



Effect van gebruik van tijdelijk opgeslagen CO₂ uit gereinigde scheepvaart rookgassen op de groei van jonge tomatenplanten

Experimenteel onderzoek in het kader van "Afvangst en tijdelijk opslaan van CO₂ uit scheepvaart rookgassen"

Janneke Grit, Jaco den Bakker

Rapport WPR-1314

Referaat

Nieuwe technologieën maken het mogelijk CO₂ af te vangen uit gereinigde rookgassen van de scheepvaart en tijdelijk op te slaan in een CO₂ batterij. Hiermee kan de uitgestoten CO₂ uit de scheepvaart opnieuw benut worden. De vraag bij het gebruik van scheepvaart CO₂ en een CO₂ batterij is of de kwaliteit van deze bron van CO₂ en deze nieuwe technologie voldoende is voor gebruik in de tuinbouw. Voor het testen van de fytoxiciteit van CO₂ uit de gereinigde rookgassen van de scheepvaart opgeslagen in de CO₂ batterij van Value Maritime werden jonge tomatenplanten geteeld in begassingskasjes voor ongeveer 2 weken, waarbij één kasje CO₂ kreeg uit de CO₂ batterij en één kasje CO₂ uit gasfles met pure CO₂. Tijdens de proef werden de planten twee keer per week visueel beoordeeld op schade en aan het einde van de proef werden de belangrijkste groeiparameters gemeten. Tijdens de proef werd er geen visuele schade gevonden door gebruik van gereinigde scheepvaart CO₂ opgeslagen in een CO₂ batterij. Daarnaast werden er ook geen verschillen in groei waargenomen tussen beide behandelingen. Uit de proef blijkt dat bij jonge tomatenplanten geen negatieve effecten te verwachten zijn bij gebruik van gereinigde scheepvaart CO₂ opgeslagen in een CO₂ batterij gedurende ongeveer twee weken.

Abstract

New technologies enable the capture of CO₂ from purified exhaust gases of shipping vessels, allowing for its temporary storage in a CO₂ battery. This presents an opportunity to recycle emitted CO₂ from shipping. The question arises, however, regarding the suitability of this CO₂ source and the new technology for use in horticulture. To test the phytotoxicity of CO₂ from purified exhaust gases of shipping vessels stored in the CO₂ battery, young tomato plants were cultivated in fumigation mini greenhouses for approximately two weeks. One greenhouse received CO₂ from the CO₂ battery of Value Maritime, while the other received CO₂ from a gas cylinder containing pure CO₂. Throughout the experiment, plants were visually assessed for damage twice a week, and at the end, key growth parameters were measured. No visual damage was observed during the experiment from the use of purified shipping vessel CO₂ stored in a CO₂ battery. Additionally, no differences in growth were observed between the two treatments. The experiment indicates that no negative effects are expected in young tomato plants when using purified shipping vessel CO₂ stored in a CO₂ battery for approximately two weeks.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1314

Projectnummer: 3742358800

DOI: [https://doi.org/ 10.18174/657855](https://doi.org/10.18174/657855)

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van het Ministerie van Landbouw, Natuur, en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het onderzoeksprogramma Kas als Energiebron.

Disclaimer

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

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

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 - 48 56 06

F +31 (0)10 - 522 51 93

glastuinbouw@wur.nl

wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Materiaal en methoden	8
2.1 Teelt en behandelingen	8
2.2 Klimaatmetingen	9
2.3 Plantmetingen	9
3 Resultaten	10
3.1 Klimaat	10
3.2 Visuele beoordeling	11
3.3 Destructieve eindogst	13
4 Conclusies en aanbevelingen	14
Literatuur	15
Bijlage 1 Gasanalyse Value Maritime	16

Samenvatting

Nieuwe technologieën maken het mogelijk CO₂ af te vangen uit gereinigde rookgassen van de scheepvaart en tijdelijk op te slaan in een CO₂ batterij. Hiermee kan de uitgestoten CO₂ uit de scheepvaart opnieuw benut worden. De vraag bij het gebruik van scheepvaart CO₂ en een CO₂ batterij is of de kwaliteit van deze bron van CO₂ en deze nieuwe technologie voldoende is voor gebruik in de tuinbouw.

