consortium: CarbonOrO B.V. (penvoerder)
CATO Engineering B.V. (deelnemer)
Hofstetter B.V. (deelnemer)

Projectperiode: 1 november 2017 t/m 31 oktober 2018

Contactgegevens: CarbonOrO B.V.
(de heer) P.M.J. Verberne
Eversweg 1
6523 LT Nijmegen
06 2907 4823
pieter@carbonoro.com

Op verzoek is een kopie van dit rapport verkrijgbaar via de bovenstaande contactgegevens.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

2. Inhoudelijk eindrapport

2.1 Samenvatting

Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS) kan een substantiële bijdrage leveren aan de CO₂-reductie in Nederland. In het laatste regeerakkoord heeft CCUS daarom een prominente rol. De lopende onderhandelingen aan de zogenaamde 'klimaattafels' zullen bepalen in hoeverre de Nederlandse ambities ook realiteit zullen worden.

Met name voor de ontwikkeling van CCU-toepassingen is de beschikbaarheid van CO₂, lokaal en tegen lage kosten, essentieel. CO₂ wordt gebruikt in de glastuinbouw, in de voedingsmiddelenindustrie en voor de productie van bouwmaterialen. In de nabije toekomst kan CO₂ ook als grondstof dienen voor de chemie of voor de productie van 'groene' brandstoffen.

CarbonOrO heeft een innovatief proces ontwikkeld voor de verwijdering van CO₂ uit (rook-)gassen, waarbij beschikbare restwarmte wordt benut. De operationele kosten van een CO₂-afvang installatie kunnen daarmee tot 50% dalen. CarbonOrO heeft de werkzaamheid van het proces en de CO₂-kwaliteit aangetoond in de praktijk.

Met steun van RVO ontwikkelde CarbonOrO een eerste CO₂-afvang installatie ontwikkeld die in principe past in een container. Het project Carbon Cycle Container bouwt hierop voort en had tot doel om vooral op de aanschafkosten van een dergelijke container te besparen. De belangrijkste aandachtspunten hierbij waren:

- het ontwerpen voor (toekomstige) seriematige fabricage, waarbij zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van (goedkope) standaard componenten;
- het gebruik van kunststof, mogelijk door de lage temperatuur van het CarbonOrO proces.

Het project Carbon Cycle Container is uitgevoerd door drie projectpartners: CarbonOrO (penvoerder en ontwerper van het CO₂-afvang proces), CATO Engineering (ingenieursbureau met ervaring in CO₂-afvang) en Hofstetter (specialist in seriematige productie van containers voor gasbehandeling).

Het eindresultaat is een gestandaardiseerde CO₂-afvang container die tegen relatief lage kosten te produceren en gemakkelijk te plaatsen is. Ten opzichte van het oorspronkelijke ontwerp zijn de kosten met ruwweg 30% gereduceerd, door een beter ontwerp én door de inpassing van kunststof componenten. Dit laatste bleek inderdaad mogelijk voor bijvoorbeeld leidingen. CarbonOrO zoekt nu, met een Nederlandse kunststoffabrikant, naar de juiste mogelijkheden om ook grotere installatiedelen (RVS-vaten) uit kunststof te vervaardigen.

CarbonOrO is, met projectpartner Hofstetter, inmiddels gestart met fase 1 van een project in Schotland waar de nieuw ontworpen container zal worden gebruikt.

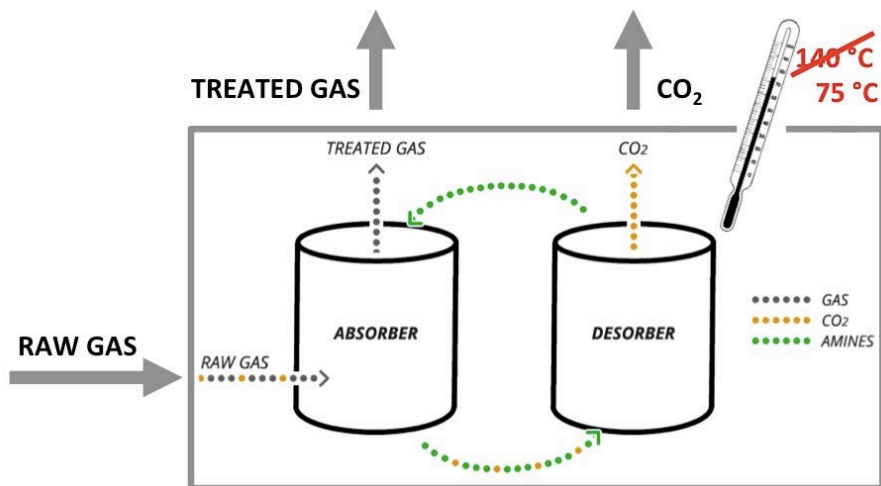
2.2 Doelstellingen

CarbonOrO heeft een innovatief proces ontwikkeld voor de verwijdering van CO₂ uit gassen op basis van amines. Amines zijn moleculen die CO₂ kunnen binden en door verhitting weer CO₂ afstaan. De werking van het CarbonOrO proces kan het beste worden uitgelegd aan de hand van figuur 1 waarin schematisch een amine-installatie is weergegeven.