Voor het testen van de fytoxiciteit van CO₂ uit de gereinigde rookgassen van de scheepvaart opgeslagen in de CO₂ batterij van Value Maritime werden jonge tomatenplanten geteeld in begassingskasjes voor ongeveer 2 weken, waarbij één kasje CO₂ kreeg uit de CO₂ batterij en één kasje CO₂ uit gasfles met pure CO₂. Tijdens de proef werden de planten twee keer per week visueel beoordeeld op schade en aan het einde van de proef werden de belangrijkste groeiparameters gemeten. Tijdens de proef werd er geen visuele schade gevonden door gebruik van gereinigde scheepvaart CO₂ opgeslagen in een CO₂ batterij. Daarnaast werden er ook geen verschillen in groei waargenomen tussen beide behandelingen.

Uit de proef blijkt dat bij jonge tomatenplanten geen negatieve effecten te verwachten zijn bij gebruik van gereinigde scheepvaart CO₂ opgeslagen in een CO₂ batterij gedurende ongeveer twee weken.

1 Inleiding

De Nederlandse glastuinbouw heeft de ambitie om een klimaatneutrale sector te worden. Fossiele brandstoffen worden daarbij vervangen door duurzame energiebronnen. Met deze transitie zal de productie van CO₂ op het eigen bedrijf afnemen. Bovendien wordt door de energietransitie de energie- en CO₂-vraag ontkoppeld. Echter blijft CO₂ essentieel voor de plantengroei. Om die reden wordt al decennialang CO₂ gedoseerd ter verhoging van de productie en/of betere kwaliteit. Op veel bedrijven wordt momenteel CO₂ gedoseerd uit (gereinigde) rookgassen van ketels en installaties voor warmte krachtkoppeling (WKK).

Nieuwe technologieën maken het mogelijk om CO₂ af te vangen en tijdelijk op te slaan in een zogeheten CO₂ batterij. Op deze manier is het mogelijk CO₂ elders af te vangen uit rookgassen zoals van de scheepvaart en tijdelijk op te slaan. De opgeslagen CO₂ kan dan getransporteerd worden naar het teeltbedrijf om daar vervolgens gedoseerd te worden. De rookgassen afkomstig uit de scheepvaart worden eerst gereinigd. Uit de gereinigde rookgassen wordt CO₂ af gevangen met behulp van een oplossing met amines en opgeslagen in een zogeheten CO₂ batterij. Op het moment van CO₂ dosering wordt door verhitting de CO₂ vrijgemaakt uit de CO₂ batterij. Deze nieuwe technologie klinkt zeer interessant voor de glastuinbouw, maar brengt wel de vraag met zich mee hoe het zit met de kwaliteit en veiligheid van de scheepvaart CO₂ na opslag in de CO₂ batterij.

Schade door rookgassen is in het verleden al veelvuldig onderzocht (o.a. Van Dijk *et al.*, 2003, Dueck *et al.*, 2008, Van Dijk *et al.*, 2011, Van Dijk *et al.*, 2014). Bij schade door rookgassen maakt men onderscheid tussen twee soorten schade. Acute, meestal zichtbare schade na een korte maar hevige blootstelling en chronische schade als gevolg van langdurige blootstelling aan lage concentraties. De chronische schade leidt vaak tot verminderde groei wat kan resulteren in productieverlies en mindere kwaliteit. Gereinigde rookgassen kunnen naast CO₂ ook toxische componenten bevatten zoals stikstofoxiden en koolwaterstoffen (o.a. benzeen en etheen). Gasanalyse door Value Maritime liet zien dat het om verwaarloosbare concentraties aan contaminanten ging (Bijlage 1), maar alsnog is het de vraag of deze niet nadelig zijn voor de plantengroei. Om de kwaliteit van de scheepvaart CO₂ na opslag in een CO₂ batterij van Value Maritime op planten te testen is een teeltproef uitgevoerd met jonge tomatenplanten in mini begassingskasjes.

2 Materiaal en methoden

2.1 Teelt en behandelingen

Voor het testen van de fytoxiciteit van CO₂ uit de scheepvaart opgeslagen in de CO₂ batterij werden jonge tomatenplanten geteeld in begassingskasjes. Per kasje werden 4 planten ingezet met twee stengels met ca. zes bladeren per stengel.

De planten werden blootgesteld in twee onafhankelijk van elkaar werkende begassingskasjes die stonden opgesteld in een loods van het bedrijf South Valley (Figuur 2.1). De luchtdichte begassingskasjes zijn gemaakt van polycarbonaat (lexaan) in een frame van aluminium profielen. De afmetingen van de netto plantruimte van elk kasje zijn: 160x90x135 cm (1,94 m³). De bodem bestaat uit een bak afgedekt met een geperforeerde plaat, beide van RVS. Met een centrifugaalventilator wordt de snelheid van de circulatielucht op ca. 0,2 m.sec⁻¹ gehouden. Verversingslucht wordt met een hoeveelheid van ca. 800L min⁻¹ aangezogen. Uitgaande lucht wordt rechtstreeks naar de buitenlucht afgevoerd voor middel van afzuigslangen.

De planten werden in de ene behandeling blootgesteld aan CO₂ uit de scheepvaart (afkomstig het schip X-PRESS MULHACEN) die was opgeslagen in de CO₂ batterij en in de andere behandeling aan pure CO₂ uit een gasfles van SOL (referentie). De gewenste concentratie CO₂ van 750 ppm werd toegediend aan de ingaande luchtstroom -voor beide behandelingen dezelfde lucht uit de loods- door middel van digitale thermische massflowregelaars (EL-FLOW Select F-201 CV, Bronkhorst). De CO₂ vanuit de CO₂ batterij werd in een ballon gepompt en daarna aangesloten op het begassingskasje met daartussen een koolfilter. De CO₂ werd alleen toegediend wanneer de belichting aanstond in de kasjes.

Tijdens de proef werd een daglengte van 18 uur aangehouden (4:00-22:00 uur). De intensiteit was 35 µmol/m²/s op plantniveau (90 cm onder de lamp). De temperatuur en luchtvochtigheid konden niet direct gestuurd worden. Deze waren afhankelijk van de omstandigheden in de loods.

Tabel 2.1 *Overzicht gegevens experiment tomaat.*

Gewas	Tomaat
Ras	Tomicia RZ F1 (Rijk Zwaan)
Plantdatum (start experiment)	20 februari 2024
Plantdichtheid	3,3 planten/m ² 6,6 stengels/m ²
Teeltstrategie	Temperatuur en luchtvochtigheid afhankelijk van de klimaatomstandigheden in de loods
Substraat en watergift	Steenwolblokken, watergift via druppelaars
Hoogte van het lampenplafond	135 cm tot bovenkant steenwolblok
Lichtintensiteit	35 µmol/m ² /s op plantniveau (90 cm onder de lamp)
Daglengte	18 uur
Lichtbehandelingen	Witte LEDs
CO ₂ concentratie	Streefwaarde 750 ppm als de lampen aanstaan
Einde experiment	7 maart 2024



Figuur 2.1 Foto van de opstelling van de begassingskasjes in de loods bij aanvang van de proef. Links het kasje dat CO₂ kreeg uit de CO₂ batterij en rechts de referentiebehandeling.

2.2 Klimaatmetingen

Gedurende de teelt werd het klimaat (temperatuur, CO₂ en relatieve luchtvochtigheid) per begassingskasje gemonitord met een temperatuur- en luchtvochtigheidsensor (Vaisala HMP110) en daarnaast met een CO₂ sensor (Vaisala GMP252).