In de installatie wordt een amineoplossing rondgepompt tussen een zgn. 'absorber' en een 'desorber'. In de absorber wordt het te reinigen gas ('raw gas') langs de amineoplossing geleid.

Uit de absorber komt een aminestroom met daarin CO₂ ('rich'). Deze 'rich' aminestroom gaat daarna naar de desorber.

De desorber wordt verhit om de binding tussen amines en CO₂ te verbreken. CO₂ ontwijkt als gas uit de desorber en de aminestroom zonder CO₂ ('lean') wordt weer terug gevoerd naar de absorber.



Figuur 1. Schematische weergave van een amine-installatie om CO₂ uit gas te verwijderen. De amine oplossing bindt CO₂ uit 'raw gas' in de 'absorber'. Door verhitting komt de CO₂ weer vrij in de 'desorber'.

Uniek aan het CarbonOrO proces is de lage bedrijfstemperatuur van de desorber. Bij traditionele amine-oplossingen (MEA/MDEA) wordt de desorber verhit tot 130-140 °C (afhankelijk van de gebruikte amines) om de binding tussen amines en CO₂ te verbreken.

CarbonOrO maakt gebruik van een speciale amine-oplossing. Deze maakt het mogelijk de desorber temperatuur te verlagen tot ca. 75 °C. Bij deze lage temperatuur is het mogelijk om lokaal beschikbare restwarmte (warm water, afgewerkte stoom) te benutten voor het proces. Dit reduceert de operationele kosten (OPEX) van de CarbonOrO significant ten opzichte van een gangbare amine-installatie.

CarbonOrO heeft bovenstaand proces met succes beproefd in enkele pilot projecten. Bij verdere commercialisering bleek dat klanten vooral ook op zoek zijn naar lage investeringskosten (CAPEX). Dat is de achtergrond van dit project.

2.3 Resultaten

Met betrekking tot het ontwerp is de beoogde doelstelling gerealiseerd. Voortbouwend op een eerste procesontwerp en engineering van CATO Engineering is het met name de engineering afdeling van Hofstetter geweest die het ontwerp heeft vereenvoudigd en geschikt gemaakt voor seriematige productie.

De ervaring van Hofstetter speelde een belangrijke rol bij de keuze voor (en het ontwerp van) eenvoudiger installatiedelen en de keuze voor goedkopere, gestandaardiseerde componenten. De relaties van Hofstetter met een veelheid aan nationale en internationale leveranciers was hierbij van belang. Qua ontwerp zitten de belangrijkste verbeteringen bij de desorber. CarbonOrO had eerder (met CATO Engineering) een desorber ontwikkeld bestaande uit vier geschakelde en geroerde vaten. Optimalisatie van warmte-uitwisseling en verblijftijd waren de belangrijkste argumenten om tot dit ontwerp te komen.

In dit project is de desorber teruggebracht tot een enkelvoudig geroerd vat. Hofstetter heeft dit vanuit de eigen ervaring, met steun van een voormalig aan de TU Eindhoven verbonden reactor ontwerper, ontwikkeld. Dit nieuwe ontwerp voldoet even goed. De juiste hoogte-/diameterverhoudingen, gekoppeld aan realtime te controleren debiet, roersnelheid en temperatuur, garanderen vergelijkbare prestaties als van het oorspronkelijke ontwerp tegen 30% van de oorspronkelijke desorber kosten.

Daarnaast is veel aandacht besteed aan de zogenaamde reclamer. Ook deze is aanzienlijk vereenvoudigd door een complexe wasinstallatie met RO-unit te vervangen door een eenvoudige wasser met zwavelzuur. Nadeel is dat hierbij een reststroom van zwavelproducten ontstaat (af te voeren als chemisch afval), maar de eenvoud en de kosten van deze oplossing compenseren ruimschoots voor het oorspronkelijke ontwerp dat complex en gevoelig was.

Het tweede belangrijke doel was om de mogelijkheid van plastic componenten te onderzoeken. PVC en GRP bleken beide bruikbaar. Met name PVC verkleurt maar er is verder geen waarneembaar effect op materiaaleigenschappen of op de werking van het CarbonOrO proces.

Vanwege de sterkte en de thermische eigenschappen is de keuze gevallen op GRP. GRP is niet alleen bruikbaar voor kleinere installatiedelen (leidingwerk) waar ook voor de grotere componenten (vaten). CarbonOrO is inmiddels in gesprek met een fabrikant van kunststoffen voor toekomstige productie.

2.4 Spin off

De resultaten zoals oorspronkelijk beoogd met het project Carbon Cycle Container zijn behaald. De geschatte CAPEX besparing ten opzichte van het ingaande ontwerp wordt geschat op 30%. Dit is exclusief de nog mogelijke besparingen uit het gebruik van kunststof in de grote installatiedelen (absorber/desorber).

Mede op basis van deze resultaten heeft CarbonOrO inmiddels een eerste klant gevonden waar de 'nieuwe' container geplaatst gaat worden. Planning is om dit project in het najaar van 2019 af te ronden.