2.3 Plantmetingen

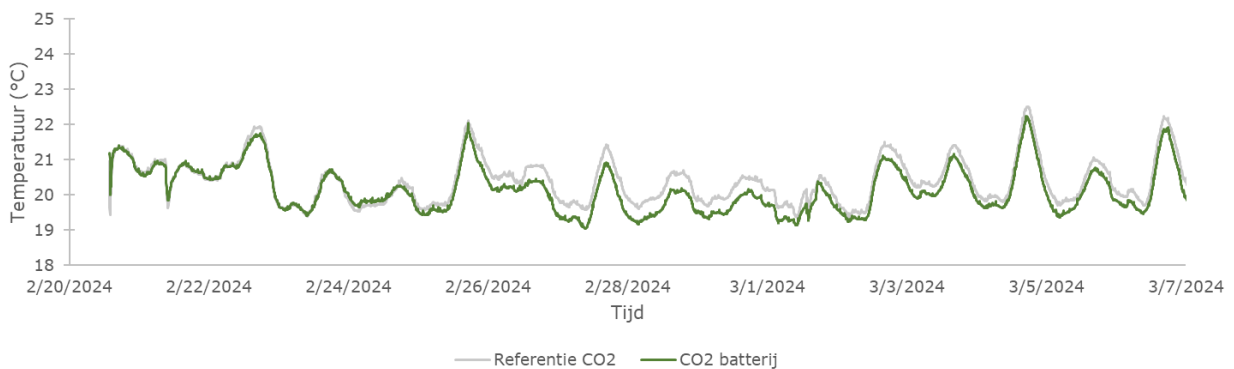
Tijdens de proef werden de planten twee keer per week gecontroleerd op zichtbare symptomen (chlorose, bladbeschadiging, blad/bloem of vrucht abortie, andere bladstand etc.). Na afloop van de proef werden de belangrijkste groeiparameters bepaald (biomassa, lengte en bladoppervlak) per stengel. De stengels werden steeds verdeeld in 2 delen: het onderste deel dat was ontwikkeld tijdens de opkweek en het bovenste deel dat was ontwikkeld tijdens de proef, om effecten van het gebruik van CO₂ uit de CO₂ batterij zo goed mogelijk te kunnen meten. Het bladoppervlakte werd bepaald met een LI-3100 bladoppervlaktemeter. Het drooggewicht werd bepaald na 7 dagen op 80°C in de droogoven.

3 Resultaten

3.1 Klimaat

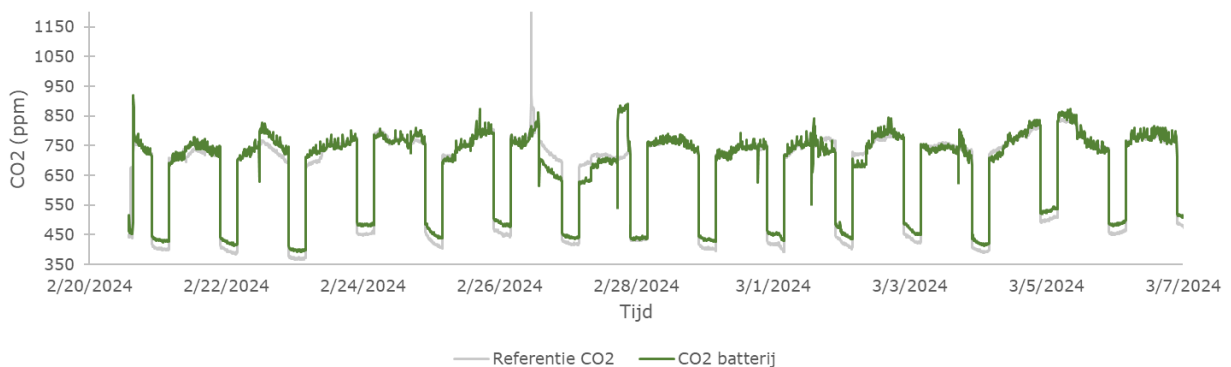
Het gemiddeld gerealiseerde klimaat in het referentiekasje gedurende de proef was een gemiddelde etmaaltemperatuur van 20.4°C met een dag/nacht temperatuur van 20.5°C en 20.1°C respectievelijk (Figuur 3.1). De relatieve luchtvochtigheid was overdag gemiddeld 46.7% en in de nacht 46.0%. De CO₂ concentratie was 750 ppm overdag en 430 ppm in de nacht.

Het gemiddeld gerealiseerde klimaat in het kasje met CO₂ uit de batterij gedurende de proef was een gemiddelde etmaaltemperatuur van 20.1°C met een dag/nacht temperatuur van 20.2°C en 19.9°C respectievelijk. Het temperatuurverloop was vergelijkbaar met het referentiekasje (Figuur 3.1). De relatieve luchtvochtigheid was overdag gemiddeld 47.3% en in de nacht 46.7%. De CO₂ concentratie was 750 ppm overdag en 458 ppm in de nacht.



Figuur 3.1 Temperatuurverloop (5 min.-°C) in het referentiekasje en in het kasje met CO₂ uit de CO₂ batterij.

Het CO₂ concentratieverloop was tijdens de proef aardig gelijk (Figuur 3.2). De pieken, zowel omhoog als naar beneden, worden veroorzaakt door het bijstellen van de CO₂ concentratie. De CO₂ concentratie was voor het kasje met de CO₂ batterij soms tijdelijk even lager door het wisselen van de zak met CO₂.



Figuur 3.2 CO₂ concentratie (5 min.-ppm) in het referentiekasje en in het kasje met CO₂ uit de CO₂ batterij.

3.2 Visuele beoordeling

Gedurende de proef is tweemaal per week visueel waargenomen of er zichtbare symptomen waren door het gebruik van de CO₂ uit de batterij. Gedurende de proef werden er geen zichtbare verschillen waargenomen tussen de twee behandelingen (Figuur 3.3 en 3.4). De planten, in beide kasjes, strekte zich wat meer dan in de praktijk door de beperkte hoeveelheid licht. Er werden geen zichtbare negatieve effecten van de CO₂ uit de CO₂ batterij op de planten waargenomen.



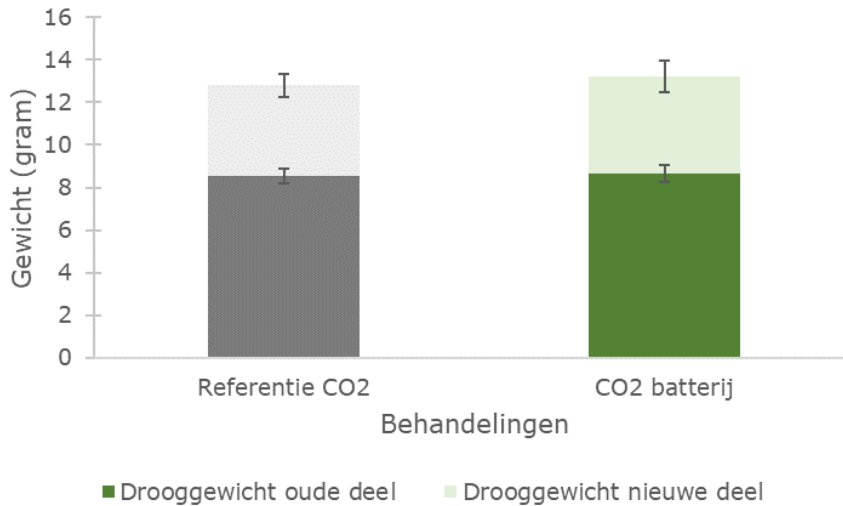
Figuur 3.3 Foto van de opstelling aan het einde van de proef. Links het kasje dat CO₂ kreeg uit de CO₂ batterij en rechts de referentiebehandeling.



Figuur 3.4 Foto van alle planten aan het einde van de proef. De vier linker planten (twee in de foto boven, twee in de foto beneden) komen uit het kasje dat CO₂ kreeg uit de CO₂ batterij en de vier planten rechts de referentiebehandeling.

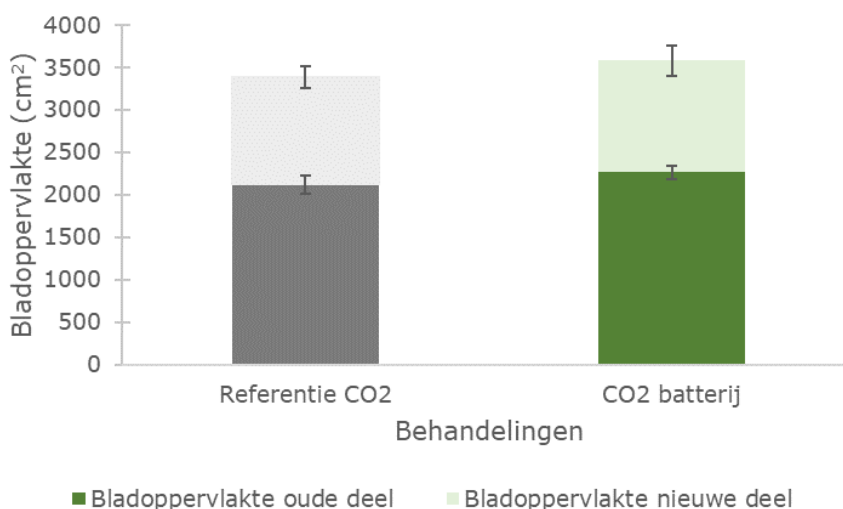
3.3 Destructieve eindogst

Aan het einde van de teelt, na 2 weken en 2 dagen, werden alle planten van beide CO₂-behandelingen destructief geoogst. De jonge tomatenplanten bleken tussen beide behandelingen nauwelijks te verschillen. Het bovengrondse drooggewicht verschilde niet significant tussen de CO₂-behandelingen aan het einde van de teelt (Figuur 3.5). Dit was voor zowel de oude delen, de nieuw aangelegde delen als het totale drooggewicht, respectievelijk 12.8 gram per plant voor het totale drooggewicht bij de referentie CO₂ en 13.2 gram per plant bij de CO₂ batterij.



Figuur 3.5 Effect van de CO₂-behandelingen op de totale bovengrondse biomassa per plant opgesplitst in een nieuw en oud deel (plant drooggewicht, 2 stengels per plant) aan het einde van de teelt (n=4). De verticale lijn geeft de standaardfout van het gemiddelde aan.

Het totale bladoppervlak per plant verschilde ook nauwelijks tussen de verschillende CO₂-behandelingen, respectievelijk 3387 cm² per plant voor de referentie en 3579 cm² voor de CO₂ batterij (Figuur 3.6). Hetzelfde geldt voor de stengellengte, deze was respectievelijk 97 cm voor de referentie en 95 cm voor de behandeling met de CO₂ batterij.



Figuur 3.6 Effect van de CO₂-behandelingen op de totale bladoppervlakte per plant opgesplitst in een nieuw en oud deel (2 stengels per plant) aan het einde van de teelt (n=4). De verticale lijn geeft de standaardfout van het gemiddelde aan.

4 Conclusies en aanbevelingen

De fytoxiciteit van gereinigde CO₂ uit de scheepvaart opgeslagen in de CO₂ batterij van Value Maritime is getest middels een begassingsonderzoek. Hiervoor zijn jonge tomatenplanten voor ongeveer twee weken geteeld in kleine begassingskasjes, waarbij één kasje scheepvaart CO₂ kreeg uit de CO₂ batterij en één kasje CO₂ uit een gasfles met pure CO₂. Uit de proef blijkt dat bij tomaat geen negatieve effecten, zoals zichtbare bladschade en groeireductie te verwachten zijn bij gebruik van CO₂ uit gereinigde rookgassen van de scheepvaart opgeslagen in een CO₂ batterij gedurende ongeveer twee weken. Op grond van de proefduur was het niet mogelijk uitspraak te doen over de kwaliteit van de vruchten en effecten door langdurige blootstelling aan WKK CO₂ opgeslagen in een CO₂ batterij. Daarnaast is de test uitgevoerd op maar één gewas (groentegewas). Het is daarom aan te bevelen in de toekomst meerdere gewassen te testen waaronder ook siergewassen en daarnaast de proefduur te verlengen zodat effecten van langdurige blootstelling en ook vruchtkwaliteit meegenomen kunnen worden.

Literatuur

Dueck, T. A., van Dijk, C. J., Kempkes, F. L. K., & van der Zalm, T. (2008).

Emissies uit WKK installaties in de glastuinbouw: methaan, etheen en NO_x concentraties in rookgassen voor CO₂ dosering (No. 505). Wageningen UR Glastuinbouw.

van Dijk, C. J., Meinen, E., & Dueck, T. A. (2011).

Grenzen voor luchtkwaliteit: Effecten van discontinue blootstelling aan etheen en stikstofoxiden op paprika (No. 1107). Wageningen UR Glastuinbouw.

van Dijk, C. J., Meinen, E., & Dueck, T. A. (2014).

Kwaliteit biogas-CO₂ voor toepassing in de glastuinbouw (No. 1310). Wageningen UR Glastuinbouw.

Van Dijk, C. J., Van der Knaap, J. P., Dijkstra, T. J., Hanemaaijer, J., & Tonneijck, A. E. G. (2003).

Rookgasschade in beeld? Risico's van NO_x en etheen bij CO₂ dosering uit WKK-installaties (No. 255). Plant Research International.

Bijlage 1 Gasanalyse Value Maritime



VALUE MARITIME B.V.
GALILEISTRAAT 32F
3029 AM ROTTERDAM

ANALYTICAL REPORT SR-6289460.01.A01

P. 1/2

grade VAPOURS

sample 001 sample marked: Value Maritime, Tower 2 7-3-2024
date received 11.03.2024

	<u>001</u>
<u>Gaschromatographic analysis</u> (SGS LP/LAB/G/035)	
- Benzene, ppm volume	<10
- Toluene, ppm volume	<10
- C8 Aromatics, ppm volume	<10
<u>Gaschromatographic analysis</u> (ASTM D 2163 modified)	
- Methane, % vol	<0.01
- Ethane, % vol	<0.01
- Propane, % vol	<0.01
- Propene, % vol	<0.01
- C4 and Heavier, % vol	<0.05
<u>Gaschromatographic analysis</u> (SGS LP/LAB/G/203)	
- Carbon dioxide, % vol	94.43
- Carbon monoxide, % vol	<0.01
- Hydrogen, % vol	<0.01
- Nitrogen, % vol	4.48
- Oxygen, % vol	1.08

Samples will be retained for 3 months unless instructed otherwise.
End of analytical results

SGS Nederland BV

Malledijk 18 P.O. Box 200 3200 AE Spijkenisse t +31 88 2143333 www.sgs.com
Member of the SGS Group

Unless otherwise agreed, all orders and documents are executed and issued in accordance with our General Conditions. Upon simple request the conditions will again be sent to you. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein.



ANALYTICAL REPORT SR-6289460.01.A01

P. 2/2

Spijkernisse, the 11th March 2024
SGS Nederland B.V. - Oil, Gas and Chemicals

P. Stoffer
Coordinator Operations

The results shown in this test report specifically refer to the sample(s) tested as received unless otherwise stated. All tests have been performed using the latest revision of the methods indicated, unless specifically marked otherwise on the report. Precision parameters apply in the determination of the above results. Users of analytical results, when establishing conformance with commercial or regulatory requirements should note the full provisions of ASTM D3244, IP 367 and ISO 4259 in that context, the default confidence level of petroleum testing having been set at the 95% confidence level. Your attention is specifically drawn to Sections 7.3.6., 7.3.7 and 7.3.8 of ASTM D3244. SGS' sole responsibility is to its client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Warning: The sample(s) to which the findings recorded herein (the 'Findings') relate was (were) drawn and / or provided by the Client or by a third party acting at the Client's direction. The Findings constitute no warranty of the sample's representativeness of any goods and strictly relate to the sample(s).
The Company accepts no liability with regard to the origin or source from which the sample(s) is/are said to be extracted.

SGS Nederland BV

Malledijk 18 P.O. Box 200 3200 AE Spijkernisse t +31 88 2143333 www.sgs.com
Member of the SGS Group

Unless otherwise agreed, all orders and documents are executed and issued in accordance with our General Conditions. Upon simple request the conditions will again be sent to you. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1314

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.